



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 8

2022

№ 1



## ВЫБОР РЕДАКЦИИ

**ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ  
БАРОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ  
В КОРРЕКЦИИ ПОГРАНИЧНЫХ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
СОСТОЯНИЙ ЛИЦ ОПАСНЫХ  
ПРОФЕССИЙ**

Н. В. Кочубейник, В. А. Степанов,  
В. Н. Скляр, С. Н. Линченко,  
К. С. Караханян

стр. 38–43

**МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЙ  
ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО ОБМЕНА  
ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ  
ФАКТОРОВ ГИПЕРБАРИИ  
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
ИХ КОРРЕКЦИИ**

Д. П. Зверев, А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко,  
В. И. Чернов, З. М. Исафилов, И. Р. Кленков,  
Л. Н. Воробьева

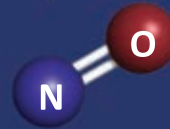
стр. 76–84



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**НАЦСТАНДАРТ**  
ЦЕНТР КОМПЛЕКСНЫХ ПРОЕКТОВ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

# ТИАНОКС

Аппарат для терапии оксидом азота



## Эффекты NO при COVID-19

**Важнейшие патогенетические эффекты ингаляционного оксида азота при терапии пневмоний (в частности вызванных вирусом SARS Cov-2):**

1. Облегчает или предотвращает развитие эндотелиальной дисфункции
2. Обладает вирулицидным, а также бактерицидным и фунгицидным эффектами
3. Снижает воспалительное повреждение легких, опосредованное иммунными клетками
4. Ингибирует активацию нейтрофилов
5. Снижает легочное сосудистое сопротивление
6. Уменьшает отек в альвеолярных пространствах
7. Улучшает газообмен за счет оптимизации вентиляционно-перфузионных соотношений

**Раннее начало ингаляционной NO-терапии помогает:**

1. Предотвратить прогрессирование дыхательной недостаточности и развития ОРДС
2. Снизить частоту интубаций трахеи
3. Улучшить клинические исходы
4. Снизить время пребывания пациентов на ИВЛ
5. Снизить частоту перевода пациентов на ЭКМО

**Применение ингаляционного оксида азота в современной медицине:**

1. Терапия прекапиллярной легочной гипертензии у взрослых
2. Терапия прекапиллярной легочной гипертензии у детей, включая новорожденных
3. Органопротекция в кардиохирургической практике
4. Терапия пневмоний различного генеза, в частности вызванных вирусом SARS Cov-2



**АО «Центр комплексных проектов  
здравоохранения НАЦСТАНДАРТ»**

Адрес: г. Москва, пер. Средний Овчинниковский, д. 12

Телефон: +7 (495) 950-47-22; +7 (495) 950-47-23

Почта: [info@ntstd.ru](mailto:info@ntstd.ru) Сайт: [ntstd.ru](http://ntstd.ru)

Регистрационное удостоверение: № РЗН 2020/10977 от 22.06.2020

# Научно-практический рецензируемый журнал Морская медицина

**Учредитель:** Балтийский медицинский образовательный центр

**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, член-корреспондент РАЕН, Мурманский арктический государственный университет, г. Мурманск, Россия*

**Ответственный секретарь:**

Симакина Ольга Евгеньевна

*кандидат биологических наук, Институт экспериментальной медицины, 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: Morskaâ medicina**  
**Abbreviated key title: Morsk. med.**

Адрес редакции и издательства —  
«Балтийский медицинский образовательный центр»: 191024,  
г. Санкт-Петербург, пр. Невский, д. 137,  
лит. А, пом. 22-Н, офис 10 г.  
Сайт: <http://seamed.bmoc-spb.ru/jour>  
e-mail: [ooo.bmoc@mail.ru](mailto:ooo.bmoc@mail.ru)



**Том 8**  
**2022 № 1**

## ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

- Баринов Владимир Александрович* — д.м.н., профессор, Научно-клинический центр токсикологии имени академика С. Н. Голикова Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия
- Беляков Николай Алексеевич* — академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Первый государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия
- Грабский Юрий Валентинович* — к.м.н., Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России, Санкт-Петербург, Россия
- Гржибовский Андрей Мечиславович* — доктор медицины, Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия
- Гудков Андрей Борисович* — д.м.н., профессор, Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия
- Лукас Давид* — доктор медицины Французского Общества Морской Медицины, Брест, Франция
- Дворянчиков Владимир Владимирович* — д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, Россия
- Ставрев Димитър* — доктор медицины, профессор, Медицинский университет «Проф. д-р П. Стоянов», кафедра Медицины катастроф и морской медицины, г. Варна, Болгария
- Дон-Элисео Лусеро-Присно* — доцент общественного здравоохранения Департамента общественного здравоохранения, Сианьский университет Цзяотун-Ливерпуль, Сучжоу, провинция Цзянсу, Китай
- Иванова Нанули Викторовна* — д.м.н., профессор, Медицинская академия им. С. И. Георгиевского Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского Российской Федерации, г. Симферополь, Россия
- Ивануса Сергей Ярославович* — д.м.н., профессор, Заслуженный врач РФ, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Касаткин Валерий Иванович* — д.м.н., профессор, Научно-исследовательский институт кораблестроения и вооружения Военно-Морского Флота Военного учебно-научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова», Санкт-Петербург, Россия
- Котив Богдан Николаевич* — член-корреспондент РАН, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Крутиков Евгений Сергеевич* — д.м.н., профессор, Медицинская академия им. С. И. Георгиевского Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского Российской Федерации, г. Симферополь, Россия
- Крюков Евгений Владимирович* — член-корреспондент РАН, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Кузнецов Андрей Николаевич* — д.биол.н., Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр «Тропический центр», г. Ханой, Вьетнам
- Литвиненко Игорь Вячеславович* — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Лобзин Юрий Владимирович* — академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Детский научно-клинический центр инфекционных болезней Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия
- Родригес да Сильва Мария* — профессор, Национальный экспериментальный морской университет Карибского моря, г. Варгас, Венесуэла
- Мирошниченко Юрий Владимирович* — д.фарм.н., профессор, Заслуженный работник здравоохранения РФ, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Каналс Пол-Лина М. Луиза* — доктор медицины и хирургии (PhD), специалист по гигиене труда и морскому здравоохранению, Университет Кадиса, г. Кадис, Испания
- Мясников Алексей Анатольевич* — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Неуен Труонг Сонг* — профессор, Вьетнамский национальный институт морской медицины, г. Хайфонг, Вьетнам
- Парцернак Сергей Александрович* — д.м.н., профессор, Северо-западный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия
- Де ла Сьерра Педро Ногеролес Алонсо* — профессор Профилактической Медицины, Общественного здравоохранения и Морской Медицины Испанского Общества Морской Медицины, Испания
- Петреев Игорь Витальевич* — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Пономаренко Геннадий Николаевич* — д.м.н., профессор, Федеральный научный центр реабилитации инвалидов им. Г. А. Альбрехта Санкт-Петербург, Россия
- Рассохин Вадим Владимирович* — д.м.н., Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия
- Рогожников Вячеслав Александрович* — д.м.н., член-корреспондент РАН, Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия
- Симбицев Андрей Семенович* — член-корреспондент РАН, Государственный научно-исследовательский институт особо чистых биопрепаратов, Санкт-Петербург, Россия
- Соловьев Иван Анатольевич* — д.м.н., профессор, Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия
- Тарик Гальян* — доктор медицины, Марокканское общество морской медицины, Танжер, Марокко
- Черкашин Дмитрий Викторович* — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия
- Яковлева Татьяна Борисовна* — д.м.н., профессор, Федеральное медико-биологическое агентство, Москва, Россия

## ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

- Азаров Игорь Иванович* — к.м.н., Главное военно-медицинское управление Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва, Россия
- Александрин Сергей Сергеевич* — член-корреспондент РАН, Заслуженный врач РФ, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова, Санкт-Петербург, Россия
- Багненко Сергей Федорович* — академик РАН, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия
- Горбатова Любовь Николаевна* — д.м.н., профессор, Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия
- Денисенко Илона Валерьевна* — мастер в морской медицине, Международная Ассоциация морской медицины, Москва, Россия
- Евстафьева Елена Владимировна* — д.м.н., профессор, Медицинская академия имени С. И. Георгиевского Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия
- Казакевич Елена Владимировна* — д.м.н., профессор, Северный медицинский центр им. Н. А. Семашко, г. Архангельск, Россия
- Овчинников Юрий Викторович* — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (филиал), Москва, Россия
- Попова Анна Юрьевна* — д.м.н., профессор, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия
- Попов Владимир Викторович* — д.м.н., профессор, Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск, Россия
- Симоненко Владимир Борисович* — член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Заслуженный врач РФ, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (филиал), Москва, Россия
- Софронов Генрих Александрович* — академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия
- Уйба Владимир Викторович* — д.м.н., Заслуженный врач Российской Федерации, Администрация Республики Коми, г. Сыктывкар, Россия
- Чечеткин Александр Викторович* — д.м.н., профессор, Российский научно-исследовательский институт гематологии и трансфузиологии, Санкт-Петербург, Россия

Scientific peer-reviewed journal

# Morskaya Meditsina

## (Marine Medicine)

Founded by: Baltic Medical Educational Center

**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), Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia*

**Executive Secretary:**

Simakina, Olga Evgenyevna

*Cand. of Sci. (Biol.); Institute of Experimental Medicine (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 peer-reviewed scientific journals of the Higher Attestation Commission for the publication of the main scientific results of dissertations, the international reference system for periodicals and continuing editions of Ulrich's Periodicals Directory, databases Global Health, CAB Abstracts, Google Scholar, EBSCO, Abstract journal and VINITI database, Russian Science Citation Index, CyberLeninka, Dimensions, Socionet, Russian State Library

**Key title: Morskaya Meditsina**

**Abbreviated key title: Morsk. Med.**

**Address of the editorial office and publishing house («Baltic Medical Educational Center»):** 10 g of., 22-N room, block A of 137 Nevskiy Prospekt, Saint-Petersburg 191024, Russia

**URL:** <http://seamed.bmoc-spb.ru/jour>  
e-mail: ooo.bmoc@mail.ru



Vol. 8  
2022 № 1

## EDITORIAL BOARD

- Barinov, Vladimir Aleksandrovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Scientific and Clinical Center of Toxicology named after Academician S. N. Golikov of the Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia
- Belyakov, Nikolai Alekseevich** — Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia
- Grabsky, Yuri Valentinovich** — Cand. of Sci. (Med.), Research Institute of Industrial and Marine Medicine FMBA of Russia, Saint Petersburg, Russia
- Grzhibovskiy, Andrey Mechislavovich** — Dr. of Sci. (Med.), Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia
- Gudkov, Andrey Borisovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia
- Lucas, David** — Dr. of Sci. (Med.), French Society of Marine Medicine, Brest, France
- Dvoryanchikov, Vladimir Vladimirovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, St. Petersburg, Russia
- Dimitar Stavrev** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Medical University «Prof. Dr. P. Stoyanov», Department of Disaster Medicine and Marine Medicine, Varna, Bulgaria
- Don-Eliseo, Lucero-Prisno III** — Assistant Professor of Public Health, Department of Public Health, Xi'an Jiaotong University-Liverpool, Suzhou, Jiangsu, China
- Ivanova, Nanuli Viktorovna** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S. I. Georgievsky Medical Academy of V. I. Vernadsky Crimean Federal University of the Russian Federation, Simferopol, Russia
- Ivanusa, Sergey Yaroslavovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
- Kasatkin, Valery Ivanovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Research Institute Shipbuilding and Armament of the Navy of the Military Educational and Scientific Center of the Navy «N. G. Kuznetsov Naval Academ», St. Petersburg, Russia
- Kotiv, Bogdan Nikolaevich** — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
- Krutikov, Evgeny Sergeevich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S. I. Georgievsky Medical Academy of V. I. Vernadsky Crimean Federal University of the Russian Federation, Simferopol, Russia
- Kryukov, Evgeny Vladimirovich** — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
- Kuznetsov, Andrey Nikolaevich** — Dr. of Sci. (Biol.), Joint Russian-Vietnamese Tropical Research and Technological Center «Tropical Center», Hanoi, Vietnam
- Litvinenko, Igor Vyacheslavovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia
- Lobzin, Yuri Vladimirovich** — Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Children's Scientific and Clinical Center for Infectious Diseases of the Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia
- Rodriguez da Silva, Maria** — Professor, National Experimental Maritime University of the Caribbean, Vargas, Venezuela
- Miroshnichenko, Yuri Vladimirovich** — Dr. of Sci. (Pharm.), Professor, Honored Health Worker of the Russian Federation, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
- Canals Paul-Lina, M. Luisa** — Dr. of Sci. (Med.) and Surgery Specialist in Occupational Medicine and Maritime Health, University of Cadiz, Cadiz, Spain
- Myasnikov, Alexey Anatolyevich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Military Medical Academy named after S. M. Kirov, St. Petersburg, Russia
- Nguyen Truong Song** — Professor, Vietnam National Institute of Marine Medicine, Haiphong, Vietnam
- Partsernyak, Sergey Aleksandrovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, I. I. Mechnikov North-Western Medical University, St. Petersburg, Russia
- De la Sierra, Pedro Nogerole Alonso** — Professor of Preventive Medicine, Public Health and Marine Medicine of the Spanish Society of Marine Medicine, Spain
- Petreev, Igor Vitalievich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
- Ponomarenko, Gennady Nikolaevich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, G.A. Albrecht Federal Scientific Center for Rehabilitation of Disabled Persons, St. Petersburg, Russia
- Rassokhin, Vadim Vladimirovich** — Dr. of Sci. (Med.), I. P. Pavlova First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia
- Rogozhnikov, Vyacheslav Aleksandrovich** — Dr. of Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia
- Simbirtsev, Andrey Semenovich** — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, State Research Institute of Highly Pure Biological Products of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, St. Petersburg, Russia
- Soloviev, Ivan Anatolyevich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, City Mariinsky Hospital, St. Petersburg, Russia
- Tarik, Galyan** — Dr. of Sci. (Med.), Moroccan Society of Marine Medicine, Tangier, Morocco
- Cherkashin, Dmitry Viktorovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S. M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia
- Yakovleva, Tatiana Vladimirovna** — Dr. of Sci. (Med.), Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

## ADVISORY BOARD

- Azarov, Igor Ivanovich** — Cand. of Sci. (Med.), Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia
- Aleksanin, Sergey Sergeevich** — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Doctor of the Russian Federation, A. M. Nikiforov Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, St. Petersburg, Russia
- Bagnenko, Sergey Fedorovich** — Academician of the Russian Academy of Sciences, I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia
- Gorbatova, Lyubov Nikolaevna** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia
- Denisenko, Ilona Valerievna** — Master in Marine Medicine, International Association of Marine Medicine, Moscow, Russia
- Evstafieva, Elena Vladimirovna** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S. I. Georgievsky Medical Academy, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
- Kazakevich, Elena Vladimirovna** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Semashko Northern Medical Center, Arkhangelsk, Russia
- Ovchinnikov, Yuri Viktorovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, S. M. Kirov Military Medical Academy (branch), Moscow, Russia
- Popova, Anna Yurievna** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being, Moscow, Russia
- Popov, Vladimir Viktorovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia
- Simonenko, Vladimir Borisovich** — Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Doctor of the Russian Federation, Kirov Military Medical Academy (branch), Moscow, Russia
- Sofronov, Genrikh Aleksandrovich** — Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Institute of Experimental Medicine, St. Petersburg, Russia
- Uyba, Vladimir Viktorovich** — Dr. of Sci. (Med.), Honored Doctor of the Russian Federation, Administration of the Komi Republic, Syktyvkar, Russia
- Chechetkin, Alexander Viktorovich** — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Russian Research Institute of Hematology and Transfusiology, St. Petersburg, Russia

## Содержание

### ОБЗОР

К ВОПРОСУ ОБ ИЗУЧЕНИИ ГИПЕРОКСИЧЕСКОГО САНОГЕНЕЗА SARS-CoV-2-АССОЦИИРОВАННОЙ ПНЕВМОНИИ .....	7
<i>П. Н. Савилов</i>	

### ЛЕКТОРИЙ

ПОДОГРЕТЫЕ КИСЛОРОДНО-ГЕЛИЕВЫЕ СМЕСИ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ .....	20
<i>А. Т. Логунов, И. Г. Мосягин, Н. Б. Павлов</i>	

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ БАРОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В КОРРЕКЦИИ ПОГРАНИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ .....	38
<i>Н. В. Кочубейник, В. А. Степанов, В. Н. Скляр, С. Н. Линченко, К. С. Караханян</i>	

ОКСИГЕНОВАРОТЕРАПИЯ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19 .....	44
<i>М. З. Лесен, И. В. Угулава, И. И. Демченко, А. В. Деер, В. В. Филлюшин</i>	

ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЫХАНИИ ПОДОГРЕТЫМИ ГЕЛИОКИСЛОРОДНЫМИ СМЕСЯМИ .....	49
<i>А. В. Строй, Д. В. Пухняк, А. А. Танова, С. А. Чеботов</i>	

#### **ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

РОЛЬ ГЛУТАМАТЕРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В МЕХАНИЗМЕ РАЗВИТИЯ СУДОРОГ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПЕРБАРИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА .....	56
<i>О. С. Алексеева</i>	

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА .....	61
<i>П. В. Агафонов, Ю. Ш. Халимов, С. В. Гайдук, Е. Б. Киреева</i>	

#### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НА МОРЕ**

ОСОБЕННОСТИ МЕДИКО-САНИТАРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	69
<i>О. К. Бумай, Г. С. Торшин, С. В. Малинина</i>	

#### **ВОДОЛАЗНАЯ МЕДИЦИНА**

МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЙ ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО ОБМЕНА ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ГИПЕРБАРИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ КОРРЕКЦИИ .....	74
<i>Д. П. Зверев, А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко, В. И. Чернов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков, Л. Н. Воробьева</i>	

УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА К ТРАНЗИТОРНОЙ ГИПОКСИИ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ПРЕБЫВАНИИ В НОРМОБАРИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ СРЕДАХ, ПОВЫШАЮЩИХ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ ОБИТАЕМЫХ ГЕРМООБЪЕКТОВ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА .....	83
<i>А. О. Иванов, В. А. Иванцов, Ю. М. Слесарев, В. В. Шатилов, В. О. Судакова</i>	

#### **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

ВЛИЯНИЕ ПРЕНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ РЕАКЦИИ КРЫС ПОРОДЫ W1STAR ПРИ ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ГИПОКСИЧЕСКОГО СТИМУЛА .....	89
<i>А. Н. Вётош, О. С. Алексеева, А. И. Истомин</i>	

#### **ОПЫТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

МЕТОД ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА: НОВЫЙ ОПЫТ И ДОСТИЖЕНИЯ .....	94
<i>М. В. Очкаляс, Н. Ю. Гальвас, К. А. Харитоненко</i>	

### КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ВОДОЛАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ .....	999
<i>Г. П. Мотасов, Д. В. Рыжилов, Д. А. Алексеенко</i>	

Содержание журнала за 2021 год .....	108
--------------------------------------	-----

## Contents

### REVIEW

- ON THE QUESTION OF STUDYING HYPEROXIC SANOGENESIS  
SARS-CoV-2-ASSOCIATED PNEUMONIA .....7  
*P. N. Savilov*

### LECTURE

- HEATED OXYGEN-HELIUM MIXTURES. EXPERIENCE OF APPLICATION IN MEDICINE .....20  
*A. T. Logunov, I. G. Mosyagin, N. B. Pavlov*

### ORIGINAL ARTICLES

#### **INNOVATIVE DEVELOPMENT OF METHODS OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF DISEASES**

- APPLICATION OF INNOVATIVE BAROTHERAPEUTIC MEANS IN CORRECTION  
OF BORDERLINE FUNCTIONAL STATES OF DANGEROUS OCCUPATIONS PERSONS .....38  
*N. V. Kochubeynik, V. A. Stepanov, V. N. Sklyarov, S. N. Linchenko, K. S. Karakhanyan*

- OXYGENOBAROTHERAPY IN THE COMPLEX TREATMENT OF PATIENTS WITH  
A NEW CORONAVIRUS INFECTION COVID-19 .....44  
*M. Z. Lesen, I. V. Ugulava, I. I. Demchenko, A. V. Deer, V. V. Filyushin*

- FEATURES OF HUMAN CAPILLARY BLOOD FLOW ON BREATHING BY HEATED  
HELIO-OXYGEN MIXTURES .....49  
*A. V. Stroy, D. V. Pukhnyak, A. A. Tanova, S. A. Chebotov*

#### **PHYSIOLOGY AND PSYCHOPHYSIOLOGY OF HUMAN PROFESSIONAL ACTIVITY**

- THE ROLE OF THE GLUTAMATERGIC SYSTEM IN THE MECHANISM OF DEVELOPMENT  
OF HYPERBARIC OXYGEN SEIZURES .....56  
*O. S. Alekseeva*

- FEATURES OF THE COURSE OF ARTERIAL HYPERTENSION IN MILITARY SERVICEMEN  
IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC REGION .....61  
*P. V. Agafonov, Yu. Sh. Khalimov, S. V. Gaiduk, E. B. Kireeva*

#### **ENSURING THE SAFETY OF LIFE AND HEALTH AT SEA**

- FEATURES OF MEDICAL AND SANITARY SUPPORT OF DIVING OPERATIONS  
IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION .....69  
*O. K. Bumai, G. S. Torshin, S. V. Malinina*

#### **DIVING MEDICINE**

- MECHANISMS OF VIOLATIONS OF WATER-ELECTROLYTE METABOLISM UNDER  
THE INFLUENCE OF UNFAVORABLE FACTORS OF HYPERBARIA AND PROMISING  
POSSIBILITIES OF THEIR CORRECTION .....74  
*D. P. Zverev, A. Yu. Shitov, A. N. Andrusenko, V. I. Chernov, Z. M. Israfilov, I. R. Klenkov, L. N. Vorobyova*

- HUMAN RESISTANCE TO TRANSITIONAL HYPOXIA DURING PERIODIC STAY  
IN NORMOBARIC GAS ENVIRONMENTS INCREASES THE FIRE SAFETY OF INHABITED  
SEALED OBJECTS OF THE NAVY .....83  
*A. O. Ivanov, V. A. Ivantsov, Yu. M. Slesarev, V. V. Shatilov, V. O. Sudakova*

#### **FUNDAMENTAL RESEARCH**

- THE EFFECT OF PRENATAL HYPOXIA ON THE MANIFESTATION OF THE VENTILATORY  
REACTION OF WISTAR RATS UPON PRESENTATION OF A HYPOXIC STIMULUS .....89  
*A. N. Vjotosh, O. S. Alexeeva, A. I. Istomin*

#### **MEDICAL SUPPORT EXPERIENCE**

- THE HBO METHOD IN THE COMPLEX TREATMENT AND REHABILITATION OF POST-OVOID  
SYNDROME: NEW EXPERIENCES AND ACHIEVEMENTS .....94  
*M. V. Ochkolys, N. Yu. Galvas, K. A. Kharitonenko*

### SHORT MESSAGES

- ON DEVELOPMENT OF DEEP-SEA DIVING TECHNOLOGY .....99  
*G. P. Motasov, D. V. Ryzhilov, D. A. Alexeenko*



## ОБЗОР / REVIEW

УДК 612.274

<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-7-19>

© Савилов П.Н., 2022 г.

**К ВОПРОСУ ОБ ИЗУЧЕНИИ ГИПЕРОКСИЧЕСКОГО САНОГЕНЕЗА SARS-CoV-2-АССОЦИИРОВАННОЙ ПНЕВМОНИИ***П. Н. Савилов*

Тамбовская центральная районная больница, с. Покрово-Пригородное, Россия

Статья посвящена анализу данных литературы о применении гипербарической оксигенации (ГБО) у пациентов с COVID-19, осложнившегося развитием SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии, с целью построения гипотезы о возможных механизмах лечебного действия ГБО при данной патологии. Обосновывается целесообразность применения при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии «мягких» (1,3–2,0 атак, 40–60 мин) режимов ГБО. Рассмотрены несколько возможных механизмов устранения с помощью ГБО нарушения газообменной функции легких при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии: 1) гипероксическая стимуляция сокращения диафрагмы; 2) ингибирующее влияние ГБО на развитие интерстициального и альвеолярного отеков в легких; 3) устранение ГБО стимулирующего влияния тромбина и фибриногена на сократительную способность эндотелиоцитов легочных капилляров; 4) регуляция ГБО метаболизма фибронектина, тромбопластина, факторов фон Виллебранда и фактора активации тромбоцитов в стенке легочных капилляров. В результате повышается ее атромбогенная активность при данной патологии.

**Ключевые слова:** морская медицина, COVID-19, SARS-CoV-2-ассоциированная пневмония, гипербарический кислород, механизмы лечебного действия, гипотеза

Контакт: *Савилов Павел Николаевич, p\_savilov@mail.ru*

© Savilov P.N., 2022

**ON THE QUESTION OF STUDYING HYPEROXIC SANOGENESIS SARS-CoV-2-ASSOCIATED PNEUMONIA***Pavel N. Savilov*

Tambov Central District Hospital, Pokrovo-Prigorodnoye village, Russia

The article is devoted to the analysis of literature data on the use of hyperbaric oxygenation (HBO) in patients with COVID-19, complicated by the development of SARS-CoV-2-associated pneumonia to build a hypothesis about possible mechanisms of therapeutic action of hyperbaric oxygen (HBO<sub>2</sub>) in this pathology. The expediency of using «soft» (1.3–2.0 attacks, 40–60 min) HBO modes in SARS-CoV-2-associated pneumonia is substantiated. Several possible mechanisms of elimination of HBO<sub>2</sub> violation of lung gas exchange function in SARS-CoV-2-associated pneumonia are considered. Firstly, hyperoxic stimulation of diaphragm contraction. Secondly, the inhibitory effect of HBO<sub>2</sub> on the development of interstitial and alveolar edema in the lungs. Thirdly, elimination of HBO<sub>2</sub> stimulating effect of thrombin and fibrinogen on contractility of pulmonary capillary endotheliocytes. Fourth, regulation of HBO<sub>2</sub> metabolism of fibronectin, thromboplastin, von Willibrant factors, and platelet activation factor in the wall of pulmonary capillaries. As a result, its thrombogenic activity increases in this pathology.

**Key words:** marine medicine, COVID-19, SARS-CoV-2-associated pneumonia, hyperbaric oxygen, mechanisms of therapeutic action, hypothesis

Contact: *Savilov Pavel Nicolaevich, p\_savilov@mail.ru*

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Савилов П.Н. К вопросу об изучении гипероксического саногенеза SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 7–19, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-7-19>.

**Conflict of interest:** the author stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Savilov P.N. On the question of studying hyperoxic sanogenesis SARS-CoV-2-associated pneumonia // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 7–19, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-7-19>.

Одной из ведущих причин смерти пациентов COVID-19 является дыхательная недостаточность, возникающая в результате нарушения газообменной функции легких на фоне SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии [1, с. 1708–1720; 2, с. 25–36]. В результате развивается гипоксия, которая в 15–20% наблюдений протекает в тяжелой и крайне тяжелой степени и требует кислородной поддержки [3, с. 1603–1606]. Однако нормобарическая оксигенотерапия, включая высокопоточную оксигенацию, а также неинвазивная вентиляция легких, применяемые для устранения дыхательной недостаточности у пациентов с COVID-19, показали недостаточную эффективность [4, с. 4–8; 5, с. 4–18], как и экстракорпоральная мембранная оксигенация, которая применяется в крайних случаях и может вызвать ряд серьезных проблем [6, с. 27–28]. Перевод на инвазивную вентиляцию легких при тяжелом течении SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии приводил к выздоровлению лишь в 25% случаев [2, с. 25–36].

Неудовлетворенность клиницистов первыми результатами лечения дыхательной недостаточности у SARS-CoV-2-инфицированных пациентов в условиях пандемии COVID-19 предопределила поиск более эффективных методов устранения кислородного долга в организме. В результате было обращено внимание на гипербарическую оксигенацию (ГБО) — метод лечения кислородом в условиях повышенного атмосферного давления. При этом одни авторы отождествляли ожидаемый лечебный эффект ГБО при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии с быстрым насыщением больного организма кислородом, благодаря физическому закону Генри [7, с. 1–5; 8, с. 2; 9, с. 27–35]. Другие, не отрицая прямого антигипоксического эффекта гипербарического кислорода (ГБО<sub>2</sub>), наблюдающегося во время сеанса ГБО [10, с. 43–49], исходили из представления о ГБО<sub>2</sub> как универсальном эволюционном адаптогене, способном выступать в роли естественного регулятора патологических и защитно-приспособительных реакций, запускаемых в организме в ответ на действие чрезвычайного раздражителя (патогена), что и лежит в основе лечебного эффекта гипероксии [11, с. 3–14]. При этом не только обосновывалось применение «мягких» (1,3–2,0 ата) режимов ГБО при лечении SARS-CoV-2-ассо-

циированной пневмонии, но и обсуждались возможные пути реализации лечебного влияния ГБО<sub>2</sub> при данной патологии [10, с. 43–49]. Если учесть, что отсутствие знаний о механизмах действия лечебных режимов ГБО является причиной необоснованного как расширения, так и сужения показаний к включению гипербарической кислородной терапии в процесс лечения больных [11, с. 181–184], то понимание гипероксического саногенеза при гипербарической кислородной терапии SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии у больных с COVID-19 является главным условием грамотного и безопасного применения ГБО<sub>2</sub> при данной патологии.

Целью настоящего исследования является рассмотрение возможных механизмов лечебного эффекта ГБО при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии у больных с COVID-19 на основании обзора научных статей по данной и близкой тематике.

Первое сообщение об успешном применении ГБО в лечении пациентов с COVID-19, которое предотвратило их перевод на инвазивную вентиляцию легких в связи с прогрессированием SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии [12, с. 100–109], не привело к включению данного метода в протоколы лечения больных новой коронавирусной инфекцией COVID-19, равно как и вызванных ею осложнений. На наш взгляд, это связано с тремя главными причинами.

Во-первых, стереотипное представление о токсичности ГБО<sub>2</sub>, в частности его способности стимулировать свободнорадикальные процессы и перекисное окисление липидов (ПОЛ) [13, с. 50–112]. При этом игнорируется тот факт, что в большинстве своем эти сведения получены либо при использовании режимов ГБО, не применяемых в клинике, либо без учета состояния организма на момент оксигенации, что играет важную роль в проявлениях как лечебного, так и побочного эффектов гипероксии [14, с. 40–47].

Во-вторых, опасение развития осложнений в пораженном легком (легочное кровотечение, баротравма), что, в частности, отразилось в противопоказаниях к применению ГБО<sub>2</sub> у больных с пневмониями в отечественных рекомендациях по ГБО<sup>1</sup>. Хотя на момент их публикации имелось достаточное количество сведений по клиническому применению ГБО при нагноительных заболеваниях легких и плевры, туберку-

<sup>1</sup> Теплов В. М., Разумный Н. В., Повзун А. С. Возможности применения гипербарической оксигенации в неотложной медицине: учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург, 2017. 27 с.

лезе, хронической обструктивной болезни легких, где подобных осложнений не отмечалось.

В-третьих, отсутствие знаний о конкретных механизмах гипероксического влияния на патологические процессы, протекающие в пораженном SARS-CoV-2 легком, включая и дистресс-синдром. Тем более что по своему генезу они имеют ряд отличий по сравнению с теми, что происходят в легочной ткани при обычной бактериальной и гриппозной пневмонии [17, с. 60–75]. Причинами этого являются невозможность использования «традиционных» лабораторных животных (мыши, крысы, кролики, морские свинки) из-за их видовой невосприимчивости к возбудителю, а также высокая контагиозность возбудителя SARS-CoV-2, требующая проведение экспериментальных исследований в особых условиях, в том числе и с использованием экспериментальных барокамер [10, с. 43–49]. Однако данные проблемы не должны препятствовать познанию механизмов лечебного действия ГБО<sub>2</sub> при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии, особенно на фоне, развернувшихся в мире (таблица) рандомизированных, контролируемых, одно- и многоцентровых клинических исследований применения ГБО<sub>2</sub> у пациентов с COVID-19. Их цель выяснить способность ГБО<sub>2</sub> не только снижать смертность, но и предотвращать поступление в отделения интенсивной терапии больных с COVID-19 [19, с. 1–9].

Известно, что главными условиями эффективного применения гипербарической кислородной терапии является:

1) правильный выбор режима гипероксического воздействия (величина давления и время нахождения больного в барокамере) и оптимального количества сеансов ГБО [13, с. 20–45; 16, с. 489–507];

2) готовность организма больного воспринимать ГБО<sub>2</sub> как лечебный фактор, которая определяется состоянием больного на момент оксигенации [14, с. 40–47; 20, с. 26–32], а это требует знаний механизмов действия ГБО при конкретной патологии, в том числе при новой коронавирусной инфекции, вызванной SARS-CoV-2. Невозможность, в силу упомянутых выше объективных причин, проведения экспериментальных исследований в этом направлении не означает, что мы не в состоянии выбрать оптимальные режимы и количество сеансов ГБО, равно как понять механизмы лечебного действия ГБО<sub>2</sub> у пациентов с COVID-19, опираясь на результаты только клинических исследований. Этому может способствовать накопленный к настоящему времени опыт применения ГБО при легочной патологии как в клинической практике, так и в эксперименте.

Как следует из таблицы, подавляющее большинство специалистов, решивших включить

Таблица

**Количество прооксигенированных больных с COVID-19 и режимы гипербарической оксигенации по данным литературы**

Table

**The number of prooxygenated patients with COVID-19 and regimens of hyperbaric oxygenation according to the literature**

№	Количество больных	Рабочее давление, ата	Длительность, мин	Количество сеансов	Источник
12	5	2,0	90	1 сеанс/день	[4, с. 4–8]
3	57	1,4–1,6	40	1 сеанс в день (6–8 дней)	[5, с. 4–18]
4	5	1,45	90	1 сеанс/день	[9, с. 27–35]
5	1	2,0	60	1 сеанс/день (7 сеансов)	[12, с. 100–109]
6	234 <sup>*,**</sup>	2,0	75	1 сеанс в день	[19]
7	40 <sup>**</sup>	1,45	90	1 сеанс в день	[20]
8	32	1,6	60	1 сеанс/день (6–8 дней)	[23, с. 314–319]
9	20	1,6	60	1 сеанс в день (5–7 дней)	[24, с. 113]
10	34	1,5; 2,0; 4,0 psi <sup>*</sup>	30	1 сеанс/день (4 дня)	[25, с. 39–46]
11	2	1,5	60	1 сеанс/день (7 дней)	[26, с. 181–187]
12	20	2,0	90	1 сеанс/день (5 дней)	[27, с. 405–413]
13	200 <sup>*,**</sup>	1,6–2,4	30–60	1 сеанс в день	[28]
14	30 <sup>**</sup>	2,2	60	8 сеансов за 4 дня	[29]

\* PSI — одна из величин измерения давления, 1 PSI=0,068 физической атмосферы, \*\* рандомизированные одноцентровые исследования, \*\*\*рандомизированные многоцентровые исследования.

ГБО в лечение пациентов COVID-19, остановили свой выбор на уже хорошо зарекомендовавших себя «мягких» (1,3–2,0 ата) режимах ГБО. Однако касательно длительности нахождения больного в условиях повышенного давления кислорода (время изопрессии), мнение разошлось: минимальное 30 мин, максимальное 90 мин (см. таблицу). Такое расхождение в оценке показывает отсутствие до настоящего времени единой методологии в понимании механизмов как лечебного, так и токсичного (побочного) действия ГБО<sub>2</sub>. На наш взгляд, стремление увеличить время изопрессии при мягких режимах ГБО до 90 мин исходит из ошибочного понимания того, что лечебный (антигипоксический) эффект ГБО детерминирован только насыщением организма кислородом в условиях гипербарии. В свою очередь, короткие сеансы ГБО свидетельствуют об опасности проявления токсических свойств ГБО<sub>2</sub>. Только в одной из приведенных в таблице работ было указано, что однократный 30-минутный сеанс ГБО в пациентов с COVID-19 использовали с целью выяснения противопоказаний и субъективной оценки самочувствия пациента в барокамере [21, с. 314–319], что вполне оправданно при любом режиме ГБО. Между тем сохранение лечебного эффекта ГБО в постгипероксическом периоде, в том числе когда имеет место развитие постгипероксической гипоксии и гипоксемии [11, с. 181–184; 21, с. 14–19], указывает на то, что механизмы гипероксического саногенеза не ограничиваются временем изопрессии. Они могут запускаться как во время сеанса, так и после него (отсроченный эффект ГБО<sub>2</sub> [20, с. 26–32]) с вовлечением всех без исключения физиологических систем организма, повышающих его саногенный потенциал [11, с. 17–58; 18, с. 20–28]. Что касается проявления токсичности ГБО<sub>2</sub> при «мягких» режимах ГБО при 40–60-минутной изопрессии в клинической практике, то убедительных данных к настоящему времени не представлено<sup>1</sup>.

На основании анализа имеющихся на данный момент сведений можно утверждать, что время изопрессии 40–60 мин при «мягких» режимах ГБО у больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии является безопасным и оптимальным временем нахождения больного в барокамере для проявления лечебного

эффекта ГБО<sub>2</sub>. Наше утверждение базируется на результатах экспериментальных и клинических исследований влияния «мягких» режимов ГБО на здоровые и больные легкие.

Экспериментальные исследования:

1) однократный сеанс ГБО в 1,5 ата длительностью 60 мин достоверно повышал стабильность легочных альвеол крыс независимо от возраста животного [28, с. 98–99];

2) курс из 8 сеансов ГБО (2 ата, 30–45 мин, ежедневно) не вызывал деструктивных изменений в легких кроликов, оказывая лечебное влияние на течение экспериментального абсцесса легкого [29, с. 43–50];

3) увеличение количества сеансов ГБО (2 ата, 60 мин) с 1 до 10 вызывало повышение уровня малонового диальдегида в легочной ткани здоровых крыс только после 5-го сеанса ГБО [30, с. 181–180].

Клинические исследования:

1) курс ГБО в режиме 1,5 ата длительностью 45 мин ускорял сроки выздоровления больных с нагноительными заболеваниями легких и плевры [31, с. 170–175];

2) включение курса 7–8 сеансов ГБО (1,3 ата, 40 мин, ежедневно) в лечение хронических обструктивных заболеваний легких снижало выраженность дыхательной недостаточности и потребность в противовоспалительных препаратах, нормализовало соотношение Т-хелперов и Т-спурессоров, повышало качество жизни в 2 раза по сравнению с контрольной группой [15, с. 52–51; 32, с. 99–101];

3) у больных туберкулезом применение курса из 8–10 сеансов ГБО (1,5 ата, 60 мин, ежедневно) улучшало легочную кровоток, легочную вентиляцию, снижало побочное действие антибиотиков, повышало качество жизни [33, с. 101–102];

4) режим ГБО в 1,4–1,6 ата длительностью 60 мин выбран для проведения многоцентровых рандомизированных открытых контролируемых исследований влияния ГБО на больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией [8, с. 2];

5) курс ГБО (8–10 сеансов) в режиме 1,4–1,6 ата длительностью 60 мин ежедневно не вызывал истощения антиоксидантной системы, активации свободнорадикальных процессов и перекисного окисления липидов в крови больных COVID-19 [5, с. 4–18].

<sup>1</sup> Теплов В. М., Разумный Н. В., Повзун А. С. Возможности применения гипербарической оксигенации в неотложной медицине: учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург, 2017. 27 с.

Как показывают клинические исследования, независимо от времени изопрекции, уже во время первого сеанса ГБО у пациентов с SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией отмечается улучшение субъективных показателей в виде уменьшения одышки, появления «легкости дыхания», улучшения общего самочувствия [12, с. 100–109; 21, с. 14–19; 22, с. 113]. Это достигается устранением гипоксии во время баросеанса, благодаря повышению градиента парциального давления кислорода по обе стороны альвеолярно-капиллярной мембраны (АКМ), которое, как известно [34, с. 137–150], отражается на скорости диффузии кислорода из альвеол в легочные капилляры. Однако, как показали первые результаты, одного сеанса ГБО для устранения гипоксемии при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии недостаточно [12, с. 100–109; 21, с. 14–19]. Требуется проведение курса ГБО, длительность которого находится в прямой зависимости от степени поражения легких [21, с. 14–19; 22, с. 113]. Клиническими признаками восстановления газообменной функции легких, нарушаемой при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии являются: а) отказ от дополнительной кислородной терапии как во время прохождения курса, так и ближайшие сутки после его окончания [21, с. 14–19; 22, с. 113; 24, с. 181–187]; б) перевод с высокопоточной оксигенации или неинвазивной вентиляции легких на спонтанное дыхание (с эндоназальной подачей кислорода или без него) [53, с. 4–18]. Косвенным свидетельством разрешения патологического процесса в легких больных COVID-19 в процессе гипербарической кислородной терапии является КТ-динамика изменений в легочной ткани с КТ 3–4 до КТ 1–2 [12, с. 100–109; 25, с. 14–19; 22, с. 113; 23, с. 39–46].

Разбирая описанные выше эффекты лечебного влияния ГБО при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии следует остановиться на роли в этом процессе главной дыхательной мышцы – диафрагмы. Установлено, что ее утомление при тяжелой инспираторной нагрузке вызывает ухудшение нейромышечной передачи и сократительной способности мышечных волокон диафрагмы, что приводит к затруднению дыхания [36, с. 158]. Анализ работ о применении ГБО у пациентов с COVID-19 [4, с. 4–8; 5, с. 4–18; 12, с. 100–109; 21, с. 14–19; 22, с. 113; 24, с. 181–187] позволяет предположить улучшение сократительной способности диафрагмы

в процессе курсового применения ГБО за счет ликвидации ацидоза, развивающегося в зоне тонких афферентных волокон диафрагмального нерва при тяжелой инспираторной нагрузке [35, с. 158]. В результате восстанавливается центральная инспираторная активность и отпадает необходимость подключения к акту дыхания наружных межреберных мышц. Это можно рассматривать как одну из причин отказа у 32% оксигенированных больных с SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией от дополнительной кислородной терапии во время проведения курса ГБО, а также перехода на спонтанное дыхание в течение 1–2 суток после завершения курса ГБО – у 41% оксигенированных пациентов с COVID-19 [21, с. 14–19].

Изучение динамики сатурации в процессе курсового применения ГБО у больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией показало, что прекращение первого сеанса хотя и вызвало рестаурацию гипоксемии, однако величина сатурации, достоверно превышала аналогичный показатель перед сеансом ГБО, сохраняясь на данном уровне до следующего сеанса баротерапии [12, с. 100–109; 21, с. 14–19]. Это говорит о том, что, процессы, направленные на восстановление газообменной функции легких, которая нарушается при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии, запускаются уже во время первого сеанса ГБО и продолжают после его прекращения. Однако полное восстановление происходит только в процессе реализации кумулятивного эффекта ГБО2, который наблюдается при неоднократном гипероксическом воздействии.

Одним из ведущих звеньев нарушения газообменной функции легких при «классических» пневмониях является нарушение диффузионной способности АКМ [35, с. 265–278]. При SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии к этому присоединяется развитие тромбоцитарной микроангиопатии легочных сосудов [16, с. 65–75; 36, с. 51–63]. Пусковым фактором обоих патологических процессов является повреждение клеток альвеолярного и сосудистого эпителия провоспалительными цитокинами (IL-1 $\alpha$ , IL-6, IL-21, TNF- $\alpha$  и др.) в процессе «цитокинового шторма» [37, с. 558–598], который является следствием дисбаланса Т-хелперных клеток 1-го и 2-го типов [38, с. 31–40]. По этой причине мишенями лечебного действия ГБО при данной патологии следует рассматривать эндотелиальные клетки АКМ и легочных капилляров,

а также клетки крови, вовлеченные в указанные патологические процессы.

Объясняя улучшение газообменной функции легких у больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии в процессе курсового применения ГБО, следует обратить внимание на ранее установленную способность ГБО<sub>2</sub> тормозить выработку провоспалительных цитокинов IL-1α, IL-6, TNF-α при различных патологических состояниях [39, с. 174–178; 40, с. 607; 41, с. 1–13]. Кроме этого, установлено, что при COVID-19 снижение содержания HL-DR-молекул на поверхности моноцитов коррелирует с увеличением концентрации в крови IL-6 [42, с. 992–1000]. Именно поэтому нормализация в процессе курсового применения ГБО содержания в крови CD14+/HL-DR-моноцитов, сниженного у больных с COVID-19 на момент начала гипербарической кислородной терапии [5, с. 4–18], косвенно свидетельствует об ингибирующем влиянии ГБО<sub>2</sub> на образование провоспалительных цитокинов при данной патологии.

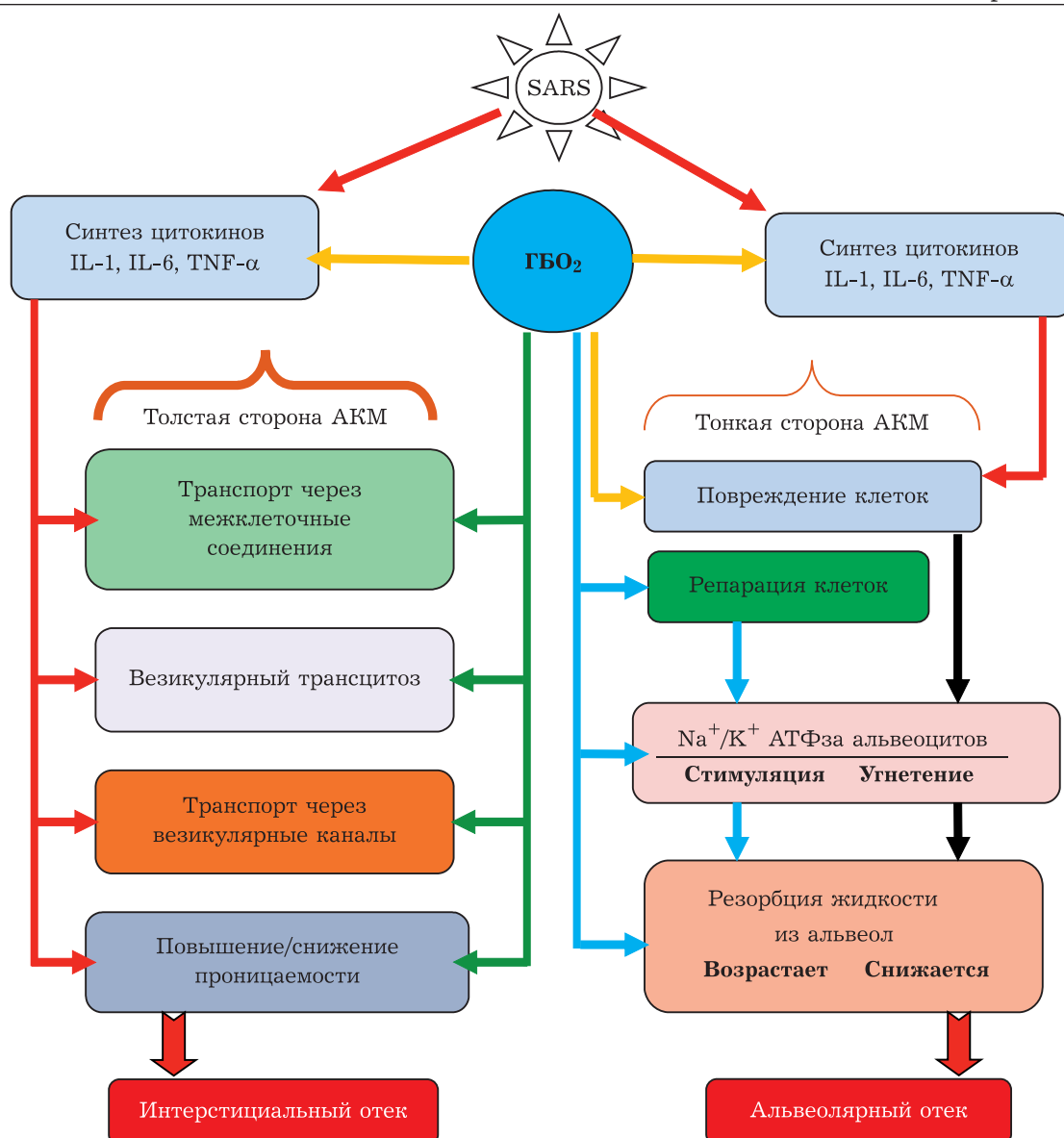
В свою очередь, способность ГБО<sub>2</sub> снижать проницаемость гистогематического барьера при воспалении<sup>1</sup>, дает основание подразумевать аналогичный эффект в легких при ГБО-терапии SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии, но с определенными особенностями. Это связано со строением АКМ, имеющей тонкую сторону (практически лишенную соединительной ткани), где происходит обмен газами между кровью и альвеолами, и толстую сторону (богатую соединительной тканью), где происходит обмен жидкостью и веществами между кровью и легочным интерстицием через межклеточные соединения, везикулярные каналы и путем везикулярного транспорта [34, с. 209–222]. Установлено, что при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии вначале развивается интерстициальный, а затем альвеолярный отеки в легочной ткани [16, с. 60–75]. Нельзя исключить, что устранение в процессе гипероксического воздействия повышенной проницаемости толстой стороны АКМ у больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией будет реализовываться как через ингибирующее влияние ГБО<sub>2</sub> на образование провоспалительных цитокинов (опосредованный эффект ГБО), так и через его непосредственное (прямое) воздействие на пути

трансмембранного обмена между легочным интерстицием и кровью. При этом состояние этих путей на момент оксигенации будет определять характер гипероксического воздействия: стимулирующий, ингибирующий или проявлять рефрактерность к гипероксии. Иными словами, речь идет о регуляции ГБО<sub>2</sub> транспорта жидкости и растворенных в ней веществ через толстый отдел АКМ при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии. Предполагаемая схема противоотечного эффекта ГБО<sub>2</sub> при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии представлена на рис. 1.

Одним из ведущих звеньев патогенезе альвеолярного отека полагают снижение активности альвеолярной Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-АТФ-азы, принимающей участие в резорбции жидкости из альвеолярного пространства [43, с. 5–12]. Учитывая способность ГБО<sub>2</sub> восстанавливать активность Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-АТФ-аз в субклеточных фракциях головного мозга при острой ишемии [45, с. 37–43], то нельзя исключить аналогичное влияние ГБО<sub>2</sub> на альвеолярную Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-АТФ-азу в альвеоцитах пациентов с SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией (см. рис. 1). Это может проявляться как конформационными изменениями молекулы энзима, повышающими сродство к субстрату реагирования, так и через экспрессию гена, кодирующего образование данного фермента, поскольку генетические механизмы являются неотъемлемой частью гипероксического саногенеза [45, с. 3–56].

Одними из первых мишеней повреждающего действия цитокинов становятся клетки сосудистого эпителия [46, с. 104–116], сокращение которых увеличивает проницаемость капиллярной стенки для жидкости и плазменных белков (но не клеток крови) [34, с. 209–222]. Предполагается следующий механизм гипероксического влияния на сократительную способность эндотелиальных клеток легочных капилляров при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии [47, с. 29–40]: ингибирующее влияние ГБО<sub>2</sub> на выработку провоспалительных цитокинов IL-1, TNF-α, устраняет их стимулирующее влияние образование тромбина и фибриногена, которые, как известно [46, с. 43–51], вызывают сокращение эндотелиальных клеток капилляров (рис. 2). Одновременно в условиях ГБО нарушается взаимодействия кальция

<sup>1</sup> Руководство по гипербарической медицине / ред. С. А. Байдин, А. Б. Граменицкий, Б. А. Рубинчик. М.: Медицина, 2008. 561 с.



**Рис. 1.** Предполагаемый механизм купирования гипербарическим кислородом интерстициального и альвеолярного отеков легкого при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии. АКМ — альвеолярно-капиллярная мембрана; ГБО<sub>2</sub> — гипербарический кислород; красная стрелка — стимулирующее влияние патогена; черная стрелка — ингибирующее влияние патогена; синяя стрелка — стимулирующее влияние ГБО<sub>2</sub>; желтая стрелка — ингибирующее влияние ГБО<sub>2</sub>; зеленая стрелка — регулирующее влияние ГБО<sub>2</sub>

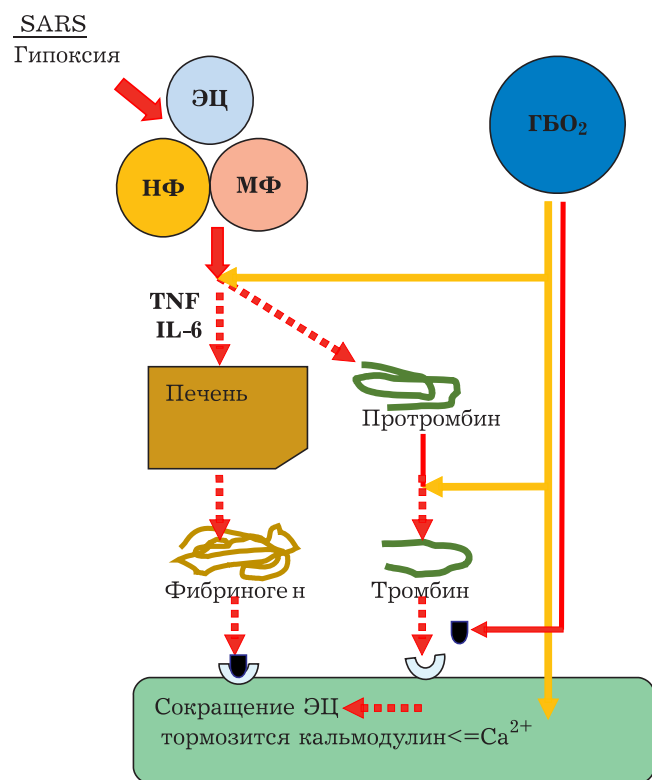
**Fig. 1.** Proposed mechanism of hyperbaric oxygen relief of interstitial and alveolar pulmonary edema in SARS-CoV-2-associated pneumonia. АКМ — alveolar-capillary membrane; ГБО<sub>2</sub> — hyperbaric oxygen; red arrow — stimulating effect of the pathogen; black arrow — inhibitory effect of the pathogen; blue arrow — stimulating effect of hyperbaric oxygen; yellow arrow — inhibitory effect of hyperbaric oxygen; green arrow — regulating effect of hyperbaric oxygen

с кальмодулином, что будет предотвращать реакцию эндотелиоцитов АКМ на стимуляцию их ретракции. При этом не исключается блокада в условиях ГБО адгезивных рецепторов эндотелиоцитов эндогенными метаболитами, нарушая тем самым адгезию тромбина и фибриногена на поверхности эндотелиоцитов легочных капилляров.

Позитивные результаты, полученные при лечении SARS-CoV-2-ассоциированных пневмо-

ний методом ГБО [4, с. 4–8; 5, с. 4–18; 22, с. 113; 24, с. 181–187], позволяют говорить о способности ГБО<sub>2</sub> устранять (предотвращать) патологическое тромбообразование в микроциркуляторном русле легких. С одной стороны, это связано с гипероксической активацией фибринолиза у больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией [12, с. 100–106], с другой — высказано предположение о способности ГБО<sub>2</sub> регулировать у больных SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонией

участие стенки легочных капилляров в гемостазе при данной патологии [47, с. 29–40].



**Рис. 2.** Предполагаемый механизм гипероксического влияния на сократительную способность эндотелиальных клеток легочных капилляров при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии. ГБО<sub>2</sub> — гипербарический кислород; ЭЦ — эндотелиоциты; МФ — макрофаги; НФ — нейтрофилы. Красная сплошная стрелка — стимуляция процесса; красная прерывистая стрелка — торможение процесса, желтая стрелка ингибирующее влияние ГБО<sub>2</sub>; ☪ — эндогенный блокатор адгезивных рецепторов эндотелиоцитов легочных капилляров [47, с. 29–40]

**Fig. 2.** Proposed mechanism of hyperoxic effect on the contractility of pulmonary capillary endothelial cells in SARS-CoV-2-associated pneumonia. ГБО<sub>2</sub> — hyperbaric oxygen; ЭЦ — endotheliocytes; МФ — macrophages; НФ — neutrophils. The red solid arrow is the stimulation of the process, the red dashed arrow is the inhibition of the process, the yellow arrow is the inhibitory effect of hyperbaric oxygen; ☪ — endogenous blocker of adhesive receptors of pulmonary capillary endotheliocytes [47, p. 29–40]

Предполагают, что, обладая способностью тормозить выброс провоспалительных цитокинов, ГБО<sub>2</sub> будет предупреждать их повреждающее влияние клеточную мембрану, запуская синтез эндотелиоцитами тромбопластина (рис. 3), который в физиологических условиях в них образуется незначительно или не образуется вообще [48, с. 545–549; 49, с. 69–72]. При этом не исключается ГБО-детерминированное торможение выхода образованного тромбопла-

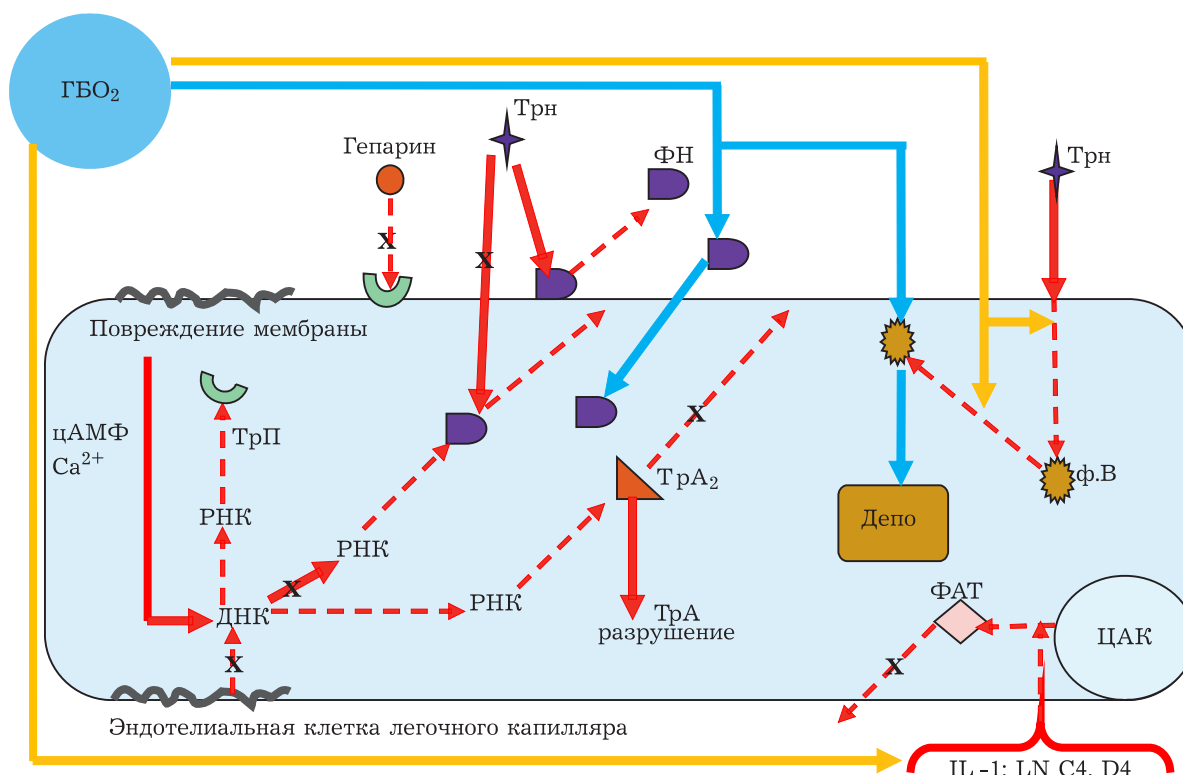
стина на поверхность эндотелиальной клетки с его последующим расщеплением на белковую и липидную фракции (рис. 3), которые, как известно [50, с. 393–399], не обладают прокоагулянтной активностью. Предупреждая повреждение клеточной мембраны цитокинами, ГБО<sub>2</sub> будет снижать влияние тромбина на выход фибронектина из клетки. В свою очередь, восстановление клеточной мембраны приведет к прекращению сигналов от ее поврежденных участков, провоцирующих стимуляцию образования фибронектина (рис. 3). Не исключается стимулирующее влияние ГБО на поступление фибронектина из крови в эндотелий капилляров (рис. 3), что обнаружено в физиологических условиях [51, с. 143–149].

Известно, что провоспалительные цитокины стимулируют синтез фактора активации тромбоцитов (ФАТ) [52, с. 445–453], который при отсутствии стимуляции эндотелиоциты не образуют или образуют в очень малом количестве [53, с. 25]. Можно полагать, что в указанных нами условиях, ГБО<sub>2</sub> будет устранять это явление, а также тормозить выход уже образованного ФАТ в кровоток (см. рис. 3).

Одним из главных факторов, определяющих адгезию тромбоцитов к сосудистой стенке капилляра, является фактор фон Виллебранда, который синтезируется и накапливается в эндотелиальных клетках в составе телец Weibel-Palade. На уровень фактора фон Виллебранда в эндотелиоцитах могут влиять как сигналы, поступающие из других клеток [54, с. 416–424], так и тромбин, который, вызывая метилирование фосфатидилэтаноламина и вход  $Ca^{2+}$  в клетку, стимулирует его секрецию [54, с. 20]. Можно полагать (см. рис. 3), что ГБО<sub>2</sub>, изменяя сродство рецепторов к эндотелиоцитам легочных капилляров к тромбину, так и регулируя вход  $Ca^{2+}$  в клетки будет тормозить секрецию фактора фон Виллебранда эндотелиальными клетками в кровоток, одновременно стимулируя его депонирование внутри них. Это по принципу обратной связи приведет к временному прекращению образования данного вещества.

Таким образом, анализируя причины эффективности гипербарической кислородной терапии при SARS-CoV-2-ассоциированной пневмонии, мы, обосновывая оптимальные режимы ГБО при лечении данной патологии, постарались разобрать некоторые из возможных механизмов лечебного влияния ГБО<sub>2</sub> на газообмен-





**Рис. 3.** Предполагаемые механизмы гипероксического влияния на тромботическую активность сосудистой стенки легочных капилляров при гиперкоагуляции; вызванной инфицированием SARS-CoV-2 [47, с. 29–40]. ГБО<sub>2</sub> – гипербарический кислород; ТрА<sub>2</sub> – тромбоксан А<sub>2</sub>; ТрП – тромбопластин; Трн – тромбин; ФН – фибронектин; ф.В. – фактор Виллебранда; ФАТ – фактор активации тромбоцитов; ЦАК – цикл арахидоновой кислоты. Красная сплошная стрелка – стимуляция; красная прерывистая стрелка – торможение; голубая стрелка – стимулирующее влияние ГБО<sub>2</sub>; желтая стрелка – ингибирующее влияние ГБО<sub>2</sub>; X-ГБО<sub>2</sub> – детерминированное нарушение процесса

**Fig. 3.** Proposed mechanisms of hyperoxic influence on the thrombotic activity of the vascular wall of the pulmonary capillaries during hypercoagulation; caused by SARS-CoV-2 infection [47, p. 29–40]. ГБО<sub>2</sub> – hyperbaric oxygen; ТрА<sub>2</sub> – thromboxane A<sub>2</sub>; ТрП – thromboplastin; Трн – thrombin; ФН – fibronectin; ф.В. – the von Willebrand factor; ФАТ – platelet activating factor; ЦАК – the arachidonic acid cycle. Red solid arrow – stimulation; red broken arrow – braking; blue arrow – stimulating effect of hyperbaric oxygen; yellow arrow – inhibitory effect of hyperbaric oxygen; X-ГБО<sub>2</sub> – Deterministic Process Disruption

ную функцию легких, нарушение которой является ведущим звеном в патогенезе гипоксического поражения организма при данной патологии. Не настаивая на том, что это истина в по-

следней инстанции, надеемся, что данная работа вызовет интерес и подвигнет наших коллег к дальнейшим исследованиям механизмов лечебного действия ГБО<sub>2</sub> при данной патологии.

### Литература/ References

1. Guan W., Ni Z., Hu Yu., Liang W., Ou C., He J. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China // *N. Engl. J. Med.* 2020. Vol. 382, No. 18. P. 1708–1720. PMID: 32109013 <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2002032>.
2. Глыбочко П.В., Фомин В.В., Моисеев С.В. Исходы у больных с тяжелым течением COVID-19, госпитализированных для респираторной поддержки в отделения реанимации и интенсивной терапии // *Клиническая фармакология и терапия.* 2020. № 3. С. 25–36. doi 10.32756/0869-5490-2020-3-25-36. Glybochko P.V., Fomin V.V., Moiseev S.V. Iskhody u bol'nyh s tyazhelym techeniem COVID-19, hospitalizirovannyh dlya respiratornoj podderzhki v otdeleniya reanimacii i intensivnoj terapii // *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya.* 2020. No. 3. S. 25–36. [Glybochko P.V., Fomin V.V., Moiseev S.V. Outcomes in patients with severe COVID-19 hospitalized for respiratory support in intensive care units. *Clinical pharmacology and therapy*, 2020, No. 3, pp. 25–36 (In Russ.).] doi: 10.32756/0869-5490-2020-3-25-36.
3. Joly B.S., Siguret V., Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19 // *Intensive Care.* 2020. Vol. 46, No. 8. P. 1603–1606. doi.org/10.1007/s00134-020-06088-1.

4. Thibodeaux K., Speyrer Z., Raza A. Hyperbaric oxygen therapy in preventing mechanical ventilation in COVID-19 patients: a retrospective case series // *Journal of Wound Care*. 2020. Vol. 29, Suppl. 5a. P. S4–S8. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.Sup5a.S4>.
5. Петриков С.С., Евсеев А.К., Левина О.А. Гипербарическая оксигенация в терапии пациентов с COVID // *Общая реаниматология*. 2020. Т. 16, № 6. С. 4–18. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2020-6-4-18>. Petrikov S.S., Evseev A.K., Levina O.A. Giperbaricheskaya oksigenaciya v terapii pacientov s COVID // *Obshchaya reanimatologiya*. 2020. Т. 16, No. 6. S. 4–18 [Petrikov S.S., Evseev A.K., Levina O.A. Hyperbaric oxygenation in the therapy of patients with COVID. *General reanimatology*, 2020, Vol. 16, No. 6, pp. 4–18 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2020-6-4-18>.
6. Henry B.M., Lippi G. Poor survival with extracorporeal membrane oxygenation in acute respiratory distress syndrome (ARDS) due to coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pooled analysis of early reports // *Journal of Critical Care*. 2020. Vol. 58. P. 27–28. <https://doi.org/10.1016/j.jccr.2020.03.011>.
7. Geier M.R., Geier D.A. Respiratory conditions in coronavirus disease 2019 (COVID-19): Important considerations regarding novel treatment strategies to reduce mortality // *Med. Hypotheses*. 2020. Vol. 140. 109760. P. 1–5. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109760.
8. Kjellberg A., Rodriguez K., Wallberg Lindholm P. Efficacy and safety of hyperbaric oxygen for patients with COVID-19; rationale and protocol of the randomized controlled trial COVID-19-HBO2 // *UHMS Evidence Review for HBO2 Treatment of COVID-19 OWebinar Abstracts*. 2020. P. 2. file://Users/Downloads/ABSTRACTS\_Covid-19\_webinar\_rev\_6-17.pdf.
9. Paganini M., Perozzo B.G., F.A.G. The role of hyperbaric oxygen treatment for COVID-19: a review // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. New York: Springer, 2020. Vol. 1289. P. 27–35. doi: 10.1007/5584\_2020\_568.
10. Savilov P.N. On the possibility of using hyperbaric oxygenation in the treatment of SARS-CoV-2-infected patients // *Danish Scientific Journal*. 2020. Vol. 1, No. 36. P. 43–49.
11. Леонов А.Н. Гипероксия. Адаптация. Саногенез. Воронеж: ВГМА, 2006. 190 с. Leonov A.N. Giperoksiya. Adaptaciya. Sanogenez. Voronezh: VGMA, 2006. 190 s. [Leonov A.N. *Hyperoxia. Adaptation. Sanogenesis*. Voronezh, 2006, 190 p. (In Russ.)].
12. Zhong X., Tao X., Tang Y., Chen R. The outcomes of hyperbaric oxygen therapy to retrieve hypoxemia of severe novel coronavirus pneumonia: a first case report // *Zhonghua Hanghai Yixue yu Gaoqiya Yixue Zazhi*. 2020. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2020.0001>.
13. Jain K.K. *Textbook of Hyperbaric Medicine Cham*. Springer, 2016. 640 p. ISBN 978-3-319-47138-9.
14. Savilov P.N. Hyperbaric oxygen is a natural universal adaptogen // *Danish Scientific Journal*. 2020. Vol. 38, No. 1. P. 40–47.
15. Гринцова А.А., Ладария Е.Г., Боева И.А. Применение гипербарической оксигенации в комплексной терапии пациентов с профессиональным ХОЗЛ // *Университетская клиника (Донецк)*. 2015. Т. 11, № 2. С. 52–54. Grincova A.A., Ladariya E.G., Boeva I.A. Primenenie giperbaricheskoy oksigenacii v kompleksnoj terapii pacientov s professional'nyim HOZL // *Universitetskaya klinika (Doneck)*. 2015. Т. 11, № 2. S. 52–54 [Grincova A.A., Ladaria E.G., Baeva I.A. Application of hyperbaric oxygenation in complex therapy of patients with occupational COPD. *University Clinic (Donetsk)*, 2015, Vol. 11, No. 2, pp. 52–54 (In Russ.)].
16. Забозлаев Ф.Г., Кравченко Э.В., Галлямова А.Р., Летуновский Н.Н. Патологическая анатомия легких при новой коронавирусной инфекции (COVID-19) Предварительный анализ аутопсийных исследований // *Клиническая практика*. 2020. Т. 11, № 2. С. 60–75. Zabolzaev F.G., Kravchenko E.V., Gallyamova A.R., Letunovskij N.N. Patologicheskaya anatomiya lyogkih pri novej koronavirusnoj infekcii (COVID-19). Predvaritel'nyj analiz autopsijnyh issledovanij // *Klinicheskaya praktika*. 2020. Т. 11, № 2. S. 60–75 [Zabolzaev F.G., Kravchenko E. V., Gallyamova A. R., Letunovsky6N.N. Pathological anatomy of the lungs in a new coronavirus infection (COVID-19). Preliminary analysis of autopsy studies. *Clinical practice*, 2020, Vol. 11, No. 2, pp. 60–75 (In Russ.)].
17. Hyperbaric Versus Normobaric Oxygen Therapy for COVID-19 Patient. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04500626100> Available.
18. Hyperbaric Oxygen as an Adjuvant Treatment for Patients with COVID-19 Severe Hypoxemia. Available at: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04477954>.
19. Kjellberg A., Douglas J., Pavlik M.T. et al. A randomized, controlled, open, multicenter clinical trial to study the safety and efficacy of hyperbaric oxygen to prevent admission to the intensive care unit, morbidity, and mortality in adult patients with COVID-19 // *BMJ*. 2020. Vol. 11, No. 7. P. 1–9. e046738. doi: 10.1136/BMJ open-2020-046738.
20. Savilov P. Forms of Adaptation to Hyperoxia // *Norwegian Journal of development of the international Science*. 2021. Vol. 55, No. 1. P. 26–32. doi: 10.24412/3453-9875-2021-55-1-26-32.

21. Левина О.А., Евсеев А.К., Шабанов А.К. Безопасность гипербарической оксигенации при лечении COVID-19 // *Журнал им. Н.В.Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2020. Т. 9, № 3. С. 14–19. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-3-314-320>. Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K. Bezopasnost' giperbaricheskoy oksigenacii pri lechenii COVID-19 // *Zhurnal im. N. V. Sklifosovskogo «Neotlozhnaya medicinskaya pomoshch'»*. 2020. Tom 9, № 3. S. 14–19 [Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K. Safety of hyperbaric oxygenation in the treatment of COVID-19. *N. V. Sklifosovsky Journal «Emergency medical care»*, 2020, Vol. 9, No. 3, pp. 14–19 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-3-314-320>.
22. Ефремова О.Ю., Зайцев А.А., Золотухин О.В., Костина Н.Э. Опыт применения гипербарической оксигенации у кислородзависимых пациентов с тяжелыми формами коронавирусной инфекции // *Сборник трудов XXX Национального конгресса по болезням органов дыхания с международным участием* / под ред. А. Г. Чучалина. М., 2020. С. 113. Efremova O.Yu., Zajcev A.A., Zolotukhin O.V., Kostina N.E. Opyt primeneniya giperbaricheskoy oksigenacii u kislorodzavisimyh pacientov s tyazhelymi formami koronavirusnoj infekcii // *Sbornik trudov XXX Nacional'nogo kongressa po boleznyam organov dyhaniya s mezhdunarodnym uchastiem* / pod redakciej A.G. Chuchalina. M., 2020. S. 113 [Efremova O.Yu., Zaitsev A.A., Zolotukhin O.V., Kostina N.E. The experience of using hyperbaric oxygenation in oxygen-dependent patients with severe forms of coronavirus infection. *Proceedings of the XXX National Congress on Respiratory Diseases with international participation* / edited by A.G. Chuchalin. Moscow, 2020, p. 113 (In Russ.)].
23. Самойлов А.С., Удалов Ю.Д., Шелянов М.В. Опыт применения гипербарической оксигенотерапии с использованием портативных барокамер для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 // *Биомедицина*. 2020. Т. 16, № 2. С. 39–46. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-16-2-39-46>. Samojlov A.S., Udalov Yu.D., Sheyanov M.V. Opyt primeneniya giperbaricheskoy oksigenoterapii s ispol'zovaniem portativnyh barokamer dlya lecheniya pacientov s novej koronavirusnoj infekciej COVID-19 // *Biomedicina*. 2020. T. 16, № 2. S. 39–46 [Samoilov A.S., Udalov Yu.D., Sheyanov M.V. Experience of hyperbaric oxygen therapy using portable pressure chambers for the treatment of patients with a new coronavirus infection COVID-19. *Biomedicine*, 2020, Vol. 16, No. 2, pp. 39–46 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-16-2-39-46>.
24. Guo D., Pan S.S., Wang M.M., Guo Y. Hyperbaric oxygen therapy may be effective to improve hypoxemia in patients with severe COVID-2019 pneumonia: two case reports // *Undersea hyperbaric medicine*. 2020. Vol. 47, No. 2. P. 181–187. PMID: 32574433.
25. Gorenstein S.A., Castellano M.L., Slone E.S. Hyperbaric oxygen therapy for COVID-19 patients with respiratory distress: treated cases versus propensity-matched controls // *Undersea hyperbaric medicine*. 2020. Vol. 47, No. 3. P. 405–413.
26. Safety and Efficacy of Hyperbaric Oxygen for ARDS in Patients with COVID19. Available at: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04327505> [Accessed Jul 15, 2020].
27. Hyperbaric Oxygen Therapy Effect in COVID19 RCT (HBOTCOVID19). Available at: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04358926> [Accessed Jul 15, 2020].
28. Трясучев А.В., Нестеров Ю.В. Влияние гипероксического воздействия и гипоксии на стабильность альвеолярной поверхности легких разновозрастных крыс // *Материалы III Международной заочной конференции «Человек и животные»*. Астрахань, 2014. С. 98–99. [Tryasuchyov A.V., Nesterov Yu.V. Vliyanie giperoksidicheskogo vozdejstviya i gipoksii na stabil'nost' al'veolyarnoj poverhnosti lyogkih raznovozrastnyh krysv // *Materialy III Mezhdunarodnoj zaочноj konferencii «Chelovek i zhivotnye»*. Astrakhan', 2014. S. 98–99 [Tryasuchev A.V., Nesterov Yu.V. The influence of hyperoxic exposure and hypoxia on the stability of the alveolar surface of the lungs of rats of different ages. *Materials of the III International Correspondence Conference «Man and animals»*. Astrakhan, 2014, pp. 98–99 (In Russ.)].
29. Кошелев П.И., Глухов А., Соколов Д.А. Патоморфологическая характеристика легких при абсцедирующей пневмонии и воздействии гипербарической оксигенации // *Журнал анатомии и гистологии*. 2017. Т. 6, № 1. С. 43–50. doi: 10/18499/2225-7375-2017-6-1-43-50. Koshelev P.I., Gluhov A., Sokolov D.A. Patomorfologicheskaya harakteristika lyogkih pri abscediruyushchej pnevmonii i vozdeystviu giperbaricheskoy oksigenacii // *Zhurnal anatomii i gistologii*. 2017. T. 6, № 1. S. 43–50 [Koshelev P.I., Glukhov A., Sokolov D.A. Pathomorphological characteristics of the lungs in abscessing pneumonia and the effects of hyperbaric oxygenation. *Journal of Anatomy and Histology*, 2017, Vol. 6, No. 1, pp. 43–50 (In Russ.)]. doi: 10/18499/2225-7375-2017-6-1-43-50.
30. Яковлев Н.В., Савилов П.Н. Влияние гипероксической нагрузки на содержание малонового диальдегида в легочной ткани здорового организма // «*Фізіологія, валеологія, медицина: сучасний стан та перспективи розвитку*»: Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (06 квітня 2021 р.). Харків: Вид-во НФаУ, 2021. С. 181–183. Yakovlev N.V., Savilov P.N. Vliyanie giperoksidicheskoy nagruzki na sodержanie malonovogo dial'degida v lyogochnoj tkani zdorovogo organizma // «*Fiziologiya, valeologiya, medicina: suchasnij stan ta perspektivi rozvitku*»: Tezi dopovidej Vseukraїns'koї naukovo-praktichnoї internet-konferencії (06 kvitnya 2021 r.). Harkiv: Izd-vo NFaU, 2021. S. 181–183.

2021. S. 181–183 [Yakovlev N.V., Savilov P.N. Influence of hyperoxic load on the content of Malondialdehyde in the lung tissue of a healthy organism. «*Physiology, valeology, medicine: current state and prospects of development*»: abstracts of reports All-Ukrainian Scientific and practical Internet Conference (April 06, 2021). Kharkiv: Publishing house Nfau, 2021, pp. 181–183 (In Russ.)].
31. *Handbook of Hyperbaric Medicine* / ed. by D. Mathieu. Springer (Netherlands), 2006. 816 p.
32. Сокуренько С.И., Петрова Е.А. Гипербарическая оксигенотерапия как метод иммунокоррекции при хронических обструктивных заболеваниях легких // *Бюллетень гипербарической биологии и медицины*. 1999. Т. 7, № 1–4. С. 99–101. Sokurenko S.I., Petrova E.A. Giperbaricheskaya oksigenoterapiya kak metod immunokorrekcii pri hronicheskikh obstruktivnykh zabolevaniyah lyogkih // *Byulleten' giperbaricheskoy biologii i mediciny*. 1999. Т. 7, № 1–4. С. 99–101 [Sokurenko S.I., Petrova E.A. Hyperbaric oxygen therapy as a method of immune correction in chronic obstructive pulmonary diseases. *Bulletin of hyperbaric biology and medicine*, 1999, Vol. 7, No. 1–4, pp. 99–101 (In Russ.)].
33. Полунина Г.И., Полунин В.И. Влияние ГБО на состояние больных туберкулезом пожилого возраста // *Бюллетень гипербарической биологии и медицины*. 1999. Т. 7, № 1–4. С. 101–102. Polunina G.I., Polunin V.I. Vliyanie GBO na sostoyanie bol'nykh tuberkulyozom pozhilogo vozrasta // *Byulleten' giperbaricheskoy biologii i mediciny*. 1999. Т. 7, № 1–4. С. 101–102 [Polunina G.I., Polunin V.I. The influence of HBO on the condition of elderly tuberculosis patients. *Bulletin of hyperbaric biology and medicine*, 1999, Vol. 7, No. 1–4, pp. 101–102 (In Russ.)].
34. Гриппи М.А. *Патофизиология легких* / пер. с англ. Ю. М. Шапкайца под ред. Ю. В. Наточина. 2-е изд., испр. М.; СПб.: БИНОМ, Nevский Диалект, 1999. 344 с. Grippi M.A. *Patofiziologiya legkih* / perevod s anglijskogo Yu. M. Shapkaicja pod redakciej Yu. V. Natochina. 2-e izd., ispr. Moskva; Sankt-Peterburg: BINOM, Nevskij Dialekt, 1999. 344 s. [Grippi M.A. *Pathophysiology of the lungs* / translated from English by Yu.M. Shapkaits edited by Yu. V. Natochin. 2<sup>nd</sup> ed., ispr. Moscow; St. Petersburg: BINOM, Nevsky Dialect, 1999. 344 p. (In Russ.)]
35. Александрова Н.П., Исаев Г.Г., Голубева Е.В. Механизмы утомления дыхательных мышц при затрудненном дыхании // *Тезисы докладов XVII съезда физиологов России*. Ростов-на-Дону: БИОС РГУ, 1998. С. 128. Aleksandrova N.P., Isaev G.G., Golubeva E.V. Mekhanizmy utomleniya dyhatel'nykh myshc pri zatrudnyonnom dyhanii // *Tezisy dokladov XVII s'ezda fiziologov Rossii*. Rostov-na-Donu: BIOS RGU, 1998. S. 128. [Alexandrova N.P., Isaev G.G., Golubeva E.V. Mechanisms of fatigue of respiratory muscles with difficulty breathing. *Abstracts of reports of the XVII Congress of Physiologists of Russia*. Rostov-on-Don: BIOS RSU, 1998, p. 128 (In Russ.)].
36. Кузник Б.И., Хавинсон В.Х., Линькова Н.С. COVID-19: влияние на иммунитет, систему гемостаза и возможные пути коррекции // *Успехи физиологических наук*. 2020. Т. 51, № 6. С. 51–63. doi: 10.31857/S030-117982-0040037. Kuznik B.I., Havinson V.H., Lin'kova N.S. COVID-19: vliyanie na immunitet, sistemu gemostaza i vozmozhnye puti korrekcii // *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*. 2020. Т. 51, № 6. С. 51–63 [Kuznik B.I., Havinson V.H., Linkova N.S. COVID-19: effect on immunity, hemostasis system and possible ways of correction. *Successes of physiological sciences*, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 51–63 (In Russ.)]. doi: 10.31857/S030-117982-0040037.
37. De la Rica R. Borges M., Gonzalez-Freire M. COVID-19: in the Eye of the Cytokine Storm // *Frontiers in Immunology*. 2020. No. 11. P. 558–598. doi: 10.3389/fimmu.2020.558898.
38. Rizzo P., Vieceli Dalla Sega F., Fortini F., Marracino L., C. Rapezzi, Ferrari R. COVID-19 in the heart and the lungs: could we 'Notch' the inflammatory storm? // *Basic Research in Cardiology*. 2020. Vol. 115, No. 3. P. 31–40. doi: 10.1007/s00395-020-0791-5.
39. Muralidharan V., Christophi C. Hyperbaric oxygen therapy and liver transplantation // *HPB (Oxford)*. 2007. Vol. 9, No. 3. P. 174–182. doi: 10.1080/13651820601175926.
40. Benkő R., Miklós Z., Ágoston V.A. Hyperbaric oxygen therapy dampens inflammatory cytokine production and does not worsen the cardiac function and oxidative state of diabetic rats // *Antioxidants (Basel)*. 2019. Vol. 8, No. 12. P. 607. PMID: 31801203. <https://doi.org/10.3390/antiox8120607>.
41. Rossignol D.A., Rossignol L.W., James S.J. Melnyk S., Mumper E. The effects of hyperbaric oxygen therapy on oxidative stress, inflammation, and symptoms in children with autism: an open-label pilot study // *BMC Pediatr*. 2007. Vol. 7, No. 36. P. 1–13. PMID: 18005455. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-7-36>.
42. Antoniadou A., Antonakos N., Damoraki G. et al. Complex Immune Dysregulation in COVID-19 Patients with Severe Respiratory Failure // *Cell Host Microbe*. 2020. Vol. 27, No. 6. P. 992–1000. e3. doi: 10.1016/j.chom.2020.04.009. PMID: 32320677.
43. Голубев А.М., Мороз В.В., Мещеряков Г.Н., Лысенко Д.В. Патогенез и морфология острого повреждения легких // *Общая реаниматология*. 2005. Т. 1, № 5. С. 5–12. Golubev A.M., Moroz V.V., Meshcheryakov G.N., Lysenko D.V. Patogenez i morfologiya ostrogo povrezhdeniya lyogkih // *Obshchaya reanimatologiya*. 2005. Т. 1, № 5. С. 5–12 [Gol-

- ubev A.M., Moroz V.V., Meshcheryakov G.N., Lysenko D.V. Pathogenesis, and morphology of acute lung injury. *General resuscitation*, 2005, Vol. 1, No. 5, pp. 5–12 (In Russ.).
44. Крюков В.М., Шамраев В.И. Функциональные особенности натриевого насоса и сопряженных реакций при ишемии головного мозга в условиях гипербарической оксигенации // *Механизмы гипербарической оксигенации* / ред. А. Н. Леонов. Воронеж: Коммуна, 1986. С. 37–43. Kryukov V.M., Shamraev V.I. Funkcional'nye osobennosti natrievogo nasosa i sopryazhyonnyh reakcij pri ishemii golovnogo mozga v usloviyah giperbaricheskoy oksigenacii // *Mekhanizmy giperbaricheskoy oksigenacii* / red. A. N. Leonov. Voronezh: Kommuna, 1986. S. 37–43 [Kryukov V.M., Shamraev V.I. Functional features of the sodium pump and associated reactions in cerebral ischemia under conditions of hyperbaric oxygenation. *Mechanisms of hyperbaric oxygenation* / ed. by A. N. Leonov. Voronezh: Publishing house Commune, 1986, pp. 37–43 (In Russ.)].
45. Савилов П.Н. Генетические механизмы гипероксического саногенеза // *Бюллетень гипербарической биологии и медицины*. 2007. Т. 15, № 1–4. С. 3–56. Savilov P.N. Geneticheskie mekhanizmy giperoksicheskogo sanogeneza // *Byulleten' giperbaricheskoy biologii i mediciny*. 2007. T. 15, № 1–4. S. 3–56 [Savilov P.N. Genetic mechanisms of hyperoxic sanogenesis. *Bulletin of hyperbaric biology and medicine*, 2007, Vol. 15, No. 1–4, pp. 3–56 (In Russ.)].
46. Пальцев М.А., Иванов А.А. *Межклеточные взаимодействия*. М.: Медицина, 1995. 224 с. Pal'tsev M.A., Ivanov A.A. *Mezhkletochnye vzaimodejstviya*. M.: Medicina, 1995. 224 p. [Paltsev M.A., Ivanov A.A. *Intercellular interactions*. Moscow: Publishing house Medicine, 1995, 224 p. (In Russ.)].
47. Savilov P. Hyperoxic sanogenesis of lung Gas exchange function in SARS-Co-2-associated pneumonia // *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2021. Vol. 65, No. 1. P. 29–40. doi: 10.24412/3453-9875-2021-65-1-29-40.
48. Zaugg H. Thromboplastic activity of human arterial walls and its interactions with the plasmatic coagulation system // *J. Clin. Chem. and Clin. Biochem.* 1980. Vol. 18. P. 545–549.
49. Johnson U.L.H., Lyberg T., Galdel K.S., Prydz H. Platelets stimulate thromboplastin synthesis in human endothelial cells // *Thromb. Haemost.* 1983. Vol. 49. P. 69–72.
50. Lyberg T. Intracellular signal mechanisms in the induction of thromboplastin synthesis // *Hemostasis*. 1984. Vol. 14. P. 393–399.
51. Tore G., Rolf S. Plasma fibronectin contributes to fibronectin in Tissues // *Acta Chir. Scand.* 1985. Vol. 151. P. 143–149.
52. Whatley R.E., Zimmerman G.A., Meityre T.M. et al. Production platelet-activating factor by endothelial cells // *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. 1987. Vol. 13. P. 445–453.
53. Петрищев Н.Н. *Тромборезистентность сосудов*. СПб.: АНТ-М, 1994. 130 с. Petrishchev N.N. *Tromboresistentnost' sosudov*. SPb.: ANT-M, 1994. 130 p. [Petrishchev N.N. *Thromboresistance of vessels*. St. Petersburg: Publishing house ANT-M, 1994, 130 p. (In Russ.)].
54. Groot P.G., Sixma J.J. Role of von Willebrand factor in the vessel wall // *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. 1987. Vol. 13, No. 4. P. 416–424.

**Сведения об авторе:**

Савилов Павел Николаевич — врач анестезиолог-реаниматолог Тамбовского областного государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Тамбовская центральная районная больница»; 392624, Тамбовская область, Тамбовский р-н, с. Покрово-Пригородное, Полевая ул., д. 4; e-mail: p\_savilov@mail.ru; ORCID 0000-0003-0506-8939; SPIN-код 2394-0924.

## ЛЕКТОРИЙ / LECTURE

УДК 616.2

<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-20-37>

© Логунов А.Т., Мосягин И.Г., Павлов Н.Б., 2022 г.

### ПОДОГРЕТЫЕ КИСЛОРОДНО-ГЕЛИЕВЫЕ СМЕСИ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

<sup>1</sup>А. Т. Логунов\*, <sup>2</sup>И. Г. Мосягин, <sup>3</sup>Н. Б. Павлов<sup>1</sup>Специальное конструкторское бюро экспериментального оборудования, г. Химки, Россия<sup>2</sup>Главное командование Военно-Морского Флота, Санкт-Петербург, Россия<sup>3</sup>Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий, г. Химки, Россия

В связи с возникновением в 2019–2021 гг. вспышки новой коронавирусной инфекции неожиданно большую актуальность приобрело лечение заболеваний системы дыхания с использованием подогреваемых кислородно-гелиевых смесей. В средствах массовой информации появилось много публикаций, сообщений, интервью, где технологии и конструкции именуются пионерскими, а авторы (их было много) называют себя первопроходцами, создателями новых инновационных технологий, при этом сознательно или из-за некомпетентности искажалась суть вопроса. Данной публикацией сделана попытка объективно, на основе документов, установить истину — назвать имена тех, кто действительно предложил и реализовал идею на практике.

**Ключевые слова:** морская медицина, инертные газы, гелий, кислородно-гелиевая смесь

\*Контакт: Логунов Алексей Тимофеевич, [a.t.logunov@yandex.ru](mailto:a.t.logunov@yandex.ru)

© Logunov A.T., Mosyagin I.G., Pavlov N.B., 2022

### HEATED OXYGEN-HELIUM MIXTURES. EXPERIENCE OF APPLICATION IN MEDICINE

<sup>1</sup>Alexey T. Logunov\*, <sup>2</sup>Igor G. Mosyagin, <sup>3</sup>Nikolai B. Pavlov<sup>1</sup>Special Design Bureau of Experimental Equipment, Khimki, Russia<sup>2</sup>Main Command of the Navy, St. Petersburg, Russia<sup>3</sup>Federal Clinical Center of High Medical Technologies, Khimki, Russia

Due to the outbreak of a new coronavirus infection in 2019–2021, the treatment of respiratory system diseases using heated oxygen-helium mixtures has unexpectedly become more urgent. Many publications, messages, interviews appeared in the media, where technologies and designs are called pioneer, and the authors (there were many of them) call themselves pioneers, creators of new innovative technologies, while the essence of the issue was distorted consciously or due to incompetence. This publication attempts to objectively, on the basis of documents, to establish the truth — to name the names of those who really proposed to implement the idea in practice.

**Key words:** marine medicine, inert gases, helium, oxygen-helium mixture

\*Contact: Logunov Alexey Timofeevich, [a.t.logunov@yandex.ru](mailto:a.t.logunov@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Логунов А.Т., Мосягин И.Г., Павлов Н.Б. Подогретые кислородно-гелиевые смеси. История применения в медицине // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 20–37, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-20-37>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Logunov A.T., Mosyagin I.G., Pavlov N.B. Heated oxygen-helium mixtures. History of application in medicine // *Marine Medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 20–37. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-20-37>.

**Введение.** Гелий всегда привлекал многих ученых и исследователей. В истории его открытия, исследований и применения встречаются имена сотен физиков, химиков, инже-

неров, военных и врачей. Гелий был открыт в 1868 г. французским астрономом Пьером Жюлем Жансеном при наблюдении короны Солнца во время затмения. Через тринадцать

лет его обнаружили на Земле. В связи с этим английский журнал «Панч» («Punch») опубликовал карикатуру, на которой гелий был изображен в виде хитро подмигивающего человечка — жителя Солнца. Текст под рисунком гласил: «Наконец-то меня изловили на Земле! Это длилось достаточно долго! Интересно знать, сколько времени пройдет, пока они догадаются, что делать со мной?».

В последнее время, после начала пандемии COVID-19 мы часто слышим словосочетание «подогретая кислородно-гелиевая смесь» (ПКГС). В средствах массовой информации то тут, то там проскакивает информация об использовании «термогелиокса» в комплексной терапии COVID-19. Пишут об «инновационных», «впервые открытых» и «единственных в мире» технологиях лечебного дыхания<sup>1</sup>. Это вызывает интерес, поскольку метод действительно открывает широкую терапевтическую перспективу при лечении состояний, сопровождающихся повреждением дистальных отделов респираторного тракта. Однако, будучи коммерчески обусловленными, данные заметки, как правило, скудны с научной точки зрения и грешат тем, что авторы забывают «тех настоящих первых помянуть», а вместе с этим ускользает и сама суть метода, который в умелых руках действительно становится спасательным кругом для «утопающих» в дыхательной недостаточности. На самом деле ингаляции КГС применяются в военной и гражданской медицине и спорте высших достижений уже несколько десятилетий. Пионерами в этом были военные, прежде всего водолазные врачи<sup>2</sup>.

#### **Подогретая кислородно-гелиевая смесь.**

Кислородно-гелиевая смесь — это газовая смесь кислорода и гелия. Соотношение газов в смеси может быть любым, но для достижения терапевтического эффекта, согласно результатам клинических исследований ученых Российской академии наук, лучшим признано соотношение 30% кислорода и 70% гелия.

Так почему же именно гелий выбран одним из составляющих смеси?

При стандартных атмосферных условиях (давление — 760 мм рт.ст., температура 15° С) гелий представляет собой инертный газ без цвета, вкуса и запаха. Его плотность — 0,178 кг/м<sup>3</sup>, что в 6,7 раза меньше плотности воздуха (1,2 кг/м<sup>3</sup>). При стандартных условиях гелий обладает самой большой теплопроводностью среди всех газов, за исключением водорода: гелий — 0,152 Вт/(м×К), водород — 0,0243 Вт/(м×К). Удельная теплоемкость гелия составляет 5,296 кДж/(кг×К), воздуха — 1,005 кДж/(кг×К). Растворимость в воде (литров газа на литр жидкости) гелия — 0,0089, воздуха — 0,19.

Благодаря столь уникальным физическим свойствам гелий при поступлении в человеческий организм в непривычных для организма количествах, не вступая при этом ни в какие химические реакции, провоцирует перестройку работы регуляторных систем организма в благоприятную для человека сторону, улучшая состояние всех функциональных систем организма. За всю историю клинических испытаний и глубоководных погружений отрицательного воздействия гелия на организм человека не замечено.

При поступлении гелия в дыхательные пути изменяется газообмен в альвеолах. Из-за высокой диффузионной способности гелий легко проникает через альвеолярно-капиллярные мембраны. В соответствии с известным законом Генри, описывающим процесс диффузии газов, парциальное давление гелия внутри капилляра быстро возрастает и выравнивается с давлением гелия в альвеоле. При этом эмиссия азота, растворенного в крови, происходит в разы медленнее. Из-за этого возникает избыточное давление внутри альвеол, в том числе тех, которые плохо удерживают форму, спавшихся, «схлопнувшихся» в силу патологических процессов, в том числе нарушения обмена сурфактанта. Избыточное давление альвеолярного газа и такая принудительная вентиляция альвеол потоком гелия и противопотоком азота приводит к преодолению барьера влажных альвеол и создает благоприятные условия для восстановления их

<sup>1</sup> Уральские ученые: гелиевые смеси для лечения тяжелых форм коронавируса проходят клинические испытания [https://eanews.ru/news/uralskiye-uchenyye-geliyevyye-smesi-dlya-lecheniya-tyazhelykh-form-koronavirusa-prokhodyat-klinicheskoye-ispytaniya\\_27-10-2020](https://eanews.ru/news/uralskiye-uchenyye-geliyevyye-smesi-dlya-lecheniya-tyazhelykh-form-koronavirusa-prokhodyat-klinicheskoye-ispytaniya_27-10-2020).

<sup>2</sup> Руководство по реабилитации лиц, подвергшимся стрессорным нагрузкам / под ред. акад. РАМН В. И. Покровского. М.: Медицина, 2004. 400 с. Глава 20. Баранов В.М., Павлов Б.Н. Проблема защиты человека в экстремальных условиях гипербарической среды обитания; глава 21.

нормальной формы и функции. Содержащийся в дыхательной смеси кислород начинает поступать в кровь через прежде пораженные, гиповентилируемые участки легких, что вызывает восстановление кровотока системы малого круга кровообращения по механизму Эйлера–Лильестранда. Регуляторные системы начинают работать в условиях нового, повышенного в сравнении с исходным, газообмена по кислороду, что значительно снижает влияние фактора гипоксии в патологических порочных кругах, затрагивающих все органы и ткани, что в итоге значительно снижает риск развития полиорганной недостаточности, являющейся причиной смерти в большинстве ковид-ассоциированных критических состояний.

По мере замещения растворенного в крови и тканях азота на гелий, возникает ряд мембранных эффектов, которые приводят к облегченному рециклингу липидов в мембранах нейронов и кардиомиоцитов (для которых процесс обновления мембран критически важен), облегчается синаптический экзоцитоз, оптимизируется заряд мембран эндотелиоцитов и форменных элементов крови, вследствие чего улучшается микроциркуляция. Комплекс мембранных эффектов гелия при вытеснении из структур азота и возможность безопасного для организма чередования этих состояний профессор Б. Н. Павлов называл молекулярно-клеточным газовым массажем. В гипербарических условиях (свыше 40 атм.) насыщение структур гелием приводит к чрезмерно эффективной работе синапсов и вызывает нервный синдром высокого давления (НСВД), а лечебные эффекты описанных процессов в нормобарических и умеренно отклоненных условиях предстоит еще изучать.

Физиологическое воздействие подогретых кислородно-гелиевых смесей на человеческий организм наглядно показывает следующая схема (рис. 1).

Эта схема была разработана Б. Н. Павловым и опубликована в научно-практическом журнале «Экстремальная медицина и скорая медицинская помощь» в 2001 г. в статье «Лечебные дыхательные газовые смеси». Статья прошла незаметной для научной общественности, но оказалась программной и фактически открыла целое направление в медицине — лечение инертными газами.

Схема демонстрирует глубокое научное предвидение Б. Н. Павловым возможностей ис-

пользования подогретых кислородно-гелиевых смесей как для профилактики, так и для лечения заболеваний различной этиологии.

С конца 1930-х годов в США, Великобритании, Франции кислородно-гелиевые смеси стали активно использоваться для обеспечения глубоководных погружений.

В Советском Союзе, несомненно, знали о работах и изучали этот вопрос.

В 1941 г. в Советском Союзе вышла книга руководителя кафедры фармакологии Военно-морской медицинской академии В. Н. Лазарева «Биологическое действие газов под давлением» (фото 1), в которой впервые было обосновано применение инертных газов в клинической фармакологии.



**Фото 1.** Николай Васильевич Лазарев (1895–1974). Выдающийся советский токсиколог и фармаколог, основатель ленинградской школы токсикологии, создатель учения о состоянии повышенной сопротивляемости организма и концепции адаптогенов. Провел многочисленные исследования влияния не только кислородно-гелиевых, но и других искусственных дыхательных смесей на организм. Впервые изучил и описал фармакологические и токсикологические свойства инертных газов, в том числе и гелия, под давлением

**Photo 1.** Portrait of V. N. Lazarev. An outstanding Soviet toxicologist and pharmacologist, the founder of the Leningrad School of Toxicology, the creator of the doctrine of the state of increased resistance of the body and the concept of adaptogens. He has conducted numerous studies of the effect of not only oxygen-helium, but also other artificial respiratory mixtures on the body.

For the first time he studied and described the pharmacological and toxicological properties of inert gases, including helium, under pressure

Проведенные фундаментальные исследования позволили советским водолажным специалистам с 1946 г. все погружения на глубины свыше 60 м



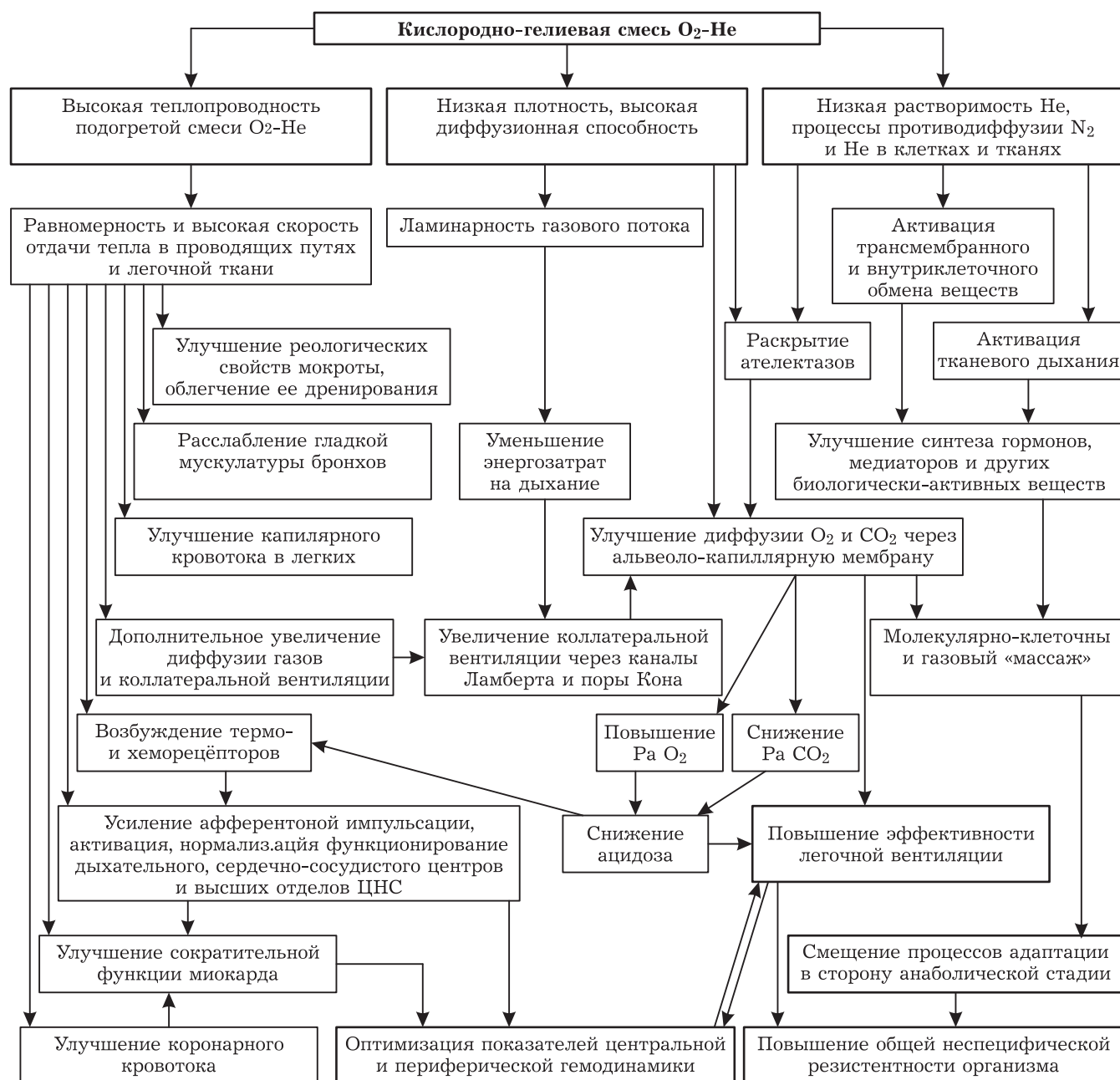


Рис. 1. Физиологическое действие подогретых кислородно-гелиевых смесей  
 Fig. 1. Physiological effect of heated oxygen-helium mixtures

проводить с использованием гелия. Уже в 1956 г. нашими водолазами была достигнута глубина 305 м: с водолазного судна «Зангезур» провели в Каспийском море многократные экспериментальные водолазные спуски. Непосредственно в спусках участвовали водолазы Д. Д. Лимбенс, П. Я. Поражевский, В. С. Шалаев, А. Л. Ковалевский и др. Это был рекорд для того времени.

А в 1984 г. в ИМБП РАН на базе барокомплекса Южного отделения Института испытателями В. К. Тутубалиным и Р. Д. Унку были осуществлены погружения на глубину 450 м с использованием кислородно-гелиевой среды.

Первые публикации по клиническому использованию гелия относятся к началу 30-х годов прошлого века. В 1934 г. американский врач А. Барач (A. L. Varach) теоретически обосновал возможность клинического использования и применил гелий в лечебных целях. А. Барач провел первые опыты с подогретой кислородно-гелиевой смесью, но не описал сравнительных результатов ее применения.

Начиная с 1930–40-х годов КГС начали применять для лечения различных заболеваний, включая обострение бронхиальной астмы и крупы у детей, а после окончания Второй



**Фото 2.** Обложка книги Н. В. Лазарева. Ленинград, 1941 г. (фото из открытых источников)

**Photo 2.** Book cover. Leningrad, 1941 (photo from open sources)

мировой войны — во время хирургических операций. Однако в то время использовались не подогретые кислородно-гелиевые смеси, а смеси комнатной температуры, что приводило к частым побочным явлениям и даже летальным исходам. В результате КГС на несколько десятилетий ушли из арсенала врачей, но исследования влияния инертных газов на живой организм продолжались. Изучается наркотический эффект азота, аргона и ксенона при различных давлениях. Научно обосновывается необходимость замены азота на гелий и водород при глубоководных погружениях. Кстати, еще великий Н. В. Лазарев, не имея технической возможности смоделировать 60 атмосфер с животным в барокамере, руководствуясь расчетами, предполагал, что начиная с 450 метров будет заметно наркотическое действие гелия, но это была ошибка. Те явления, которые ученые наблюдали при повышении барометрического давления свыше 40 атмосфер в кислородно-гелиевой среде, имели противоположную клиническую картину и биофизическую сущность. Вместо наркоза получалась экзальтация и судороги. Это явление называли уже упоминавшимся выше термином «нервный синдром высоких давлений» — НСВД. Проводились многочисленные исследования влияния не только кислородно-гелиевых, но и других искусственных дыхательных смесей на живые организмы. В связи с секретностью большая часть результатов исследований не публиковалась.

Направления исследований искусственных газовых смесей для гелия и аргона, которыми занимался Б. Н. Павлов, представлены в таблице.

Необходимо отметить, что Б. Н. Павлов, следуя идеям великого Н. В. Лазарева, одновременно изучал не только гелий и аргон, но и криптон, и ксенон.

В отличие от Н. В. Лазарева, он проводил исследования не только на животных, но и с участием человека.

В 1960–80-х годах в Советском Союзе и за рубежом началась новая волна исследований влияния КГС на организм человека и животных. КГС нашли применение не только при обструкции верхних дыхательных путей, крупе, бронхолите и обострении бронхиальной астмы, но и для улучшения доставки аэрозольных лекарственных средств, и при реабилитации больных с бронхолегочными патологиями. Исследования показали, что гелий в кислородно-гелиевые смеси в соотношении 67% к 33% предотвращают гипоаэрацию (т.е. недостаточное заполнение воздухом) альвеол легких и повышает устойчивость к токсичным дозам анестетиков, но из-за применения КГС нейтральной температуры эти исследования вновь пошли на убыль.

В ИМБП РАН начали изучать свойства гелия и воздействие КГС на организм человека еще в 1975 г. В самом начале пути смесь не подогревали, а испытуемые дышали газом через водолазную маску напрямую из баллона. В 1978 г. начали подготовку сборной по велоспорту СССР к Олимпиаде 1980 г. и с помощью КГС помогали спортсменам восстанавливаться после изнурительных тренировок. Летом 1980 г. настал «час икс». Нам очень повезло, что в тот год было жаркое лето в Москве, и баллоны с КГС нагревались естественным путем. В результате эффект получили колоссальный (первые места на велотреке). Ответственным исполнителем от ИМБП РАН был доктор медицинских наук, профессор А. В. Суворов (фото 3). Уже тогда зародилась мысль о необходимости принудительного подогрева КГС.

Однако из-за неясности механизмов воздействия КГС на организм и неочевидности результатов подогрева гипотеза вновь не получила широкого развития. При этом, как отмечали врачи, использование КГС позволяло снизить сопротивление дыхательных путей, обеспечить равномерность вентиляции верхних, средних и нижних отделов легких, уменьшить внутригрудное давление, увеличить дыхательный объем, повысить доставку кислорода и его потребления тканями, стимулировать обмен веществ.

Таблица

**Направление исследований и практического использования искусственных дыхательных газовых смесей кислорода с азотом, аргоном и гелием**

Table

**Direction of research and practical use of artificial breathing gas mixtures of oxygen with nitrogen, argon and helium**

№	Гелий		Аргон	
	направление	состояние	направление	состояние
1	Глубоководные водолазные спуски	Внедрено, исследования продолжаются	Глубоководные водолазные спуски и профилактика НСВД	Эксперименты на животных
2	Оптимизация состава газовой среды, параметров декомпрессии и медицинского обеспечения		микроклимата, режимов водолазных спусков	Исследования продолжаются
3	Ускоренная реабилитация после максимальных физических нагрузок	Внедрено в России, методика утверждена ФМБА	Создание пожаробезопасной среды в замкнутых помещениях и гермообъектах специального назначения	Внедрено за рубежом. В РФ успешно прошли исследования по пребыванию в среде аргона до 2 мес
4	Ускоренная реабилитация после общего переохлаждения, реанимация при глубоком переохлаждении	Внедрено в России, методика утверждена ФМБА	Среда обитания межпланетных космических кораблей и использование мягких барокамер для реабилитации и лечения заболеваний различной этиологии	Проводятся исследования и испытания
5	Анестезиология; обезболивание с газообразными анестетиками в стадии наркоза или в послеоперационном периоде, профилактика послеоперационных пневмоний	Единичные клинические испытания	Повышение резистентности и работоспособности при гипоксической гипоксии	Эксперименты на животных и с участием человека. Разработка методик
6	Повышение резистентности организма и лечение бронхиальной астмы, бронхообструктивных, гипоксических состояний, гиперкапнического синдрома	Клинические испытания, использование в лечении. Разработка методик	Ускорение регенерации тканей в послеоперационном периоде, при травмах, ожогах и т.д.	Эксперименты на низкоорганизованных животных клетках, исследования с участием человека
7	Проведение регулируемой, контролируемой гипо- и гипертермии при хирургическом и терапевтическом методах лечения	Планируются исследования	Влияние на жизнеспособность и регенерацию малигнизированных и соматических клеток	Эксперименты на культурах клеток
8	Лечение острых отравлений снотворными и наркотическими веществами	Эксперименты на животных и на человеке	Лечение реактивных состояний и реабилитация организма при хронической зависимости от наркотиков и алкоголя (кислородно-азотная смесь, кислородно-аргоновая смесь)	Исследования на животных и человеке

В дальнейшем пионерами применения подогретых кислородно-гелиевых смесей (КГС) в нашей стране — Б. Н. Павлову, Е. Г. Костылеву, А. Т. Логунову, Д. В. Черкашину, М. А. Куценко, Л. В. Шогеновой, Н. Б. Павлову, Хен Ин Воль,

В. В. Стец, Р. А. Ерохину, Р. Е. Лахину, А. В. Щеголеву и многим другим — удалось не только подтвердить гипотезы предшественников об эффективности лечения болезней, связанных с дыханием, но и значительно расширить область



**Фото 3.** Александр Владимирович Суворов (1950–2021) — доктор медицинских наук, заведующий отделом физиологии и биомеханики кардиореспираторной системы в экстремальных условиях, заслуженный испытатель космической техники, водолаз-глубоководник и акванавт, академик Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского (фото из открытых источников)

**Photo 3.** Alexander Vladimirovich Suvorov (1950–2021) — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Physiology and Biomechanics of the Cardiorespiratory system in extreme Conditions, Honored Tester of space Technology, deep-sea diver and aquanaut, Academician of the Russian Academy of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky (photos from open sources)

применения КГС. Они исследовали влияние подогретых КГС на человеческий организм и возможность применения данной методики для профилактики, лечения и реабилитации после различных заболеваний, для помощи спортсменам при подготовке организма к повышенным нагрузкам и при восстановлении после них.

**Лечение гипотермии.** Уникальные свойства гелия нашли первоочередное применение для выведения пострадавших из гипотермии.



**Фото 4.** АПЛ «Комсомолец», проект 685 «Плавник» (фото из открытых источников)

**Photo 4.** Komsomolets submarine, project 685 «Fin» (photo from open sources)

Стимулом к началу работ по изучению применения подогретых кислородно-гелиевых дыхательных смесей для оказания помощи пострадавшим от переохлаждения послужила гибель подводной лодки «Комсомолец» (фото 4) 7 апреля 1989 г.

Состояние спасенных членов экипажа былоотягощено глубоким переохлаждением организма. Трое из тридцати уже спасенных моряков скончались на борту плавбазы «Алексей Хлобыстов» от гипотермии.

Анализируя эту ситуацию, Б. Н. Павлов предложил во избежание возникновения повторного кризиса при выведении из гипотермии в первую очередь согревать малый круг кровообращения «сердце–легкие» у пострадавших, а уже затем большой. В качестве газа-теплоносителя он предложил использовать подогретую кислородно-гелиевую дыхательную смесь.



**Фото 5.** Борис Николаевич Павлов — профессор, доктор медицинских наук, член-корреспондент Международной академии астронавтики, физиолог, водолаз-врач, водолаз 3 класса, акванавт, автор свыше 160 научных работ, соавтор 14 книг и монографий, автор 14 патентов (фото из архива авторов)

**Photo 5.** Boris Nikolaevich Pavlov — professor, Doctor of Medical Sciences, corresponding member of the International Academy of Astronautics, physiologist, diving doctor, class 3 diver, aquanaut, author of over 160 scientific papers, co-author of 14 books and monographs, author of 14 patents (photo from the archive of the authors)

Б. Н. Павлов с 1978 по 1985 г. работал старшим научным сотрудником отдела подводной биомедицины Научно-исследовательского института гигиены водного транспорта Министерства здравоохранения СССР, а с 1985 г. — в Институте медико-биологических проблем (ИМБП) Министерства здравоохранения СССР.

В качестве научного руководителя, ответственного исполнителя и водолаза-испытателя участвовал во всех программах по гипербарической тематике Института, а в качестве представителя Минздрава — в работе межведомственных комиссий по испытаниям и приемке в эксплуатацию глубоководной водолазной техники и снаряжения. В рамках своей деятельности первым в мире предложил подогревать кислородно-гелиевые смеси для выведения организма из состояния гипотермии, впервые изучил действие подогретых кислородно-гелиевых смесей на организм человека. Фактически обосновал целое направление в медицине — лечение инертными газами.

20 сентября 1995 г. (приоритет) Б. Н. Павловым и коллективом авторов: Логуновым Алексеем Тимофеевичем, Смирновым Игорем Алексеевичем, Барановым Виктором Михайловичем, Ласточкиным Георгием Ивановичем и Котовым Александром Николаевичем была подана заявка на регистрацию изобретения «Способ формирования дыхательной газовой смеси и аппарат для его осуществления». Патент на аппарат «Геофарм» был зарегистрирован за № 2072241 в Государственном реестре изобретений 27 января 1997 г. (фото 6). Заявителем по данному патенту являлся А. Т. Логунов.



**Фото 6.** Патент на изобретение № 2072241 от 20.09.1995 г.

**Photo 6.** Patent of invention No. 2072241 dated 09/20/1995

В 1999 г. Б. Н. Павловым совместно с А. И. Григорьевым и А. Т. Логуновым выдвигается научная концепция молекулярного воздействия газов на живой организм, суть которого заключается в периодическом воздействии молекул газов, имеющих разные физико-химические характеристики, массу, кинетическую энергию и электромагнитную составляющую, на синапсы нервной системы, мембраны и структуры клеток в процессах насыщения и элиминации газов. Изменением скорости подачи газа, величины давления и температуры можно варьировать степень выраженности возникающих биологических эффектов. Было получено еще два патента.

Патент № 2146536 (приоритет от 16 апреля 1999 г.) на изобретение «Способ подготовки и подачи лечебной газовой смеси и устройство для его осуществления» был внесен в реестр патентов 20 марта 2000 г. Патентообладатель — ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» (фото 7).



**Фото 7.** Патент на изобретение № 2146536 от 16.04.1999 г.

**Photo 7.** Patent of invention No. 2146536 dated 04/16/1999

Патент № 2232013 (приоритет от 04.06.2001 г.) на изобретение «Способ воздействия газовых смесей на организм» был внесен в реестр патентов 10 июля 2004 г. Патентообладатель — ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» (фото 8).

Между первым патентом (№ 2072241) и последующими двумя (№ 2146536 и № 2232013) есть принципиальная разница — в первом случае формирование кислородно-гелиевой смеси заданного состава происходило непосредственно в аппарате, а устройства, защищенные патентами № 2146536 и № 2232013, работали на уже готовых газовых смесях.



**Фото 8.** Патент на изобретение № 2232013  
от 04.06.2001 г.

**Photo 8.** Patent of invention No. 2232013 dated 04/06/2001

Патентообладателем первого изобретения (№ 2072241) стала депутат Госдумы Е. В. Панина за ее обещание помочь в развитии этого направления. «Патент был отдан бесплатно по воле Б. Н. Павлова, я был против», — вспоминает автор статьи. «Как я и предполагал, помощь мы так и не получили, но права отдали». Но об этом расскажем подробнее чуть позже, а сейчас вернемся к аппарату «Геофарм».

**Аппарат «Геофарм».** Из всех инертных газов Б. Н. Павлова больше всего привлекал гелий. Он говорил: «Гелий — биологический ноль — точка отсчета всего живого на Земле».

Б. Н. Павлов выдвинул гипотезу о том, что свойства разогретого гелия позволят оказать кратковременное тепловое воздействие на слизистую оболочку дыхательных путей, что исключит ее тепловое повреждение, но будет воздействовать на систему терморегуляции на рефлекторном уровне, в результате чего произойдет в первую очередь нормализация кровообращения по малому кругу, а затем постепенно будет устранена и периферическая гипоперфузия. Кроме того, гелий, как газ-разбавитель кислорода, формирует безазотную дыхательную газовую среду. Вследствие этого кислородно-гелиевая смесь становится эффективным средством предотвращения декомпрессионных заболеваний у покидающих аварийный обитаемый подводный аппарат моряков непосредственно в месте выхода на палубу

спасательного судна. Далее начался цикл исследований, испытаний и разработок, направленных на подтверждение данной гипотезы.

В те годы Б. Н. Павлов работал заведующим лабораторией, а с 1992 г. — заведующим отделом барофизиологии и водолазной медицины ИМБП. Под его руководством сотрудники Института впервые научно обосновали применение кислородно-гелиевых смесей, подогретых до температур, значительно превышающих термонейтральный диапазон (70–90° С).

Были разработаны и обоснованы технические требования к средствам для использования подогретых кислородно-гелиевых смесей в медицинских целях, однако вопрос аппаратного обеспечения применения подогретых КГС был все еще не решен.

По факту гибели ПЛ «Комсомолец» в апреле 1989 г. была создана и работала комиссия, возглавляемая секретарем ЦК КПСС О. Д. Баклановым. Одним из ее решений была разработка и оснащение Флота техническими средствами, обеспечивающими спасение от гибели в результате переохлаждения экипажей ПЛ и надводных плавсредств. Несмотря на то, что началась активная фаза «перестройки», страну и ее научный и промышленный потенциал активно уничтожали, командование ВМФ нашло средства для финансирования наиболее актуальных научных работ. Одной из них была тема Б. Н. Павлова «Геофарм» по созданию аппаратов для выведения из гипотермии с помощью подогретых кислородно-гелиевых смесей.

Условия выделения финансирования были жесткими. За один год необходимо было создать опытный образец изделия, провести технические и клинические испытания, а также получить заключение Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова по безопасности аппарата для человека.

Учитывая имеющийся научный задел по инертным газам, в том числе и по гелию, технические проработки, а также бесценный для ИМБП и СКБ ЭО опыт совместной слаженной работы со специалистами 40 НИИ СП и ПТ (Научно-исследовательский институт спасания и подводных технологий) и УПАСР (Управление поисковых и аварийно-спасательных работ) Главного Штаба ВМФ в выполнении НИР шифр «Щебетание», когда за два года (1989–1991 гг.) удалось с нуля создать стенд с системами жизнеобеспечения до глубины 2000 м в гелиево-водородно-азотно-кислород-

ной среде и успешно выполнить эксперименты на погружение крысы на глубину 1908 м без явных признаков нервного синдрома высоких давлений. Мы рискнули. К этому времени сменилось руководство УПАСР ВМФ, 40 НИИ СП и ПТ, но еще продолжали работать сотрудники, которых мы хорошо знали по совместной работе и их тесной связи с кафедрой военно-морской и общей терапии Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова. Мы были уверены, что работа пойдет без лишних бюрократических проволочек и будет ориентирована «на результат». И не ошиблись.

Параллельно с научными исследованиями, под руководством Б. Н. Павлова, специалистами Специального конструкторского бюро экспериментального оборудования при ГНЦ РФ ИМБП («СКБ ЭО при ГНЦ РФ ИМБП») проводилась разработка и изготовление первого аппарата «Геофарм» (фото 9) для проведения кислородно-гелиевой терапии. Эти работы были завершены в 1995 г.



**Фото 9.** Аппарат «Геофарм» (фото из архива авторов)  
**Photo 9.** The 'Geopharm' device

Приготовление газовых смесей предусматривалось непосредственно в аппарате: гелий и кислород поступали отдельно. Пределы регулировки газовых смесей: кислород — 10–85%, гелий — 90–15%. Контроль состава смеси осуществлялся по содержанию кислорода. Первые клинические испытания аппарата проводили в Санкт-Петербурге под руководством начальника кафедры военно-морской и общей терапии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, профессора, полковника медицинской службы В. П. Андрианова (фото 10). Непосредственным исполнителем работы стал

адъюнкт кафедры, старший лейтенант медицинской службы Д. В. Черкашин (фото 11).



**Фото 10.** Профессор Виктор Павлович Андрианов  
**Photo 10.** Professor Viktor Pavlovich Andrianov



**Фото 11.** Профессор Дмитрий Викторович Черкашин (фото из открытых источников)  
**Photo 11.** Professor Dmitry Viktorovich Tcherkashin (photo from open sources)

**Вспоминает доктор медицинских наук, профессор начальник кафедры и клиники военно-морской терапии Дмитрий Викторович Черкашин:**

*«Испытания мы проводили с участием людей, страдающих хроническими неспецифическими заболеваниями легких (ХНЗЛ) с дыхательной недостаточностью первой степени — так тогда называлась эта группа заболеваний. После проведения процедур был получен хороший терапевтический эффект. Наиболее выраженный эффект был достигнут в случаях инфекционно-зависимого варианта бронхиальной астмы и при обострениях хронического бронхита. Результаты подтверждены бронхоскопическими исследованиями до и после проведения процедур с забором гистологического материала и двукратным*

исследованием мокроты. Полученные данные показали уменьшение степени выраженности эндобронхита, снижение количества эозинофилов и элементов воспаления в мокроте. При проведении терапии ни у одного из пациентов, включенных в исследование, не было выявлено отрицательного влияния на течение заболевания и на организм в целом».

По результатам этих клинических испытаний Д. В. Черкашин защитил **первую в России, да и во всем мире, кандидатскую диссертацию по кислородно-гелиевой терапии.**

Все остальные, кто сейчас говорит о том, что именно они являются основателями, создателями и т.д. метода использования подогретых кислородно-гелиевых смесей, просто лгут. **Все они были потом! Они навсегда останутся вторыми!**

Отчет по результатам клинических испытаний утвержден 29.06.1995 г. заместителем начальника Военно-медицинской Академии по научной работе, академиком РАЕН, профессором, полковником медицинской службы В. С. Новиковым (фото 12). В выводах отчета указано, что у больных с ХНЗЛ показана принципиальная возможность проведения гелио-окси-фармако-



**Фото 12.** Василий Семенович Новиков (фото из открытых источников)

**Photo 12.** Vasily Semenovich Novikov (photo from open sources)

логической терапии. Гелио-окси-термо-фармакологическая терапия с помощью аппарата «Геофарм» является эффективным методом лечения ХНЗЛ и может применяться в комплексной терапии. Аппарат рекомендован для серийного производства и принятия на снабжение в лечебных учреждениях МО РФ и на кораблях ВМФ.

**Гипотермия.** После получения первых положительных результатов медицинских испытаний аппарата «ГЕОФАРМ», полученных в Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, началась подготовка к испытаниям по выведению из гипотермии с участием человека.

В стране шла «великая перестройка». Острота трагедии ПЛ «Комсомолец» в обществе, исключая родных, близких и друзей погибших моряков-подводников, спадала. Продолжались разрушение страны, переустройство власти, гонения на Вооруженные Силы и всех, кто был предан своей стране. Возникло множество других проблем.

Горько было приезжать в некогда близкий и родной институт НИИ СП и ПТ, особенно осенью: отсутствовало отопление, и сотрудники работали в холодных помещениях в верхней одежде — все напоминало кадры военной хроники про блокаду. Финансирование работ прекратилось. У флота на продолжение работ финансирования не было, у нас тоже. В условиях «перестройки» в первую очередь стали распадаться отраслевые НИИ и КБ. Началась война на Кавказе. Были и пострадавшие от переохлаждения, и раненые, которые пролежали в снегу или просто на холоде несколько часов, дожидаясь помощи. Таких трудно было вернуть в строй или просто к жизни. Требовались проверенные научно обоснованные подходы. Это понимали и искали средства.

Первые наиболее информативные испытания были проведены в Государственном НИИ экстремальной медицины, полевой фармации и медицинской техники Министерства обороны РФ под руководством начальника Института профессора Евгения Георгиевича Жилиева (фото 13).

#### **Комментарий Логунова А.Т.**

Я и Б. Н. Павлов были представлены Е. Г. Жилиеву в 1996 году. Внимательно выслушав Павлова, Евгений Георгиевич тут же предложил нам участвовать в показе медицинской техники министру обороны РФ Павлу Грачеву, который должен был состояться на ежегодной отчетной конференции Главного военно-медицинского управления, проводившейся в тот год на базе пансионата «Подмосковье». Мы с радостью согласились. Экспозиция была развернута в холле центрального корпуса пансионата. Мы со своим аппаратом «Геофарм» расположились в самом конце. Министру обороны демонстрировали только образцы, которые уже были приняты на вооружение или предполагалось их принятие. Показывал технику



Иван Михайлович Чиж — умнейший человек. Грачев был недоволен — не было ничего существенно нового. Раскритиковал эвакуацию раненых на вертолетах в горах, укладку лекарственных средств для фельдшера, которая предназначалась для работы в полевых условиях: это была объемная укладка с большим количеством таблетированных препаратов. Мне запомнились слова П. С. Грачева: «У солдата должно быть две таблетки — от живота и головы. Он должен воевать, а то, что вы показываете, это для профессора». Настала наша очередь. Б. Н. Павлов выдвинулся чуть вперед, обратился к нему со своим выражением «Душа моя!», дотронулся до пуговицы шинели и на протяжении 30–40 минут рассказывал министру обороны про аппарат «Геофарм» и метод. П. С. Грачев внимательно все выслушал, затем повернулся к И. М. Чижу и сказал: «Ну вот, можете же!» — и спокойно вышел из зала. Нас заметили.



**Фото 13.** Евгений Георгиевич Жилияев — генерал-лейтенант медицинской службы, заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, Академии военных наук, Академии медицинских наук, Международной Академии наук, участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, боевых действий в Чечне, автор около 400 научных работ, лауреат премии Совета Министров СССР и государственной премии РФ (фото из открытых источников)

**Photo 13.** Evgeny Georgievich Zhilyaev — Lieutenant General of the Medical Service, Honored Doctor of the Russian Federation, Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academy of Military Sciences, Academy of Medical Sciences, International Academy of Sciences, participant in the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident, fighting in Chechnya, author of about 400 scientific papers, laureate of the USSR Council of Ministers Award and the State Prize of the Russian Federation (photos from open sources)

Испытания проводили с февраля по апрель 1997 г. в Москве. Возглавлял работу и общее руководство исследованиями доктор медицинских наук, профессор Александр Николаевич Ажаев (фото 14) с группой научных сотрудников, возглавляемой Игорем Александровичем Берзиным и В. Н. Прудниковым. Первые, наиболее значимые результаты испытаний



**Фото 14.** Александр Николаевич Ажаев (1934–2014) — доктор медицинских наук, профессор по специальности авиационная, космическая и морская медицина. Автор и соавтор ряда книг, посвященных проблемам космической биологии, теплового стресса, проблемам человека в авиации и космонавтике. Награжден юбилейными медалями Министерства обороны, Вооруженных Сил, медалью «В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» и памятной медалью С. П. Королева (фото из открытых источников)

**Photo 14.** Alexander Nikolaevich Azhaev (1934–2014). Doctor of Medical Sciences, Professor specializing in aviation, space and marine medicine. Author and co-author of a number of books devoted to the problems of space biology, heat stress, human problems in aviation and cosmonautics. He was awarded jubilee medals of the Ministry of Defense, the Armed Forces, the medal «In commemoration of the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of V. I. Lenin» and the commemorative medal of S. P. Korolev (photos from open sources)

по оценке эффективности подогретых кислородно-гелиевых смесей с использованием аппарата «Геофарм» для реабилитации человека после интенсивного охлаждения на воздухе, а также после острой гипотермии в воде в натуральных условиях в сравнении с другими техническими средствами были получены именно при выполнении этой НИР.

Вспоминает Игорь Александрович Берзин (фото 15).

*«Теоретико-экспериментальный задел разработчиков позволил сразу акцентировать*

внимание к прикладным аспектам применения смесей. Важно было оценить возможность профилактики гипотермии, риск которой всегда имеет место в период ожидания эвакуации пострадавших при ЧС мирного времени и раненых, и заболевших военнослужащих. Режимы применения смесей были отрабатаны в реальных условиях пребывания добровольцев в штатной экипировке при низких температурах воздуха. Впоследствии стало очевидным целесообразность распространить методику на лиц, несущих караульную и вахтовую службу в условиях холодного климата».



**Фото 15.** Игорь Александрович Берзин — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, начальник управления организации научных исследований ФМБА (фото из открытых источников)

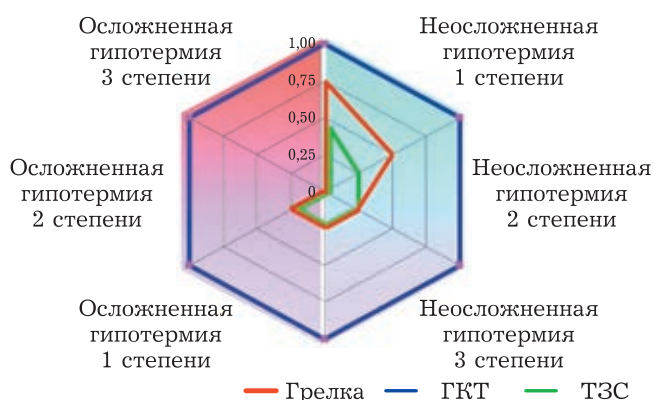
**Photo 15.** Igor Alexandrovich Berzin — Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of the Organization of Scientific Research of the FMBA (photos from open sources)

#### Комментарий Логунова А.Т.

В конце февраля 1997 г. мне вдруг позвонил И. А. Берзин. Он рассказывал о проводимой НИР по выведению из гипотермии с использованием различных технических средств. «Сроки проваливаем. Ни одно из имеющихся в распоряжении технических средств не позволяет испытуемым за двое суток придти в себя, чтобы начать новый эксперимент. Давай попробуем подогретые кислородно-гелиевые смеси». На его предложение я ответил согласием. На следующий день мы уже были в центре МО в Сокольниках, где проходили испытания. Аппарат «Геофарм» и два баллона по 40 литров — один с гелием, другой с кислородом — были размещены в одной из комнат караульного помещения. Я подсоединил привезенный аппарат к баллонам и проверил его работоспособность. Около 12 часов к нам вышел Берзин. Он пришел

сразу после проведенного эксперимента, где несколько часов пролежал на снегу, на холоде. Весь дрожал, обсуждать что-либо было бесполезно. Тогда я предложил Игорю Александровичу пройти сеанс ингаляции подогретой кислородно-гелиевой смесью (КГС). Температура КГС была 80° С, содержание кислорода 30%, остальное — гелий. Продышал он тогда 30 минут. Потом встал, отдохнул, и мы начали обсуждать организацию работ. Прошло минут 20. Вдруг И. А. Берзин сказал: «А я хорошо себя чувствую. Сейчас поеду оформлять дополнение к ТЗ, чтобы придать остальному официальный статус». **Игорь Александрович Берзин был первым испытателем, который на себе проверил эффективность воздействия подогретых КГС.** До этого момента Б. Н. Павлов проводил пилотные эксперименты, чтобы проверить правильность своих идей, но это были первые официальные испытания с участием человека, да еще и в одном из самых серьезных ведомств.

В ходе исследований и испытаний была проведена сравнительная оценка и разработана диаграмма эффективности технических средств при выведении из гипотермии (рис. 2). На диаграмме четко показано, что только кислородно-гелиевые смеси способны купировать осложненную гипотермию III степени.

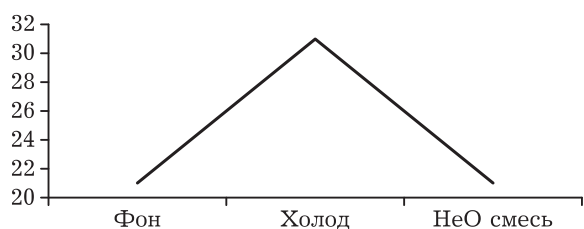


**Рис. 2.** Диаграмма эффективности средств выведения из гипотермии

**Fig. 2.** Diagram of the effectiveness of means of elimination from hypothermia

Графики изменения параметров по И. Накатани и график восстановления вагусной системы (рис. 3, 4) также показывают эффективность метода реабилитации с использованием подогретых кислородно-гелиевых смесей.

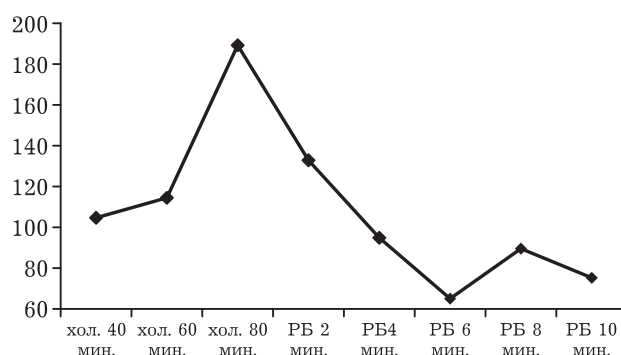
Представленные диаграммы и графики полностью согласуются с термограммой, полученной Б. Н. Павловым для оценки эффективности метода при выведении из гипотермии (рис. 5).



**Рис. 3.** Динамика изменения параметров. Испытуемый Б-н (26.07.97). Метод измерения параметров: по Накатани. Реабилитация: дыхание He+O<sub>2</sub> смесью в течение 20 минут

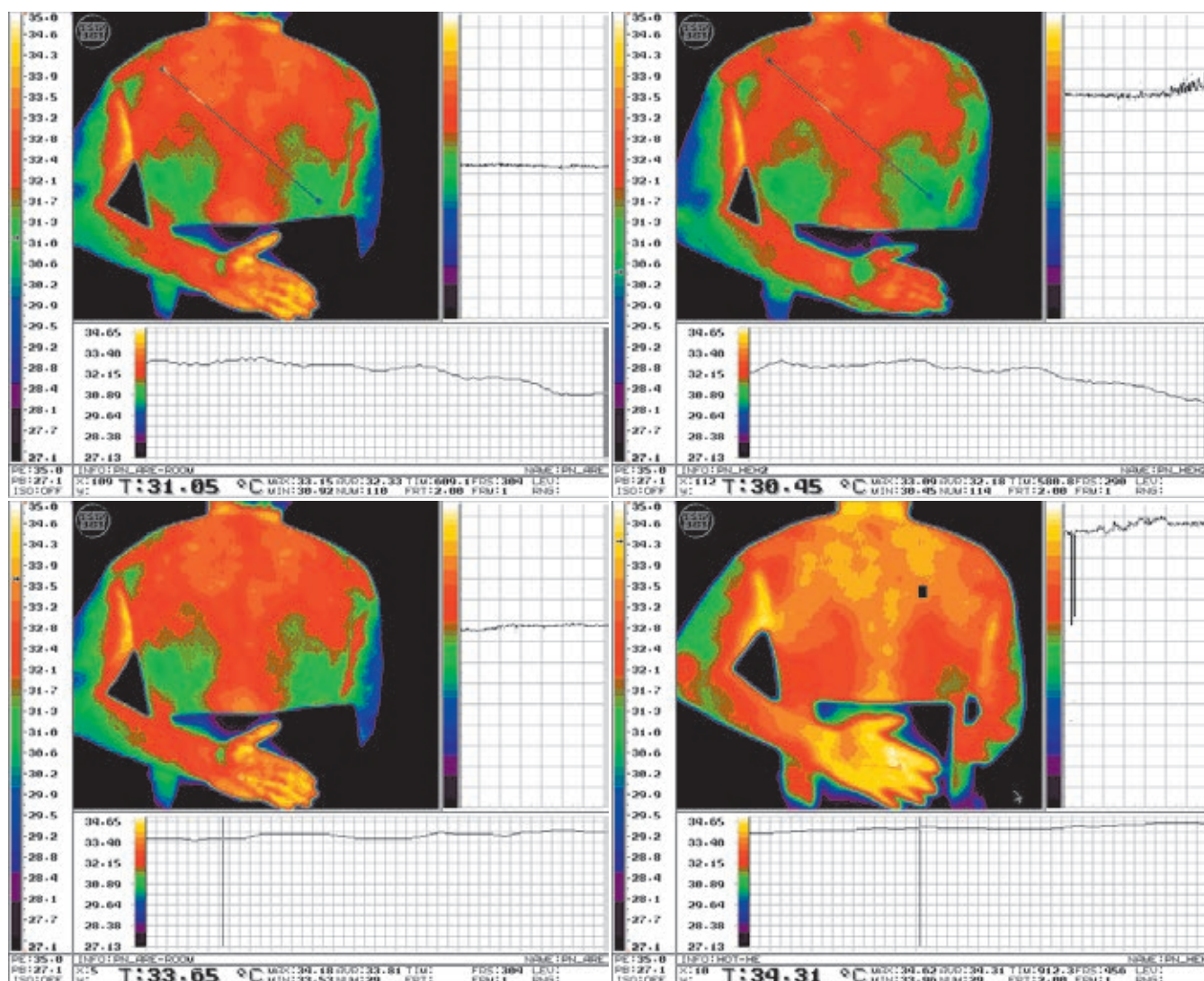
**Fig. 3.** Dynamics of parameter changes. Subject B-n (26.02.97). Method of parameters measuring: by Nakatani. Rehabilitation conditions: breathing He+O<sub>2</sub> mixture for 20 minutes

По результатам проведенных исследований 18.06.1997 г. Е. Г. Жилияевым утвержден акт испытаний, из результирующей части которого следует, что аппарат «Геофарм» по своим функцио-



**Рис. 4.** Воздействие факторов: Оценка состояния вагусной системы испытуемый С-на (05.03.97). Метод регистрации параметров: пульсометрия. Реабилитация (РБ): дыхание He+O<sub>2</sub> смесью в течение 20 минут

**Fig. 4.** Influence of factors: Sigma Assessment of the vagal system condition of the subject C-na (05.03.97). Method of parameter registration: heart rate monitoring. Rehabilitation (РБ): breathing Not+O<sub>2</sub> mixture for 20 minutes



**Рис. 5.** Термограмма. Изменение температуры кожных покровов при дыхании термoneйтральной и подогретой кислородно-гелиевой смесью (на выносках — локальная температура в °C)

**Fig. 5.** Thermogram. Changes in the temperature of the skin during breathing with thermoneutral and heated oxygen-helium mixture (on the callouts — local temperature in °C)

нальным и эксплуатационным характеристикам может быть рекомендован для экстренного восстановления теплового состояния людей после переохлаждения, а также выведения из гипотермии лиц, оказавшихся в холодной воде.

**Исследования также показали, что в настоящее время нет, да и еще долго не будет средств, которые по эффективности превосходили бы подогретые кислородно-гелиевые смеси. Дальнейшее исследования только укрепляли нашу уверенность в правильности выдвинутой Павловым идеи.**

Если использование гелия в водолазном деле можно назвать «первым дыханием гелия», то его использование в медицине — «вторым дыханием».

Первоначально аппарат «Геофарм» разрабатывался с целью лечения гипотермии и использования в основном в водолазной медицине. Однако в процессе его создания была выявлена потребность в более широком его применении и появилась новая модификация аппарата «Геофарм» для лечебных целей.

Согласно требованиям Комиссии по приборам, аппаратам, применяемым в пульмонологии и для исследования газообмена и газов крови Комитета по новой медицинской технике Минздрава РФ от 17.02.1995 г. аппарат «Геофарм» должен был пройти испытание не менее чем в трех медицинских учреждениях.

1. ВМА им. С. М. Кирова. В Отчете по результатам клинических испытаний опытного образца аппарата гелио-окси-термо-фармакологической терапии для медицинской реабилитации состава ВМФ («Геофарм»), утвержденном в 1995 г. заместителем начальника Военно-медицинской Академии по научной работе академиком РАЕН, профессором, полковником медицинской службы В. С. Новиковым, отмечена эффективность аппарата при лечении инфекционно-зависимого варианта бронхиальной астмы и при обострениях хронического бронхита.

2. Центральный НИИ туберкулеза. Имея опыт применения кислородно-гелиевой терапии и зная о ее несомненных преимуществах, в рамках программы медицинских испытаний сотрудники НИИ туберкулеза прежде всего оценили аппарат в клинических условиях, определили возможность и удобство его применения в отделениях реанимации и интенсивной терапии. По результатам исследований директор центрального НИИ туберкулеза РАМН академик А. Г. Хоменко в августе 1997 г. утвердил протокол, в ко-

тором сделано заключение: «Аппарат „Геофарм“ может быть успешно использован для лечения больных с хроническим обструктивным бронхитом и бронхиальной астмой, в частности у больных туберкулезом легких, а также для профилактики и лечения респираторных осложнений у больных, перенесших хирургические операции на легких и с целью профилактики послеоперационной дыхательной недостаточности».

3. НИИ пульмонологии МЗ РФ. Заключение по результатам клинических испытаний аппарата «Геофарм» было получено 01.07.1998 г. от директора института академика РАМН А. Г. Чучалина. В заключении указано: «Настоящее оборудование предлагает использование принципиально нового метода терапии больных с заболеванием легких путем вдыхания подогретой кислородно-гелиевой смеси с возможностью введения фармакологических препаратов ингаляционным способом. Аппарат может быть использован у больных в критических состояниях (например, астматический статус), у которых консервативная терапия оказалась неэффективной. Аппарат компактен, мобилен, прост в применении. Аппарат найдет широкое применение в пульмонологической практике». В сентябре 1998 г. А. Г. Чучалин подписал еще одно заключение по медицинским испытаниям аппарата «Геофарм», в котором в частности сказано: «Применение подогретой кислородно-гелиевой смеси улучшает транспорт кислорода через альвеоло-капиллярную мембрану, увеличивает количество диффундирующего в кровь кислорода, снижает сопротивление дыханию за счет в 6 раз меньшей плотности гелия по сравнению с воздухом и оказывает благоприятное тепловое воздействие, расслабляя гладкую мускулатуру, на бронхолегочную систему и верхние дыхательные пути (в 6 раз с лишним большая, чем у воздуха теплопроводность и огромная диффузионная способность). Такое сочетанное действие дает возможность применять принципиально новые методы лечения больных с инфекционным заболеванием легких, бронхиальной астмой, хроническими бронхопневмониями и др. Этот метод может быть эффективным при лечении одного из опасных симптомов легочных состояний — развития острого гиперкапнического состояния».

По результатам проведенных разработок и исследований на основании Протокола № 3 заседания комиссии Комитета по новой медицинской технике (фото 16) было получено Регистрационное удостоверение Минздрава на аппарат «Геофарм» и ряд патентов.



**Фото 16.** Выписка из Протокола (фото из архива авторов)  
**Photo 16.** Extract from the Protocol (photo from the archive of the authors)

На этом работы с аппаратом «Геофарм» мы прекратили. Согласно договоренностям Б. Н. Павлова, я передал конструкторскую документацию А. А. Панину — полномочному представителю Е. В. Паниной, откорректировав конструкторскую документацию по результатам клинических испытаний.

Необходимо отметить работу инженеров-конструкторов, без творческого труда которых не создается ни одна аппаратура: это начальник конструкторского отдела Вадим Владимирович Мишakov, ведущий конструктор В. Г. Шибков, А. С. Алегин. Они не только конструировали, но и вели изготовление, сопровождение как технических, так и клинических испытаний до получения разрешения Минздрава на использование в клиниках.

За предприятием остался только товарный знак «Геофарм» (фото 17). Я так решил, потому что это наше первое название аппаратов, работающих с применением подогретых кислородно-гелиевых смесей. Мы оформили заявку на товарный знак и получили свидетельство № 222244.

За 5 лет работы над аппаратом «Геофарм» мы выполнили поставленные задачи и установили следующее.

— Подогретые кислородно-гелиевые смеси являются самым эффективным средством выведения из гипотермии, но необходима аппаратура другого класса — переносная, удобная для работы, чтобы своевременно оказывать помощь пострадавшим.

— Подогретые кислородно-гелиевые смеси эффективны при лечении бронхолегочных заболеваний.



**Фото 17.** Регистрационное удостоверение товарного знака «Геофарм» (фото из архива авторов)  
**Photo 17.** Registration certificate of the trademark «Geofarm» (photo from the archive of the authors)

— При проведении терапии никаких вредных последствий для организма выявлено не было.

Наши изобретения и технологии получили достойное признание и за рубежом. В 1999 г. аппарат «Геофарм» и технологии применения КГС были представлены на международном салоне изобретений в Швейцарии «INVENTION GENEVA». С 1972 г. эта выставка является одной из наиболее крупных и престижных инновационных выставок в Европе и в мире в целом. Он привлекает около 800 экспонентов из 45 стран, которые выставляют 1000 изобретений. Проводится под патронажем Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) — специализированного учреждения ООН.

«Метод формирования дыхательной газовой смеси» был удостоен золотой медали и занял первое место (фото 18).

Спустя более 30 лет странно смотреть, как сейчас в СМИ мелькают имена и лица маститых ученых и просто мошенников, которые лично знали Б. Н. Павлова, знали о методе подогретых кислородно-гелиевых смесей, видели и пользовались аппаратами «Геофарм», принимали участие в клинических исследованиях. Сейчас же эти люди вдруг заговорили о своем авторстве метода ингаляций подогретыми кислородно-гелиевыми смесями, говорят о себе как об авторах изобретения аппаратов для ингаляций. Как будто их внезапно осенило, внезапно пришла в их голову мысль. Особенно это часто стало звучать на фоне борьбы с COVID-19.

Однако «рукописи не горят». Все документы, упомянутые в тексте, хранятся в архивах ЗАО



**Фото 18.** Диплом салона «INVENTION GENEVA» (фото из архива авторов)

**Photo. 18.** Diploma of the salon «INVENTION GENEVA» (photo from the authors' archive)

«Специальное конструкторское бюро экспериментального оборудования при ГНЦ РФ ИМБП РАН».

**Перечень документов к части «ГЕОФАРМ»**

- Патент № 2072241 на изобретение «Способ формирования дыхательной газовой смеси и аппарат для его осуществления», приоритет изобретения 20 сентября 1995 г.
- Описание изобретения к патенту № 2072241.
- Патент № 2146536 на изобретение «Способ подготовки и подачи лечебной газовой

смеси и устройство для его осуществления», приоритет изобретения 16.04.1999 г.

- Описание изобретения к патенту № 2146536.
- Патент № 2232013 на изобретение «Способ воздействия газовых смесей на организм», приоритет изобретения 04 июня 2001 г.
- Описание изобретения к патенту № 2232013.
- Патент на изобретение № 2291718 на изобретение «Способ регуляции физиологического состояния биологического объекта смесями газов», приоритет изобретения 20 августа 2002 г.
- Отчет по результатам клинических испытаний опытного образца аппарата гелио-оксигермо-фармакологической терапии для медицинской реабилитации водолазного состава ВМФ («ГЕОФАРМ»), г. Санкт-Петербург, 1995.
- Акт испытаний аппарата для гелие-кислородной терапии, Москва, 1997.
- Протокол медицинских испытаний аппарата «Геофарм», Москва, 1997.
- Заключение по медицинским испытаниям аппарата «Геофарм», Москва, 1998.
- Выписка из протокола заседания комиссии Комитета по новой медтехнике МЗ РФ по аппарату «Геофарм», Москва, 1998.
- Заявка на регистрацию товарного знака «Геофарм», 2000.
- Свидетельство № 222244 на товарный знак «Геофарм».

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Соколов Г.М. *Краткая история развития гипербарической физиологии и водолазной медицины*. М.: Слово, 1999. 68 с. Pavlov B.N., Smolin V.V., Sokolov G.M. *Kratkaya istoriya razvitiya giperbaricheskoy fiziologii i vodolaznoy meditsiny*. M.: Slovo, 1999. 68 s. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Sokolov G.M. *Brief history of the development of hyperbaric physiology and diving medicine*. Moscow: Publishing house Slovo, 1999. 68 p. (In Russ.)].
2. Павлов Б.Н., Логунов А.Т. Лечебные дыхательные газовые смеси // *Экстремальная медицина и скорая медицинская помощь*. 2001. С. 48–57. Pavlov B.N., Logunov A.T. Lechebnyye dykhatel'nyye gazovyye smesi // *Ekstremal'naya meditsina i skoraya meditsinskaya pomoshch'*. 2001. S. 48–57. [Pavlov B.N., Logunov A.T. Therapeutic respiratory gas mixtures. *Extreme medicine and emergency medical care*. 2001, pp. 48–57 (In Russ.)].
3. Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.П. *Глубоководные водолазные спуски и медицинское обеспечение*. Т. 1. М., 2003. 592 с. Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.P. *Glubokovodnyye vodolaznyye spuski i meditsinskoye obespecheniye*. Т. 1. М., 2003. 592 s. [Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.P. *Deep-sea diving descents and medical support*. Vol. 1. Moscow: Publishing house Medicina, 2003, 592 p. (In Russ.)].
4. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Соколов Г.М., Баранов В.М. *Мероприятия в период реабилитации водолазов после окончания водолазного спуска*. М.: Медицина, 2004. 310 с. Pavlov B.N., Smolin V.V., Sokolov G.M., Baranov V.M. *Meropriyatiya v period reabilitatsii vodolazov posle okonchaniya vodolaznogo spuska*. М.: Meditsina, 2004. 310 s. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Sokolov G.M., Baranov V.M. *Activities during the rehabilitation of divers after the end of the diving descent*. Moscow, 2004. 310 p. (In Russ.)].
5. Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. *Водолазные спуски до 60 метров и их медицинское обеспечение*. М.: Слово, 2003. 696 с. Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N. *Vodolaznyye spuski do 60 metrov i ikh meditsinskoye obespecheniye*. М.: Slovo, 2003. 696 s. [Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N. *Diving descents up to 60 meters and their medical support*. Moscow: Publishing house Slovo, 2003, 696 p. (In Russ.)].

6. Ривкин С.Л. *Термодинамические свойства газов*. Справочник. 4-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с. Rivkin S.L. *Termodinamicheskiye svoystva gazov*. Spravochnik. 4-ye izd., pererab. M.: Energoatomizdat, 1987. 288 s. [Rivkin S.L. *Thermodynamic properties of gases*. Directory. 4<sup>th</sup> ed., revised. Moscow: Publishing house Energoatomizdat, 1987. 288 p. (In Russ.)].
7. Сивухин Д.В. *Общий курс физики. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика*. М.: Наука, 1990. 591 с. Sivukhin D.V. *Obshchiy kurs fiziki. T. 2. Termodinamika i molekulyarnaya fizika*. M.: Nauka, 1990. 591 s. [Sivukhin D.V. General course of physics. Vol. 2. *Thermodynamics and molecular physics*. Moscow: Publishing house Nauka, 1990. 591 p. (In Russ.)].
8. Лазарев Н.В. *Биологическое действие газов под давлением*. Ленинград, 1941. 218 с. Lazarev N.V. *Biologicheskoye deystviye gazov pod davleniyem*. Leningrad, 1941. 218 s. [Lazarev N.V. *Biological action of gases under pressure*. Leningrad, 1941. 218 p. (In Russ.)].
9. Barach A.L. The use of helium in the treatment of Asthma and obstructive lesions of the larynx and trachea // *Ann. Intern. Med.* 1935. Vol. 9, N 1. P. 735–765.
10. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М., Соколов Г.М., Куссмауль А.Р., Павлов Н.Б., Шереметова Н.Н., Тугушева М.П., Жданов В.Н., Логунов А.Т., Потапов В.Н. *Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами*. М.: ГРАНП Полиграф, 2008. 494 с. Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M., Sokolov G.M., Kussmaul' A.R., Pavlov N.B., Sheremetova N.N., Tugusheva M.P., Zhdanov V.N., Logunov A.T., Potapov V.N. *Osnovy barofiziologii, vodolaznoy meditsiny, baroterapii i lecheniya inertnyimi gazami*. M.: GRANP Poligraf, 2008. 494 s. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M., Sokolov G.M., Kussmaul A.R., Pavlov N.B., Sheremetova N.N., Tugusheva M.P., Zhdanov V.N., Logunov A.T., Potapov V.N. *Fundamentals of barophysiology, diving medicine, barotherapy and treatment with inert gases*. Moscow: GRAND Polygraph, 2008. 494 p. (In Russ.)].
11. Павлов Б.Н., Павлов Н.Б., Куссмауль А.Р., Богачева М.А., Григорьев А.И. Физиологические эффекты газовых смесей и сред, содержащих ксенон и криптон // *Сборник докладов научно-практической конференции «Ксенон и ксеноносберегающие технологии в медицине-2005»*. Москва, 2005. С. 20–28. Pavlov B.N., Pavlov N.B., Kussmaul' A.R., Bogacheva M.A., Grigor'yev A.I. Fiziologicheskiye efekty gazovykh smesey i sred, sodержashchikh ksenon i kripton // *Sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ksenon i ksenonosberegayushchiye tekhnologii v meditsine-2005»*. Moskva, 2005. S. 20–28. [Pavlov B.N., Pavlov N.B., Kussmaul A.R., Bogacheva M.A., Grigoriev A.I. Physiological effects of gas mixtures and media containing xenon and krypton. *Collection of reports of the scientific-practical conference «Xenon and xenon-saving technologies in medicine-2005»*. Moscow, 2005, pp. 20–28 (In Russ.)].
12. Павлов Б.Н., Павлов Н.Б., Куссмауль А.Р., Жданов В.Н., Логунов А.Т., Яндыбаев В.С. Принципы и проблемы использования инертных газов в составе лечебных дыхательных газовых смесей // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2008. № 3 (25). С. 34–39. Pavlov B.N., Pavlov N.B., Kussmaul' A.R., Zhdanov V.N., Logunov A.T., Yandybayev V.S. Printsipy i problemy ispol'zovaniya inertnykh gazov v sostave lechebnykh dykhatel'nykh gazovykh smesey // *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*. 2008. № 3 (25). S. 34–39. [Pavlov B.N., Pavlov N.B., Kussmaul A.R., Zhdanov V.N., Logunov A.T., Yandybaev V.S. Principles and problems of the use of inert gases in the composition of therapeutic respiratory gas mixtures. *Medicine of extreme situations*, 2008, No. 3 (25), pp. 34–39 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.02.2022 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — А. Т. Логунов, И. Г. Мосягин. Вклад в сбор данных — А. Т. Логунов, Н. Б. Павлов. Вклад в анализ данных и выводы — А. Т. Логунов, И. Г. Мосягин, Н. Б. Павлов. Вклад в подготовку рукописи — А. Т. Логунов, И. Г. Мосягин, Н. Б. Павлов.

#### Сведения об авторах:

Логунов Алексей Тимофеевич — генеральный директор — главный конструктор закрытого акционерного общества «Специальное конструкторское бюро экспериментального оборудования при Институте медико-биологических проблем Российской академии наук», лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, заслуженный изобретатель; 141400, Московская область, г. Химки, Васьугинское ш., д. 1, к. 1; e-mail: a.t.logunov@yandex.ru;

Мосягин Игорь Геннадьевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник медицинской службы Главного командования Военно-Морского Флота; 191055, Санкт-Петербург, Адмиралтейский проезд, д. 1; e-mail: mosyagin-igor@mail.ru; ORCID 0000-0003-2414-1644;

Павлов Николай Борисович — кандидат медицинских наук, врач-анестезиолог-реаниматолог федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России», 141435, Московская обл., городской округ Химки, микр. Новогорск; e-mail: bobvodolaz@yandex.ru; ORCID 0000-0002-0540-1095.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL ARTICLES****ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ /  
INNOVATIVE DEVELOPMENT OF METHODS OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF DISEASES**

УДК 612.014.4:546.293

<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-38-43>

© Кочубейник Н.В., Степанов В.А., Скляр В.Н., Линченко С.Н., Караханян К.С., 2022 г.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ БАРОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ  
СРЕДСТВ В КОРРЕКЦИИ ПОГРАНИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
СОСТОЯНИЙ ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ**<sup>1</sup>Н. В. Кочубейник\*, <sup>1</sup>В. А. Степанов, <sup>1</sup>В. Н. Скляр, <sup>2</sup>С. Н. Линченко, <sup>1</sup>К. С. Караханян<sup>1</sup>Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар, Россия

*Цель:* оценка эффективности гипер- и гипоксической аргонотерапии в коррекции пограничных функциональных состояний человека.

*Методы исследования.* Были обследованы 16 мужчин (возраст 19–42 лет). У лиц 1-й группы (8 человек) проведены курсы нормобарической оксигенотерапии и гипоксической терапии: 14 ежедневных процедур 30-минутного дыхания кислородом, а затем (через 30 мин) 30 мин дыхания газовой смесью с содержанием кислорода в азоте 16–14% об. У пациентов 2-й группы проведена аргонотерапия: 8 ежедневных процедур 20-минутного дыхания газовой смесью с содержанием кислорода 45% об., аргона 35% об., азот — остальное, а затем (через 20 мин) — 20-минутное дыхание смесью с содержанием кислорода 12–10% об., аргона 35% об., азот — остальное.

*Результаты и их обсуждение.* Показано, что у лиц 2-й группы в результате проведенных коррекционных программ имело место ускорение восстановительных процессов, зафиксированы лучшие значения показателей субъективного, психофизиологического и соматического статуса по сравнению с 1-й группой. Следовательно, комбинированная аргонотерапия является более эффективным средством коррекции функциональных состояний по сравнению со стандартной гипероксической и гипоксической терапией.

**Ключевые слова:** морская медицина, пограничные функциональные состояния, аргонгипероксическая и аргонгипоксическая терапия

\*Контакт: Кочубейник Николай Владимирович, [knv\\_2010@bk.ru](mailto:knv_2010@bk.ru)

© Kochubeynik N.V., Stepanov V.A., Sklyarov V.N., Linchenko S.N., Karakhanyan K.S., 2022

**APPLICATION OF INNOVATIVE BAROTHERAPEUTIC MEANS IN  
CORRECTION OF BORDERLINE FUNCTIONAL STATES OF DANGEROUS  
OCCUPATIONS PERSONS**<sup>1</sup>Nicolay V. Kochubeynik\*, <sup>1</sup>Vladimir A. Stepanov, <sup>1</sup>Vadim N. Sklyarov, <sup>2</sup>Sergey N. Linchenko,<sup>1</sup>Karina S. Karakhanyan<sup>1</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia<sup>2</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

*The aim* is to evaluate the effectiveness of hyperoxic and hypoxic argon therapy in the correction of borderline functional states of a person.

*Research methods.* 16 men (aged 19–42 years) were examined. In group 1 (8 people), courses of normobaric oxygen therapy and hypoxic therapy were conducted: 14 daily procedures of 30 minutes of oxygen respiration, and then (after 30 minutes) 30 minutes of breathing with a gas mixture with an oxygen content in nitrogen of 16–14% vol. Argon therapy was performed in group 2 patients: 8 daily procedures of 20 minutes of breathing with a gas mixture containing 45% oxygen, 35% argon, nitrogen the rest, and then (after 20 minutes) — 20 minutes of breathing with a mixture containing 12–10% oxygen, argon 35% vol., nitrogen the rest.

*Results and discussion:* it was shown that in group 2 individuals, as a result of the carried-out corrective programs, there was an acceleration of recovery processes, better values of subjective, psychophysiological and somatic status



indicators were recorded compared to group 1. Therefore, combined argon therapy is a more effective means of correcting functional conditions compared to standard hyperoxic and hypoxic therapy.

**Key words:** marine medicine, borderline functional states, argonohyperoxic and argonohypoxic therapy

\*Contact: Kochubeinik Nikolai Vladimirovich, knv\_2010@bk.ru

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Кочубейник Н.В., Степанов В.А., Скляр В.Н., Линченко С.Н., Караханян К.С. Применение инновационных баротерапевтических средств в коррекции пограничных функциональных состояний лиц опасных профессий // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 38–43. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-38-43>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Kochubeinik N.V., Stepanov V.A., Sklyarov V.N., Linchenko S.N., Karakhanyan K.S. Application of innovative barotherapeutic means in correction of borderline functional states of dangerous occupations persons // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 38–43. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-38-43>.

**Введение.** Длительные или многократные воздействия неблагоприятных факторов профессиональной деятельности у специалистов опасных профессий (военнослужащих, спасателей, пожарных и др.) зачастую приводят к развитию «пограничных» (преморбидных) функциональных состояний (ПФС)<sup>1</sup> [1, с. 15–18; 2, с. 32–35]. Характерными для ПФС являются нарушения механизмов регуляции физиологических систем и психофизиологических качеств, что в течение определенного времени может существенно не отражаться на состоянии здоровья и работоспособности человека, однако при этом имеет место прогрессирующее снижение функциональных возможностей организма (ФВО) [1, с. 20–25; 2, с. 32–66]. Опасность развития неманифестных ПФС у специалистов с особыми условиями труда связана с риском возникновения различных нештатных ситуаций, обусловленных «человеческим фактором», вплоть до срыва задач деятельности и гибели людей [1, с. 30–35; 2, с. 27–31; 3, с. 12–15]. Это определяет важность ранней диагностики и своевременной коррекции ПФС. При этом медикаментозная терапия, направленная на купирование «пограничных» функциональных состояний, зачастую невозможна в связи с многочисленными побочными эффектами фармацевтических препаратов, что, в свою очередь, снижает надежность деятельности специалистов, приводя к их длительной дисквалификации.

К одному из перспективных направлений профилактики и коррекции ПФС специалистов опасных профессий относят так называемые не-

медикаментозные технологии, как правило, основанные на применении естественных или преформированных физических, химических и иных факторов, которые при рациональном использовании обеспечивают ускорение восстановительных процессов в организме и (или) активную стимуляцию его адаптационных резервов<sup>1</sup> [1, с. 22–25]. При этом такие технологии имеют минимум нежелательных побочных реакций, что позволяет использовать их у специалистов без прекращения «рабочих циклов» и в «полевых» условиях<sup>1</sup> [1, с. 27–31]. К подобным технологиям относится, в частности, кислородотерапия, основанная на экстренной оптимизации кислородного бюджета организма, улучшении доставки кислорода к наиболее активно функционирующим органам и тканям и прежде всего к высшим отделам головного мозга. Это позволяет улучшить работу ЦНС при различных дисфункциях нейрогуморальной регуляции.

К другому типу немедикаментозных средств, которые в отличие от кислородотерапии обладают кумулятивно-отсроченными эффектами, но при этом обеспечивают активную стимуляцию собственных ресурсов организма, относится методика нормобарической гипоксической тренировки/терапии (НГТ). Механизмы профилактического и коррекционного действия НГТ базируются на церебро- и кардиопротекторных, иммуномодулирующих и других эффектах данного метода [3, с. 58–60].

Инновационными вариантами гипероксической и гипоксической терапии являются методы, основанные на использовании дыхательных газовых смесей (ДГС) с повышенным

<sup>1</sup> Сохранение и повышение военно-профессиональной работоспособности специалистов флота в процессе учебно-боевой деятельности и в экстремальных ситуациях: методические рекомендации / под ред. Ю. М. Боброва, В. И. Кулешова, А. А. Мясникова. М., 2013. 104 с.

содержанием инертных газов, способствующих расширению терапевтических эффектов традиционных баротерапевтических средств [4, с. 172–173; 5, с. 33–34]. При этом наиболее широкое распространение в профилактической медицине и клинике получили гелиокислородные и ксенонокислородные ДГС [6, с. 131–135; 7, с. 25].

В ряде экспериментальных и физиологических исследований отечественных и зарубежных авторов постулированы и доказаны также особые эффекты ДГС с повышенным содержанием аргона (АрДГС) [8, с. 80; 9, с. 33–35; 10, с. 206]. К одному из наиболее значимых эффектов аргона, на наш взгляд, следует отнести его выраженное антигипоксическое действие на организм, обеспечивающее облегчение доставки кислорода работающим тканям. На указанных эффектах АрДГС, например, базируется создание аргоносодержащих гипоксических сред в обитаемых помещениях гермообъектов, что позволяет значительно повысить их пожаробезопасность с сохранением возможности осуществления деятельности персонала [11, с. 7–8].

У применения АрДГС (гипер- и гипоксических) в клинике, на наш взгляд, также имеются широкие перспективы. Однако до настоящего времени подобные исследования практически не проводились.

**Целью** данной работы явилась сравнительная оценка эффективности комбинированной аргонотерапии (гипер- и гипоксической) в коррекции пограничных функциональных состояний специалистов опасных профессий.

**Материалы и методы.** В исследованиях участвовали 16 мужчин в возрасте 19–42 лет, имевших признаки ПФС (по типу «синдрома хронической усталости»), связанных с крайне напряженной и сложной предшествовавшей учебно-профессиональной деятельностью. При этом у всех обследованных отсутствовали признаки манифестной соматической или психической патологии. Пациенты были разделены на две сопоставимые по характеру и степени выраженности отклонений функционального состояния, анамнестическим характеристикам и равные по численности группы (по 8 человек) в зависимости от характера коррекционно-восстановительных программ (КВП). Перед началом

исследований все пациенты подписали добровольное информированное согласие.

У лиц 1-й группы проведены курсы комбинированной оксигенотерапии и НГТ по стандартным режимам, рекомендованным для применения у военнослужащих и других категорий лиц с опасными условиями труда<sup>1</sup> [1, с. 23; 3, с. 20–22]. Курс состоял из 14 процедур, проводимых ежедневно. Каждая комбинированная процедура заключалась вначале в 30-минутном дыхании кислородом, а затем (через 30 мин) — в 30-минутном дыхании гипоксическими ДГС (содержание кислорода в азоте 16–14% об.).

У пациентов 2-й группы проводилась комбинированная аргоногипероксическая и аргоногипоксическая терапия в оригинальном режиме. Курс состоял из 8 ежедневных процедур. В процессе каждой процедуры пациент вначале осуществлял 20-минутное дыхание газовой смесью с содержанием кислорода 45% об., аргона 35% об., азот — остальное, а затем (через 20 мин) — 20-минутное дыхание ДГС с содержанием кислорода 12–10% об., аргона 35% об., азот — остальное. Таким образом, общая длительность КВП и время каждой процедуры во 2-й группе были значительно меньше.

Процедуры гипер- и гипоксической терапии осуществлялись с использованием аппарата «Ингалит» (РФ), баллонов с предварительно подготовленными дыхательными смесями заданного состава и (или) гипоксикаторов «Гипоксимед» (РФ).

Оценка функционального состояния (выраженности ПФС) лиц обеих групп осуществлялась по трем основным направлениям. Оценивали: субъективный статус (анкета «Самочувствие, активность, настроение — САН»); психофизиологический статус (тест «Реакция на движущийся объект — РДО»); соматический статус (проба с приседаниями Мартине)<sup>2</sup>. По итогам выполнения методики «САН» вычисляли среднюю самооценку состояния (СрСС, баллы); из критериев теста «РДО» использовали число точных реакций (ЧТР, ед.) из 50 предъявлений стимула; по результатам пробы Мартине определяли коэффициент выносливости (КВ, усл. ед.). Исследования проводили в исходном состоянии (перед началом

<sup>1</sup> Сохранение и повышение военно-профессиональной работоспособности специалистов флота в процессе учебно-боевой деятельности и в экстремальных ситуациях: методические рекомендации / под ред. Ю. М. Боброва, В. И. Кулешова, А. А. Мясникова. М., 2013. 104 с.

<sup>2</sup> Практикум по физиологии военного труда / под ред. В. И. Шостака. Л., 1989. 98 с.

КВП) — I этап, затем спустя 9 (II этап) и 15 (III этап) дней.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Statistica v.10,0. Данные представляли в виде медиан (Me), нижних и верхних квартилей (Q25, Q75). Значимость различий показателей в динамике наблюдения оценивали по критериям Вилкоксона и Манна–Уитни. Критическим принимали уровень значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Результаты первичной диагностики показали, что у всех обследованных лиц имели место пограничные отклонения субъективных и объективных критериев функционального состояния, межгрупповые различия в исходном состоянии не определялись (таблица).

Повторное обследование (для 2-й группы проведенное непосредственно после окончания КВП) выявило позитивные тенденции в дина-

мичности проводимых коррекционных программ с использованием аргонотерапии. С учетом полученных данных во 2-й группе КВП были закончены, а в 1-й группе продолжены.

Контрольное обследование, выполненное на III этапе наблюдения (для 1-й группы проведенное непосредственно после окончания КВП), показало улучшение функционального состояния у пациентов обеих групп по сравнению с предыдущим этапом диагностики. При этом на момент заключительной диагностики по всем оцениваемым критериям субъективного и объективного статуса отмечались значимые межгрупповые различия, подтверждающие лучшие результаты КВП у лиц 2-й группы, несмотря на меньшую длительность как отдельной процедуры комбинированной аргонотерапии, так и курса в целом.

На наш взгляд, добавление аргона в гипер- и гипоксические ДГС (за счет разнонаправлен-

Таблица

**Динамика показателей функционального состояния лиц сравниваемых групп (n1=8; n2=8) в процессе наблюдения, (Me), (Q25, Q75)**

Table

**Dynamics of functional state indicators of the compared groups persons (n1=8; n2=8) in the process of observation, (Me), (Q25, Q75)**

Методика	Показатель, ед. изм.	Этап наблюдения					
		I этап		II этап		III этап	
		1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа
САН	СрСС, баллы	4,34 (4,22; 4,77)	4,45 (4,20; 4,79)	5,04 (4,42; 5,35) p1=0,048	4,50 (4,25; 4,91) p=0,049	5,25 (5,02; 6,05) p1=0,015	4,92 (4,25; 4,91) p=0,040 p1=0,049
РДО	ЧТР, ед.	29 (25; 35)	30 (24; 34)	34 (30; 38) p1=0,048	30 (25; 35)	37 (35; 39) p1=0,018	33 (28; 35) p=0,040 p1=0,049
Проба Маргине	КВ, усл.ед.	6,8 (6,2; 7,5)	6,5 (6,0; 7,3)	5,5 (5,0; 6,9) p1=0,044	6,2 (5,9; 7,4) p=0,048	5,2 (5,0; 6,0) p1=0,044	5,9 (5,5; 6,8) p=0,048 p1=0,049

Примечание. Уровень значимости различий: p — между группами; p1 — по сравнению с I этапом.

Note — level of significance of differences: p — between groups; p1 — compared with Stage I.

мике оцениваемых субъективных и объективных критериев функционального состояния в обеих группах. Однако во 2-й группе указанные тенденции были более выраженными, по всем параметрам достигнув критического уровня статической значимости по сравнению с исходным состоянием. Кроме этого, на данном этапе наблюдения по показателям СрСС и КВ имели место значимые межгрупповые различия, свидетельствующие о лучшей эф-

фектов кислорода и аргона на механизмы транспорта дыхательных газов в организме) обеспечивает улучшение транспорта кислорода на всех этапах «кислородного каскада». Это дает возможность уменьшить содержание кислорода в ДГС, позволяя снизить неблагоприятные (токсические) эффекты гипероксии и повысить эффективность гипоксической терапии.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность

метода комбинированной аргонотерапии в коррекции ПФС, значительно превышающую таковую у стандартных кислородо- и гипокситерапии. Данный факт наряду с безопасностью, относительной экономичностью и технической реализуемостью

позволяет рекомендовать метод терапии с использованием АрДГС к широкому использованию в коррекционно-восстановительных программах, назначаемых специалистам опасных профессий в профилактических и лечебных целях.

### Литература/ References

1. Сапов И.А., Щеголев В.С. Физиологические мероприятия медицинского обеспечения ВМФ // *Клинико-физиологические аспекты реабилитации личного состава ВМФ*. Калининград, 1990. С. 5–35. Sapov I.A., Shchegolev V.S. *Fiziologicheskie meropriyatiya medicinskogo obespecheniya VMF // Kliniko-fiziologicheskie aspekty rehabilitatsii lichnogo sostava VMF*. Kaliningrad, 1990. S. 5–35 [Sapov I.A., Shchegolev V.S. Physiological measures of the medical support of the Navy. *Clinical and physiological aspects of the Navy personnel rehabilitation*. Kaliningrad, 1990, pp. 5–35 (In Russ.)].
2. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. *Паттерны функциональных состояний человека-оператора*. М.: Наука, 2010. 390 с. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. *Patterny funktsional'nykh sostoyaniy cheloveka-operatora*. M.: Nauka, 2010. 390 s. [Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. *Patterns of the human operator's functional states*. Moscow: Publishing house Nauka, 2010. 390 p. (In Russ.)].
3. Благинин А.А., Жильцова И.И., Михеева Г.Ф. *Гипоксическая тренировка как метод коррекции пограничных функциональных состояний организма операторов сложных эргатических систем*. Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского гос. ун-та, 2015. 108 с. Blaginin A.A., Zhiltsova I.I., Miheeva G.F. *Gipoksicheskaya trenirovka kak metod korrektsii pogranychnykh funktsional'nykh sostoyaniy organizma operatorov slozhnykh ergaticheskikh sistem*. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevartovskogo gos. universiteta, 2015. 108 s. [Blaginin A.A., Zhiltsova I.I., Mikheeva G.F. *Hypoxic training as a method of correction of the borderline functional states of the body of operators of complex ergatic systems*. Nizhnevartovsk: Publishing house Nizhnevartovsk state University, 2015. 108 p. (In Russ.)].
4. Довгуша В.В., Довгуша Л.В. *Аномальные динамические свойства газов, влияющих на биологические системы / под общ. ред. М.Н. Тихонова*. СПб., 2013. С. 171–174. Dovgusha V.V., Dovgusha L.V. *Anomal'nye dinamicheskie svoystva gazov, vliyayushchih na biologicheskie sistemy / pod obshch. red. M.N. Tihonova*. SPb., 2013. S. 171–174. [Dovgusha V.V., Dovgusha L.V. *Anomalous dynamic properties of gases affecting biological systems / Ed. M. N. Tikhonov*. St. Petersburg, 2013, pp. 171–174 (In Russ.)].
5. Довгуша В.В. *Дискуссионные вопросы действия индифферентных газов на организм*. СПб., 2011. 114 с. Dovgusha V.V. *Diskussionnye voprosy dejstviya indifferentnykh gazov na organizm*. SPb., 2011. 114 s. [Dovgusha V.V. *Controversial issues of the action of indifferent gases on the body*. St. Petersburg, 2011. 114 p. (In Russ.)].
6. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М. и др. *Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами / под ред. акад. А. И. Григорьева*. М.: Гранп Полиграф, 2008. 496 с. Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. i dr. *Osnovy barofiziologii, vodolaznoj mediciny, baroterapii i lecheniya inertnymi gazami / Pod. red. akad. A. I. Grigor'eva*. M.: Granp Poligraf. 2008. 496 s. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. et al. *Fundamentals of barophysiology, diving medicine, barotherapy and treatment with inert gases / ed. acad. A. I. Grigoriev*. Moscow: Publishing house Grand Polygraph, 2008, 496 p. (In Russ.)].
7. Советов В.И., Мотасов Г.П. Применение кислородно-гелиевых тренировок для повышения работоспособности водолазов // *Научно-технический сборник*. 2015. № 5. С. 23–28. Sovetov V.I., Motasov G.P. *Primenenie kislorodno-gelievyykh trenirovok dlya povysheniya rabotosposobnosti vodolazov // Nauchno-tekhnicheskij sbornik*. 2015. № 5. S. 23–28 [Sovetov V.I., Motasov G.P. The use of oxygen-helium training to improve the working capacity of divers. *Scientific and technical collection*, 2015, No. 5, pp. 23–28 (In Russ.)].
8. Ананьев В.Н. Влияние инертных газов на поглощение кислорода в замкнутом пространстве при нормобарии // *Материалы IX Всеарм. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Баротерапия в комплексном лечении раненых, больных и пораженных»*. СПб., 2015. С. 80. Anan'ev V.N. *Vliyanie inertnykh gazov na pogloshchenie kislороda v zamknutom prostranstve pri normobarii // Materialy IX Vsearm. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem «Baroterapiya v kompleksnom lechenii ranenyykh, bol'nykh i porazhennykh»*. SPb., 2015. S. 80 [Ananiev V.N. Influence of inert gases on the absorption of oxygen in a closed space with normobarium. *Proceedings of the IX All-Army scientific-practical. conferences with international participation «Barotherapy in the complex treatment of the wounded, sick and affected»*. St. Petersburg, 2015, p. 80 (In Russ.)].
9. Павлов Б.Н., Солдатов П.Э., Дьяченко А.И. Выживаемость лабораторных животных в аргонсодержащих гипоксических средах // *Авиационная и экологическая медицина*. 1998. Т. 32, № 4. С. 33–37. Pavlov B.N., Soldatov P.E.,

- D'yachenko A.I. Vyzhivayemost' laboratornykh zhivotnykh v argonsoderzhashchikh gipoksicheskikh sredakh // *Aviatsionnaya i ekologicheskaya meditsina*. 1998. T. 32, № 4. S. 33–37. [Pavlov B.N., Soldatov P.E., Dyachenko A.I. Survival rate of laboratory animals in argon-containing hypoxic environments. *Aviation and Ecological Medicine*, 1998, Vol. 32, No. 4, pp. 33–37 (In Russ.).]
10. Loetscher P.D., Rossaint J., Rossaint R. Argon: Neuroprotection in in vitro models of cerebral ischemia and traumatic brain injury // *Crit. Care*. 2009. Vol. 13. P. 206.
11. Иванов А.О., Петров В.А., Бочарников М.С., Безкишкий Э.Н. Возможности длительного пребывания человека в аргонсодержащих газовых средах, снижающих пожароопасность гермообъектов // *Экология человека*. 2017. № 1. С. 3–8. Ivanov A.O., Petrov V.A., Bocharnikov M.S., Bezkishkiy E.N. Vozmozhnosti dlitel'nogo prebyvaniya cheloveka v argonosoderzhashchikh gazovykh sredakh, snizhayushchih pozharoopasnost' germoob'ektov // *Ekologiya cheloveka*. 2017. № 1. С. 3–8 [Ivanov A.O., Petrov V.A., Bocharnikov M.S., Bezkishkiy E.N. Possibilities of a long stay of a person in argon-containing gaseous environments to reduce the fire hazard of sealed objects. *Human Ecology*, 2017, No. 1, pp. 3–8 (In Russ.).]

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.11.2021 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — Н. В. Кочубейник, В. А. Степанов, В. Н. Скляров, С. Н. Линченко, К. С. Караханян. Вклад в сбор данных — Н. В. Кочубейник, В. А. Степанов, В. Н. Скляров. Вклад в анализ данных и выводы — В. А. Степанов, В. Н. Скляров, Н. В. Кочубейник, С. Н. Линченко, К. С. Караханян. Вклад в подготовку рукописи — В. Н. Скляров, В. А. Степанов, Н. В. Кочубейник, С. Н. Линченко, К. С. Караханян.

#### Сведения об авторах:

*Кочубейник Николай Владимирович* — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, Нахичеванский пер., д. 29; e-mail: knv\_2010@bk.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526;

*Степанов Владимир Анатольевич* — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, Нахичеванский пер., д. 29; e-mail: Stepan.Vl.A@yandex.ru; ORCID 0000-0002-4232-871; SPIN 7535-8748; Author ID 995283;

*Скляров Вадим Николаевич* — кандидат медицинских наук, доцент, полковник медицинской службы, заместитель начальника военного-учебного центра при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, Нахичеванский пер., д. 29; e-mail: dokru1@ Rambler.ru; ORCID 0000-0002-0210-0625; SPIN 9835-0364;

*Линченко Сергей Николаевич* — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4; e-mail: s\_linchenko@mail.ru; ORCID 0000-0001-8345-064; SPIN 1681-3350;

*Караханян Кристина Суменовна* — кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской и биологической физики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, Нахичеванский пер., д. 29; e-mail: kara\_008@mail.ru; ORCID 0000-0003-0519-0248; SPIN 9171-6762; Author ID 564845; ORCID ID 7302823.

## ОКСИГЕНОБАРОТЕРАПИЯ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ COVID-19

М. З. Лесен\*, И. В. Угулава, И. И. Демченко, А. В. Деер, В. В. Филюшин  
Войсковая часть 00317, Севастополь, Россия

*Цель:* оценка эффективности использования оксигенобаротерапии в комплексном лечении больных новой коронавирусной инфекцией COVID-19 с поражением легочной ткани.

*Материалы и методы.* Обследованы 20 пациентов с диагнозом «Коронавирусная инфекция, вызванная вирусом SARS-CoV-2» (больные средней тяжести, КТ 1–2), из них 10 пациентам был назначен курс оксигенобаротерапии совместно с консервативным лечением, а 10 пациентам — только консервативное лечение.

Сеансы осуществлялись в барокамере БДК-1400 на базе МАБ при режиме 1,7 ата с использованием VIBS-масок для дыхания кислородом в течение не более 50 минут. Всего пациенты получили 7–10 сеансов оксигенобаротерапии. До и после каждого сеанса измеряли насыщение крови кислородом. Статистический анализ данных проводили с помощью сопоставления исследуемых групп с использованием *t*-критерия Стьюдента и критерия Вилкоксона.

*Результаты и их обсуждение.* Проведен курс оксигенобаротерапии, заключающийся в использовании режима 1,7 ата с экспозицией от 30 до 50 мин в течение курса для достижения максимального терапевтического эффекта и комфорта для пациента. На фоне проведения курса оксигенобаротерапии отмечено повышение насыщения кислородом крови у пациентов основной группы, а также положительная динамика в виде уменьшения и прекращения одышки и кашля, улучшения общего самочувствия.

**Ключевые слова:** морская медицина, коронавирусная инфекция, оксигенобаротерапия, насыщение крови кислородом, комплексное лечение новой коронавирусной инфекции, медицинские технологии

\*Контакт: Лесен Матвей Залманович, [ktof-1@yandex.ru](mailto:ktof-1@yandex.ru)

© Lesen M.Z., Ugulava I.V., Demchenko I.I., Deer A.V., Filyushin V.V., 2022

## OXYGENOBAROTHERAPY IN THE COMPLEX TREATMENT OF PATIENTS WITH A NEW CORONAVIRUS INFECTION COVID-19

Matvey Z. Lesen\*, Ilya V. Ugulava, Irina I. Demchenko, Artem V. Deer, Vitaliy V. Filyushin  
Military unit 00317, Sevastopol, Russia

*Objective:* to evaluate the effectiveness of the use of oxygen-barotherapy in the complex treatment of patients with a new coronavirus infection COVID-19 with lung tissue damage.

*Materials and methods:* 20 patients were examined with a diagnosis of «Coronavirus infection caused by the SARS-CoV-2 virus» (moderate patients (CT 1–2)), of which 10 patients were prescribed a course of oxygenobarotherapy together with conservative treatment, and 10 patients received only conservative treatment.

The sessions were carried out in the BDK-1400 pressure chamber based on the MAB at 1.7 ATA mode using IVS masks for oxygen breathing for no more than 50 minutes. In total, patients received 7–10 sessions of oxygenobarotherapy. Blood oxygen saturation was measured before and after each session. Statistical analysis of the data was carried out by comparing the studied groups using the Student's *t*-test and the Wilcoxon test.

*Results and discussion.* A course of oxygenobarotherapy was used, consisting in using the 1,7 ATA mode with an exposure of 30 to 50 minutes during the course to achieve maximum therapeutic effect and comfort for the patient. Against the background of the course of oxygenobarotherapy in patients, an increase in blood oxygen saturation in patients of the main group was noted, as well as positive dynamics in the form of a decrease and cessation of shortness of breath and cough, improvement of general well-being.

**Key words:** marine medicine, coronavirus infection, oxygenobarotherapy, blood oxygen saturation, complex treatment of a new coronavirus infection, medical technologies

\*Contact: Lesen Matvey Zalmanovich, [ktof-1@yandex.ru](mailto:ktof-1@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Лесен М.З., Угулава И.В., Демченко И.И., Деер А.В., Филюшин В.В. Оксигенобаротерапия в комплексном лечении пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 44–48. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-44-48>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Lesen M.Z., Ugulava I.V., Demchenko I.I., Deer A.V., Filyushin V.V. Oxygenobarotherapy in the complex treatment of patients with a new coronavirus infection COVID-19 // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 44–48. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-44-48>.

**Введение.** Пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19, вызываемой коронавирусом SARS-CoV-2, впервые зафиксированная в конце 2019 г. в городе Ухань (Китайская Народная Республика), а позднее распространившаяся по всему миру, затронула более 15 млн человек [1, с. 52]. Значительная трудность при лечении пациентов заключалась в отсутствии достаточной информации о патофизиологии инфекционного процесса и адекватных методах терапии.

Одной из ведущих причин осложнений у больных COVID-19, наряду с развитием неадекватного воспалительного ответа организма и дисфункцией свертывающей системы крови [2, с. 250], является гипоксия, причем в 15–20% наблюдений заболевание протекает в тяжелой и крайне тяжелой степени, что требует дополнительной кислородной поддержки [3, с. 75–79]. Одним из способов ликвидации гипоксии является использование технологии экстракорпоральной оксигенации крови (ЭКМО), однако ЭКМО, как правило, применяется в качестве крайнего средства в связи с рядом существенных недостатков. По этой причине в условиях пандемии первоочередной была задача поиска адекватных методов оксигенации, не только направленных на ликвидацию гипоксии и гипоксемии, но и способных снизить риск перевода пациента на инвазивную ИВЛ. Сочетанием таких характеристик обладает оксигенобаротерапия — метод, основанный на дыхании медицинским кислородом под повышенным давлением, позволяющий ликвидировать любые формы кислородной задолженности за счет доставки кислорода к органам и тканям путем его растворения в жидких средах организма.

Список показаний к оксигенобаротерапии постоянно расширяется, в частности, Международное общество подводной и гипербарической медицины (UHMS) называет оксигенобаротерапию методом лечения при 14 различных заболеваниях и синдромах, в том числе при нарушениях регионального кровоснабжения, инфекции мягких тканей, тканевой ишемии и т.д.

Все перспективы для использования оксигенобаротерапии в комплексном лечении пациентов с новой коронавирусной инфекцией есть.

В своей работе мы учитывали опыт специалистов ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н. В. Склифосовского ДЗМ», которые показали безопасность проведения сеансов баротерапии у больных с патологией легочной ткани [7, с. 318].

**Цель данной работы:** оценка эффективности использования оксигенобаротерапии в комплексном лечении больных новой коронавирусной инфекцией COVID-19 с поражением легочной ткани.

**Материалы и методы.** В исследование включены 20 пациентов с диагнозом «Коронавирусная инфекция, вызванная вирусом SARS-CoV-2», находившиеся на амбулаторном лечении. Все пациенты нуждались в дополнительной кислородной поддержке. Пациенты были разделены на две группы: 1-я группа — больные в состоянии средней тяжести (КТ 1–2), получавшие консервативное лечение с курсом оксигенобаротерапии, 2-я группа — больные в состоянии средней тяжести (КТ 1–2), проходившие только консервативное лечение.

Пациенты 1-й группы были проинформированы о возможных побочных эффектах проведения сеанса. Перед каждой процедурой проводился подробный инструктаж по правилам поведения в барокамере в условиях изменяющегося давления. От каждого пациента получено письменное информированное согласие на проведение данного лечения. Для минимизации риска побочных эффектов скорость повышения и снижения давления составляла не более 5 метров в 1 минуту под постоянным визуальным контролем состояния пациентов. В случае появления жалоб на боль в ушах, придаточных пазухах носа, приступов кашля изменение давления в барокамере прекращалось до нормализации состояния пациента.

Из полученных данных видно, что при сходном распределении по возрасту и полу большей степени поражения легких соответствует более

низкий уровень насыщения крови кислородом — 90% [88%; 92,75%] против 94% [91,25%; 95%] при легкой и средней степени тяжести (КТ 1–2) соответственно. Сеансы осуществляли в барокамере БДК-1400 на базе МАБ при режиме 1,7 ата с использованием VIBS-масок для дыхания кислородом в течение не более 50 мин. Всего пациенты получили 7–10 сеансов оксигенобаротерапии. До и после каждого сеанса измеряли насыщение крови кислородом, проводился опрос жалоб на кашель, одышку, общее самочувствие.

Статистический анализ данных проводили с помощью сопоставления исследуемых групп с использованием *t*-критерия Стьюдента и критерия Вилкоксона.

**Результаты и их обсуждение.** В процессе комплексного лечения применялся алгоритм проведения курса оксигенобаротерапии, указанный в табл. 1. Существенным фактором для адаптации пациентов к изменяющемуся давлению окружающей среды и профилактики негативных явлений баротерапии была скорость изменения давления в барокамере, которая составляла не более 5 м/мин.

Таблица 1  
Алгоритм оксигенобаротерапии при COVID-19  
Table 1  
The oxygenobarotherapy algorithm for COVID-19

№ сеанса	Рабочее давление, ата	Длительность, мин	Количество сеансов
1	1,7	30	1 сеанс в день
2	1,7	30	1 сеанс в день
3	1,7	30	1 сеанс в день
4	1,7	40	1 сеанс в день
5	1,7	40	1 сеанс в день
6	1,7	40	1 сеанс в день
7	1,7	40	1 сеанс в день
8	1,7	40–50	1 сеанс в день
9	1,7	40–50	1 сеанс в день
10	1,7	40–50	1 сеанс в день

\*ата - абсолютное давление.

\*ата - absolute pressure.

Первый «тестовый» сеанс проводили в режиме 1,7 ата, экспозиция 30 мин с целью выявления возможных противопоказаний и субъективной оценки самочувствия пациента во время баросеанса. При выявлении противопоказаний (клаустрофобия, барофункция 3–4 степени и т.д.) сеанс прекращался и пациенту в дальнейшем оксигенобаротерапию не проводили (один пациент отказался от проведения

процедуры в связи с развившимся приступом клаустрофобии был переведен во 2-ю группу).

При отсутствии противопоказаний и дискомфорта во время баросеанса последующие сеансы проводили ежедневно в режиме 1,7 ата в течение 30–50 минут с возможностью корректировки экспозиции во время сеанса на основании ощущений пациента.

При выяснении жалоб пациентов была отмечена положительная динамика в виде быстрого формирования продуктивного кашля и быстрого его разрешения, уменьшения и прекращения одышки (после 3–5-й процедуры жалобы на кашель и одышку прекращались) и улучшения общего самочувствия. В контрольной группе одышка сохранялась до трех недель и более после окончания терапии.

При анализе динамики данных КТ легких на фоне проведения оксигенобаротерапии в 70% случаев фиксировали снижение интенсивности поражения легочной паренхимы, уменьшение объема поражения легочной ткани за счет регресса зон «матового стекла» и обратное развитие очагов консолидации. Во 2-й группе степень тяжести снижалась медленнее, по результатам КТ по окончании консервативного лечения динамика была незначительна, требовался дополнительный курс реабилитации.

При анализе влияния сеансов оксигенобаротерапии на насыщение крови кислородом (табл. 2) положительную динамику наблюдали в обеих обследованных группах. Отличие состояло в том, что группа пациентов, не принимающая процедуры оксигенобаротерапии, требовала более продолжительного периода восстановления. Так, если в 1-й группе 80% пациентов потребовалось 7 сеансов для достижения стабильных показателей сатурации в пределах нормы, то во 2-й группе для этого большинству пациентов (81,2%) потребовался более длительный период времени.

Интерес к включению оксигенобаротерапии в комплексную терапию пациентов с COVID-19 обоснован широким спектром ее воздействия на организм, обеспечивающим не только компенсацию практически любых форм кислородной недостаточности, но и мобилизующим реакции физиологической и метаболической адаптации при различных патологических процессах гипоксического и негипоксического генеза.

При COVID-19 оксигенобаротерапия может быть эффективна в отношении снижения уровня цитокинов (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6), то есть минимизации степени «цитокинового шторма»



Таблица 2

## Средние показатели сатурации в группе

Table 2

## Average saturation values in the group

Насыщение крови кислородом	Номер сеанса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Группа 1:										
до	90	94	95	95	95,5	96	96	97	97	97
после	95	97	97	98	98	98	98	98–99	98–99	98–99
Группа 2	90	92,5	92,5	94	94,5	93,5	95	95,5		

и выраженности окислительного стресса, а также улучшения капиллярной пролиферации и ускорения включения коллатерального кровотока. Таким образом, оксигенотерапия может иметь положительное влияние на все ключевые аспекты развития инфекционного процесса при COVID-19. Однако данное предположение требует более детального исследования. В доступной литературе имеются данные о применении различных режимов оксигенотерапии для лечения пациентов с COVID-19. При этом используются как «мягкие» (давление 1,3–2,0 ата, длительность 45–90 мин), так и «жесткие» (до 2,5 ата) режимы [8, с. 9–15]. По нашему мнению, в условиях недостаточной информации о патофизиологических аспектах протекания инфекционного процесса, прежде всего необходимо руководствоваться требованиями обеспечения максимальной безопасности пациента, чего мы и придерживались при использовании оксигенотерапии в нашем исследовании.

Клинический мониторинг не выявил недостатков использования такого подхода, поскольку «мягкость» режима и обеспечение комфорта пациента отражались на стабилизации как психоэмоционального (снижение тревожности, повышение контактности), так и, в свою очередь, общего его состояния.

Анализ данных КТ легких не выявил каких-либо нежелательных эффектов (травма легоч-

ной паренхимы, развитие легочных кровотоков), которые могли бы стать следствием проведения оксигенотерапии. Таким образом, используемые нами режимы (не более 1,7 ата) являются безопасными.

Основным ожидаемым лечебным эффектом оксигенотерапии являлось повышение насыщения крови кислородом. Несмотря на то, что после сеанса отмечалось незначительное снижение насыщения крови кислородом в течение 90–120 мин, наблюдалась постоянная положительная динамика данного показателя в течение всего курса лечения. Динамика изменения сатурации показана в табл. 2. Это обстоятельство может быть связано с возможным депонированием в виде растворения некоторого количества кислорода в жидкостях организма.

**Заключение.** Проведенные исследования показали перспективность лечения больных новой коронавирусной инфекцией COVID-19 с поражением легочной ткани с применением оксигенотерапии. Включение в комплексную терапию при COVID-19 ежедневных сеансов (не менее 7) оксигенотерапии в режиме (1,7 ата) показало свою безопасность и предварительный положительный эффект на субъективное состояние обследованных пациентов и динамику насыщения крови кислородом. Баротерапия в составе схемы лечения и реабилитации больных COVID-19 позволяет сократить сроки выздоровления и восстановления работоспособности.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Мурашко М.А., Попова А.Ю. *Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019-ncov)*. М., 2020. 52 с. Murashko M.A., Popova A.Yu. *Profilaktika, diagnostika i lechenie novoy koronavirusnoj infekcii (2019-ncov)*. Moskva, 2020. 52 s. [Murashko M.A., Popova A.Yu. *Prevention, diagnosis and treatment of a new coronavirus infection (2019-ncov)*, Moscow, 2020, p. 52 (In Russ.)].
2. Прасмыцкий О.Т., Ржеутская Р.Е. *Интенсивная терапия заболеваний, сопровождающихся острой дыхательной недостаточностью*. М., 2008. С. 250. Prasmysckij O.T., Rzhetskaya R.E. *Intensivnaya terapiya zabolevanij, soprovozhdayushchihsya ostroj dyhatel'noj nedostatochnost'yu*. Moskva, 2008. S. 250. [Prasmysky O.T., Rzhetskaya R.E. *Intensive therapy of diseases accompanied by acute respiratory failure*. Moscow, 2008, pp. 250 (In Russ.)].

3. Ромасенко М.В., Левина О.А., Пинчук А.В., Сторожев Р.В., Ржевская О.Н. Применение гипербарической оксигенации в комплексной терапии больных после трансплантации почки в раннем послеоперационном периоде // *Трансплантология*. 2011. С. 75–79. Romasenko M.V., Levina O.A., Pinchuk A.V., Storozhev R.V., Rzhevskaya O.N. Primenenie giperbaricheskoy oksigenacii v kompleksnoy terapii bol'nykh posle transplantacii pochki v rannem posleoperacionnom periode. *Transplantologiya*. 2011. S. 75–79 [Romasenko M.V., Levina O.A., Pinchuk A.V., Storozhev R.V., Rzhevskaya O.N. The use of hyperbaric oxygenation in the complex therapy of patients after kidney transplantation in the early postoperative period. *Transplantology*, 2011, pp. 75–79 (In Russ.)].
4. Савилов П.Н. О возможностях гипербарической кислородной терапии в лечении SARS-CoV-2-инфицированных пациентов // *Znanstvena misel*. 2020. № 42. С. 55–60. Savilov P.N. O vozmozhnostyakh giperbaricheskoy kislorodnoy terapii v lechenii SARS-CoV-2-inficirovannykh pacientov. *Znanstvena misel*. 2020. S. 55–60 [Savilov P.N. On the possibilities of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of SARS-CoV-2-infected patients. *Znanstvena misel*, 2020, pp. 55–60 (In Russ.)].
5. Сперанская А.А., Новикова Л.Н., Баранова О.П., Васильева М.А. Лучевая диагностика вирусной пневмонии // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2016. С. 149–156. Speranskaya A.A., Novikova L.N., Baranova O.P., Vasil'eva M.A. Luchevaya diagnostika virusnoy pnevmonii // *Vestnik rentgenologii i radiologii*. Moskva, 2016. 149–156 s. [Speranskaya A.A., Novikova L.N., Baranova O.P., Vasilyeva M.A. Radiation diagnostics of viral pneumonia. *Bulletin of Radiology and Radiology*. Moscow, 2016, pp. 149–156 (In Russ.)].
6. Сапов И.А. *Физиология подводного плавания и АСД*. Л.: ВМА им. С. М. Кирова, 1986. С. 311–321. Sapov I.A. *Fiziologiya podvodnogo plavaniya i ASD*. Leningrad: VMA im. S. M. Kirova, 1986. S. 311–321. [Sapov I.A. *Physiology of scuba diving and ASD*. Leningrad: S. M. Kirov Military Medical Academy, 1986, pp. 311–321 (In Russ.)].
7. Левина О.А., Евсеев А.К., Шабанов А.К., Кулабухов В.В., Кутровская Н.Ю., Горончаровская И.В., Попугаев К.А., Косолапов Д.А., Слободенюк Д.С., Петриков С.С. Гипербарическая оксигенация в терапии пациентов с COVID-19 // *Общая реаниматология*. 2020. Т. 16, № 6. С. 4–18. Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K., Kulabuhov V.V., Kutrovskaya N.Yu., Goroncharovskaya I.V., Popugaev K.A., Kosolapov D.A., Slobodenyuk D.S., Petrikov S.S. Giperbaricheskaya oksigenaciya v terapii pacientov s COVID-19 // *Obshchaya reanimatologiya*. 2020. T. 16, № 6. S. 4–18. [Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K., Kulabuhov V.V., Kutrovskaya N.Yu., Goroncharovskaya I.V., Parugaev K.A., Kosolapov D.A., Slobodenyuk D.S., Petrikov S.S. Hyperbaric oxygenation in the treatment of patients with COVID-19. *General Reanimatology*. 2020. Vol. 16, No. 6, pp. 4–18 (In Russ.)].
8. Соколина И.А. *Рентгенологические критерии дифференциальной диагностики воспалительных изменений ОГК вирусной этиологии (COVID-19) при МСКТ*. М., 2020. 130 с. Sokolina I.A. *Rentgenologicheskie kriterii differencial'noj diagnostiki vospalitel'nykh izmenenij OGK virusnoj etiologii (COVID-19) pri MSKT*. Moskva, 2020. 130 s. [Sokolina I.A. *X-ray criteria for differential diagnosis of inflammatory changes of viral etiology (COVID-19) at MSCT*. Moscow, 2020. 130 p. (In Russ.)].
9. Левина О.А., Ромасенко М.В., Крылов В.В., Петриков С.С., Гольдин М.М., Евсеев А.К. Гипербарическая оксигенация при острых заболеваниях и повреждениях головного мозга. Новые возможности, новые решения // *Нейрохирургия*. 2014. С. 9–15. Levina O.A., Romasenko M.V., Krylov V.V., Petrikov S.S., Gol'din M.M., Evseev A.K. Giperbaricheskaya oksigenaciya pri ostrykh zabolevaniyah i povrezhdeniyah golovnogo mozga. Novye vozmozhnosti, novye resheniya. *Nejrohirurgiya*. 2014. S. 9–15. [Levina O.A., Romasenko M.V., Krylov V.V., Petrikov S.S., Goldin M.M., Evseev A.K. Hyperbaric oxygenation in acute diseases and brain injuries. New opportunities, new solutions. *Neurosurgery*, 2014, pp. 9–15 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 28.11.2021 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — И. В. Угулава, М. З. Лесен, И. И. Демченко, А. В. Деер, В. В. Филлошин. Вклад в сбор данных — И. В. Угулава, М. З. Лесен, И. И. Демченко, А. В. Деер, В. В. Филлошин. Вклад в анализ данных и выводы — И. В. Угулава, М. З. Лесен, И. И. Демченко, А. В. Деер, В. В. Филлошин. Вклад в подготовку рукописи — И. И. Демченко, М. З. Лесен, И. В. Угулава, В. В. Филлошин, А. В. Деер.

#### Сведения об авторах:

Лесен Матвей Залманович — подполковник медицинской службы, врач первой категории, врач-специфизолог войсковой части 00317; 299011, Севастополь, ул. Катерная, д. 2; e-mail: ktof-1@yandex.ru; SPIN 6814–5471;

Угулава Илья Викторович — врач первой категории, старший врач (специфизолог) службы поисковых и аварийно-спасательных работ (СПАСР) войсковой части 87272; 683000, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Охотская, д. 1, СПАСР войсковой части 87272; e-mail: ily1274@yandex.ru; SPIN 7391–3541; ORCID 0000–0002–1114–1111;

Демченко Ирина Игоревна — специалист медицинской реабилитации войсковой части 00317; 299011, Севастополь, ул. Катерная, д. 2; e-mail: markuzka@mail.ru;

Деер Артем Владимирович — врач-терапевт войсковой части 00317; 299011, Севастополь, Катерная ул., д. 2; e-mail: artem-deer@yandex.ru;

Филлошин Виталий Владимирович — кандидат медицинских наук, начальник медицинской службы войсковой части 00317; 299011, Севастополь, Катерная ул., д. 2; e-mail: 89219526013@mail.ru; SPIN 5250–6962.

## ОСОБЕННОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЫХАНИИ ПОДОГРЕТЫМИ ГЕЛИОКИСЛОРОДНЫМИ СМЕСЯМИ

<sup>1</sup>А. В. Строй\*, <sup>2</sup>Д. В. Пухняк, <sup>3</sup>А. А. Танова, <sup>3</sup>С. А. Чеботов

<sup>1</sup>Служба поисковых и аварийно-спасательных работ Главного Штаба Военно-Морского Флота, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

<sup>3</sup>Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

*Цель исследования:* оценка особенностей микроциркуляторного кровотока

*Материалы и методы.* У 19 добровольцев-мужчин в возрасте 20–25 лет на фоне дыхания подогретыми до 40° С кислородно-азотными и гелиокислородными газовыми смесями проводилась сравнительная оценка микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии.

*Результаты и их обсуждение.* Дыхание подогретой кислородно-азотной смесью заключалось в увеличении (примерно на 25–35%) значений интегрального показателя микроциркуляции на фоне снижения ее эффективности. Переключение на дыхание подогретой гелиокислородной смесью «ГелиОкс 25/75» у всех обследованных лиц также приводило к повышению объемной скорости периферического кровотока. Однако степень прироста показателя (на 35–45% по сравнению с обычными условиями дыхания) оказалась значимо более выраженной, чем при дыхании подогретой кислородно-азотной смесью. Кроме этого, при дыхании «ГелиОкс 25/75» начиная примерно со 2-й минуты наблюдалось повышение эффективности микроциркуляции за счет увеличения «вклада» в реакцию кровотока «активных» (нейромиогенных) его компонентов.

**Ключевые слова:** морская медицина, микроциркуляторный кровоток, гелиокислородные дыхательные смеси

\*Контакт: Строй Алексей Владимирович, [dr\\_stroy@mail.ru](mailto:dr_stroy@mail.ru)

© Stroy A.V., Pukhnyak D.V., Tanova A.A., Chebotov S.A., 2022

## FEATURES OF HUMAN CAPILLARY BLOOD FLOW ON BREATHING BY HEATED HELIO-OXYGEN MIXTURES

<sup>1</sup>Alexey V. Stroy\*, <sup>2</sup>Dmitriy V. Pukhnyak, <sup>3</sup>Anastasiya A. Tanova, <sup>3</sup>Sergey A. Chebotov

<sup>1</sup>Search and Rescue Service of the Main Headquarters of the Navy, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

<sup>3</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

*The purpose of the study:* to assess the features of microcirculatory blood flow.

*Materials and methods.* A comparative assessment of microcirculation by laser Doppler flowmetry was carried out in 19 male volunteers aged 20–25 years against the background of breathing heated to 40° C oxygen-nitrogen and helium-oxygen gas mixtures.

*Main results.* Breathing with a heated oxygen-nitrogen mixture consisted in an increase (by approximately 25–35%) of the values of the integral indicator of microcirculation against the background of a decrease in its efficiency. Switching to breathing with a heated helium-oxygen mixture «HeliOx 25/75» in all examined persons also led to an increase in the volumetric velocity of the peripheral blood flow. However, the degree of increase in the indicator (by 35–45% compared with normal breathing conditions) turned out to be significantly more pronounced than it was during breathing with a heated oxygen-nitrogen mixture. In addition, when breathing «HeliOx 25/75», starting from about the 2<sup>nd</sup> minute of breathing, an increase in the efficiency of microcirculation was observed due to an increase in the «contribution» to the blood flow reaction of its «active» (neuromyogenic) components.

**Key words:** microcirculatory blood flow, helium-oxygen breathing mixtures

\*Contact: Stroy Alexey Vladimirovich, [dr\\_stroy@mail.ru](mailto:dr_stroy@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Строй А.В., Пухняк Д.В., Танова А.А., Чеботов С.А. Особенности капиллярного кровотока человека при дыхании подогретыми гелиокислородными смесями // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 49–57, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-49-57>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Stroy A.V., Pukhnyak D.V., Tanova A.A., Chebotov S.A. Features of human capillary blood flow on breathing by heated helio-oxygen mixtures // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 49–57, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-49-57>.

**Введение.** Одним из перспективных направлений в развитии баротерапевтических технологий является обоснование и апробация применения искусственных дыхательных смесей (ИДС) с повышенным содержанием инертных (благородных) газов. В состав таких ИДС обязательно входит кислород в различных концентрациях, а инертными газами (гелий, аргон, ксенон, криптон или их комбинации) частично или полностью заменяют азот. В итоге получают дыхательные смеси, обладающие разнонаправленными эффектами на организм, зависящими как от концентрации кислорода (гипо-, нормо-, гипероксические), так и от вида и концентрации инертных газов [1, с. 5–7; 2, с. 69–70; 3, с. 220]. Кроме того, эффекты таких ИДС можно модулировать путем изменения барометрического давления (гипо-, нормо-, гипербария), в условиях которого проводятся процедуры дыхания газовой смесью.

К одной из подобных баротерапевтических технологий относится использование подогретых (до 40–95° С) гелиокислородных дыхательных смесей (ГКДС) с различным соотношением гелия и кислорода при нормальном общем давлении. В настоящее время реализация данной технологии обеспечивается наличием отечественных дыхательных аппаратов «Ингалит», «Аппарат спасательный водолазно-медицинский» («АСВМ») [4, с. 12; 5, с. 288; 6, с. 24–25], оснащенных баллонами с сертифицированной гелиокислородной смесью («ГелиОкс») различного состава, например, с содержанием кислорода 25% об., гелия 75% об. («ГелиОкс 25/75»). В связи с высокой теплопроводностью гелия для недопущения переохлаждения организма при дыхании ГКДС указанные аппараты осуществляют их предварительный подогрев.

Неповторимость свойств гелия определяется наличием в его атоме (молекуле) особых природных конструкций — абсолютных «чемпионов» по компактности и прочности. В ядре гелия насыщены обе внутриядерные оболочки —

и протонная, и нейтронная. Электронный дублет, обрамляющий это ядро, тоже насыщенный. Орбиты двух его электронов совершенно одинаковы и проходят предельно близко от ядра. Чтобы оголить ядро гелия, нужно затратить рекордно большую энергию — 78,61 МэВ. Этим объясняются и его феноменальная химическая инертность, и рекордно малые размеры его атома [цит. по 5, с. 127–145].

Известно, что химически инертный газ гелий обладает широким спектром биологического действия. Имеются данные о непосредственной стимуляции гелием обмена веществ как *in vivo*, так и *in vitro* [2, с. 69]. Показано усиление окислительных процессов в различных тканях, повышение активности некоторых ферментативных систем, увеличение потребления кислорода как суспензией клеток, так и организмом в целом [5, с. 148–150].

Особое внимание привлекает способность ГКДС оптимизировать температурный режим организма. Подогретая ГКДС равномерно согревает паренхиму органов грудной полости, быстро снимает переохлаждение организма, а в комфортном диапазоне температур для воздуха эффективно снижает температуру тела, в том числе при воспалительных заболеваниях. Подогретая ГКДС также оказывает мощное тепловое и теплорефлекторное воздействие на организм [2, с. 70–71; 5, с. 148–150].

Физические свойства гелия обеспечивают при дыхании физиологические эффекты, отличающиеся от воздействия воздушными дыхательными смесями, а именно, уменьшение турбулентного потока с увеличением ламинарного, снижение энергозатрат дыхательных мышц, улучшение диффузии кислорода и углекислого газа (за счет меньшей плотности гелия и высокой проникающей способности), и, следовательно, увеличение объемной скорости движения газовой смеси, улучшение газообмена, нормализацию газового состава крови и кислотно-основного равновесия, уменьшение работы

дыхательной мускулатуры и оптимизацию деятельности дыхательного центра [2, с. 70; 4, с. 12; 6, с. 24–25; 7, с. 47–50]. Перечисленные эффекты подогретых ГКДС широко и достаточно давно используются в лечении хронических обструктивных заболеваний легких [4, с. 70; 8, с. 102–105; 9, с. 542–545].

Искусственные дыхательные газовые смеси, содержащие гелий, уже прочно заняли свое место в водолазной медицине. Использование подобных смесей при водолазных спусках позволяет избежать декомпрессионной болезни (поскольку гелий менее, чем азот, растворим в жидкостях организма), а также проявлений «азотного наркоза», связанных с физиологическим действием более тяжелых индифферентных газов [5, 120–128; 6, с. 24–25].

Однако, несмотря на имеющийся опыт успешного применения ГКДС в физиологии труда и клинической медицине, физиологических исследований по механизмам влияния дыхания ГКДС на организм явно недостаточно.

**Гипотеза исследования:** с учетом физических особенностей подогретых ГКДС одним из вероятных механизмов их влияния на организм может быть изменение количественных и качественных характеристик микроциркуляторного кровотока.

**Целью исследования** явилась оценка особенностей микроциркуляторного кровотока и механизмов его регуляции у человека при дыхании подогретыми ГКДС.

**Материалы и методы.** Обследовано 19 добровольцев-мужчин в возрасте 20–25 лет, не имевших медицинских противопоказаний к участию в исследованиях и подписавших добровольное информированное согласие. Критерии включения в исследование: соответствующий возраст и пол, отсутствие явных нарушений состояния соматического здоровья: хронических, часто рецидивирующих соматических заболеваний, психических заболеваний, алкоголизма, наркоманий, аллергических состояний, кожных и венерических болезней; черепных травм; отягощенной наследственности и т.д. Критерии невключения и исключения из исследования: несоответствие хотя бы одному из перечисленных выше критериев включения, невозможность или отказ от участия в исследовании на любом из этапов.

Исследование состояло из двух этапов, проводимых с 1–3-суточным интервалом. На I этапе добровольцы в течение 30 мин дышали

подогретой до 40° С ИДС с содержанием кислорода 25% об. (остальное — азот). На II этапе эти же лица в течение аналогичного времени осуществляли дыхание «ГелиОкс 25/75», также подогретой до температуры 40° С.

В течение 15 мин перед началом экспозиции (дыхание воздухом) и всего заданного периода дыхания ИДС у испытуемых оценивали базовый микроциркуляторный кровоток через исследуемую область (тыльная поверхность IV пальца кисти) методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) на лазерном анализаторе капиллярного кровотока (ЛАКК-М, РФ). Измерения проводились при температуре воздуха в помещении 24–25° С. Регистрацию ЛДФ-граммы начинали не раньше адаптации испытуемого к указанным температурным условиям.

Определяли средний (за период измерения) интегральный показатель микроциркуляции (ИПМ, перф.ед.), который представляет собой кривую или ЛДФ-грамму, являющуюся функцией количества эритроцитов, проходящих через исследуемую область за единицу времени, и их скорости [10, с. 150]. Кроме этого, оценивали стандартное отклонение ( $\sigma$ , перф. ед.) ИПМ и коэффициент вариации ( $K_v$ , %), характеризующие дисперсию объемной скорости микроциркуляторного кровотока за период измерения. Считается, что повышение  $\sigma$  и  $K_v$  у здорового человека является признаком усиления активных (вазомиогенных) механизмов регуляции микроциркуляции, то есть оптимизации данной функции [10, с. 152].

Проводили также амплитудно-частотный анализ кривой колебаний ИПМ (ЛДФ-граммы) за весь период регистрации с помощью быстрого Фурье-преобразования, использования математических фильтров Batteredworth и Вейвлет-преобразования [10, с. 175]. Известно [11, с. 1212; 12, с. 1400], что диапазон низких (4–12 в минуту) частот (НЧ) спектра ЛДФ-грамм отражает колебательную активность гладкомышечных элементов системы микроциркуляции на уровне прекапилляров и артериол. Диапазон высоких (13–30 в минуту) частот (ВЧ) характеризует «вклад» пассивного компонента микроциркуляторного кровотока (за счет перепада центрального венозного давления при акте дыхания). Диапазон наиболее высоких (50–90 в минуту), или сердечных частот (СЧ) отражает вклад центрального, сердечного механизма в гемодинамику в микрососудах. Ритмические составляющие данных диапазонов характеризуются

максимальной частотой и амплитудой. Определяли общую «мощность» спектра (в усл. ед.) и «мощности» составляющих спектра (МНЧ, МВЧ, МСЧ) как основных частей общей «мощности» спектра (в усл. ед.). Затем рассчитывали индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ), по формуле [11, с. 1217]:

$$\text{ИЭМ (отн. ед.)} = \text{МНЧ} / (\text{МВЧ} + \text{МСЧ}).$$

По ИЭМ судили о состоянии микроциркуляторного кровотока, которое тем лучше, чем больше ИЭМ.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программ Excel и Statistica. Данные в таблице представляли в виде среднегруппового значения показателя (М) и его стандартного отклонения ( $\sigma$ ). Различия показателей между этапами измерений оценивали по непараметрическому критерию Вилкоксона для парных связанных выборок.

Исследования проведены в соответствии с этическими требованиями, изложенными

в Хельсинской декларации 1964 г. и ее пересмотрах 1983 и 2013 гг. Легитимность исследований подтверждена заключением независимого этического комитета.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты измерений в условиях дыхания атмосферным воздухом показали, что значения оцениваемых показателей ЛДФ-метрии у всех добровольцев находились в пределах референтных значений для исследуемой области [7, с. 148]. Значимых различий оцениваемых параметров между I и II этапами обследования при дыхании воздухом не определено, что свидетельствовало о сопоставимости результатов исследований, выполненных в разные дни, несмотря на известный факт выраженной изменчивости характеристик микроциркуляторного кровотока даже у одного и того же человека под влиянием многочисленных неконтролируемых факторов.

Реакция показателей ЛДФ-граммы на дыхание подогретой кислородно-азотной смесью у всех добровольцев выражалась в увеличении (примерно на 25–35%) значений ИМП, отсут-

Таблица  
Показатели микроциркуляции добровольцев (n=19) на этапах наблюдения, М ( $\sigma$ )

Table

Indicators of microcirculation of volunteers (n=19) at the stages of observation, M ( $\sigma$ )

Показатель	Условия дыхания			
	I этап		II этап	
	воздух	кислородно-азотная смесь	воздух	гелиокислородная смесь
ИПМ, перф. ед.	12,8 (2,8)	16,7 (2,5) p=0,002	12,7 (2,7)	18,0 (2,5) p<0,001 p1=0,025
$\sigma$ , перф. ед.	1,72 (0,25)	1,75 (0,24)	1,70 (0,28)	2,55 (0,23) p<0,001 p1=0,004
Kv, %	13,4 (0,8)	10,5 (0,8) p=0,044	13,4 (0,5)	14,2 (0,5) p=0,049 p1=0,003
МНЧ, усл. ед.	6,42 (0,55)	6,54 (0,44)	6,39 (0,61)	8,58 (0,75) p<0,001 p1=0,022
МВЧ, усл. ед.	5,01 (0,25)	6,32 (0,32) p<0,001	5,22 (0,24)	6,20 (0,31) p<0,001
МСЧ, усл. ед.	0,66 (0,04)	0,88 (0,05) p<0,001	0,60 (0,04)	0,89 (0,08) p<0,001
ИЭМ, отн. ед.	1,13 (0,02)	0,95 (0,05) p<0,001	1,10 (0,03)	1,21 (0,06) p<0,001 p1<0,001

Примечание. Уровень значимости различий по сравнению с исходным состоянием (дыхание воздухом) в рамках одного этапа — p; между этапами исследования — p1.

Note. The level of significance of differences compared to the initial state (air breathing) within one stage — p; between the stages of the study — p1.

ствии динамики  $\sigma$ , что сопровождалось закономерным снижением  $K_v$ . Отмечено также снижение ИЭМ (в среднем на 17–25% по сравнению с обычными условиями дыхания). Выявленные феномены, по нашему мнению, свидетельствовали о формировании специфической реакции микроциркуляторного кровотока на гипертермию, направленной на поддержание теплового гомеостаза и заключающейся в интенсификации капиллярного кровообращения, прежде всего за счет «пассивных» его составляющих (дыхательной и сердечной). При этом относительный вклад «активных» (нейромиогенных) компонентов обеспечения объемного кровотока через резистивные и капиллярные сосуды исследуемой области редуцировался.

На II этапе исследования «переключение» на дыхание подогретой ГКДС «ГелиОкс 25/75» у всех обследованных лиц также приводило к повышению объемной скорости периферического кровотока. Однако степень прироста ИПМ (на 35–45% по сравнению с обычными условиями дыхания) оказалась значимо более выраженной, чем на I этапе эксперимента при дыхании подогретой кислородно-азотной смесью. Другой особенностью периферического кровотока в период воздействия заданной ГКДС явилось увеличение  $K_v$  и ИЭМ, также наблюдавшееся у всех добровольцев начиная примерно со 2-й минуты дыхания «ГелиОкс 25/75» и сохраняясь до конца этого периода. Средний прирост  $K_v$  у добровольцев за время экспозиции ГКДС составлял 5–9% от исходного уровня, увеличение ИЭМ — 8–12%. При этом различия указанных показателей по сравнению с дыханием кислородно-азотной смесью аналогичной температуры (I этап) также оказались высоко статистически значимыми.

Таким образом, реакция микроциркуляции при дыхании подогретой гелиокислородной дыхательной смесью заключается не только в увеличении объемной скорости кровотока (как это имеет место при гипертермии), но

и в значительном «вкладе» в данную реакцию «активных» (нейромиогенных) его компонентов. Как указывалось выше, выявленные реакции в целом отражают оптимизацию микроциркуляторного кровотока, индуцированную воздействием ГКДС, поскольку подобные реакции обеспечивают ускорение доставки кислорода и питательных веществ активно функционирующим клеткам, а также элиминацию продуктов клеточного метаболизма. В конечном итоге перечисленные процессы приводят к экстренной оптимизации функционирования жизненно важных органов, и прежде всего высших отделов ЦНС, миокарда, других наиболее энергетически зависимых клеток и тканей.

В качестве основной причины оптимизации микроциркуляторного кровотока при дыхании ГКДС, по всей видимости, следует рассматривать специфическое влияние гелия на активность гладких мышц артериол и прекапиллярных сфинктеров, поскольку известно, что повышение температуры циркулирующей крови и кислород подобными эффектами на клеточном уровне не обладают. Вероятным механизмом наблюдаемых реакций является также особое влияние гелия на физические свойства периферической крови, проявляющееся в улучшении ее реологических свойств [13, с. 69–72], поскольку гелий имеет значительно меньшую вязкость, чем азот.

**Заключение.** В результате проведенного исследования установлено, что дыхание подогретой ГКДС «ГелиОкс 25/75» сопровождается оптимизацией микроциркуляторного кровотока, о чем свидетельствовало не только значительное увеличение его объемной скорости, но и повышение «вклада» в его обеспечение активных (нейромиогенных) механизмов.

На наш взгляд, выявленные физиологические эффекты ГКДС могут использоваться при экстренной коррекции функциональных состояний, проявляющихся в нарушениях кислородного бюджета организма.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Иванов А.О., Петров В.А., Бочарников М.С., Безкишкий Э.Н. Возможности длительного пребывания человека в аргонсодержащих газовых средах, снижающих пожароопасность гермообъектов // *Экология человека*. 2017. № 1. С. 3–8. Ivanov A.O., Petrov V.A., Bocharnikov M.S., Bezkishkiy E.N. *Vozmozhnosti dlitel'nogo prebyvaniya cheloveka v argonosoderzhashchih gazovyh sredah, snizhayushchih pozharoopasnost' germoob'ektov // Ekologiya cheloveka*. 2017. № 1. S. 3–8 [Ivanov A.O., Petrov V.A., Bocharnikov M.S., Bezkishkiy E.N. Possibilities of a long stay of a person in argon-containing gaseous environments to reduce the fire hazard of sealed objects. *Human Ecology*, 2017, No. 1, pp. 3–8 (In Russ.)].

2. Павлов Б.Н., Дьяченко А.И., Шулагин Ю.А. Исследование физиологических эффектов дыхания подогретыми кислородно-гелиевыми смесями // *Физиология человека*. 2003. Т. 29, № 5. С. 69–73. Pavlov B.N., D'yachenko A.I., Shulagin Yu.A. Issledovanie fiziologicheskikh effektivnosty dyhaniya podogretymi kislorodno-gelievymi smesyami // *Fiziologiya cheloveka*. 2003. T. 29, № 5. S. 69–73 [Pavlov B.N., Dyachenko A.I., Shulagin Yu.A. Investigation of the physiological effects of breathing with heated oxygen-helium mixtures. *Human Physiology*, 2003, Vol. 29, No. 5, pp. 69–73 (In Russ.)].
3. Скляр В.Н., Кочубейник Н.В., Иванов А.О., Грошилин В.С. Сравнительная оценка эффективности аргоногипоксических и азотногипоксических тренировок в повышении резистентности человека к транзиторной аноксии // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2018. Т. 52, № 7. С. 219–223. Sklyarov V.N., Kochubejnik N.V., Ivanov A.O., Groshilin V.S. Sravnitel'naya ocenka effektivnosti argonogipoksicheskikh i azotnogipoksicheskikh trenirovok v povyshenii rezistentnosti cheloveka k tranzitornoj anoksii // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina*. 2018. T. 52, № 7. S. 219–223 [Sklyarov V.N., Kochubeinik N.V., Ivanov A.O., Groshilin V.S. Comparative evaluation of the effectiveness of argon-hypoxic and nitrogen-hypoxic training in increasing human resistance to transient anoxia. *Aerospace and Ecological Medicine*, 2018, Vol. 52, No. 7, pp. 219–223 (In Russ.)].
4. Куссмауль А.Р., Подлужный С.М., Павлов Б.Н. Физиолого-клиническое обоснование применения подогреваемых кислородно-гелиевых смесей для реабилитации человека после субмаксимальных физических нагрузок в условиях производственной деятельности // *Материалы науч.-практ. конф. «Гипербарическая физиология и водолазная медицина»*. М., 2005. С. 12–13. Kussmaul' A.R., Podluzhny S.M., Pavlov B.N. Fiziologo-klinicheskoe obosnovanie primeneniya podogrevaemykh kislorodno-gelievyyh smesey dlya rehabilitacii cheloveka posle submaksimal'nykh fizicheskikh nagruzok v usloviyah proizvodstvennoj deyatel'nosti // *Materialy nauch.-prakt. konf. «Giperbaricheskaya fiziologiya i vodolaznaya medicina»*. M., 2005. S. 12–13 [Kussmaul A.R., Podluzhny S.M., Pavlov B.N. Physiological and clinical substantiation of the use of heated oxygen-helium mixtures for human rehabilitation after submaximal physical exertion in the conditions of industrial activity. *Proceedings of the scientific and practical conference «Hyperbaric Physiology and Diving Medicine»*. Moscow, 2005, pp. 12–13 (In Russ.)].
5. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М. *Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами* / под ред. А. И. Григорьева. М.: Гранд Полиграф, 2008. 496 с. Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. *Osnovy barofiziologii, vodolaznoj mediciny, baroterapii i lecheniya inertnymi gazami* / pod red. A. I. Grigor'eva. M.: Grand Poligraf, 2008. 496 s. [Pavlov B.N., Smolin V.V., Baranov V.M. *Fundamentals of barophysiology, diving medicine, barotherapy and treatment with inert gases* / ed. acad. A. I. Grigoriev. Moscow: Publishing house Grand Polygraph, 2008. 496 p. (In Russ.)].
6. Советов В.И., Мотасов Г.П. Применение кислородно-гелиевых тренировок для повышения работоспособности водолазов // *Научно-технический сборник*. 2015. № 5. С. 23–28. Sovetov V.I., Motasov G.P. Primenenie kislorodno-gelievyyh trenirovok dlya povysheniya rabotosposobnosti vodolazov // *Nauchno-tekhnicheskij sbornik*. 2015. № 5. S. 23–28 [Sovetov V.I., Motasov G.P. The use of oxygen-helium training to improve the working capacity of divers. *Scientific and technical collection*, 2015, No. 5, pp. 23–28 (In Russ.)].
7. Barach A.L. Effects of the inhalation of Helium Mixed with Oxygen on the Mechanics of Respiration // *J. Clin. Investigation*. 1936. Vol. 15. P. 47–56.
8. Bahnke A., Yarbrough O. Physiologic studies of helium // *U.S. Naval Medical Bulletin*. 1938. Vol. 36, No. 4. P. 102–108.
9. Anderson M., Svartengren M., Bylin G. Deposition in asthmatics of particles inhaled in air or in helium-oxygen // *Am. Rev. Respir Dis*. 1993. Vol. 147. P. 524–528.
10. *Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей* / под ред. А. И. Крупаткина, В. В. Сидорова. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. С. 146–175. *Lazernaya dopplerovskaya floumetriya mikrociirkulyacii krovi: Rukovodstvo dlya vrachej* / pod red. A. I. Krupatkina, V. V. Sidorova. M.: ОАО «Izdatel'stvo medicina», 2005. S. 146–175. [*Laser Doppler flowmetry of blood microcirculation: A guide for physicians* / Ed. A. I. Krupatkin, V. V. Sidorov. Moscow: Publishing house OJSC «Publishing house medicine», 2005, pp. 146–175 (In Russ.)].
11. Nakata A., Nakata S., Yuasa T. et al. Spectral analysis of heart rate, arterial pressure and microcirculation in normal humans // *Am. J. Physiol*. 1998. Vol. 274. P. 1211–1217.
12. Rosenbaum M., Race D. Frequency-response characteristics of vascular resistance vessels // *Am. J. Physiol*. 1968. Vol. 215. P. 1397–1402.
13. Строй А.В., Шатов Д.В., Грошилин С.М. и др. Влияние дыхания гелиокислородной смесью на реологические свойства крови человека // *Военная и экстремальная медицина: перспективы развития и проблемы преподавания: Сборник научных статей IX Международной интернет-конференции (Республика Беларусь, г. Гомель, 24–28 мая 2021 г.)*. Гомель, 2021. С. 69–73. Stroj A.V., Shatov D.V., Groshilin S.M. i dr. Vliyanie dyhaniya geliokislorodnoj smes'yu na reologicheskie svojstva krovi cheloveka // *Voennaya i ekstremal'naya medicina: perspektivy razvitiya i*



*problemy prepodavaniya: Sbornik nauchnyh statej IX Mezhdunarodnoj internet-konferencii (Respublika Belarus', g. Gomel', 24–28 maya 2021 g.). Gomel', 2021. S. 69–73 [Stroy A.V., Shatov D.V., Groshilin S.M. et al. Effect of breathing with a helium-oxygen mixture on the rheological properties of human blood. «Military and extreme medicine: development prospects and teaching problems»: Collection of scientific articles of the IX International Internet Conference (Republic of Belarus, Gomel, May 24–28, 2021). Gomel, 2021, pp. 69–73 (In Russ.)].*

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 10.01.2022 г.

#### Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — А. В. Строй, А. А. Танова, Д. В. Пухняк, С. А. Чеботов. Вклад в сбор данных — А. В. Строй, А. А. Танова, Д. В. Пухняк, С. А. Чеботов. Вклад в анализ данных и выводы — А. В. Строй, Д. В. Пухняк, А. А. Танова, С. А. Чеботов. Вклад в подготовку рукописи — А. В. Строй, С. А. Чеботов, А. А. Танова, Д. В. Пухняк.

#### Сведения об авторах:

*Строй Алексей Владимирович* — главный инспектор (водолазный), служба поисковых и аварийно-спасательных работ Главного Штаба Военно-Морского Флота; 190000, Санкт-Петербург, Адмиралтейский проспект, д. 1; e-mail: dr\_stroy@mail.ru; ORCID 0000-0002-4777-780X; SPIN 8071-1003;

*Пухняк Дмитрий Васильевич* — кандидат медицинских наук, доцент кафедры скорой медицинской помощи, мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф ФПК и ППС федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4; e-mail: puhnyak@mail.ru; ORCID 0000-0001-6366-0688; SPIN-код 9710-2993;

*Танова Анастасия Андреевна* — аспирант кафедры нервных болезней и нейрохирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29; e-mail: eroshenkona@rambler.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN-код 3947-0526;

*Чеботов Сергей Алексеевич* — старший преподаватель военного-учебного центра при федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, переулок Нахичеванский, д. 29; e-mail: chebotovsergey@mail.ru; ORCID 0000-0001-7945-618X; SPIN-код 8108-2054.



К 20-ти летию Морской Коллегии при Правительстве Российской Федерации состоялся выпуск коллективной монографии **«Стратегическое планирование развития морской деятельности Российской Федерации»**.

В монографии рассматриваются актуальные вопросы развития системы документов стратегического планирования морской деятельности Российской Федерации, направленной на повышение эффективности государственного управления морской деятельностью в целом и ее отдельных видов. Эти вопросы лежат в практической плоскости деятельности Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации и представляет интерес для широкого круга читателей, интересующихся вопросами государственного управления. Авторами монографии являются члены Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации, доктора и кандидаты наук.

Одна из глав представлена главным редактором журнала «Морская медицина», Председателем секции по морской медицине НЭС, д.м.н., профессором И. Г. Мосягиным «Стратегическое планирование медицинского обеспечения морской деятельности».

---

Для получения более подробной информации Вы можете обратиться в издательство «Балтийский медицинский образовательный центр» по телефону **(812) 956-92-55**.

## РОЛЬ ГЛУТАМАТЕРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В МЕХАНИЗМЕ РАЗВИТИЯ СУДОРОГ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПЕРБАРИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА

О. С. Алексеева

Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*Целью* научной статьи являлось изучение нейрофизиологических механизмов возникновения судорожной активности при дыхании кислородом под повышенным давлением в условиях гипербарической оксигенации и роли глутаматергической системы в этом процессе.

*Материалы и методы исследования.* В работе были использованы крысы линии Вистар, самцы массой 200–250 г в количестве 20 шт. Животных размещали в барокамере и проводили компрессию медицинским кислородом до 5 ата. Во время компрессии и в ходе последующей экспозиции у животных регистрировали поведенческие реакции и признаки судорожной активности. Двум экспериментальным группам предварительно, за 6 часов до компрессии, вводили ингибитор глутаминсинтазы в различных концентрациях.

*Результаты и их обсуждение.* Показано, что необратимое ингибирование глутаминсинтазы в мозге крыс при действии повышенного давления кислорода приводит к значительному уменьшению латентного периода развития судорог.

**Ключевые слова:** морская медицина, головной мозг, гипербарическая оксигенация, кислородные судороги, глутаматергическая система

Контакт: Алексеева Ольга Сергеевна, [osa72@inbox.ru](mailto:osa72@inbox.ru)

© Alekseeva O.S., 2022

## THE ROLE OF THE GLUTAMATERGIC SYSTEM IN THE MECHANISM OF DEVELOPMENT OF HYPERBARIC OXYGEN SEIZURES

Olga S. Alekseeva

Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

*The purpose of the scientific article* was to study the neurophysiological mechanisms of the occurrence of convulsive activity when breathing oxygen under high pressure under conditions of hyperbaric oxygen and the role of the glutamatergic system in this process.

*Research methods:* Wistar rats, males, weighing 200–250 g. in the amount of 20 were used in the work. The animals were placed in a pressure chamber and compressed with medical oxygen up to 5 ATA. Behavioral reactions and signs of convulsive activity were recorded in animals during compression and during subsequent exposure. Two experimental groups were previously injected with a glutamine synthetase inhibitor at various concentrations 6 hours before compression.

*The main results* showed that irreversible inhibition of glutamine synthetase in the rat brain under the action of increased oxygen pressure led to a significant decrease in the latent period of convulsions.

**Key words:** marine medicine, diving medicine, military diver, diving descents, physical indicators, decompression gas formation

Contact: Alekseeva Olga Sergeevna, [osa72@inbox.ru](mailto:osa72@inbox.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Алексеева О.С. Роль глутаматергической системы в механизме развития судорог при действии гипербарического кислорода // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 56–60, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-56-60>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Alekseeva O.S. The role of the glutamatergic system in the mechanism of development of hyperbaric oxygen seizures // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 56–60, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-56-60>.

**Введение.** Кислород под повышенным давлением, или гипербарический кислород ( $\text{ГБО}_2$ ) широко используется в клинике, при проведении водолазных работ, для подводных погружений. Ограничивающим фактором применения гипербарического кислорода является его токсическое действие на ЦНС, которое проявляется эпилептиформной активностью на электроэнцефалограмме и мышечными судорогами. Причиной развития кислородных судорог может быть нарушение проведения тормозных или возбуждающих влияний в центральной нервной системе, а также баланса между ними при дыхании кислородом под повышенным давлением из-за значительного увеличения пула активных форм кислорода и азота (АФКА), существенно возрастающих при экстремальной гипероксии [1, с. 169; 2, с. 1032]. Так как развитие судорог при гипероксии сопровождается выраженной активностью центральной нервной системы, стоит предполагать, что такой сдвиг может быть направлен на усиление позиций глутаматергической системы в общей нейромедиации. Угнетение же функции ГАМК-ергической системы подтверждается данными, свидетельствующими о снижении в мозге концентрации этого тормозного медиатора при  $\text{ГБО}_2$  [3, с. 303; 4, с. 287; 5, с. 296].

Известно, что глутамат является основным возбуждающим медиатором в нервной системе млекопитающих. Он выделяется в синаптическую щель, активирует постсинаптические рецепторы и с помощью транспортеров удаляется обратно в пресинаптический нейрон и глию, где специализированный фермент глутаминсинтетаза (GS) превращает его в глутамин. Этот фермент находится преимущественно в цитоплазме клеток астроглии, при этом максимальное его количество выявляется в отростках, расположенных в областях глутаматергических синапсов [6, с. 1357; 7, с. 758].

Многочисленными исследованиями показано достоверное снижение экспрессии гена или активности глутаминсинтетазы в мозге и повышение уровня глутамата у больных с такими патологическими расстройствами, как шизофрения, болезнь Альцгеймера, депрессия и эпилепсия [8, с. 95; 9, с. 3; 10, с. 974], а также у животных с моделями экспериментальных судорог [11, с. 15]. И хотя изменение содержания глутаминсинтетазы в мозге при гипероксии не изучено, вероятно, активность этого фермента может влиять на нейротрансмиттерную передачу и развитие судорог при гипероксии.

**Целью** нашего исследования являлось изучение влияния необратимого блокирования активности глутаминсинтетазы с помощью селективного ингибитора метионинсульфоксимины (L-Methionine sulfoximine, MSO), широко используемого в научных исследованиях, на скорость развития судорог у крыс при дыхании кислородом под повышенным давлением.

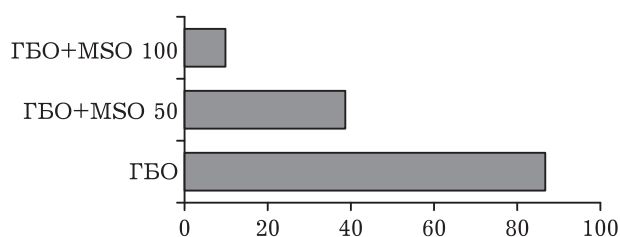
**Материалы и методы.** Исследования проводили на крысах-самцах линии Вистар ( $n=20$ ) массой 200–250 г. Содержание и использование животных в экспериментах осуществлялось в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу МЗ СССР № 755 от 12.08.1977 г.), Хельсинкской декларацией 1975 г. и ее пересмотренным вариантом 2000 г. Животных размещали в барокамере объемом 107 литров в свободном поведении.

Компрессию осуществляли медицинским кислородом до давления в камере 5 АТА (атмосфер абсолютных) со скоростью 1 АТА/мин. Экспозицию в камере в условиях гипербарии продолжали до появления у животных судорог или, при их отсутствии, в течение 100 минут. Двум группам экспериментальных животных за 6 часов до экспозиции под давлением кислорода внутрибрюшинно вводили ингибитор глутаминсинтетазы L-Methionine sulfoximine (MSO) (L-S-(3-Amino-3-carboxypropyl)-S-methylsulfoximine, M5379 Sigma-Aldrich, США) в дозе 50 мг/кг или 100 мг/кг. Контрольная группа животных подвергалась компрессии кислородом без предварительной инъекции. Во время экспозиции под давлением у животных регистрировали поведенческие реакции, признаки судорожной активности. Декомпрессию проводили за 5–7 мин.

При статистической обработке использовали результаты измерения латентного периода появления моторных судорожных реакций у животных в течение экспозиции под повышенным давлением кислорода. Для количественной оценки развития судорожного синдрома была адаптирована известная шкала судорожных состояний, позволяющая разделить тяжесть приступов на стадии [12, с. 282]. Данные анализировали с применением дисперсионного анализа SigmaPlot 13.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA). Однофакторный дисперсионный анализ использовали для сравнения латентных периодов судорожных реакций при введении препарата и без него. Достоверность выявляли по парному

t-критерию Стьюдента. В качестве статистически значимых принимали значения  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные исследования показали, что крысы контрольной группы (без введения препарата) в условиях действия повышенного давления кислорода проявляли различные паттерны моторной судорожной активности в определенной стадийной последовательности, которая уже была описана нами ранее [13, с. 513]. Она выражалась в первых признаках судорожной активности в виде интенсивного груминга, легкого потряхивания головы и передних лап на стадии 1. Далее следовала стадия 2 — локальные непроизвольные движения мышц продолжительностью 5–15 секунд, повторяющиеся через



**Рисунок.** Латентный период развития кислородных судорог (мин) при ГБО 5 ата у животных после предварительного введения MSO в дозах 50 и 100 мг/кг  
**Figure.** Mean values of seizure latency in rats pretreated with MSO at doses of 50 and 100 mg/kg and exposed to HBO<sub>2</sub> at 5 ATA

несколько минут. При продолжающейся экспозиции под повышенным давлением кислорода у крыс появлялись ритмические сокращения мышц всего тела продолжительностью 10–25 секунд, животные вставали на задние лапы и пятились назад. Эти признаки были отнесены к 3 стадии развития судорожной активности. И, наконец, на стадии 4 наблюдались генерализованные клонические или тонические судороги, регистрировалась тахикардия, гипервентиляция и другие признаки расстройств вегетативной нервной системы.

Животные, которым вводили препарат метионинсульфоксимин в дозах 50 или 100 мг/кг за 6 часов до ГБО<sub>2</sub>, демонстрировали в течение всего периода наблюдения до начала компрессии кислородом в барокамере отсутствие визуальных нарушений поведения и рефлексов позы. При экспозиции под повышенным давлением кислорода наибольший просудорожный эффект вызывал MSO в дозе 100 мг/кг. Судорожная активность у крыс с ингибированной GS развивалась со сменой тех же стадий, что и у контрольных животных, однако их появле-

ние заметно ускорялось по отношению к контрольным значениям (рисунок).

Исследования показали, что скорость развития судорожного синдрома в условиях действия повышенного давления кислорода зависит от активности глутаминсинтетазы, фермента, играющего ключевую роль в процессе глутаматергической нейротрансмиссии. Так, в контрольной группе крыс, подвергавшихся действию гипербарического кислорода без предварительного введения препарата MSO, продолжительность экспозиции до начала судорог составляла 87 мин, что вполне согласуется с данными литературы [14, с. 872]. Судороги у этих животных начинались с локальных миоклоний и заканчивались генерализованными конвульсиями. И вместе с тем животные, которым предварительно за 6 часов до экспозиции вводили MSO в различных дозах, демонстрировали ускорение развития судорожного синдрома (см. рисунок).

Точных данных об изменении активности GS в условиях действия гипербарического кислорода пока не получено. Косвенным подтверждением роли глутаматергической системы в развитии судорожного синдрома при ГБО могут служить данные о том, что ферментативная активность GS в мозге снижается при многих заболеваниях, включая эпилепсию с повышенной судорожной готовностью, вызываемой увеличением концентрации внеклеточного глутамата, что приводит к гиперактивации нейронов [9, с. 3].

Кроме того, известно, что метионинсульфоксимин вызывает необратимое ингибирование GS в головном мозге и при токсической дозе препарата 150–180 мг/кг судороги возникают у животных без дополнительных воздействий [15, с. 2064]. В наших исследованиях применение MSO в дозе 50 мг/кг вызывало уменьшение латентного периода развития судорог почти в 2 раза, а при дозе 100 мг/кг — в 8 раз по отношению к контрольной группе. Такая дозировка MSO (100 мг/кг) на 70% ингибирует активность глутаминсинтетазы через 6–8 часов после введения [16, с. 2682].

Несмотря на существенную роль GS в катализе превращения глутамата в глутамин и регуляции возбуждающих медиаторных процессов в ЦНС, модуляторы активности этого фермента мало изучены. Известно, что при постановке пентилентетразоловой модели судорог у крыс происходит нитрование GS в головном

мозге и снижение ее активности [17, с. 1745]. Из этого следует, что одной из причин развития кислородных судорог может быть ингибирование GS путем S-нитрозилирования входящего в ее состав цистеина [18, с. 5].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что существенную роль в развитии кислородных судорог в условиях гипербарии играет глутаматергическая система через изменение активности фермента глутаминсинтетазы, служащего важнейшим звеном в механизме утилизации избытка возбуждающего нейромедиатора глутамата из синаптической щели.

**Заключение.** Исследование и разработка внутренних природных объектов страны имеет большое экономическое, биологическое и военное значение. Многие стратегические объекты являются водными, что подразумевает прове-

дение водолазных работ. Для комплексного решения проблемы сохранения здоровья, работоспособности и качества жизни водолазов необходимо применение новых методов и подходов, основанных на понимании механизмов развития патологии в условиях действия повышенного давления. Механизм одной из таких патологий — развитие судорожной активности при дыхании гипербарическим кислородом — авторы изучали в представленной работе и получили данные об роли глутаматергической системы в этих процессах. Результаты исследования могут служить основой для разработки новых подходов к организации глубоководных погружений, а также проведению лечебных сеансов гипербарической оксигенации.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИЭФБ РАН (рег. № 075-00408-21-00).*

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Demchenko I.T., Piantadosi C.A. Nitric oxide amplifies the excitatory to inhibitory neurotransmitter imbalance accelerating oxygen seizures // *Undersea Hyperb. Med.* 2006. Vol. 33, No. 3. P. 169–174.
2. D'Agostino D.P., Putnam R.W., Dean J.B. Superoxide ( $\text{O}_2^-$ ) production in CA1 neurons of rat hippocampal slices exposed to graded levels of oxygen // *J. Neurophysiol.* 2007. Vol. 98. P. 1030–1041.
3. Гершеневич З.С., Кричевская А.А., Колоушек Я. Действие кислорода под давлением на активность глутаминсинтетазы в мозгу крыс // *Биохимия*. 1963. Т. 28, № 2. С. 303–307. Gershenovich Z.S., Krichevskaya A.A., Koloushek Ya. Dejstvie kisloroda pod davleniem na aktivnost' glutaminsintetazy v mozgu krysy // *Biohimiya*. 1963. T. 28, No. 2. S. 303–307. [Gershenovich Z.S., Krichevskaya A.A., Koloushek Ya. Effect of hyperbaric oxygen on the activity of glutamine synthetase in the brain of rats. *Biochemistry*, 1963, Vol. 28, No. 2, pp. 303–307 (In Russ)].
4. Mialon P., Gibey R., Bigot J.C., Barthelemy L. Changes in striatal and cortical amino acid and ammonia levels of rat brain after one hyperbaric oxygen-induced seizures // *Aviat. Space Environ. Med.* 1992. Vol. 63, No. 4. P. 287–291.
5. Wood J.D., Watson W.J. Protective action of gamma-aminobutyric acid against oxygen toxicity // *Nature*. 1962. Vol. 195. P. 296.
6. Martinez-Hernandez A., Bell K.P., Norenberg M.D. Glutamine synthetase: glial localization in brain // *Science*. 1977. Vol. 195. P.1356–1368.
7. Norenberg M.D. Distribution of glutamine synthetase in the rat central nervous system // *J. Histochem. Cytochem.* 1979. Vol. 27. P. 756–762.
8. Boksha I.S., Tereshkina E.B., Savushkina O.K., Prokhorova T.A., Vorobyeva E.A., Burbaeva G.Sh. Comparative Studies of Glutamine Synthetase Levels in the Brains of Patients with Schizophrenia and Mentally Healthy People // *Neurochemical Journal*. 2018. Vol. 12. P. 95–101.
9. Eid T., Tu N., Lee T.S., Lai J.C. Regulation of astrocyte glutamine synthetase in epilepsy // *Neurochem. Int.* 2013. Vol. 63, No. 7. P. 670–681.
10. Robinson S.R. Changes in the cellular distribution of glutamine synthetase in Alzheimer's disease // *J. Neurosci Res.* 2001. Vol. 66. P. 972–980.
11. Dutuit M., Didier-Bazes M., Vergnes M., Mutin M., Conjard A., Akaoka H., Belin M.F., Touret M. Specific alteration in the expression of glial fibrillary acidic protein, glutamate dehydrogenase, and glutamine synthetase in rats with genetic absence epilepsy // *Glia*. 2000. Vol. 32. P. 15–24.
12. Racine R.J. Modification of seizure activity by electrical stimulation. II. Motor seizure // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1972. Vol. 32, No. 3. P. 281–294.
13. Москвин А.Н., Платонова Т.Ф., Жилиев С.Ю., Алексеева О.С., Никитина Е.Р., Демченко И.Т. Блокада транспортеров гамма-аминомасляной кислоты в синапсах головного мозга предохраняет от развития судорог при дыхании кислородом под давлением // *Росс. физиол. журнал им. И. М. Сеченова*. 2019. Т. 105, № 4. С. 510–519. Moskvina A.N.,

- Platonova T.F., Zhilyaev S.Yu., Alekseeva O.S., Nikitina E.R., Demchenko I.T. Blokada transporterov gamma-aminomaslyanoj kisloty v sinapsah golovnogogo mozga predohranyaet ot razvitiya sudorog pri dyhanii kislorodom pod davleniem // *Ross. Fiziol. zhurnal im. I. M. Sechenova*. 2019. T. 105, No. 4. S. 510–519. [Moskvin A.N., Platonova T.Ph., Zhilyaev S.Yu., Alekseeva O.S., Nikitina E.R., Demchenko I.T. Blockade of  $\gamma$ -Aminobutyric Acid Transporters in Brain Synapses Protects Against Hyperbaric Oxygen-Induced Convulsions. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2020, Vol. 50, No. 4, pp. 505–510 (In Russ.)].
14. Clark J.M., Lambertsen C.J., Gelfand R., Troxel A.B. Optimization of oxygen tolerance extension in rats by intermittent exposure // *J. Appl. Physiol.* 2006. Vol. 100, No. 3. P. 869–879.
  15. Eid T., Ghosh A., Wang Y., Beckström H., Zaveri H.P., Lee T.S., Lai J.C., Malthankar-Phatak G.H., de Lanerolle N.C. Recurrent seizures and brain pathology after inhibition of glutamine synthetase in the hippocampus in rats // *Brain*. 2008. Vol. 131, Pt 8. P. 2061–2070.
  16. Manning J.M., Moore S., Rowe W.B., Meister A. Identification of L-methionine S-sulfoximine as the diastereoisomer of L-methionine SR-sulfoximine that inhibits glutamine synthetase // *Biochemistry*. 1969. Vol. 8, No. 6. P. 2681–2685.
  17. Bidmon H.J., Gorg B., Palomero-Gallagher N., Schleicher A., Haussinger D., Speckmann E.J., Zilles K. Glutamine synthetase becomes nitrated and its activity is reduced during repetitive seizure activity in the pentylentetrazole model of epilepsy. *Epilepsia*, 2008. Vol. 49, No. 10. P. 1733–1748.
  18. Raju K., Doulias P.T., Evans P., Krizman E.N., Jackson J.G., Horyn O., Daikhin Y., Nissim I., Yudkoff M., Nissim I., Sharp K.A., Robinson M.B. Ischiropoulos H. Regulation of brain glutamate metabolism by nitric oxide and S-nitrosylation // *Sci. Signal.* 2015. Vol. 8, No. 384. P. ra68.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 21.12.2021 г.

#### Сведения об авторе:

Алексеева Ольга Сергеевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Клеточные механизмы гомеостаза крови» федерального государственного бюджетного учреждения «Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова Российской академии наук»; 194223, Санкт-Петербург, пр. Тореза, д. 44; e-mail: osa72@inbox.ru; ORCID 0000-0001-5688-347X; SPIN 4281-3091.

#### Уважаемые коллеги!

Вышла в свет книга «Медицинская служба Российского флота в XIX веке и ее руководители» под редакцией О. К. Бумай, И. Г. Мосягин.

В монографии рассматриваются вопросы организации охраны здоровья моряков Российского флота в XIX веке. В основу работы был положен анализ нормативно-правовых документов и архивных материалов этого периода, прежде всего, данные о структуре органов управления медицинской службой флота на всех уровнях, их функциях, о персональном составе. Приведены выдержки из нормативных документов, регламентирующих деятельность морских госпиталей. Подробно освещен вклад руководителей медицинской службы Российского флота XIX века в совершенствование системы по сохранению здоровья моряков. Представлены новые материалы о роли морских врачей в организации медицинского обеспечения освоения Северного морского пути.

Книга может представлять интерес для судовых врачей, ответственных за медицинское обслуживание экипажей судов, осуществляющих рейсы по Северному морскому пути, врачей — организаторов медицинского обеспечения судов морского и речного флота Российской Федерации.

Монография может быть рекомендована в качестве учебного пособия для курсантов Военно-медицинской академии при изучении ими истории военно-морской медицины.

Кроме того, представленные в монографии материалы могут быть использоваться при разработке нормативных документов, регламентирующих вопросы охраны здоровья моряков и в настоящее время.

---

Для получения более подробной информации Вы можете обратиться в издательство «Балтийский медицинский образовательный центр» по телефону (812) 956-92-55.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

*П. В. Агафонов\**, Ю. Ш. Халимов, С. В. Гайдук, Е. Б. Киреева

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

*Цель:* изучить частоту встречаемости факторов сердечно-сосудистого риска и особенности течения артериальной гипертензии у военнослужащих в условиях Арктического региона.

*Материалы и методы.* Проведено обследование и изучена медицинская документация 251 военнослужащего мужского пола в возрасте 23–44 лет (средний возраст  $33,7 \pm 4,9$  года). В зависимости от места службы всех обследованных разделили на две группы: 1-ю группу составили 159 военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктики, — 92 военнослужащих из Западного военного округа. К изученным факторам сердечно-сосудистого риска относили дислипидемию, табакокурение, повышенный уровень артериального давления, абдоминальное ожирение, психосоциальные факторы, нарушение диеты, регулярное употребление алкоголя, гиподинамию. Также анализировали частоту встречаемости подтвержденного диагноза нейроциркуляторной астении и гипертонической болезни I–II стадии.

*Результаты и их обсуждение.* Проведенное обследование показало значительное увеличение частоты встречаемости большинства изученных предикторов сердечно-сосудистого риска (дислипидемии, табакокурения, негативных психосоциальных факторов, нарушения диеты и регулярного употребления алкоголя) в группе Арктического региона по сравнению с группой умеренного климата. Это реализуется в виде более высокой частоты артериальной гипертензии и тенденции к увеличению числа случаев генерализованного атеросклероза среди военнослужащих Арктики. Полученные данные могут свидетельствовать о необходимости более тщательного отбора к службе в Арктическом регионе с обязательным углубленным обследованием системы кровообращения и системы метаболизма, включая выполнение электрокардиографии, эхокардиографии, нагрузочного тредмил-теста, ультразвукового исследования брахиоцефальных артерий с определением толщины комплекса «интима-медиа», сфигмоманометрии с определением жесткости и биологического возраста сосудов, исследования липидограммы и гликемии натощак. Целесообразно проведение ежегодного обследования военнослужащих Арктической группировки по месту службы с привлечением выездных военно-врачебных комиссий, в состав которых должны входить кардиолог и специалист функциональной диагностики.

**Ключевые слова:** морская медицина, Арктический регион, военнослужащие, артериальная гипертензия

\*Контакт: Агафонов Павел Владимирович, [agafonov23@yandex.ru](mailto:agafonov23@yandex.ru)

## FEATURES OF THE COURSE OF ARTERIAL HYPERTENSION IN MILITARY SERVICEMEN IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC REGION

*Pavel V. Agafonov\**, Yuri Sh. Khalimov, Sergey V. Gaiduk, Elena B. Kireeva  
S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

*Purpose.* To study the frequency of occurrence of cardiovascular risk factors and the course of arterial hypertension in military personnel in the Arctic region.

*Materials and methods.* 251 male servicemen aged 23–44 years (mean age  $33.7 \pm 4.9$  years) were examined and studied medical records. Depending on the place of service, all the examined were divided into two groups: I — 159 military personnel serving in the Arctic, II — 92 military personnel from the Western Military District. The studied cardiovascular risk factors included dyslipidemia, tobacco smoking, high blood pressure, abdominal obesity, psychosocial factors, dietary disorders, regular alcohol consumption, physical inactivity. We also analyzed the frequency of occurrence of a confirmed diagnosis of neurocirculatory asthenia and stage I–II hypertension.

*Results and its discussion.* The survey showed a significant increase in the incidence of most of the studied predictors of cardiovascular risk (dyslipidemia, smoking, negative psychosocial factors, dietary disorders, and regular alcohol

consumption) in the Arctic region group compared to the temperate climate group. This is realized in the form of a higher incidence of arterial hypertension and a trend towards an increase in the number of cases of generalized atherosclerosis among military personnel in the Arctic. The data obtained may indicate the need for a more thorough selection for service in the Arctic region with a mandatory in-depth examination of the circulatory and metabolic systems, including electrocardiography, echocardiography, stress treadmill test, ultrasound examination of the brachiocephalic arteries with the determination of the thickness of the intima-media complex, sphygmomanometry with the determination of the stiffness and biological age of the vessels, the study of the lipid profile and fasting glycemia. It is advisable to conduct an annual examination of the military personnel of the Arctic group at the place of service with the involvement of visiting military medical commissions, which should include a cardiologist and a specialist in functional diagnostics.

**Key words:** marine medicine, Arctic region, military personnel, hypertension

\*Contact: *Agafonov Pavel Vladimirovich, agafonov23@yandex.ru.*

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Агафонов П.В., Халимов Ю.Ш., Гайдук С.В., Киреева Е.Б. Особенности течения артериальной гипертензии у военнослужащих в условиях Арктического региона // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 61–68, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-61-68>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Agafonov P.V., Khalimov Yu.Sh., Gaiduk S.V., Kireeva E.B. Features of the course of arterial hypertension in military servicemen in the conditions of the Arctic region // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 61–68, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-61-68>.

**Введение.** В настоящее время Арктический регион, имеющий стратегическое значение, является важнейшим аспектом внешней и внутренней политики многих мировых держав. Арктическая территория Российской Федерации расположена между Землей Франца-Иосифа на северо-западе до островов Врангеля и Геральд на востоке, что составляет около трети от всей площади Арктического шельфа. Особое географическое положение Арктики обуславливает высокий интерес со стороны многих государств<sup>1</sup>. Созданная в настоящее время военная группировка Арктического региона призвана обеспечить безопасность границ РФ и предотвратить возможные инциденты с другими приарктическими государствами (Канада, Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция, США)<sup>2</sup>.

Служба в условиях Арктического региона характеризуется высокой сложностью и напряженностью, что в первую очередь объясняется суровыми климатическими и географическими факторами, в том числе пониженным содержанием кислорода в воздушной смеси, низкой среднегодовой температурой,

высокой степенью ионизации воздуха, особенностями светового режима, значительными колебаниями напряжения электрического поля, а также эффектами разнообразных космических факторов по причине резкого снижения защитного эффекта магнитного поля Земли в высоких широтах. Помимо этого, существенное влияние оказывают значимые санитарные и эпидемиологические факторы, в том числе недостаточная минерализация питьевой воды, возможный контакт с химическими и биологическими загрязнениями, а также длительное нахождение личного состава в помещениях с искусственным микроклиматом [1, с. 73].

Во второй половине XX века началось активное изучение влияния арктического фактора на состояние здоровья людей, в первую очередь, на сердечно-сосудистую систему. В 1980 г. академик В.П. Казначеев впервые описал синдром полярного напряжения [2, с. 6], в основе которого лежит преобладание процессов окисления, снижение интенсивности детоксикации, нарушение метаболизма северного типа, тканевая гипоксия, расстройства психоэмоциональной сферы, десинхронизация и повышенная метеоро-

<sup>1</sup> Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу [Электронный ресурс] // Российская газета (дата обращения: 15.09.2020).

<sup>2</sup> Указ Президента Российской Федерации от 20.07.2017 г. № 327 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности до 2030 года» [Электронный ресурс] // Президент России, офиц. сайт (дата обращения: 15.09.2020).



чувствительность. Это приводит к раннему развитию и более тяжелому течению заболеваний различных систем органов, но в первую очередь — системы кровообращения.

В ходе адаптационного процесса к условиям Арктики одной из первых реагирует сердечно-сосудистая система, являясь маркером общего адаптационного процесса [3, с. 10]. Увеличение периферического сопротивления в результате спазма сосудов при длительном воздействии низких температур окружающей среды способствует повышению артериального давления (АД). Подтверждена высокая частота развития артериальной гипертензии (АГ), которая преимущественно носит диастолический характер, а также ее злокачественное течение в условиях Арктики [4, с. 6, 7] по сравнению с регионами умеренного климата. Для обеспечения адекватного обмена кислорода в тканевых капиллярах происходит повышение частоты сердечных сокращений и скорости периферического кровотока. Холодовой бронхоспазм и перераспределение легочных объемов вызывают выраженную легочную гипертензию, увеличение нагрузки на правый желудочек сердца, что приводит к ремоделированию правых и левых отделов сердца [5, с. 456]. Это проявляется характерными «северными» изменениями на электрокардиограмме в виде большого «гипоксического» зубца *T*, расширения комплекса *QRS* и зубца *P*. Данный патологический процесс усугубляется ранним развитием атеросклеротического поражения крупных и мелких сосудов. В последнее время стало понятно, что даже высокое нормальное АД у мужчин молодого возраста является негативным фактором, способствуя трансформации функциональных изменений сосудов в органические, с последующим формированием АГ как самостоятельной нозологической формы [6, с. 41]. АГ у мужчин молодого возраста способствует атеросклеротическому поражению брахиоцефальных артерий с увеличением размеров комплекса «интима–медиа» и артерий почек, что в условиях воздействия Арктического фактора многократно ускоряет патогенез генерализованного атеросклероза и требует эскалации гипотензивной терапии для профилактики тяжелых осложнений [7, с. 66].

Таким образом, принимая во внимание удаленность Арктического региона, его суровые климатогеографические характеристики, сложную санитарно-эпидемиологическую обстановку,

а также особенности военного труда, следует ожидать значительный вклад артериальной в структуру заболеваемости личного состава Вооруженных сил Российской Федерации в условиях Арктики. Вместе с тем, в отличие от активных исследований в сфере гражданского здравоохранения, особенности факторов сердечно-сосудистого риска и течения артериальной гипертензии у военнослужащих в условиях Арктического региона изучены недостаточно.

**Цель исследования** заключалась в изучении частоты встречаемости факторов сердечно-сосудистого риска и особенностей течения артериальной гипертензии у военнослужащих в условиях Арктического региона.

**Материалы и методы.** На базе клиники военно-полевой терапии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, а также по месту постоянной службы в условиях Арктического региона (арх. Новая Земля, пос. Белушья Губа) проведено обследование и изучена медицинская документация 251 военнослужащего мужского пола в возрасте 23–44 лет (средний возраст  $33,7 \pm 4,9$  года). В зависимости от места службы всех обследованных разделили на две группы: в 1-ю вошли 159 военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктики (средний срок службы в данных условиях: 8,4 года [4,7–12,1]), во 2-ю — 92 военнослужащих из Западного военного округа.

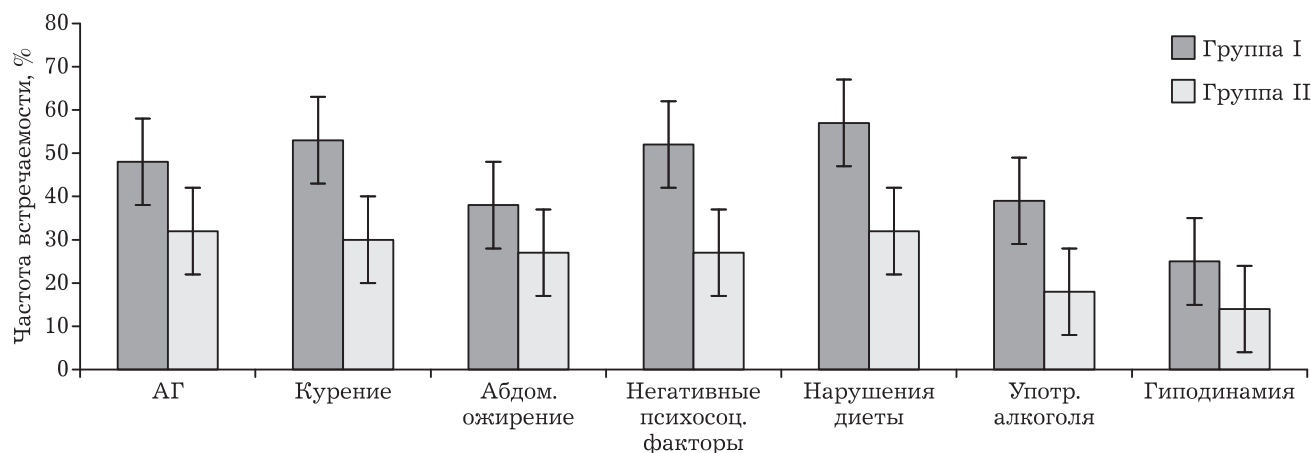
К изученным факторам сердечно-сосудистого риска относили дислипидемию (повышение уровня общего холестерина и/или липопротеидов низкой плотности — ЛПНП), табакокурение, повышенный уровень АД, абдоминальное ожирение (окружность талии более 94 см), психосоциальные факторы (наличие стресса и депрессии по данным опросника Спилбергера–Ханина, цветового теста Люшера), нарушение диеты (преимущественное питание консервированной пищей с малым количеством свежих овощей), регулярное употребление алкоголя (раз в неделю и чаще), гиподинамию. Также анализировали частоту встречаемости подтвержденного диагноза нейроциркуляторной астении (НЦА) и гипертонической болезни (ГБ) I–II стадии. У обследованных оценивались жалобы, данные анамнеза, объективный статус (включая антропометрию с определением индекса массы тела, измерение окружности талии, определение АД, лодыжечно-плечевого индекса), изучалась медицинская документация. Результаты представлялись в виде среднего значения признака (*M*)

и его 95% доверительного интервала (ДИ), а для сравнения количественных показателей в группах использовался метод параметрического анализа — t-критерий Стьюдента [8, с. 11].

**Результаты и их обсуждение.** Исследуемые группы военнослужащих не различались по возрасту ( $p=0,075$ ). Подавляющее большинство обследованных военнослужащих относилось к возрастной группе до 40 лет (85%). На первом этапе работы проводилось сравнение клинических и анамнестических данных о факторах сердечно-сосудистого риска в изученных группах военнослужащих. Показано, что служба в Арктическом регионе сопряжена со статистически значимым увеличением частоты встречаемости таких факторов, как АГ, курение, негативные психосоциальные факторы, нарушение диеты и употребление алкоголя (рисунок).

шой земли», слабыми перспективами для профессионального карьерного роста и качественного обучения членов семьи военнослужащего, монотонией и малой доступностью мероприятий досуга, особенно в период полярной ночи и полярных циклонов, риском нападения диких животных. Это приводит к значимому увеличению доли военнослужащих, регулярно употребляющих алкоголь, в том числе в попытке борьбы с депрессией (39% против 18% в 1-й группе,  $p<0,05$ ), а также курящих военнослужащих (53% против 30% во 2-й группе,  $p<0,05$ ).

С учетом высокой распространенности АГ у военнослужащих 1-й и 2-й групп (48 и 32% соответственно) проведен сравнительный анализ ее длительности и частоты встречаемости подтвержденного диагноза НЦА по гипертоническому типу, ГБ I стадии и II стадии, а также



**Рисунок.** Факторы сердечно-сосудистого риска в изученных группах.

**Figure.** Cardiovascular risk factors in studied groups.

\*  $p<0,05$  при сравнении 1-й и 2-й групп

\*  $p<0,05$  when comparing the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> groups

Высокая частота нарушения диеты (59%) в 1-й группе объясняется преимущественным употреблением в пищу консервированной пищи с высоким содержанием соли, а также малым потреблением свежих фруктов и овощей. Это согласуется с данными предыдущих исследований, указывающими на недостаток состава и энергетической ценности рационов питания военнослужащих, осуществляющих свою деятельность в Арктике [9, с. 5]. Более часто встречающиеся в 1-й группе негативные психосоциальные факторы (52% против 27% во 2-й группе,  $p<0,05$ ), включающие стресс, повышенную тревожность и депрессию, могут объясняться удаленностью и ограниченностью коммуникации Арктического региона и «Большой

показателей офисного (измеренного в медицинском учреждении) систолического (САД) и диастолического артериального давления (ДАД, табл. 1).

Показано, что причиной более высокой распространенности АГ среди военнослужащих из Арктической группы стала как впервые выявленная АГ (16% против 11% во 2-й группе,  $p<0,05$ ), так АГ в анамнезе (32% против 20% во 2-й группе,  $p<0,05$ ). Наибольший вклад в структуру подтвержденных диагнозов обеспечила НЦА по гипертоническому типу (18 против 10% во 2-й группе,  $p<0,05$ ). При этом длительность течения АГ, а также абсолютные показатели офисного САД и ДАД в обеих группах не имели значимых различий.

Таблица 1

**Встречаемость артериальной гипертензии, нейроциркуляторной дистонии и гипертонической болезни в обследуемых группах военнослужащих**

Table 1

**The incidence of arterial hypertension, neurocirculatory dystonia, and hypertension disease in the studied groups**

Показатели	1-я группа	2-я группа	p
АГ, всего, абс. число (%)	76 (48)*	29 (32)	0,028
Впервые выявленная АГ, абс. число (%)	26 (16)*	10 (11)	0,032
АГ в анамнезе, абс. число (%)	50 (32)*	19 (20)	0,047
НЦА по гипертоническому типу, абс. число (%)	28 (18)*	9 (10)	0,032
ГБ I стадии, абс. число (%)	12 (8)	7 (8)	0,081
ГБ II стадии, абс. число (%)	10 (6)	3 (2)	0,081
Длительность АГ, лет	3,2	2,8	0,095
Величина офисного САД/ДАД, мм рт.ст.	132,8 [123,6–137,2]/ 82,8 [80,1–84,2]	137,2 [130,4–141,8]/ 88,5 [83,2–90,3]	0,072

\* p&lt;0,05.

Высокая распространенность АГ в обеих группах (48 и 32% соответственно) соответствует общим тенденциям, наблюдаемым у населения Российской Федерации. По результатам многоцентрового наблюдательного исследования «Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний в регионах Российской Федерации (ЭССЕ-РФ2)», выполняемого в рамках Государственного задания Минздрава России в 13 субъектах Российской Федерации с участием 3000 мужчин в возрасте 25–64 лет, распространенность АГ среди мужчин составила 49,1% [10, с. 450]. Из них контроль АД осуществляют лишь 42,9% мужчин. В Вооруженных Силах в структуре кардиологических заболеваний среди во-

В качестве важного фактора сердечно-сосудистого риска изучались показатели липидного обмена. Медицинская документация военнослужащих, проходящих службу в Арктическом регионе, не во всех случаях включала полные данные липидограммы, поэтому анализ проводился на основании лишь 88 военнослужащих из 1-й группы, а значимость такого анализа оказалась снижена. Установлено, что среднее значение атерогенной фракции ЛПНП, приводящей к развитию атеросклероза, в 1-й группе оказалась значимо выше, чем во 2-й группе (3,5 и 2,2 ммоль/л соответственно), при этом статистически значимого различия по уровню общего холестерина не отмечалось (табл. 2).

Таблица 2

**Данные липидограмм у военнослужащих обеих групп**

Table 2

**Data of lipid profile in military personnel of both groups**

Показатели	1-я группа	2-я группа	p
Общий холестерин, ммоль/л	5,7 [4,8–6,7]	5,2 [3,8–5,9]	0,082
ЛПНП, ммоль/л	3,5 [1,8–4,4]*	2,2 [2,1–3,9]	0,041
Триглицериды, ммоль/л	2,7 [1,1–3,7]*	1,4 [1,0–2,0]	0,032
Коэффициент атерогенности, ед.	3,2 [2,1–3,8]	2,9 [1,7–3,5]	0,123
Участники с дислипидемией, абс. число (%)	24 (48)*	29 (32)	0,031

\* p&lt;0,05.

еннослужащих по контракту, членов их семей и военных пенсионеров заболевания, сопровождающиеся АГ, в 2015 г. составляли 66,1%<sup>1</sup>.

В соответствии с современными Рекомендациями Европейского кардиологического общества по дислипидемиям 2019 г. [11, с. 4] даже

<sup>1</sup> Отчет главного кардиолога МО РФ о состоянии заболеваемости и деятельности военно-лечебных учреждений и предложения по снижению заболеваемости, совершенствованию работы войскового звена медицинской службы и военных лечебных учреждений за 2015 год. СПб.: ВМедА, 2016. 15 с.

для пациентов низкого риска целевые значения ЛПНП составляют менее 3 ммоль/л. Таким образом, у значительной доли военнослужащих из Арктической группы показатели ЛПНП превышают целевые значения, обеспечивающие профилактику атеросклероза и его осложнений. Данное положение подтверждается более высокой долей лиц, страдающих дислипидемией, в 1-й группе по сравнению со 2-й группой (48 и 32% соответственно,  $p < 0,05$ ). Одной из причин описанных метаболических нарушений у военнослужащих молодого и среднего возраста в Арктическом регионе может являться неполноценное питание с малым количеством растительной клетчатки и пищевых волокон, выполняющих функцию ингибитора всасывания животных жиров и холестерина пищи. Это косвенно подтверждается значимо более высоким уровнем триглицеридов в 1-й группе по сравнению со 2-й группой (2,7 и 1,4 ммоль/л соответственно), поскольку единственным источником триглицеридов в организме является пища.

встречаемости большинства изученных предикторов сердечно-сосудистого риска (дислипидемии, табакокурения, негативных психосоциальных факторов, нарушения диеты и регулярного употребления алкоголя) оказалась значимо выше, чем в группе сравнения, что реализуется в виде более высокой частоты АГ и тенденции к увеличению числа случаев генерализованного атеросклероза. Большая распространенность АГ в анамнезе среди военнослужащих Арктической группировки может свидетельствовать о необходимости более тщательного отбора к службе в Арктическом регионе с обязательным углубленным обследованием системы кровообращения и системы метаболизма, включая выполнение электрокардиографии, эхокардиографии, нагрузочного тредмилл-теста, ультразвукового исследования брахиоцефальных артерий с определением толщины комплекса «интима–медиа», сфигмоманометрии с определением жесткости и биологического возраста сосудов, исследования

Таблица 3

### Признаки атеросклероза у военнослужащих обеих групп

Table 3

#### Signs of atherosclerosis in military personnel of both groups

Показатель	1-я группа	2-я группа	p
ЛПИ, ед.	1,1 [1–1,1]	1,1 [1–1,1]	0,12
Участники с ЛПИ $< 0,75$ , абс. число (%)	5 (3)	3 (3)	0,062
Участники с наличием аускультативных феноменов, абс. число (%)	5 (3)	1 (1)	0,058
Всего участников с признаками атеросклероза, абс. число (%)	10 (6)	4 (4)	0,062

Значимых различий между обследуемыми обеих групп по индексу ЛПИ обнаружить не удалось. Вместе с тем в 1-й группе отмечена тенденция к увеличению общего количества участников с признаками атеросклероза по сравнению со 2-й группой (6 и 4% соответственно, табл. 3). Это обстоятельство может свидетельствовать об ускоренном прогрессировании атеросклероза при длительном воздействии арктического фактора.

**Заключение.** Установлено, что в группе военнослужащих Арктического региона частота

липидограммы и гликемии натощак. Целесообразно проведение ежегодного обследования военнослужащих Арктической группировки по месту службы с привлечением выездных военно-врачебных комиссий, в состав которых должен входить кардиолог и специалист функциональной диагностики. Это позволит не допустить к службе лиц с высоким риском развития ГБ, обеспечить раннюю профилактику сердечно-сосудистых осложнений и уменьшить риск смертельных исходов у данной категории военнослужащих.

### Литература/ References

1. Фисун А.Я., Халимов Ю.Ш., Агафонов П.В., Гайдук С.В., Чеховских Ю.С., Загородников Г.Н. Особенности организации терапевтической помощи военнослужащим в Арктическом регионе // *Военно-медицинский журнал*. 2019. № 3. С. 73–75. Fisun A.Ya., Halimov Yu.Sh., Agafonov P.V., Gajduk S.V., Chekhovskikh Yu.S., Zagorodnikov G.N. Osobennosti organizacii terapevticheskoj pomoshchi voennosluzhashchim v Arkticheskom regione // *Voенно-медицинский журнал*. 2019. № 3. С. 73–75 [Fisun A.Ya., Halimov Yu.Sh., Agafonov P.V., Gaiduk S.V., Chekhovskikh Yu.S., Zagorod-

- nikov G.N. Features of the organization of therapeutic care for military personnel in the Arctic region. *Military Medical Journal*, 2019, No. 3, pp. 73–75 (In Russ.).
2. Казначеев В.П. Современные проблемы синтетической экологии: «синдром полярного напряжения» // *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 1997. № 1. С. 6–10. Kaznacheev V.P. Sovremennye problemy sinteticheskoy ekologii: «sindrom polyarnogo napryazheniya» // *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossijskoy akademii medicinskih nauk*. 1997. № 1. S. 6–10 [Kaznacheev V.P. Modern problems of synthetic ecology: «polar stress syndrome». *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 1997, No. 1, pp. 6–10 (In Russ.).]
3. Васильева Г.С., Алексеев В.П., Кривошапкин В.Г. *Климат и сердечно-сосудистая патология на Крайнем Севере*. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2004. 128 с. Vasil'eva G.S., Alekseev V.P., Krivoshapkin V.G. *Klimat i serdechno-sosudistaya patologiya na Krajnem Severe*. Yakutsk: Sahapoligrafizdat, 2004. 128 s. [Vasilyeva G.S., Alekseev V.P., Krivoshapkin V.G. *Climate and cardiovascular pathology in the Far North*. Yakutsk: Publishing house Sakhapoligrafizdat, 2004. 128 p. (In Russ.).]
4. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // *Экология человека*. 2012. № 1. С. 3–11. Hasnulin V.I., Hasnulin P.V. Sovremennye predstavleniya o mekhanizmah formirovaniya severnogo stressa u cheloveka v vysokih shirotah // *Ekologiya cheloveka*. 2012. № 1. S. 3–11 [Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Modern ideas about the mechanisms of the formation of northern stress in humans at high latitudes. *Human Ecology*, 2012, No. 1, pp. 3–11 (In Russ.).]
5. Бойцов С.А., Самородская И.В., Третьяков В.В., Ватолина М.А. Потерянные годы жизни в результате преждевременной смерти и их взаимосвязь с климатическими и социально-экономическими показателями регионов // *Вестник РАМН*. 2015. Т. 70, № 4. С. 456–463. Boytsov S.A., Samorodskaya I.V., Tret'yakov V.V., Vatolina M.A. Poteryannye gody zhizni v rezul'tate prezhdevremennoj smerti i ih vzaimosvyaz' s klimaticheskimi i social'no-ekonomicheskimi pokazatelyami regionov // *Vestnik RAMN*. 2015. T. 70, № 4. S. 456–463 [Boytsov S.A., Samorodskaya I.V., Tret'yakov V.V., Vatolina M.A. Lost years of life because of premature death and their relationship with climatic and socio-economic indicators of the regions. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2015, Vol. 70, No. 4, pp. 456–463 (In Russ.).]
6. Крюков Е.В., Потехин Н.П., Фурсов А.Н., Чернецов В.А., Саркисов К.А., Макеева Т.Г., Захарова Е.Г. Сравнительная характеристика лиц с высоким нормальным уровнем артериального давления в зависимости от размеров комплекса «интима-медиа» сонных артерий // *Артериальная гипертензия*. 2016. № 1. С. 41–52. Kryukov E.V., Potekhin N.P., Fursov A.N., Chernecov V.A., Sarkisov K.A., Makeeva T.G., Zakharova E.G. Sravnitel'naya harakteristika lic s vysokim normal'nym urovnem arterial'nogo davleniya v zavisimosti ot razmerov kompleksa «intima-media» sonnyh arterij // *Arterial'naya gipertenziya*. 2016. № 1. S. 41–52 [Kryukov E.V., Potekhin N.P., Fursov A.N., Chernecov V.A., Sarkisov K.A., Makeeva T.G., Zakharova E.G. Comparative characteristics of individuals with a high normal level of blood pressure depending on the size of the «intima-media» complex of the carotid arteries. *Arterial hypertension*, 2016, No. 1, pp. 41–52 (In Russ.).]
7. Крюков Е.В., Потехин Н.П., Фурсов А.Н., Захарова Е.Г. Оценка эффективности гипотензивной терапии у больных с артериальной гипертензией и мультифокальным атеросклерозом // *Военно-медицинский журнал*. 2020. № 4. С. 66–67. Kryukov E.V., Potekhin N.P., Fursov A.N., Zakharova E.G. Ocenka effektivnosti gipotenzivnoj terapii u bol'nyh s arterial'noj gipertenziej i mul'tifokal'nym aterosklerozom // *Voенно-медицинский журнал*. 2020. № 4. S. 66–67 [Kryukov E.V., Potekhin N.P., Fursov A.N., Zakharova E.G. Evaluation of the effectiveness of antihypertensive therapy in patients with arterial hypertension and multifocal atherosclerosis. *Military Medical Journal*, 2020, No. 4, pp. 66–67 (In Russ.).]
8. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. *Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований*. СПб.: ВМедА, 2002. 266 с. Yunkerov V.I., Grigor'ev S.G. *Matematiko-statisticheskaya obrabotka dannyh medicinskih issledovaniy*. SPb.: VMedA, 2002. 266 s. [Yunkerov V.I., Grigoriev S.G. *Mathematical and statistical processing of medical research data*. St. Petersburg: Publishing house of Military Medical Academy, 2002, 266 p. (In Russ.).]
9. Андреев В.П., Андриянов А.И., Плахотская Ж.В. Состав и энергетическое содержание рационов питания населения и военнослужащих в арктической зоне Российской Федерации // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*, 2018. № S1. С. 5–9. Andreev V.P., Andriyanov A.I., Plahotskaya Zh.V. Sostav i energeticheskoe sodержanie racionov pitaniya naseleniya i voennosluzhashchih v arkticheskoy zone rossijskoy federacii // *Vestnik Rossijskoy Voенно-медицинской академии*, 2018. № S1. S. 5–9 [Andreev V.P., Andriyanov A.I., Plahotskaya Zh.V. The composition and energy content of the diets of the population and military personnel in the Arctic zone of the Russian Federation. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2018, No. S1, pp. 5–9 (In Russ.).]
10. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Имаева А.Э., Капустина А.В., Муромцева Г.А., Евстифеева С.Е., Тарасов В.И. Распространенность артериальной гипертензии, охват лечением и его эффективность в Российской Федерации (данные наблюдательного исследования ЭССЕ-РФ-2) // *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2019. № 15 (4). С. 450–466. Balanova Yu.A., Shal'nova S.A., Imaeva A.E., Kapustina A.V., Muromceva G.A., Evstifeeva S.E., Tarasov V.I. Rasprostranennost' arterial'noj gipertonii, ohvat lecheniem i ego effektivnost' v Rossijskoy Federacii (dannye

nablyudatel'nogo issledovaniya ESSE-RF-2) // *Racional'naya Farmakoterapiya v Kardiologii*. 2019. № 15 (4). S. 450–466 [Balanova Yu.A., Shalnova S.A., Imaeva A.E., Kapustina A.V., Muromtseva G.A., Evstifeeva S.E., Tarasov V.I. The prevalence of arterial hypertension, treatment coverage, and its effectiveness in the Russian Federation (data from the observational study ESSE-RF-2). *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*, 2019, No. 15 (4), pp. 450–466 (In Russ.)].

11. Кашталап В.В., Ершова А.И., Мешков А.Н., Барбараш О.Л. Рекомендации Европейского кардиологического общества по дислипидемиям 2019 года: новое для практикующего врача // *Русский медицинский журнал*. 2019. № 12. С. 4–7. Kashtalap V.V., Ershova A.I., Meshkov A.N., Barbarash O.L. Rekomendacii Evropejskogo kardiologicheskogo obshchestva po dislipidemiyam 2019 goda: novoe dlya praktikuyushchego vracha // *Russkij medicinskij zhurnal*. 2019. № 12. S. 4–7 [Kashtalap V.V., Ershova A.I., Meshkov A.N., Barbarash O.L. European Society of Cardiology Recommendations for Dyslipidemia: New for the Practitioner. *Russian Medical Journal*, 2019, No. 12, pp. 4–7 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor 25.11.2021 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план статьи: Ю. Ш. Халимов, С. В. Гайдук, П. В. Агафонов. Вклад в анализ данных — П. В. Агафонов. Вклад в подготовку рукописи — П. В. Агафонов, Ю. Ш. Халимов, С. В. Гайдук, Е. Б. Киреева.

#### Сведения об авторах:

*Агафонов Павел Владимирович* — кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, докторант при кафедре военно-полевой терапии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6; e-mail: agafonov23@yandex.ru; SPIN 3303–4786;

*Халимов Юрий Шавкатович* — доктор медицинских наук, полковник медицинской службы, начальник кафедры и клиники военно-полевой терапии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6;

*Гайдук Сергей Валентинович* — доктор медицинских наук, полковник медицинской службы, заместитель начальника кафедры военно-полевой терапии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6;

*Киреева Елена Борисовна* — кандидат медицинских наук, доцент кафедры военно-полевой терапии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Лебедева, д. 6.



Книга по истории создания и становления военно-морской медицины на Дальнем Востоке является первой из серии «История медицинской службы Военно-Морского Флота» и по своей источниковой базе, научному подходу к разрабатываемой теме, масштабности описываемых событий и хронологическим рамкам является первым трудом, освещающим историю создания и развития медицинской службы за 290 лет Тихоокеанского флота.

Многие события и имена участников дореволюционного периода, формирования органов управления медицинской службы Морских сил Дальнего Востока и Тихоокеанского флота СССР неизвестны современному поколению медиков, а также широкой общественности, как в России, так и за рубежом. Собранные данные дают представление об основных этапах становления и развития медицинской службы Тихоокеанского флота за длительный исторический период.

Книга рассчитана на военнослужащих медицинских служб ВМФ, курсантов военно-медицинских учреждений и студентов вузов медицинских специальностей, историков, краеведов, читателей, интересующихся историей военно-морской медицины и судьбами предшественников, приумножавшими славу отечественной медицины, Тихоокеанского флота и Дальнего Востока России.

---

Для получения более подробной информации Вы можете обратиться в издательство «Балтийский медицинский образовательный центр» по телефону **(812) 956-92-55**.

## ОСОБЕННОСТИ МЕДИКО-САНИТАРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О. К. Бумай\*, Г. С. Торшин, С. В. Малинина

Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального  
медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

*Целью* научной статьи является изучение и анализ особенностей медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

*Материалы и методы.* Применение методов теоретического и эмпирического исследования позволило проанализировать особенности медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктики.

*Результаты и их обсуждение.* Исследования показали, что особенности медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации связаны с профилактикой и лечением гипотермии и декомпрессионной болезни у водолазов, в том числе с применением для дыхания подогретых кислородно-гелиевых смесей. Для решения этой задачи также используются эвакуация пострадавших водолазов с помощью транспортировочных барокамер и специальные мобильные водолазные комплексы для оказания квалифицированной и специализированной помощи в условиях Арктики.

**Ключевые слова:** морская медицина, водолазные работы, медико-санитарное обеспечение, Арктическая зона

\*Контакт: Бумай Олег Константинович, [umaotms@yandex.ru](mailto:umaotms@yandex.ru)

© Bumai O.K., Torshin G.S., Malinina S.V., 2022

## FEATURES OF MEDICAL AND SANITARY SUPPORT OF DIVING OPERATIONS IN THE CONDITIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Oleg K. Bumai\*, Georgiy S. Torshin, Snezhana V. Malinina

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

*The purpose of the scientific article* is to study and analyze the features of medical and sanitary provision of diving operations in the Arctic zone of the Russian Federation.

*Materials and methods.* The application of theoretical and empirical research methods allowed analyzing the features of medical and sanitary provision of diving operations in the Arctic.

*Results and their discussion.* Studies have shown that the peculiarities of medical and sanitary provision of diving operations in the Arctic zone of the Russian Federation are associated with the prevention and treatment of hypothermia and decompression sickness in divers, including the use of heated oxygen-helium mixtures for breathing. To solve this problem, evacuation of injured divers with the help of transportation pressure chambers and special mobile diving complexes are also used to provide qualified and specialized assistance in Arctic conditions.

**Key words:** marine medicine, diving operations, medical and sanitary provision, Arctic zone

\*Contact: Bumai Oleg Konstantinovich, [umaotms@yandex.ru](mailto:umaotms@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Бумай О.К., Торшин Г.С., Малинина С.В. Особенности медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 69–73. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-69-73>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Bumai O.K., Torshin G.S., Malinina S.V. Features of medical and sanitary provision of diving operations in the Arctic zone of the Russian Federation // *Marine Medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 69–73. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-69-73>.

**Введение.** Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года определяет необходимость развития системы медико-санитарного обеспечения морской деятельности, в том числе деятельности работников нефтяных и газодобывающих платформ на шельфе Северного Ледовитого океана и водолазной медицины на всех региональных направлениях национальной морской политики<sup>1</sup>.

Стратегия также определяет необходимость развития системы поисково-спасательного обеспечения морской деятельности — создание эффективно действующей федеральной системы поиска и спасания на море, функционирования государственной глобальной автоматизированной системы мониторинга и контроля местоположения российских судов и наблюдения за обстановкой в Мировом океане, обновление и доведение до требуемого уровня состава сил и средств поисково-спасательного обеспечения<sup>2</sup>.

В соответствии со Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, одной из основных задач в сфере социального развития Арктической зоны Российской Федерации является обеспечение доступности первичной медико-санитарной помощи<sup>3</sup>.

Таким образом, медико-санитарное обеспечение водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации является актуальной задачей, входящей в перечень основных направлений стратегического развития Российской Федерации.

**Целью исследования** является изучение и анализ особенностей медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в рамках НИР «Обоснование и разработка предложений по актуализации нормативно-правовых документов в области морской и водолазной медицины», шифр «Шторм-20» (Государственный контракт № 35.108.20.0 от 21 июля 2020 года).

В процессе работы были проанализированы нормативные, правовые документы Российской Федерации, монографии, приказы и инструкции различных министерств и ведомств в области медицинского обеспечения водолазных работ. Применение методов теоретического и эмпирического исследования позволило определить особенности медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации.

**Результаты и их обсуждение.** Особенности медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации обусловлены воздействием отрицательных температур, которые могут привести к переохлаждению и негативно отразиться на здоровье, безопасности и эффективной работе водолазов или обслуживающего персонала, а также к возникновению дополнительных рисков при использовании снаряжения и техники.

Перед проведением плановых водолазных работ в условиях Арктики необходимо медицинское обследование водолазов для оценки состояния здоровья организма и определения комплекса лечебно-профилактических мероприятий, направленных на укрепление здоровья и повышение работоспособности водолазов. К таким мероприятиям следует отнести использование специальных рационов питания, витаминотерапии, адаптогенов, закаливающих и физиотерапевтических процедур, применение интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) в сочетании с ноотропными препаратами и воздействием высокочастотным импульсным электрическим током (ВИЭТ) [1, с. 34–35].

В условиях проведения поисковых и аварийно-спасательных работ необходимо экстренное повешение работоспособности водолазов с применением специальных лекарственных препаратов, а также дыхания кислородно-гелиевыми смесями в сочетании с антигипоксантами и ВИЭТ [1, с. 34–35].

Перспективным направлением является применение подогретых кислородно-гелиевых

<sup>1</sup> Стратегия развития морской деятельности России до 2030 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2010 г. № 2205-р. [Электронный ресурс]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2073572/> (дата обращения 27.12.2021).

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утверждена указом Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645. [Электронный ресурс]. <http://www.kremlin.ru/acts/news/64274> (дата обращения 27.12.2021).



смесей с целью выведения водолазов из состояния гипотермии, профилактики и лечения заболеваний органов дыхания, а также профилактики и лечения декомпрессионных расстройств.

При проведении водолазных работ в условиях Арктики наряду с лечебно-профилактическими мероприятиями, необходимы специальные меры организационного характера. В частности, при работе со льда, подо льдом и в условиях отрицательных температур необходимо учитывать особенности их проведения и предусмотреть соответствующие организационные мероприятия для обеспечения безопасности водолазных работ<sup>1</sup>.

Особенности организации системы медицинского обеспечения водолазов в высоких широтах предъявляют повышенные требования к организационно-штатной структуре медицинских подразделений и уровню подготовки медицинского персонала, в том числе спасательных формирований арктической группировки МЧС России [2, с. 32–33].

Особенности оказания медицинской помощи водолазам при заболеваниях в условиях Арктической зоны Российской Федерации связаны со значительными расстояниями между портами и населенными пунктами, низким уровнем развития транспортной и медицинской инфраструктуры, недостаточной укомплектованностью медицинскими кадрами и средствами эвакуации, необходимостью межведомственной координации управления учреждениями здравоохранения.

В основу организации системы медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации должны быть положены принципы всеобщности охвата, территориальности и этапности оказания медицинской помощи и лечения больных.

Применяются следующие этапы оказания помощи водолазам:

1) оказание помощи пострадавшим водолазам с декомпрессионной болезнью и переохлаждением на месте спуска,

2) транспортировка пострадавших водолазов к ближайшей барокамере или барокомплексу с использованием барокамеры водолазной транспортировочной складной (БВТ-С) «Кубышка» с применением кислорода и симптоматического лечения;

3) оказание квалифицированной и специализированной помощи в барокомплексах «Спаситель», в том числе с использованием метода длительного пребывания в искусственной газовой среде [3, с. 51–62].

Оказание помощи пострадавшим водолазам с декомпрессионной болезнью и переохлаждением на месте спуска необходимо проводить с помощью портативного автономного аппарата для дыхания кислородно-гелиевыми смесями «Ингалит-В4», ингалятора подогретыми кислородно-гелиевыми смесями «Ингалит-В2», аппарата спасательного водолазно-медицинского (АСВМ).

Барокамера водолазная транспортировочная складная БВТ-С «Кубышка» предназначена для обеспечения специальных условий при эвакуации пострадавшего водолаза к стационарной барокамере для дальнейшего проведения полного курса лечения. При соответствующей модернизации и укомплектовании барокамера обеспечивает проведение лечебных кислородных и кислородно-воздушных режимов до 0,5 МПа, чтобы минимизировать сроки до начала оказания квалифицированной медицинской помощи при декомпрессионной болезни.

Барокомплекс «Спаситель» позволяет проводить одновременное лечение до четырех водолазов с декомпрессионной болезнью, включая тяжелые формы, продолжительностью до 7 суток, в том числе отсроченное на 2–3 суток после развития заболевания. Барокомплекс позволяет проводить одновременное лечение до четырех водолазов с переохлаждением путем проведения сеансов гипертермии, а за сутки — до 36 человек<sup>2</sup>.

Медико-санитарное обеспечение водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации осуществляется также с помощью

<sup>1</sup> Правила по охране труда при проведении водолазных работ, утверждены и введены в действие приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 17.12.2020 № 922н (зарегистрированы в Минюсте России 29.12.2020 № 61927). [Электронный ресурс]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400064818/> (дата обращения 27.12.2021).

<sup>2</sup> Закрытое акционерное общество «Специальное конструкторское бюро экспериментального оборудования при Институте медико-биологических проблем Российской академии наук» [Электронный ресурс]. <http://skbeo.com/> (дата обращения: 27.12.2021).

мобильных контейнерных водолазных комплексов от Акционерного общества «Тетис Про», которые используются подразделениями МЧС России и ФГБУ «Морспасслужба»<sup>1</sup>.

Таким образом, особенности климата и географического расположения Арктической зоны Российской Федерации предъявляют повышенные требования к здоровью водолазов, организации проведения водолазных спусков и использованию водолазной техники, что необходимо учитывать при медико-санитарном обеспечении водолазных работ.

**Заключение.** Одной из наиболее важных особенностей медико-санитарного обеспечения водолазных работ в условиях Арктической зоны Российской Федерации является профилактика и лечение гипотермии с применением комплекса организационных и лечебно-профи-

лактических мероприятий, включая дыхание подогретыми кислородно-гелиевыми смесями.

Другой важной особенностью медико-санитарного обеспечения водолазов в условиях Арктики являются большие расстояния между медицинскими учреждениями и местом проведения водолазных работ. Для решения этой проблемы необходимо немедленное оказание помощи водолазам на месте спуска с применением автономных аппаратов для дыхания кислородно-гелиевыми смесями, разработка схем медицинской эвакуации пострадавших водолазов с применением водолазных транспортировочных барокамер. Также необходимо использование специальных мобильных водолазных комплексов, способных функционировать в условиях Арктической зоны Российской Федерации, для оказания квалифицированной и специализированной помощи водолазам.

### Литература/ References

1. Бухарин В.А., Торшин Г.С. Коррекция работоспособности водолазов и спортсменов // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы морской и водолазной медицины»*, Санкт-Петербург, 25–26 июня 2015 г. СПб.: ФГУП НИИ ПММ, 2015. С. 34–35. Buharin V.A., Torshin G.S. Korrekciya rabotosposobnosti vodolazov i sportsmenov // *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy morskoy i vodolaznoj mediciny»*, Sankt-Peterburg, 25–26 iyunya 2015 g. SPb.: FGUP NII PMM, 2015. S. 34–35. [Bukharin V.A., Torshin G.S. Correction of the working capacity of divers and athletes. *Materials of the All-Russian scientific and practical conference «Actual problems of marine and diving medicine»*, St. Petersburg, June 25–26, 2015. St. Petersburg: FSUE Research Institute PMM, 2015, pp. 34–35 (In Russ.)].
2. Котенко П.К. Медицинские аспекты обеспечения безопасности деятельности спасателей МЧС России в Арктике // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика — регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе»*, Санкт-Петербург, 29 сентября 2016 г. СПб., 2016. С. 32–33. Kotenko P.K. Medicinskie aspekty obespecheniya bezopasnosti deyatel'nosti spasatelej MChS Rossii v Arktike // *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Arktika — region strategicheskikh interesov: pravovaya politika i sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti v Arkticheskom regione»*, Sankt-Peterburg, 29 sentyabrya 2016 g. SPb., 2016. S. 32–33. [Kotenko P.K. Medical aspects of ensuring the safety of rescuers of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Arctic. *Materials of the All-Russian scientific and practical conference «Security service in Russia: experience, problems, prospects. The Arctic is a region of Strategic interests: Legal Policy and Modern security technologies in the Arctic Region»*, St. Petersburg, September 29, 2016. St. Petersburg, 2016, pp. 32–33 (In Russ.)].
3. Логунов А.Т., Гришин В.И., Павлов Н.Б., Соколов Г.М. Современное состояние, тенденции и перспективы разработок отечественных наземных технических средств гипербарической медицинской помощи в системе медицинского обеспечения спасательных и водолажных работ // *Морская медицина*. 2015. Т. 1, № 1. С. 51–62. Logunov A.T., Grishin V.I., Pavlov N.B., Sokolov G.M. Sovremennoe sostoyanie, tendencii i perspektivy razrabotok otechestvennykh nazemnykh tekhnicheskikh sredstv giperbaricheskoy medicinskoj pomoshchi v sisteme medicinskogo obespecheniya spasetel'nyh i vodolaznyh rabot // *Morskaya medicina*. 2015. T. 1, № 1. S. 51–62. [Logunov A.T., Grishin V.I., Pavlov N.B., Sokolov G.M. The current state, trends and prospects of development of domestic ground-based technical means of hyperbaric medical care in the system of medical support for rescue and diving operations. *Marine medicine*, 2015, Vol. 1, No. 1, pp. 51–62 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 21.01.2022 г.

<sup>1</sup> Акционерное общество «Тетис Про» [Электронный ресурс]. <https://www.tetis-pro.ru/info/> (дата обращения: 27.12.2021).

**Авторский вклад в подготовку статьи:**

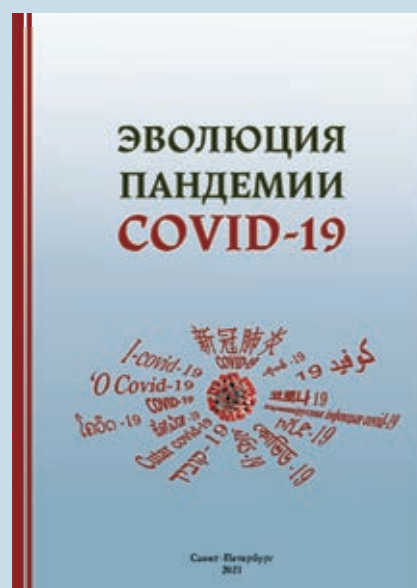
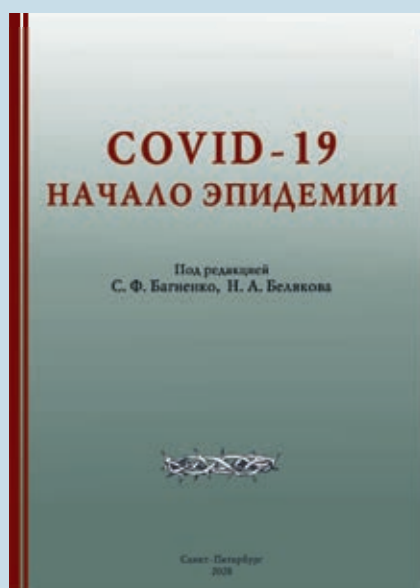
Вклад в концепцию и план исследования — О. К. Бумай. Вклад в сбор данных — Г. С. Торшин, С. В. Малинина. Вклад в анализ данных и выводы — О. К. Бумай, Г. С. Торшин. Вклад в подготовку рукописи — С. В. Малинина.

**Сведения об авторах:**

*Бумай Олег Константинович* — кандидат медицинских наук, доцент, заведующий лабораторией судовой и водолазной медицины федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства»; 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; e-mail: wmaotms@yandex.ru; ORCID 0000–0003–3150–9347; SPIN-код 6333–4209;

*Торшин Георгий Станиславович* — кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории судовой и водолазной медицины федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства»; 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; e-mail: gtorshin@yandex.ru; ORCID 0000–0001–9805–7221; SPIN-код 3022–7782;

*Малинина Снежана Владимировна* — кандидат педагогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории судовой и водолазной медицины федерального государственного бюджетного учреждения науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства»; 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; e-mail: malinina.s.v@mail.ru; ORCID 0000–0002–4922–1176; SPIN-код 5112–5654.



Монографии подготовлены в виде избранных лекций по отдельным направлениям как информационно-аналитическое издание для непрерывного медицинского образования с использованием первого клинического опыта. На основании анализа публикаций ведущих клиник и лабораторий, работающих в области изучения новой коронавирусной инфекции COVID-19, освещены природа вируса, патогенез и клинические проявления заболевания. Дан анализ применяемых методов лечения и профилактики. Введены элементы анализа течения инфекции в различных регионах и странах мира, представлено осмысление авторами эпидемического процесса и организации помощи больным. В ряду диагностических методов описаны клинические, лабораторные и инструментальные, включая молекулярно-биологические, биохимические, радиологические исследования возможных изменений. Уделено особое внимание иммунной системе и органам пищеварения при COVID-19. Издания подготовлены для врачей и клинических ординаторов различного профиля, работающих в период развития эпидемии коронавирусной инфекции, аспирантов и студентов медицинских вузов.

Готовится к выпуску в первом квартале 2022 г. третья монография «**Последствия пандемии COVID-19**».

**По вопросам приобретения обращаться в издательство  
Балтийского медицинского образовательного центра  
<https://bmoc-spb.ru/izdat/>, тел.: (812) 956-92-55**

## МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЙ ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО ОБМЕНА ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ ГИПЕРБАРИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ КОРРЕКЦИИ

<sup>1</sup>Д. П. Зверев, <sup>1</sup>А. Ю. Шитов\*, <sup>1</sup>А. Н. Андрусенко, <sup>1</sup>В. И. Чернов, <sup>1</sup>З. М. Исрафилов,  
<sup>1</sup>И. Р. Кленков, <sup>2</sup>Л. Н. Воробьева

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

<sup>2</sup>Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

*Цель работы:* с помощью пероральных нагрузочных почечных проб выявить механизмы изменений функций почек и водно-электролитного обмена у водолазов с разной исходной устойчивостью к неблагоприятным факторам гипербарии.

*Материалы и методы.* Проведено обследование 44 мужчин. У всех испытуемых оценивалась исходная устойчивость к неблагоприятным факторам гипербарии. Для определения состояния функций почек были проведены пероральные нагрузочные почечные пробы в условиях влияния гипоксии, гипероксии, токсических концентраций азота и декомпрессионного газообразования.

*Результаты и их обсуждение.* Изменения функций почек и водно-электролитного обмена, происходящие при действии факторов гипербарии во многом определяются гормональными механизмами, реализуемыми посредством ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС). При действии гипоксии, гипероксии, токсических концентраций азота и декомпрессионного газообразования на неустойчивых испытуемых вектор изменений деятельности РААС будет в основном направлен в сторону увеличения секреции антидиуретического гормона и альдостерона.

**Ключевые слова:** морская медицина, водолаз, гипоксия, токсическое действие азота, токсическое действие кислорода, декомпрессионная болезнь, почечные пробы, водно-электролитный обмен

\*Контакт: Шитов Арсений Юрьевич, [arseniyshitov@mail.ru](mailto:arseniyshitov@mail.ru)

## MECHANISMS OF VIOLATIONS OF WATER-ELECTROLYTE METABOLISM UNDER THE INFLUENCE OF UNFAVORABLE FACTORS OF HYPERBARIA AND PROMISING POSSIBILITIES OF THEIR CORRECTION

<sup>1</sup>Dmitry P. Zverev, <sup>1</sup>Arseny Yu. Shitov\*, <sup>1</sup>Andrey N. Andrusenko, <sup>1</sup>Vasily I. Chernov,  
<sup>1</sup>Zagir M. Israfilov, <sup>1</sup>Ilyas R. Klenkov, <sup>2</sup>Larisa N. Vorobyova

<sup>1</sup>S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

*The purpose of the work:* to identify the mechanisms of changes in kidney function and water-electrolyte metabolism in divers with different initial resistance to adverse factors of hyperbaria using oral stress renal tests.

*Materials and methods.* 44 men were examined. Initial resistance to adverse factors of hyperbaria was assessed in all subjects. To determine the state of kidney function, oral stress renal tests were performed under the influence of hypoxia, hyperoxia, toxic nitrogen concentrations and decompression gas formation.

*Results and their discussion.* Changes in kidney function and water-electrolyte metabolism occurring under the action of hyperbaria factors are largely determined by hormonal mechanisms implemented through the renin — angiotensin-aldosterone system (RAAS). Under the action of hypoxia, hyperoxia, toxic nitrogen concentrations and decompression gas formation on unstable subjects, the vector of changes in the activity of RAAS will mainly be directed towards increasing the secretion of antidiuretic hormone and aldosterone.

**Key words:** marine medicine, diver, hypoxia, toxic effect of nitrogen, toxic effect of oxygen, decompression sickness, renal tests, water-electrolyte metabolism

\*Contact: Shitov Arseniy Yurievich, [arseniyshitov@mail.ru](mailto:arseniyshitov@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Зверев Д.П., Шитов А.Ю., Андрусенко А.Н., Чернов В.И., Исрафилов З.М., Кленков И.Р., Воробьева Л.Н. Механизмы нарушений водно-электролитного обмена при действии неблагоприятных факторов гипербарии и перспективные возможности их коррекции // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 74–82, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-74-82>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Zverev D.P., Shitov A.Yu., Andrusenko A.N., Chernov V.I., Israfilov Z.M., Klenkov I.R., Vorobyov L.N. Mechanisms of violations of water-electrolyte metabolism under the influence of unfavorable factors of hyperbaria and promising possibilities of their correction // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 74–82, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-74-82>.

**Введение.** При освоении человеком глубин мирового океана, воздушного и космического пространства наибольший практический интерес представляет влияние на организм комплекса факторов, в котором сочетаются действия измененного давления газовой среды и его перепадов, парциальных давлений газов, а также процессы, происходящие в организме вследствие нарушения газового равновесия со средой. Все эти факторы предъявляют повышенные требования к системам организма и способны изменять их деятельность. Это в первую очередь относится к кровообращению и дыханию, которые находятся под влиянием систем, регулирующих гомеостазис. Среди последних важную роль играет деятельность выделительной системы и состояния водно-электролитного обмена [1, с. 129–130; 2, с. 43–44; 3, с. 136–138].

Водно-электролитный обмен является основным видом обмена и составной частью гомеостазиса, отражающего общее состояние организма и обеспечивающего оптимальные условия течения обмена веществ. Изменения этого вида обмена, наступающие под воздействием пребывания организма в условиях измененной газовой среды представляют интерес с точки зрения оценки выраженности расстройств функций как отдельных органов и их систем, так и организма в целом [4, с. 21–24].

В космической медицине интерес к исследованию водно-электролитного обмена связан, в первую очередь, с действием невесомости, проявляющемся в перераспределении жидких сред организма, развитии дегидратации, сопровождающемся увеличенным выведением почками жидкости и осмотически активных веществ. При пребывании в гипербарической среде многими исследователями отмечены похожие изменения гидратации тканей организма, проявляющиеся развитием отрицатель-

ного водного баланса и дегидратацией различных тканей [5, с. 46–53; 6, с. 6–10; 7, с. 20–21].

Потеря воды и её перераспределение в организме может приводить к гипогидратации и гемоконцентрации, что, по нашему мнению, не только неблагоприятно сказывается на состоянии гомеостазиса, но и может служить предпосылкой к росту специфической заболеваемости водолазов. Выход из строя систем жизнеобеспечения летательных и подводных аппаратов, космических скафандров и водолазного снаряжения изменяет состав дыхательной газовой смеси, что также может оказывать существенное влияние на водно-электролитный обмен и функции почек, а следовательно и на функциональное состояние организма человека [8, с. 108–109].

Перечисленные изменения водно-электролитного обмена могут быть следствием как поражения многих органов и систем организма, так и того, что возникновение гипогидратации, перераспределения жидких сред и электролитов является пусковым механизмом развивающейся адаптации организма к действию факторов водолазного труда. Учитывая последнее, можно предположить, что состояние водно-электролитного обмена и функционирование выделительной системы будет отражать устойчивость организма ко многим неблагоприятным факторам гипербарии. Следовательно, необходимо исследование роли почек и систем их регуляции (в первую очередь гормональных) в условиях действия на организм водолазов неблагоприятных факторов подводного погружения. Это требуется для выбора путей профилактики нарушений водно-электролитного обмена и, что особенно важно, для отбора лиц, быстро адаптирующихся и имеющих высокую устойчивость к этим неблагоприятным факторам.

В водолазной медицине есть единичные исследования, посвященные проблеме исследования механизмов регуляции и, что особенно важно, коррекции водно-электролитного обмена и связанной с ним деятельности почек при нахождении в условиях измененного давления газовой и водной среды.

При этом выделительная система является одной из систем, ответственных за выведение растворенных в организме газов. В имеющейся литературе недостаточно данных, отражающих участие выделительной системы в схемах патогенеза водолазных заболеваний. Во многом это связано с методическими трудностями, невозможностью исследователей находиться рядом с испытуемыми и проведением большого числа модельных экспериментов (в том числе на животных).

Проведенные ранее исследования показали, что для оценки функций выделительной системы и связанного с ними водно-электролитного обмена возможно проведение простых нагрузочных, функциональных проб, оценивающих, в том числе и резервные возможности выделительной системы. Арсенал данных проб в настоящее время достаточно широк, в то же время они не нашли широкого применения в водолазной медицине, хотя в клинической, а также авиационной и космической медицине существует большое количество подобных исследований [6, с. 6–12].

Именно поэтому в настоящее время в водолазной медицине актуальна задача разработки способов исследования и воздействия на водно-электролитный обмен, основанных на выявлении патогенетических, гормональных механизмов расстройств, привлечении медикаментозных средств и безмедикаментозном воздействии на ткани организма с целью снижения вероятности неблагоприятных изменений, возникающих при влиянии на человека факторов подводных погружений. В более ранних работах нами было показано, что общая регуляция водно-электролитного обмена в условиях гипербарии осуществляется нейрогуморальными механизмами [9, с. 53–54].

Иницилирующими сигналами дисбаланса в обмене электролитов и воды являются изменения объема и (или) осмолярности внеклеточной жидкости, приводящие к раздражению осморцепторов. Гуморальными эффекторами реакции центральной нервной системы на сигнал с осморцепторов и (или) соответствующих

барорецепторов в большинстве случаев являются вазопрессин (антидиуретический гормон) и альдостерон. Все это явилось основанием для проведения исследований влияния неблагоприятных факторов водолазного спуска на регуляцию и состояние водно-электролитного обмена человека.

**Цель исследования:** определить патогенетические механизмы изменений, возникающих в водно-электролитном обмене и функциях почек водолазов при действии гипоксии, гипероксии, токсических концентраций азота и декомпрессионном газообразовании.

**Материалы и методы.** Обследовано 44 мужчины в возрасте 19–23 лет, признанных годными к водолажным спускам по состоянию здоровья. Всего проведено пять серий исследований. В первой серии исследований у всех испытуемых определяли исходную устойчивость к декомпрессионному газообразованию, гипоксической гипоксии, токсическому действию кислорода по стандартным методикам, принятым в водолазной медицине [10, с. 208–212].

Изменения водно-электролитного обмена, функций почек у испытуемых определяли путем оценки данных, полученных в четырех последующих сериях исследований с помощью разработанных нами пероральных нагрузочных почечных проб [11, с. 63–64].

При оценке влияния на функции почек декомпрессионного газообразования, токсического действия азота и кислорода пероральные нагрузочные почечные пробы проводили во время нахождения в барокамере, а при действии гипоксической гипоксии — сразу после окончания дыхания 10% кислородно-азотной смесью.

Целью второй серии было определение индекса функциональной активности почек (ИФАП), индекса волюморегулирующей активности почек (ИВАП), индекса калийуретической активности почек (ИКАП), индекса кальцийуретической функции почек (ИКФП) после соответствующих пероральных водно-солевых нагрузок в условиях возникновения декомпрессионного газообразования различной интенсивности. В третьей серии исследований определяли вышеуказанные показатели в условиях гипоксической гипоксии, в четвертой серии — при действии гипероксии, а в пятой серии — при действии на организм токсических концентраций азота при дыхании воздухом под давлением 0,8 МПа.

При анализе полученных данных решались такие задачи, как описание исследуемых параметров в группах и оценка значимости различия количественных показателей. В ходе исследования применяли корреляционный анализ. Для статистического анализа использовались пакеты прикладных программ Statistica for Windows 10.0. Достоверность различий средних значений независимых выборок при нормальном распределении оценивали по параметрическому критерию Стьюдента. Нормальный тип распределения выборок подтверждался с помощью теста Шапиро–Уилка. В остальных случаях применяли непараметрический критерий Манна–Уитни. Критический уровень значимости при проведении исследований был равен 0,05.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований было выявлено, что устойчивость к декомпрессионному газообразованию имеет сильную прямую корреляционную взаимосвязь с ИВАП и связи средней силы с ИКАП, ИФАП и ИКФП [14, с. 87–90]. Устойчивость к токсическому действию кислорода имеет сильную прямую корреляционную взаимосвязь с ИФАП и связи средней силы с ИВАП и ИКФП [17, с. 70–72]. Устойчивость к токсическому действию азота имеет прямые взаимосвязи средней силы с ИФАП и ИВАП и слабые прямые взаимосвязи с ИКАП и ИКФП [9, с. 54–61]. Устойчивость к гипоксической гипоксии имеет сильную прямую связь с ИКАП, связь средней силы с ИКФП и слабые связи с ИФАП и ИВАП [11, с. 64–65].

Наличие сильной взаимосвязи устойчивости к декомпрессионному газообразованию и токсическому действию азота с ИВАП может быть обусловлено тем, что нагрузка NaCl в данном случае указывает на снижение почечного функционального резерва за счет уменьшения клубочковой фильтрации у испытуемых, неустойчивых к этим факторам гипербарии. Известно, что при гиперосмотических нагрузках происходит увеличение скорости клубочковой фильтрации, повышение количества и осмолярности выделяемой мочи. В последние годы значительную роль в этих механизмах отводят оксиду азота, который способствует вазодилатации афферентной артериолы клубочка [12, с. 45–46].

Однако у испытуемых, неустойчивых к декомпрессионному газообразованию и токсическому действию азота наблюдается обратная

реакция, заключающаяся в снижении количества выделяемой мочи и ее осмолярности, проявляющаяся снижением ИВАП. Это может быть обусловлено нарушением (или торможением) продукции эндогенного оксида азота, который на уровне почечной микроциркуляции обеспечивает повышение гломерулярного кровотока [13, с. 74–75; 14, с. 86–89].

Сильная прямая взаимосвязь ИФАП с устойчивостью к токсическому действию кислорода указывает на общность физиологических механизмов, лежащих в основе полиурической реакции почек здорового организма, возникающей при гипероксии или пероральном введении повышенного количества воды. В настоящее время постулируется тезис о «диурезе давления» как одном из наиболее филогенетически древних механизмов адаптации организма к гипероксии, направленном на избавление его от избытка кислорода [15, с. 128–140]. Известно, что гипероксия увеличивает проницаемость гистогематического барьера, а следовательно, она будет усиливать диффузию осмотически активных веществ и воды через капиллярную стенку в интерстиций. Это, в свою очередь, вызовет раздражение периферических осморорецепторов, импульсы от которых достигнут нейронов заднего гипоталамуса, вызывая их возбуждение [16, с. 1432–1434; 17, с. 69–72].

Таким образом, у лиц, неустойчивых к токсическому действию кислорода, снижение ИФАП будет указывать на несовершенство механизмов осморорецепции (извращение работы  $\alpha$ -адренорецепторов сосудов) или, что более вероятно, на возникновение под действием больших доз кислорода патологических очагов возбуждения в нейронах заднего гипоталамуса. Эти очаги будут стимулировать секрецию ренина, который, в свою очередь, повысит секрецию альдостерона. Под действием альдостерона будет происходить задержка в организме хлоридов, воды и натрия, а также усиленное выделение с мочой калия и аммония. В результате будет увеличиваться объем циркулирующей крови и формироваться алкалоз. Вероятно, именно этим механизмом объясняется быстрый рост минутного объема кровообращения у испытуемых, неустойчивых к токсическому действию кислорода.

Проведение нагрузочных пероральных почечных проб с калия хлоридом и лактатом кальция показало, что у лиц, неустойчивых к гипоксической гипоксии, происходит замедление выведения калия и кальция с мочой.

Известно, что способность клеток удерживать калий напрямую связана с тренированностью мышц, ведь они являются его основным депо [15, с. 134–145]. При недостаточной тренированности мышц снижается способность мышечных клеток удерживать калий. Поэтому у нетренированных испытуемых, имевших в исходном состоянии недостаток калия в депо, нагрузка данным катионом приводит к постепенному поступлению катиона в мышечные клетки и, соответственно, к замедлению его выведения с мочой. Почечная экскреция калия может быть представлена как результат трех процессов: клубочковой фильтрации, канальцевой реабсорбции и канальцевой секреции. Нарушение или несостоятельность одного из этих процессов, по всей видимости, имеют место у лиц с низкой устойчивостью к гипоксической гипоксии. Подтверждают это и данные исследований, указывающие на снижение скорости выведения калия при нагрузке калия хлоридом у детей (до 10–11-летнего возраста) и животных раннего возраста с недостаточной сформированностью физиологических механизмов гомеостатической регуляции экскреции калия [18, с. 319–321; 19, с. 50–51].

Возможно, причинами пониженного выведения калия при нагрузочной пробе у лиц, имеющих низкую и среднюю устойчивость к гипоксической гипоксии, является как снижение гломерулярной фильтрации, так и скрытая неполноценность гормональных механизмов регуляции обмена этого катиона (скрытый гипотальдостеронизм или гипокортицизм). Так, при гипотальдостеронизме происходит нарушение экскреции калия почками из-за нарушения обмена натрия на калий в дистальных отделах почечных канальцев. Кроме того, пониженное выведение калия из организма водолазов, неустойчивых к гипоксической гипоксии, при нагрузочных пробах может говорить о выработке у таких испытуемых антагонистов альдостерона или сниженном запасе натрия в организме. Наличие сильной прямой взаимосвязи между ИКАП и устойчивостью к гипоксической гипоксии косвенно подтверждает связь между общей физической тренированностью человека и устойчивостью к этому неблагоприятному фактору гипербарии [20, с. 16–18].

Замедление экскреции кальция при пероральной нагрузке лактатом кальция у лиц, неустойчивых к гипоксической гипоксии, указывает либо на нарушение его транспорта в ка-

нальцах нефронов, либо на особенности всасывания кальция в кишечнике и существование гепато-энтерального круговорота при его поступлении в желудочно-кишечный тракт. В то же время можно предположить, что снижение тубулярной реабсорбции и усиление выведения кальция после нагрузки у лиц, устойчивых к гипоксической гипоксии, связано с повышением секреции тирокальцитонина. В свою очередь, увеличение выработки тирокальцитонина с высокой вероятностью обусловлено стимуляцией гастрина в пищеварительном тракте или повышением уровня ионизированного кальция в крови у испытуемых, имевших высокую устойчивость к гипоксической гипоксии.

В результате проведенных исследований показано, что пребывание человека в условиях гипербарии может способствовать формированию иного гидратационного статуса организма, что, вероятно, помогает адаптироваться к необычным условиям жизнедеятельности. Основой этих реакций является уменьшение объема внеклеточной и внутрисосудистой жидкости. Однако измененная гидратация, обеспечивающая приспособление к действию повышенного давления газовой среды, может снижать устойчивость организма к неблагоприятным факторам гипербарии и приводить к неблагоприятным изменениям в деятельности сердечно-сосудистой системы в нормобарических условиях. Если изменения водно-электролитного баланса являются адаптационными, то по их выраженности можно судить об адаптированности каждого конкретного человека к гипербарии. В этом случае использование средств и методов, вызывающих незначительную гипогидратацию на протяжении некоторого периода перед спуском, будет полезно с точки зрения ускорения естественного адаптационного процесса к факторам водолазного труда.

В основе изменений водно-электролитного баланса организма при погружениях под воду может лежать влияние дыхательной газовой смеси на дыхательную систему и перемещение крови в краниальном направлении. Следствием этого является увеличение центрального и сосудистого объемов крови. Увеличение центрального объема крови приводит к включению срочных приспособительных механизмов (нейронных, гуморальных и прямых гидравлических). Эти механизмы способствуют удалению из организма «мнимого» избытка жидкости, что реализуется в снижении концентрации



АДГ и альдостерона и проявляется в увеличении выделения мочи и ряда ионов почками.

При возвращении к земным условиям обитания (нормобарии), часть крови вновь оттекает к нижней половине тела, следствием чего может стать несоответствие ёмкости сосудистого русла ОЦК. Если данное предположение справедливо, то оно может стать основой разработки целой группы методик, заключающихся в восполнении сосудистого русла на завершающем этапе погружения и после спусков под воду, а также методик, позволяющих за счет воздействия на сосуды нижней половины тела добиться соответствия их объема тому количеству крови, который в них поступает. Кроме того, при использовании методик «тренирующих» — воздействующих на сосуды нижних конечностей (например, с помощью создания отрицательного давления над нижней частью тела), можно добиться быстрой адаптации человека к воздействию повышенного давления газовой смеси на дыхательную систему.

Дальнейшее исследование применения таких проб в водолазной медицине может служить основой использования их результатов в качестве критерия физиологического отбора водолазов. Кроме того, использование различных нагрузочных почечных проб может стать основой разработки различных солевых добавок, применение которых в будущем трансформируется в один из методов патогенетической коррекции уровня гидратации организма и профилактики неблагоприятных изменений водно-электролитного обмена у водолазов. Как следствие использование таких солевых доба-

вок открывает новые возможности в профилактике водолазных заболеваний.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что из всех факторов, обуславливающих специфичность водолазного труда, наибольшее значение имеют факторы повышенного давления, определяемые свойствами газовой и водной сред [9, с. 54–61; 11, с. 64–65; 14, с. 87–90; 17, с. 70–72]. Такими факторами являются величина и перепады общего и гидростатического давления, а также парциальные давления газов, входящих в состав дыхательных смесей.

Изменения функций почек и водно-электролитного обмена, происходящие при действии факторов гипербарии, во многом определяются гормональными механизмами, реализуемыми посредством ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) [9, с. 52–54]. При действии различных факторов гипербарии на неустойчивых испытуемых вектор изменений деятельности РААС будет в основном направлен в сторону увеличения секреции антидиуретического гормона и альдостерона.

Таким образом, нарушения водно-электролитного обмена при действии многочисленных факторов водолазного погружения затрагивают общие патогенетические механизмы, реализованные посредством влияния на РААС. Поэтому исследование работы РААС в таких условиях актуально с точки зрения выработки общих рекомендаций по профилактике и лечению большинства водолазных заболеваний, а также оптимальной организации медицинского обеспечения водолазных спусков.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Быков В.Н., Ветряков О.В., Цыган В.Н., Халимов Ю.Ш., Анохин А.Г., Фатеев И.В., Калтыгин М.В., Толстой О.А. Оценка устойчивости военнослужащих к гипоксии на фоне гипобарии и высокой физической активности // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2017. № 3 (59). С. 129–133. Bykov V.N., Vetryakov O.V., Cygan V.N., Halimov Yu.Sh., Anohin A.G., Fateev I.V., Kaltygin M.V., Tolstoj O.A. Ocenka ustojchivosti voennosluzhashchih k gipoksii na fone gipobarii i vysokoj fizicheskoj aktivnosti // *Vestnik Rossijskoj Voенно-medicinskoj akademii*. 2017. № 3 (59). S. 129–133 [Bykov V.N., Vetryakov O.V., Tsygan V.N., Khalimov Yu.Sh., Anokhin A.G., Fateev I.V., Kaltygin M.V., Tolstoy O.A. Assessment of military personnel tolerance to hypoxia on the background of hypobaria and high physical activity. *Bulletin of the Russian Military medical academy*, 2017, No. 3 (59), pp. 129–133 (In Russ.)].
2. Благинин А.А., Жильцова И.И., Емельянов Ю.А. Вопросы декомпрессионной безопасности летного состава // *Военно-медицинский журнал*. 2017. Т. 338, № 7э С. 42–45. Blaginin A.A., Zhil'cova I.I., Emel'yanov Yu.A. Voprosy dekompressionnoj bezopasnosti lyotnogo sostava // *Voенно-medicinskij zhurnal*. 2017. Т. 338, No. 7. S. 42–45. [Blaginin A.A., Zhiltsova I.I., Emelyanov Yu.A. Flight crew decompression safety issues. *Military Medical Journal*, 2017, Vol. 338, No 7, pp. 42–45 (In Russ.)].
3. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д. Физиологические эффекты действия невесомости на человека в условиях космического полета // *Физиология человека*. 1997. Т. 23, № 2. С. 138–146. Gazenko O.G., Grigor'ev A.I., Egorov A.D.

- Fiziologicheskie efekty dejstviya nevesomosti na cheloveka v usloviyah kosmicheskogo polyota // *Fiziologiya cheloveka*. 1997. T. 23, № 2. S. 138–146. [Gazenko O.G., Grigoriev A.I., Egorov A.D. Physiological effects of weightlessness on humans in space flight. *Human Physiology*, 1997, Vol. 23, No 2, pp. 138–146 (In Russ.)].
4. Карпищенко А.И., Антонов В.Г. *Лабораторно-диагностическая оценка водно-электролитного обмена*. СПб.: ВМедА, 1996. 58 с. Karpishchenko A.I., Antonov V.G. *Laboratorno-diagnosticheskaya ocenka vodno-elektrolitnogo obmena*. SPb.: VMedA, 1996. 58 s. [Karpishchenko A.I., Antonov V.G. Laboratory-diagnostic assessment of water-electrolyte metabolism. St. Petersburg: *Military Medical Academy*, 1996, 58 p. (In Russ.)].
  5. Довгуша В.В., Следков А.Ю. Индифферентные газы, рецепция и наркоз. СПб.: Пресс-Сервис, 2006. 102 с. Dovgusha V.V., Sledkov A.Yu. *Indifferentnye gazy, recepciya i narkoz*. SPb.: Press-Servis, 2006. 102 s. [Dovgusha V.V., Sledkov A.Yu. *Indifferent gases, reception and anesthesia*. St. Petersburg: Publishing house Press-Service, 2006. 102 p. (In Russ.)].
  6. 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. Grigor'ev A.I., Larina I.M., Noskov V.B. *Vliyanie kosmicheskikh polyotov na sostoyanie i regulyaciyu vodno-elektrolitnogo obmena* // *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova*. 2006. T. 92, № 1. S. 5–17. [Grigoriev A.I., Larina I.M., Noskov V.B. The influence of space flights on water-electrolytes turnover and its regulation. *Russian Physiological Journal*, 2006, Vol. 92, No 1, pp. 5–17 (In Russ.)].
  7. Носков В.Б. Коррекция уровня гидратации организма на различных этапах космического полета // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2003. Т. 37, № 2. С. 19–22. Noskov V.B. *Korrekcija urovnya gidratacii organizma na razlichnyh etapah kosmicheskogo poleta* // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina*. 2003. T. 37, № 2. S. 19–22. [Noskov V.B. Correction of the level of hydration of the body at different stages of space flight. *Aviation and Space and Environmental Medicine*, 2003, Vol. 37, No. 2, pp. 19–22 (In Russ.)].
  8. Носков В.Б., Лобачик В.И., Чепуштанов С.А. Объем внеклеточной жидкости при действии факторов длительного космического полета // *Физиология человека*. 2000. Т. 26, № 5. С. 106–110. Noskov V.B., Lobachik V.I., Chepushtanov S.A. *Obъom vnekletochnoj zhidkosti pri dejstvii faktorov dlitel'nogo kosmicheskogo polyota* // *Fiziologiya cheloveka*. 2000. T. 26, № 5. S. 106–110. [Noskov V.B., Lobachik V.I., Chepushtanov S.A. The volume of extracellular fluid under the action of factors of prolonged space flight. *Human Physiology*. 2000, Vol. 26, No. 5, pp. 106–110 (In Russ.)].
  9. Зверев Д.П., Мясников А.А., Шитов А. Ю., Чернов В.И., Андрусенко А.Н., Кленков И.Р., Исрафилов З.М. Гормональные механизмы регуляции водно-электролитного обмена у водолазов // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2021. Т. 40, № S2. С. 51–56. Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A.Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. *Gormonal'nye mekhanizmy regulyacii vodno-elektrolitnogo obmena u vodolazov* // *Izvestiya Rossijskoj Voenno-medicinskoj akademii*. 2021. T. 40, № S2. S. 51–56. [Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A. Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. Hormonal mechanisms of regulation of water-electrolyte exchange of divers. *Proceedings of the Russian Academy of Military Medicine*, 2021, Vol. 40, No. S2, pp. 51–61 (In Russ.)].
  10. Семенов В.Н., Иванов И.В. Функциональные тесты для профессионального отбора водолазов и кессонщиков // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2019, Т. 38, № 3. С. 207–216. Semencov V.N., Ivanov I.V. *Funkcional'nye testy dlya professional'nogo otbora vodolazov i kessonshchikov* // *Izvestiya Rossijskoj Voenno-medicinskoj akademii*. 2019. T. 38, № 3. S. 207–216. [Sementsov V.N., Ivanov I.V. Functional tests for professional screening of divers and caissons. *Proceedings of the Russian Academy of Military Medicine*, 2019, Vol. 38, No 3, pp. 207–216 (In Russ.)].
  11. Зверев Д.П., Мясников А.А., Шитов А. Ю., Чернов В.И., Андрусенко А.Н., Кленков И.Р., Исрафилов З.М. Исследование водно-электролитного обмена и функций почек у водолазов в гипербарических условиях с помощью пероральных нагрузочных проб // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2021. Т. 40, № S2. С. 62–67. Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A. Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. *Issledovanie vodno-elektrolitnogo obmena i funkcij pochek u vodolazov v giperbaricheskikh usloviyah s pomoshch'yu peroral'nyh nagruzochnyh prob* // *Izvestiya Rossijskoj Voenno-medicinskoj akademii*. 2021. T. 40, № S2. S. 62–67. [Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A. Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. Research of water-electrolytic exchange and kidney functions of divers under hyperbaric conditions using peroral load samples. *Proceedings of the Russian Academy of Military Medicine*, 2021, Vol. 40, No. S2, pp. 62–67 (In Russ.)].
  12. Гоженко А.И., Доломатов С.И., Шумилова П.А., Топор Е.А., Пятенко В.А., Бад'ин И.Ю. Влияние осмотических нагрузок на функциональное состояние почек здоровых людей // *Нефрология*. 2004, Т. 8, № 2, С. 44–48. Gozhenko A.I., Dolomatov S.I., Shumilova P.A., Topor E.A., Pyatenko V.A., Badiin I.Yu. *Vliyanie osmoticheskikh nagruzok na funkciono'e sostoyanie pochek zdorovykh lyudej* // *Nefrologiya*. 2004, T. 8, № 2, S. 44–48. [Gozhenko A.I., Dolomatov S.I., Shumilova P.A., Topor E.A., Pyatenko V.A., Badiin I.Yu. Effects of osmotic loads on the functional state of the kidneys in healthy volunteers. *Nephrology*, 2004, Vol. 8, No 2, pp. 44–48 (In Russ.)].

13. Гоженко А.И., Слученко А.Н. Функциональное состояние почек в условиях водной и солевой нагрузок при беременности у крыс на фоне сулемовой нефропатии // *Нефрология*. 2006. Т. 10, № 1. С. 72–76. Gozhenko A.I., Sluchenko A.N. Funkcional'noe sostoyanie pochetk v usloviyah vodnoj i solevoj nagruzok pri beremennosti u kryss na fone sulemovoj nefropatii // *Nefrologiya*. 2006. T. 10, № 1. S. 72–76. [Gozhenko A.I., Sluchenko A.N. The functional state of the kidneys under conditions of water and salt loads during pregnancy in rats against the background of sublimate nephropathy. *Nephrology*, 2006, Vol. 10, No. 1, pp. 72–76 (In Russ.)].
14. Зверев Д.П., Мясников А.А., Шитов А.Ю., Чернов В.И., Андрусенко А.Н., Кленков И.Р., Исрафилов З.М. Функционирование выделительной системы у водолазов в условиях декомпрессионного газообразования // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2021. Т. 40, № S2. С. 85–92. Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A.Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. Funkcionirovanie vydelitel'noj sistemy u vodolazov v usloviyah dekompressionnogo gazoobrazovaniya // *Izvestiya Rossijskoj VoЕННО-медицинской академии*. 2021. T. 40, № S2. S. 85–92. [Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A. Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. Functioning of the extraction system of divers under the conditions of decompression gas formation. *Proceedings of the Russian Academy of Military Medicine*, 2021, Vol. 40, No. S2, pp. 85–92 (In Russ.)].
15. Молчанов Д.В. *Почки при гипероксии*. М.: БИНОМ, 2015. 160 с. Molchanov D.V. *Pochki pri giperoksii*. M.: BINOM, 2015. 160 s. [Molchanov D.V. *Kidneys with hyperoxia*. Moscow: Publishing house BINOM, 2015. 160 p. (In Russ.)].
16. Финкинштейн Я.Д., Айзман Р.И., Тернер А.Я., Пантюхин И.В. Рефлекторный механизм регуляции калиевого гомеостаза // *Физиологический журнал СССР*. 1973. Т. 59, № 9. С. 1429–1436. Finkinshtejn Ya.D., Ajzman R.I., Terner A.Ya., Pantyuhin I.V. Reflektornyj mekhanizm regulyacii kalievogo gomeostaza // *Fiziologicheskij zhurnal SSSR*. 1973. T. 59, № 9. S. 1429–1436. [Finkinshtejn Ya.D., Aizman R.I., Terner A.Ya., Pantyukhin I.V. The reflex mechanism of the potassium homeostasis regulation. *Physiological journal of the USSR*, 1973, Vol. 59, No 9, pp. 1429–1436 (In Russ.)].
17. Зверев Д.П., Мясников А.А., Шитов А. Ю., Чернов В.И., Андрусенко А.Н., Кленков И.Р., Исрафилов З.М. Исследование функций выделительной системы у водолазов в условиях токсического действия кислорода // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2021. Т. 40, № S2. С. 68–73. Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A.Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. Issledovanie funkcij vydelitel'noj sistemy u vodolazov v usloviyah toksicheskogo dejstviya kisloroda // *Izvestiya Rossijskoj VoЕННО-медицинской академии*. 2021. T. 40, № S2. S. 68–73. [Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A. Yu., Chernov V.I., Andrusenko A.N., Klenkov I.R., Israfilov Z.M. Research of the functions of the extractive system of divers under the conditions of toxic action of oxygen. *Proceedings of the Russian Academy of Military Medicine*, 2021, Vol. 40, No. S2, pp. 68–73 (In Russ.)].
18. Айзман Р.И. Регуляция гомеостаза калия: возрастные особенности // *Нефрология и диализ*. 2001. Т. 3, № 3. С. 318–325. Ajzman R.I. Regulyaciya gomeostaza kaliya: vozrastnye osobennosti // *Nefrologiya i dializ*. 2001, T. 3, № 3. S. 318–325. [Ajzman R.I. Regulation of potassium homeostasis: age characteristics. *Nephrology and dialysis*, 2001, Vol. 3, No. 3, pp. 318–325 (In Russ.)].
19. Зарубина И.В. Молекулярные механизмы индивидуальной устойчивости к гипоксии // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2005. Т. 4, № 1. С. 49–51. Zarubina I.V. Molekulyarnye mekhanizmy individual'noj ustojchivosti k gipoksii // *Obzory po klinicheskoj farmakologii i lekarstvennoj terapii*. 2005. T. 4, № 1. S. 49–51. [Zarubina I.V. Molecular mechanisms of individual resistance to hypoxia. *Reviews on clinical pharmacology and drug therapy*, 2005, Vol. 4, No 1, pp. 49–51 (In Russ.)].
20. Григорьев А.И., Носков В.В. Функциональная проба с хлористым калием после длительных космических полетов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1997. № 5. С. 15–19. Grigor'ev A.I., Noskov V.B. Funkcional'naya proba s hloristym kaliem posle dlitel'nyh kosmicheskikh poletov // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina*. 1997. № 5. S. 15–19. [Grigoriev A.I., Noskov V.B. Functional test with potassium chloride after prolonged space flights. *Aviation and environmental medicine*, 1997, No. 5, pp. 15–19 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.12.2021 г.

#### Вклад авторов в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — А. Ю. Шитов, Д. П. Зверев, Л. Н. Воробьева, А. Н. Андрусенко, В. И. Чернов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков. Вклад в сбор данных — Д. П. Зверев, А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко, Л. Н. Воробьева, В. И. Чернов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков. Вклад в анализ данных и выводы — А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко, Д. П. Зверев, Л. Н. Воробьева, В. И. Чернов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков. Вклад в подготовку рукописи — А. Ю. Шитов, Д. П. Зверев, Л. Н. Воробьева, А. Н. Андрусенко, В. И. Чернов, З. М. Исрафилов, И. Р. Кленков.

#### Сведения об авторах:

Зверев Дмитрий Павлович — кандидат медицинских наук, доцент, начальник кафедры (физиологии подводного плавания) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-ме-

дицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: z.d.p@mail.ru; ORCID 0000-0003-3333-6769; SPIN 7570-9568;

*Шитов Арсений Юрьевич* — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры (физиологии подводного плавания) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: arseniyshitov@mail.ru; ORCID 0000-0002-5716-0932; SPIN 7390-1240; WoS O-3730-2017;

*Андрусенко Андрей Николаевич* — кандидат медицинских наук, старший преподаватель кафедры (физиологии подводного плавания) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: an.a.an@mail.ru; ORCID 0000-0001-7393-6000; SPIN 6772-4452;

*Чернов Василий Иванович* — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры (физиологии подводного плавания) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: chernov\_61@mail.ru; ORCID 0000-0002-8494-1929; SPIN 4767-4001;

*Исрафилов Загир Маллараджабович* — адъюнкт федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: warag05@mail.ru; ORCID 0000-0002-3524-7412; SPIN 1619-6621;

*Кленков Ильяс Рифатьевич* — преподаватель кафедры (физиологии подводного плавания) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: fu-gazik@mail.ru; ORCID 0000-0002-1465-1539; SPIN 9827-8535;

*Воробьева Лариса Николаевна* — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8; e-mail: vorobuevaln@mail.ru.

## УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА К ТРАНЗИТОРНОЙ ГИПОКСИИ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ПРЕБЫВАНИИ В НОРМОБАРИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ СРЕДАХ, ПОВЫШАЮЩИХ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ ОБИТАЕМЫХ ГЕРМООБЪЕКТОВ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

<sup>1</sup>А. О. Иванов\*, <sup>2</sup>В. А. Иванцов, <sup>2</sup>Ю. М. Слесарев, <sup>1</sup>В. В. Шатилов, <sup>1</sup>В. О. Судакова

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт кораблестроения и вооружения Военно-Морского Флота Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

*Цель исследования:* оценка влияния периодического пребывания добровольцев в нормобарических гипоксических газовых средах, предназначенных для повышения пожаробезопасности обитаемых герметизируемых объектов Военно-Морского Флота, на гипоксическую устойчивость организма.

*Методы исследования.* В стендовых испытаниях участвовали 6 мужчин (возраст 21–25 лет). В помещении испытательного стенда поддерживалась газовая среда с содержанием кислорода 17–16% об., азот — остальное, при нормальных величинах барометрического давления и других параметров микроклимата. Длительность стендовых испытаний составила 60 последовательных суток. В этот период добровольцы ежедневно в течение 4 часов находились в помещении с гипоксической средой. Устойчивость к гипоксии оценивали с использованием проб с задержкой дыхания на вдохе и выдохе.

*Результаты и их обсуждение.* В ходе исследований выявлен факт снижения переносимости человеком транзитной гипоксии при нахождении в заданных гипоксических средах. С учетом того, что степень снижения показателей находилась в пределах допустимых значений, полученные результаты в целом обосновывают возможность применения подобных сред для повышения пожаробезопасности гермообъектов.

**Ключевые слова:** морская медицина, пожаробезопасные газовые среды, устойчивость к гипоксии

\*Контакт: Иванов Андрей Олегович, [ivanoff65@mail.ru](mailto:ivanoff65@mail.ru)

© Ivanov A.O., Ivantsov V.A., Slesarev Yu.M., Shatilov V.V., Sudakova V.O., 2022

## HUMAN RESISTANCE TO TRANSITIONAL HYPOXIA DURING PERIODIC STAY IN NORMOBARIC GAS ENVIRONMENTS INCREASES THE FIRE SAFETY OF INHABITED SEALED OBJECTS OF THE NAVY

<sup>1</sup>Andrey O. Ivanov\*, <sup>2</sup>Vladimir A. Ivantsov, <sup>2</sup>Yuriy M. Slesarev, <sup>1</sup>Vadim V. Shatilov,  
<sup>1</sup>Veronica O. Sudakova

<sup>1</sup>Scientific Research Institute of Shipbuilding and Armament Center Naval Fleet «Naval Academy name after N. G. Kuznetsov», St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

*The aim* is to assess the effect of the periodic stay of volunteers in normobaric hypoxic gas environments, designed to increase the fire safety of inhabited sealed objects of the Navy, on the hypoxic resistance of the body.

*Research methods.* 6 men (aged 21–25 years) participated in the bench tests. A gas environment with an oxygen content of 17–16% vol., Nitrogen — the rest, at normal barometric pressure and other microclimate parameters was maintained in the test bench. The duration of the bench tests was 60 consecutive days, during which the volunteers were kept in a hypoxic environment for 4 hours every day. Resistance to hypoxia was assessed using tests with breath-holding during inhalation and exhalation.

*Results:* in the course of the research, the fact of a decrease in the human tolerance of transient hypoxia when in specified hypoxic environments was revealed. However, taking into account that the degree of decrease in indicators was within the permissible values, the results obtained, in general, substantiate the possibility of using such gas environments to increase the fire safety of inhabited sealed objects.

**Key words:** marine medicine, the fire safety gas environments, resistance to hypoxia

\*Contact: Ivanov Andrey Olegovich, ivanoff65@mail.ru

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Иванов А.О., Иванцов В.А., Слесарев Ю.М., Шатилов В.В., Судакова В.О. Устойчивость человека к транзитной гипоксии при периодическом пребывании в нормобарических газовых средах, повышающих пожаробезопасность обитаемых гермообъектов Военно-Морского Флота // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 83–88, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-83-88>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Ivanov A.O., Ivantsov V.A., Slesarev Yu.M., Shatilov V.V., Sudakova V.O. Human resistance to transitional hypoxia during periodic stay in normobaric gas environments increases the fire safety of inhabited sealed objects of the navy // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 83–88, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-83-88>.

**Введение.** Учитывая высокий риск пожаров и возгораний, постоянно имеющий место при эксплуатации высокотехнологичных герметизируемых обитаемых объектов (ГОО), в частности подводных лодок (ПЛ), в настоящее время предложено инновационное технологическое решение, позволяющее значительно повысить их пожаробезопасность<sup>1,2</sup> [1, с. 2; 2, с. 38]. Суть данного решения заключается в том, что предупреждение пожаров достигается созданием в наиболее энергонасыщенных помещениях ГОО (ПЛ) нормобарической гипоксической газовой среды (НГГС), допустимой для периодического пребывания в ней личного состава. Специальные исследования противопожарной эффективности НГГС показали, что горение основных конструкционных материалов, используемых при строительстве ПЛ, прекращается при содержании кислорода в диапазоне 17–16% об. [2, с. 39]. Создание таких сред в периодически посещаемых помещениях ГОО обеспечивает значительное повышение взрывопожаробезопасности всего объекта [2, с. 39; 3, с. 117].

Для оценки допустимости пребывания человека в заданных измененных условиях газовой среды были проведены специальные стендовые испытания, где определялись физиологические изменения в организме при периодических воздействиях НГГС.

**Целью** данного направления исследований явилась оценка влияния периодического пребывания добровольцев в заданных НГГС на гипоксическую устойчивость организма.

**Материалы и методы.** Обследовано 6 добровольцев-мужчин в возрасте 21–25 лет, не имевших медицинских противопоказаний к участию в испытаниях.

В помещении специально сконструированного испытательного стенда (АО «АСМ», Санкт-Петербург) поддерживались заданные параметры НГГС: содержание кислорода 17–16% об., азот — остальное (НГГС-17-16), при нормальных величинах других параметров микроклимата. Длительность стендовых испытаний составила 60 последовательных суток, в период которых добровольцы ежедневно в течение 4 часов находились в заданных НГГС (остальное время суток не отличалось от обычного режима их жизнедеятельности). При пребывании в НГГС-17–16 участникам испытаний предписывалось выполнение работ, приближенных к таковым у личного состава ПЛ.

В процессе испытаний у добровольцев периодически проводились функциональные пробы с разномодальными нагрузками, показатели которых характеризовали текущий объем физиологических и психических резервов организма и рассматривались как критерии допустимости периодического пребывания в НГГС в течение заданного периода «автономности».

В представленной работе приведены результаты одного из направлений проведенных стендовых испытаний, где была оценена устойчивость добровольцев к транзитной гипоксии — физиологическое качество, характеризующее функциональные возможности организма по сохранению жизнеспособности в условиях дефицита кисло-

<sup>1</sup> Способ обеспечения пожарозащищенности герметичных обитаемых объектов, преимущественно подводных лодок, в автономном режиме: Патент на изобретение № 2636558 RU / В. А. Петров, А. О. Иванов, В. А. Михеев // Бюл. № 33 от 23.11. 2017.

<sup>2</sup> Способ предупреждения пожаров внутри герметичных обитаемых объектов, преимущественно подводных лодок и устройство для его осуществления: Патент на изобретение № 2549055 RU / В. Ф. Беляев, В. А. Петров, А. О. Иванов и др. // Бюл. № 11 от 20.04. 2015.

родного снабжения. Применялись стандартизированные пробы с максимально возможной задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и выдохе (проба Генча)<sup>1</sup>. Пробы проводились как в нормоксических, так и в гипоксических условиях с периодичностью 1 раз в неделю, интервал между пробами составлял не менее 1 часа.

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета прикладных программ Statistica v.10,0. Данные представ-

**Результаты и их обсуждение.** Ежедневные медицинские осмотры и периодические функциональные обследования, проводимые во время стендовых испытаний, не выявили отклонений в состоянии здоровья ни у одного из добровольцев. Также не отмечено негативных реакций со стороны лабораторно-биохимических параметров. Указанные факты позволили провести стендовые испытания в полном объеме и их успешно завершить [4, с. 89; 5, с. 67–68].

Таблица

**Показатели проб с задержкой дыхания у добровольцев (n=6) на этапах стендовых испытаний, Me (Q25; Q75)**

Table

**Indicators of breath-holding samples in volunteers (n=6) at the stages of bench tests, Me (Q25; Q75)**

Показатель, ед. изм.	Условия пребывания	
	нормоксия	НГГС-17-16
	Исходное состояние	
Проба Штанге, с	97 (85; 108)	
Проба Генча, с	70 (57; 84)	
	1–2-я недели	
Проба Штанге, с	99 (84; 110)	82 (72; 90)
Проба Генча, с	69 (56; 85)	54 (41; 65)
	3–4-я недели	
Проба Штанге, с	101 (84; 109)	81 (70; 92)
Проба Генча, с	68 (55; 83)	55 (42; 67)
	5–6-я недели	
Проба Штанге, с	104 (86; 115)	85 (73; 93)
Проба Генча, с	78 (60; 86) p=0,048	64 (52; 70) p=0,048
	7–9-я недели	
Проба Штанге, с	109 (92; 117) p=0,045	90 (79; 96) p=0,049
Проба Генча, с	81 (63; 88) p=0,040	68 (53; 73) p=0,040

Примечание: p — уровень значимости различий по сравнению с 1–2-й неделей испытаний.

Note: p — level of significance of differences compared with the 1st–2nd weeks of testing.

ляли в виде медиан (Me), нижних и верхних квартилей (Q25, Q75). Значимость различий показателей в динамике наблюдения определяли по критерию Вилкоксона. Критическим принимали уровень значимости  $p < 0,05$ .

Исследования выполнялись в соответствии с положениями и принципами действующих международных и российских законодательных актов. На период испытаний добровольцы были застрахованы на предмет нарушений состояния здоровья. Легитимность проведенных исследований подтверждена заключением независимого этического комитета.

В таблице представлены результаты скрининговых исследований добровольцев с использованием проб с задержкой дыхания.

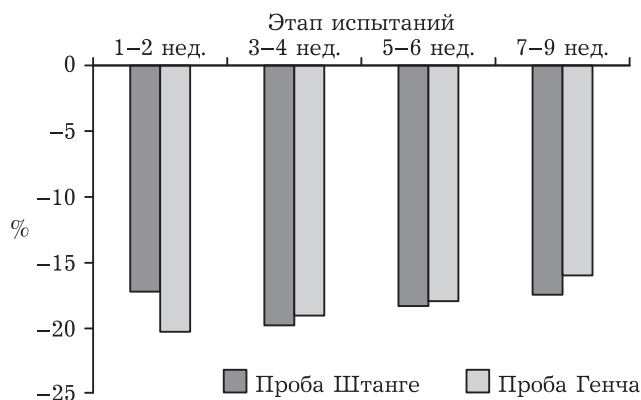
В период стендовых испытаний обследования проводились не реже 1 раза в неделю, при представлении результатов они группировались за каждый 2-недельный период.

Анализ результатов исследований, выполненных перед началом испытаний, показал, что у всех добровольцев время задержки дыхания на вдохе и выдохе соответствовало референтным значениям для данной возрастной группы мужчин<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Практикум по физиологии военного труда / под ред. В. И. Шостака. Л., 1989. С. 29–30.

<sup>2</sup> Там же.

Дальнейшие исследования, выполненные при пребывании добровольцев в НГГС, выявили факт снижения времени максимальной задержки дыхания на вдохе и выдохе, имевший место у всех испытуемых. Относительная степень снижения показателей в течение периода стендовых испытаний составляла 17–20% по сравнению с нормоксией (рисунок).



**Рисунок.** Изменения среднегрупповых значений показателей проб с задержкой дыхания при пребывании добровольцев (n=6) в НГГС-17-16 на этапах стендовых испытаний (в % по сравнению с нормоксией)

**Figure.** Changes in the average group values of the parameters of breath-holding samples during the stay of volunteers (n=6) in NHGM-17-16 at the stages of bench tests (in % compared to normoxia)

Однако подобная степень снижения толерантности к транзиторной гипоксии считается умеренной [6, с. 102–105; 7, с. 245–247] и, по нашему мнению, не должна рассматриваться как существенный ограничительный фактор при выполнении работ в измененных условиях обитаемости. При оценке допустимости выявленного негативного влияния НГГС на исследуемые функции мы принимали во внимание, что в физиологии труда критическим считается прогрессирующее снижение работоспособности специалистов на 30% и более от исходного уровня<sup>1</sup> [8, с. 7–8]. Снижение ра-

ботоспособности от 19 до 30% рассматривается как пограничное функциональное состояние, позволяющее выполнять профессиональную деятельность. Колебания работоспособности в диапазоне до 19% расцениваются как ее естественная (допустимая) вариабельность в период длительного рабочего цикла.

Дополнительным аргументом в пользу допустимости выявленных сдвигов может служить тот факт, что ни у одного из участников испытаний показатели проб Штанге и Генча даже при пребывании в НГГС-16 не выходили за пределы референтных значений в течение всего периода наблюдения.

Кроме того, дальнейшие исследования показали, что в процессе проведения испытаний у добровольцев имело место улучшение переносимости острой гипоксии, причем как при пребывании в обычных условиях, так и в НГГС-17-16. Указанные тенденции привели к тому, что показатели проб Штанге и Генча в конце периода наблюдения при нормоксии были значимо выше, чем в исходном состоянии, а при гипоксии — превышали таковые на 1–2-й неделях испытаний.

По всей видимости, выявленные факты можно рассматривать как свидетельство адаптационных изменений в организме, явившихся следствием циклических гипоксических воздействий и направленных на оптимизацию функционирования организма в условиях дефицита кислорода, повышение специфической и неспецифической резистентности.

**Заключение.** Таким образом, несмотря на выявленный факт снижения переносимости человеком транзиторной гипоксии при нахождении в заданных гипоксических средах, полученные результаты в целом обосновывают возможность применения подобных сред в периодически посещаемых помещениях ГОО для повышения их пожаробезопасности.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Архипов А.В., Карпов А.В., Смуров А.В., Чумаков В.В. Обеспечение пожаробезопасности на подводных лодках // *Морской сборник*. 2013. № 3. С. 2–7. Arhipov A.V., Karpov A.V., Smurov A.V., Chumakov V.V. Obespechenie požarobezопасности na podvodnyh lodkah // *Morskoy sbornik*. 2013. № 3. S. 2–7 [Arhipov A.V., Karpov A.V., Smurov A.V., Chumakov V.V. Ensuring fire safety on submarines. *Marine collection*. 2013. No. 3, pp. 2–7 (In Russ.)].

<sup>1</sup> Сохранение и повышение военно-профессиональной работоспособности специалистов флота в процессе учебно-боевой деятельности и в экстремальных ситуациях: методические рекомендации / под. ред. Ю. М. Боброва, В. И. Кулешова, А. А. Мясникова. М., 2013. 104 с.



2. Петров В.А., Иванов А.О. Перспективные пути повышения пожарной безопасности энергонасыщенных обитаемых герметичных объектов // *Безопасность жизнедеятельности*. 2017. № 10. С. 37–39. Petrov V.A., Ivanov A.O. Perspektivnye puti povysheniya pozharnoj bezopasnosti energonasyshchennykh obitaemykh germetichnykh ob'ektov // *Bezopasnost' zhizhnedeyatel'nosti*. 2017. № 10. S. 37–39 [Petrov V.A., Ivanov A.O. Promising ways to improve the fire safety of energy-saturated inhabited hermetic objects. *Life Safety*, 2017, No. 10, pp. 37–39 (In Russ.)].
3. Чумаков В.В. Альтернативные подходы к решению проблемы предотвращения пожаров в герметично замкнутых объемах // *Материалы Межотраслевой науч.-практ. конф. «Кораблестроение в XXI веке: проблемы и перспективы»*. СПб., 2014. С. 115–118. Chumakov V.V. Al'ternativnye podhody k resheniyu problemy predotvrashcheniya pozharov v germetichno zamknutykh ob'emah // *Materialy Mezhotraslevoj nauch.-prakt. konf. «Korablestroenie v XXI veke: problemy i perspektivy»*. SPb., 2014. S. 115–118 [Chumakov V.V. Alternative approaches to solving the problem of fire prevention in hermetically sealed volumes // *Proceedings of Interbranch scientific-practical conference «Shipbuilding in the 21st century: problems and prospects»*. St. Petersburg, 2014, pp. 115–118 (In Russ.)].
4. Ерошенко А.Ю., Иванов А.О., Барачевский Ю.Е., Шатов Д.В., Багдасарян А.С. Скрининговая оценка гипоксического состояния человека при работе в гермообъектах с пожаробезопасными газоздушными средами // *Материалы I Межрегиональной науч.-практ. конф. «Безопасность-2017»*. Волгоград, 2017. С. 88–91. Eroshenko A.Yu., Ivanov A.O., Barachevskij Yu.E., Shatov D.V., Bagdasaryan A.S. Skriningovaya ocenka gipoksicheskogo sostoyaniya cheloveka pri rabote v germoob'ektah s pozharobezopasnymi gazovozdushnymi sredami // *Materialy I Mezhtregional'noj nauch.-prakt.konf. «Bezopasnost'-2017»*. Volgograd, 2017. S. 88–91 [Eroshenko A.Yu., Ivanov A.O., Barachevsky Yu.E., Shatov D.V., Bagdasaryan A.S. Screening assessment of the hypoxic state of a person when working in sealed facilities with fire-safe gas-air environments. *Proceedings of the I Interregional scientific – practical conference «Safety-2017»*. Volgograd, 2017, pp. 88–91 (In Russ.)].
5. Иванов А.О., Ерошенко А.Ю., Костылев А.Н., Пухняк Д.В., Афендииков С.Г., Скокова В.Ю., Чеботов С.А. Комплексная оценка допустимости циклического пребывания человека в гипоксических средах, обеспечивающих пожаробезопасность герметичных обитаемых объектов // *Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Человек и общество: современные проблемы безопасности»*. Курск, 2018. С. 65–69. Ivanov A.O., Eroshenko A.Yu., Kostylev A.N., Puhnyak D.V., Afendikov S.G., Skokova V.Yu., Chebotov S.A. Kompleksnaya ocenka dopustimosti ciklicheskogo prebyvaniya cheloveka v gipoksicheskikh sredah, obespechivayushchih pozharobezopasnost' germetichnykh obitaemykh ob'ektov // *Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem «Chelovek i obshchestvo: sovremennye problemy bezopasnosti»*. Kursk, 2018. S. 65–69 [Ivanov A.O., Eroshenko A.Yu., Kostylev A.N., Pukhnyak D.V., Afendikov S.G., Skokova V.Yu., Chebotov S.A. Comprehensive assessment of the admissibility of a person's cyclic stay in hypoxic environments that ensure the fire safety of sealed inhabited objects. *Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation «Man and society: modern problems of security»*. Kursk, 2018, pp. 65–69 (In Russ.)].
6. Айдаралиев А.А., Максимов А.Л. *Адаптация человека к экстремальным условиям*. Опыт прогнозирования. Л.: Наука, 1988. 126 с. Ajdaraliev A.A., Maksimov A.L. *Adaptaciya cheloveka k ekstremal'nyum usloviyam*. Opyt prognozirovaniya. L.: Nauka, 1988. 126 s. [Aidaraliev A.A., Maksimov A.L. *Human adaptation to extreme conditions*. Forecasting experience. Leningrad: Publishing house Nauka, 1988. 126 p. (In Russ.)].
7. Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.Б. *Острая и хроническая гипоксия*. М.: Наука, 1977. 319 с. Malkin V.B., Gippenrejtter E.B. *Ostraya i hronicheskaya gipoksiya*. M.: Nauka, 1977. 319 s. [Malkin V.B., Gippenreiter E.B. *Acute and chronic hypoxia*. Moscow: Publishing house Nauka, 1977. 319 p. (In Russ.)].
8. Физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты / под ред. В. С. Кощеева и З. С. Четвериковой. М., 1981. 15 с. *Fiziologo-gigienicheskie trebovaniya k izoliruyushchim sredstvam individual'noj zashchity* / pod red. V. S. Koshcheeva i Z. S. Chetverikovej. M., 1981. 15 s. [Physiological and hygienic requirements for insulating personal protective equipment / ed. V. S. Koshcheev and Z. S. Chetverikova. Moscow, 1981. 15 p. (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 23.12.2021 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — А. О. Иванов, В. А. Иванцов, В. В. Шатилов. Вклад в сбор данных — А. О. Иванов, В. В. Шатилов, В. О. Судакова. Вклад в анализ данных и выводы — А. О. Иванов, В. А. Иванцов, Ю. М. Слесарев, В. В. Шатилов, В. О. Судакова. Вклад в подготовку рукописи — Ю. М. Слесарев, А. О. Иванов, В. В. Шатилов, В. О. Судакова, В. А. Иванцов.

#### Сведения об авторах:

Иванов Андрей Олегович — доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (обитаемости кораблей и медицинского обеспечения личного состава Военно-Морского Флота) Научно-исследовательского

института кораблестроения и вооружения Военно-Морского Флота Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; 197101, Санкт-Петербург, ул. Чапаева, д. 30; e-mail: ivanoff65@mail.ru; ORCID 0000-0002-8364-9854; SPIN 5176-2698;

*Иванцов Владимир Алексеевич* — доктор медицинских наук, профессор, генерал-майор медицинской службы в отставке, профессор военного-учебного центра при федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, г. Ростов-на-Дону; 344022, Российская Федерация, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, переулок Нахичеванский, д. 29; e-mail: uvc-pri-rostgmu@rostgmu.ru; ORCID 0000-0002-5634-9346; SPIN 7817-8082;

*Слесарев Юрий Михайлович* — старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29; e-mail: Yura02031950@yandex.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526;

*Шатилов Вадим Викторович* — кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (обитаемости кораблей и медицинского обеспечения личного состава Военно-Морского Флота) Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военно-Морского Флота Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; 197101, Санкт-Петербург, ул. Чапаева, д. 30; ORCID 0000-0001-5849-7177; SPIN 8872-0119;

*Судакова Вероника Овидиевна* — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (обитаемости кораблей и медицинского обеспечения личного состава Военно-Морского Флота) Научно-исследовательского института кораблестроения и вооружения Военно-Морского Флота Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; 197101, Санкт-Петербург, ул. Чапаева, д. 30; e-mail: veros51@mail.ru; ORCID 0000-0002-9062-2341; SPIN 9253-6861.



#### Авторы:

Н. А. Беляков, Т. Н. Трофимова, Е. Н. Кулагина, Д. В. Митюрин,  
А. К. Тучапский, В. В. Фирсов, Ю. Б. Шелаев, Е. П. Шелаева

В издании собраны и изложены в исторической последовательности материалы, относящиеся к эпидемиям и пандемиям наиболее опасных для человечества заболеваний. Показано, какое влияние оказывали они на общий ход истории и различные стороны человеческого бытия, на развитие науки, прежде всего медицины, техники, производства, как отразились в искусстве и литературе. Представлена целая галерея ученых, внесших весомый вклад в борьбу со смертоносными инфекциями. В книгу вошло около 430 иллюстраций. Издание рассчитано на медицинских работников и широкий круг читателей.

По вопросам приобретения обращаться в издательство  
Балтийского медицинского образовательного центра  
<https://bmoc-spb.ru/izdat/>, тел.: (812) 956-92-55

## ВЛИЯНИЕ ПРЕНАТАЛЬНОЙ ГИПОКСИИ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ РЕАКЦИИ КРЫС ПОРОДЫ WISTAR ПРИ ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ГИПОКСИЧЕСКОГО СТИМУЛА

<sup>1,2,3</sup>А. Н. Вётош\*, <sup>1,2</sup>О. С. Алексеева, <sup>1,3</sup>А. И. Истомин

<sup>1</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

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

<sup>3</sup>Национальный государственный университет имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия

*Цель* научной работы заключалась в исследовании разнонаправленного влияния гипоксических сеансов, предъявленных беременным крысам в разные периоды гестации, на проявление вентиляторной реакции их потомства при дозированной гипоксической гипоксии.

*Материалы и методы.* Использовали плетизмограф для регистрации дыхательного объема, частоты дыхания и вычисляли минутный объем дыхания интактных крыс (n=77) породы Wistar.

*Результаты и их обсуждение.* Предъявление гипоксического стимула беременным крысам в определенные дни гестации не влияло на сроки вынашивания плодов массу тела и количество потомков, но изменяло вентиляторную реакцию на гипоксию у родившихся и достигших трехмесячного возраста самцов. Пренатальная гипоксия, предъявленная в середине периода беременности, приводила к уменьшению вентиляторной реакции на недостаток кислорода у потомков, а экспонирование беременных крыс в гипоксических условиях в конце второго триместра повышало вентиляторную реакцию на гипоксию.

**Ключевые слова:** морская медицина, вентиляторная реакция на гипоксию, гестация, боди-плетизмография

\*Контакт: Вётош Александр Николаевич, [vjotnn@yahoo.com](mailto:vjotnn@yahoo.com)

© Vjotosh A.N., Alekseeva O.S., Istomin A.I., 2022

## THE EFFECT OF PRENATAL HYPOXIA ON THE MANIFESTATION OF THE VENTILATORY REACTION OF WISTAR RATS UPON PRESENTATION OF A HYPOXIC STIMULUS

<sup>1,2,3</sup>Aleksander N. Vjotosh\*, <sup>1,2</sup>Olga S. Alexeeva, <sup>1,3</sup>Artyom I. Istomin

<sup>1</sup>Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Lesgaft National State University of Physical Education, Sport, and Health, St. Petersburg, Russia

*The aim* of the scientific work was to study the multidirectional effect of hypoxic sessions presented to pregnant rats at different periods of gestation on the manifestation of the ventilatory reaction of their offspring with dosed hypoxic hypoxia.

*Materials and methods:* a plethysmograph were used to record respiratory volume, respiratory rate and calculate the minute volume of respiration of intact rats (n=77) of the Wistar breed.

*Results and discussion:* presentation of a hypoxic stimulus to pregnant rats on certain days of gestation did not affect the gestation period, body weight and number of offspring, but changed the ventilatory response to hypoxia in males born and reached three months of age. Prenatal hypoxia, presented in the middle of pregnancy, led to a decrease in the ventilatory response to lack of oxygen in the offspring, and exposure of pregnant rats in hypoxic conditions at the end of the second trimester increased the ventilatory response to hypoxia.

**Key words:** marine medicine, ventilatory reaction to hypoxia, gestation, body-plethysmography

\*Contact: Vjotosh Aleksander Nikolaevich, [vjotnn@yahoo.com](mailto:vjotnn@yahoo.com)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Вётош А.Н., Алексеева О.С., Истомин А.И. Влияние пренатальной гипоксии на проявление вентиляторной реакции крыс породы Wistar при предъявлении гипоксического стимула // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 89–93, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-89-93>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Vjotosh A.N., Alekseeva O.S., Istomin A.I. The effect of prenatal hypoxia on the manifestation of the ventilatory reaction of Wistar rats upon presentation of a hypoxic stimulus // *Marine Medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 89–93. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-89-93>.

**Введение.** В условиях нормального течения беременности плод испытывает кратковременные периоды снижения кислородоснабжения со стороны материнского организма [1, с. 42; 2, с. 283]. В некоторых случаях эти периоды могут продолжаться до нескольких часов, и это находит отражение в изменениях эмбрионального развития нервной, дыхательной и других физиологических систем будущего ребенка [3, с. 10]. Немногочисленные данные свидетельствуют об изменении вентиляторного ответа на гипоксический стимул под влиянием пренатальной экспозиции в условиях недостатка кислорода [4, с. 679]. Проверка и уточнение особенностей влияния гипоксии плода на различных этапах гестации была проведена на крысах породы Wistar.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на крысах-самцах с массой тела  $263 \pm 36$  г. Возраст экспериментальных животных на момент начала исследования составлял  $94 \pm 3$  дня. Участники экспериментов были разделены на две группы. В 1-ю (контрольную) группу вошли 24 интактных самца, рожденных в виварии ИЭФБ РАН и достигших возраста 3 месяца в условиях стандартного режима и рациона доразвивания. Во 2-ю группу вошли 53 самца, дата зачатия которых контролировалась, а их матери подвергались воздействию пренатальной гипоксии в строго определенные дни гестации. Гипоксический стимул в этом случае беременным самкам предъявляли на 8-й, 11-й и 14-й дни с момента зачатия. В подгруппе 8-го дня гипоксической экспозиции было 12 самцов, 11-го дня — 21, 14-го дня — 20 животных. Всего в опытах участвовали 77 самцов крыс породы Wistar.

Беременные самки для экспозиции в условиях гипоксии помещались в барокамеру объемом 107 л, где обеспечивались нормотермические и нормокапнические условия. Содержание кислорода и диоксида углерода в дыхательной газовой среде (ДГС) контролировалось оксиметром и капнометром фирмы SFAE. В ре-

жиме вымывания азотом концентрация кислорода в ДГС понижалась до  $7 \pm 0,2\%$  и поддерживалась на этом уровне порционными добавками кислорода. Гипоксическая экспозиция во всех случаях длилась  $180 \pm 3$  мин. В дальнейшем группы беременных самок, экспонированных в условиях вышеописанной гипоксии, содержались в условиях стандартного рациона и режима до рождения потомства. Крысята содержались вместе с матерями в период молочного вскармливания, а затем отсаживались в отдельные клетки. Методика контролируемого зачатия, контролируемого процесса беременности и выращивания потомства используется в виварии ИЭФБ РАН более 20 лет.

Измерение параметров вентиляторной реакции на гипоксию (ВРГ) проводилось на интактных животных плетизмографическим методом. В день эксперимента крысы помещались в адаптационный герметический бокс объемом 1710 мл на 30 мин перед основной, гипоксической экспозицией. Плетизмограф имел объем 1103 мл и был оснащен пятью клапанами, высокочувствительным датчиком давления воздуха и кислородным сенсором фирмы Figaro.

Каждое животное помещалось в плетизмограф и адаптировалось в нем в течение 5 мин для нормализации индивидуальных вентиляторных характеристик. После этого измерительный объем герметизировался и в нормобарических условиях методом вымывания азотом под контролем кислородного сенсора содержание кислорода в ДГС уменьшалось до нижнего предела компенсируемой гипоксии (12%). После этого в плетизмограф добавляли 2% диоксида углерода для исключения влияния  $\text{CO}_2$  на ВРГ.

Далее за счёт потребления животными кислорода из герметичного объема плетизмографа и выделения ими двуоксида углерода в ДГС динамически создавалось «измерительное окно». Концентрация  $\text{O}_2$  к 9-й минуте экспозиции составляла  $8,2\text{--}6,4\%$ , а содержание  $\text{CO}_2$  достигало  $4,5\text{--}5,7\%$ . В этих условиях в течение минуты

проводились измерения частоты дыхания (ЧД) и дыхательного объема (ДО) у интактных крыс. Значение минутного объема дыхания (МОД) рассчитывалось как ЧД×ДО. Статистическая обработка экспериментальных данных включала вычисление средних арифметических значений, средних квадратических отклонений и t-критерия достоверности Стьюдента по стандартным методикам.

**Результаты и их обсуждение.** В первой серии опытов измеряли в условиях нормоксии значения ЧД, ДО и вычисляли МОД у крыс, не подвергавшихся действию пренатальной гипоксии. Измеренные контрольные данные хорошо соответствуют значениям, полученным ранее нами и другими авторами [5, с. 23; 6, с. 62].

Во второй серии была проведена регистрация тех же параметров у интактных крыс в гипоксических условиях. Эти данные в дальнейшем служили ориентиром для оценки влияния гипоксической нагрузки на беременных самок и их приплод.

В третьей серии регистрировали вентиляторную реакцию на гипоксию у потомков крыс, перенесших кислородное голодание на 8-й день гестации.

В четвертой серии экспериментов измеряли ВРГ крыс, испытавших гипоксическое воздействие на 11-й день внутриутробного развития.

И, наконец, в пятой серии тестировали девятидневных взрослых самцов, получивших гипоксическую нагрузку на организм на 14-й день внутриутробного развития. Результаты измерений представлены в таблице.

от нормоксии к гипоксии. Это означает, что предъявленный животным гипоксический стимул был умеренным и не приводил к активизации всех (последних) резервов вентиляторной системы. Частота дыхания при этом увеличилась на 28,7%. МОД — интегральный показатель активности вентиляторной системы — достоверно увеличился у интактных крыс на 37,1%, что подтверждает наличие отчетливой вентиляторной реакции на гипоксию (ВРГ) в наших экспериментальных условиях [4, с. 679].

Предъявление гипоксического стимула беременным крысам на 8-й день гестации не привело к достоверным изменениям дыхательного объема и МОД у их потомков при гипоксической нагрузке (см. серию 3). Это означает, что 8-й день гестации (возможно весь период беременности до 8-го дня) не является *периодом чувствительности* к действию гипоксического стимула на систему осуществления и регуляции функции вентиляции легких.

Предъявление гипоксического стимула беременным крысам на 11-й день после зачатия достоверно уменьшало ДО и МОД у их потомства (см. результаты 4-й серии). Это означает, что мы обнаружили для крыс породы Wistar *период чувствительности* к действию дозированной гипоксии в середине периода гестации. Как следствие, после такого воздействия у рожденного и повзрослевшего потомства достоверно снижалась вентиляторная реакция на гипоксию. Возможно, снижение ВРГ означает повышение выносливости животных при длительных нагрузках.

Таблица

### Параметры вентиляторной реакции крыс на гипоксический стимул

Table

#### Influence of hypoxic stimulus on rats ventilatory response parameters

Измеряемые параметры	Экспериментальные серии опытов				
	Серия 1. Нормоксия у интактных крыс	Серия 2. Гипоксия у интактных крыс	Серия 3. Гипоксия на 8-й день беременности	Серия 4. Гипоксия на 11-й день беременности	Серия 5. Гипоксия на 14-й день беременности
Дыхательный объем, мл	0,488±0,172	0,521±0,071	0,453±0,105	0,307±0,142	0,562±0,183
Частота дыхания, в минуту	100,0±14,3	128,7±6,5	150,0±10,7	135,2±17,4	148,2±12,6
Минутный объем дыхания, мл/мин	48,8±15,1	66,9±8,0	67,5±9,5	40,6±15,6*	83,0±15,8**

Достоверность различий с данными 2-й группы: \* p<0,07; \*\* p<0,2.

Дыхательный объем у крыс в нашем исследовании достоверно не изменялся при переходе

Предъявление гипоксического стимула беременным крысам на 14-й день после зачатия до-

стоверно увеличивало ЧД и МОД у их отпрысков и, следовательно, усиливало вентиляторную реакцию на гипоксию в целом. Таким образом, 14-й день гестации, или конец второго триместра беременности у крыс, также является *периодом чувствительности* к действию гипоксического стимула на процессы созревания плода. В данном случае это действие имеет противоположный результат, усиливает вентиляторную реакцию на гипоксическую нагрузку. Возможно, это означает более эффективную активизацию резервов организма при кратковременных максимальных и субмаксимальных нагрузках.

**Заключение.** Результаты проведенного исследования показали наличие влияния гипоксических сеансов, предъявленных беременным крысам в разные периоды гестации, на проявление вентиляторной реакции их по-

томства при действии дозированной гипоксической гипоксии.

Пренатальное гипоксическое влияние имело разнонаправленный характер. Гипоксическая нагрузка на 11-й день беременности уменьшала вентиляторную реакцию на гипоксию у потомков, достигших трехмесячного возраста. Гипоксическая стимуляция беременных на 14-й день внутриутробного развития увеличивала вентиляторную реакцию на гипоксию у взрослых потомков экспериментальных крыс. Чувствительность плодов к действию гипоксии обусловлена, по нашему мнению, особенностями формирования нейрональной организации дыхательного центра в названные периоды, а закрепление приобретенных особенностей возможно связано с эпигенетическими механизмами закрепления вновь сформировавшихся межнейронных контактов.

#### ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Чижов А.Я. Влияние стимуляторов и ингибиторов сократительной активности миометрия на напряжение кислорода в тканях матки и плода (экспериментальное исследование) // *Акушерство и гинекология*. 1987. № 1. С. 41–43. Chizhov A.Ya. Vliyanie stimulyatorov i ingibitorov sokratitel'noj aktivnosti miometriya na napryazhenie kisloroda v tkanyah matki i ploda (eksperimental'noe issledovanie) // *Akusherstvo i ginekologiya*. 1987. № 1. S. 41–43. [Chizhov A.Ya. The effect of stimulants and inhibitors of contractile activity of the myometrium on oxygen tension in the tissues of the uterus and fetus (experimental study). *Obstetrics and gynecology*, 1987, No. 1, pp. 41–43 (In Russ.)].
2. Стрелков Р.Б., Чижов А.Я. *Прерывистая нормобарическая гипоксия в профилактике, лечении и реабилитации*: монография. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2001. 400 с. Strelkov R.B., Chizhov A.Ya. *Preryvistaya normobaricheskaya gipoksiya v profilaktike, lechenii i rehabilitacii*: monografiya. Ekaterinburg: Ural'skij rabochij, 2001, 400 s. [Strelkov R.B., Chizhov A.Ya. *Intermittent normobaric hypoxia in prevention, treatment and rehabilitation*: monograph. Yekaterinburg: Publishing house Ural worker, 2001. 400 p. (In Russ.)].
3. Отеллин В.А., Хожай Л.И., Шишко Т.Т., Тюренков И.Н. Отдаленные последствия перинатальной гипоксии и их возможная фармакологическая коррекция: реакция нервных клеток и синапсов неокортекса // *Морфология*. 2016. Т. 150, № 6. С. 7–12. Otellin V.A., Hozhaj L.I., Shishko T.T., Tyurenkov I.N. Otdalyonnye posledstviya perinatal'noj gipoksii i ih vozmozhnaya farmakologicheskaya korrekciya: reakciya nervnyh kletok i sinapsov neokorteksa // *Morfologiya*. 2016. T. 150, № 6. S. 7–12 [Otellin V.A., Khozhai L.I., Shishko T.T., Tyurenkov I.N. Long-term consequences of perinatal hypoxia and their possible pharmacological correction: the reaction of nerve cells and synapses of the neocortex. *Morphology*, 2016, Vol. 150, No. 6, pp. 7–12 (In Russ.)].
4. Teppema L., Dahan A. The Ventilatory Response to Hypoxia in Mammals: Mechanisms, Measurement, and Analysis // *Physiological Reviews*. 2010. Vol. 90, No. 2. P. 675–754. Teppema L., Dahan A. The Ventilatory Response to Hypoxia in Mammals: Mechanisms, Measurement, and Analysis // *Physiological Reviews*. 2010. Vol. 90, No. 2. P. 675–754.
5. Вётош А.Н., Алексеева О.С. Физиологические характеристики организма крыс породы Wistar в условиях нарастающего гипоксического стимула // *Патогенез*. 2011. Т. 9, № 3. С. 23. Vyotosh A.N., Alekseeva O.S. Fiziologicheskie harakteristiki organizma krysv porody Wistar v usloviyah narastayushchego gipoksicheskogo stimula // *Patogenez*. 2011. T. 9, № 3. S. 23 [Vjotosh A.N., Alekseeva O.S. Physiological characteristics of the organism of Wistar rats under conditions of increasing hypoxic stimulus. *Pathogenesis*, 2011, Vol. 9, No. 3, p. 23 (In Russ.)].
6. Трахтенберг И.М., Сова Р.Е. *Показатели нормы у лабораторных животных в токсикологическом эксперименте*: монография. М.: Медицина, 1978. 176 с. Trahtenberg I.M., Sova R.E. *Pokazateli normy u laboratornyh zhivotnyh v toksikologicheskom eksperimente*: monografiya. M.: Medicina, 1978. 176 s. [Trakhtenberg I.M., Sova R.E. *Norm indicators in laboratory animals in a toxicological experiment*: monograph. Moscow: Publishing house Medicine, 1978. 176 p. (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.11.2021 г.

**Авторский вклад в подготовку статьи:**

Вклад в концепцию и план исследования — *А. Н. Вётош*. Вклад в сбор данных — *А. Н. Вётош, О. С. Алексеева, А. И. Истомин*. Вклад в анализ данных и выводы — *А. Н. Вётош, О. С. Алексеева, А. И. Истомин*. Вклад в подготовку рукописи — *А. Н. Вётош*.

**Сведения об авторах:**

*Вётош Александр Николаевич* — доктор биологических наук, старший научный сотрудник, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова Российской академии наук»; 194223, Санкт-Петербург, пр. Тореза, д. 44; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург»; 190121, Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д. 35; e-mail: vjotnn@yahoo.com; SPIN код 2436–5282;

*Алексеева Ольга Сергеевна* — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова Российской академии наук»; 194223, Санкт-Петербург, пр. Тореза, д. 44; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; e-mail: osa72@inbox.ru; ORSID код 0000–0001–5688–347X; SPIN код 4281–3091;

*Истомин Артём Игоревич* — тренер национальной сборной команды РФ по биатлону, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова Российской академии наук»; 194223, Санкт-Петербург, пр. Тореза, д. 44; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург»; 190121, Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д. 35.

## МЕТОД ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ ОКСИГЕНАЦИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА: НОВЫЙ ОПЫТ И ДОСТИЖЕНИЯ

М. В. Очколяс\*, Н. Ю. Гальвас, К. А. Харитоненко  
Клиническая межрайонная больница, Гатчина, Россия

*Целью научной статьи* является изучение нового опыта применения метода гипербарической оксигенации (ГБО) в комплексном лечении и реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию, при возникновении у них постковидного синдрома.

*Материалы и методы исследования.* В процессе проведения 750 сеансов ГБО изучалась динамика показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем у пациентов до и после каждого сеанса. Анализировались данные компьютерной томографии (КТ) и функции внешнего дыхания (ФВД) до и после курсового применения метода гипербарической оксигенации. Контингент испытуемых: пролечено и обследовано 65 пациентов разных возрастных групп, перенесших коронавирусную инфекцию различной степени тяжести.

*Результаты и их обсуждение.* Гипербарическая оксигенация в комплексном лечении и реабилитации постковидного синдрома является эффективной и перспективной методикой. Разработан алгоритм ведения курса ГБО на амбулаторном этапе реабилитации. Применение метода в более ранние сроки после госпитализации помогает быстрее решать не только медицинские проблемы — восстановление функций и структур поврежденных органов, но и социальные — возвращение трудоспособных пациентов к труду и обычным повседневным нагрузкам.

**Ключевые слова:** морская медицина, гипербарическая оксигенация, компьютерная томография (КТ), постковидный синдром, коронавирусная инфекция

\*Контакт: *Очколяс Маргарита Викторовна, rita.charita@mail.ru*

© Ochkolys M.V., Galvas N.Yu., Kharitonenko K.A., 2022

## THE HBO METHOD IN THE COMPLEX TREATMENT AND REHABILITATION OF POST-OVID SYNDROME: NEW EXPERIENCES AND ACHIEVEMENTS

Margarita V. Ochkolys\*, Natalya Yu. Galvas, Konstantin A. Kharitonenko  
Clinical Interdistrict Hospital, Gatchina, Russia

*The purpose of the scientific article* is to study the new experience of using the hyperbaric oxygenation method in the complex treatment and rehabilitation of patients who have suffered a coronavirus infection when they have postcovid syndrome.

*Research methods.* During 750 HBO sessions, the dynamics of cardiovascular and respiratory system indicators in patients before and after each session was studied. The data of computed tomography (CT) and external respiration function (FVD) were analyzed before and after the course application of the hyperbaric oxygenation method. The contingent of subjects: 65 patients of different age groups who had suffered a coronavirus infection of varying severity were treated and examined.

*Results and their discussion.* Hyperbaric oxygenation in the complex treatment and rehabilitation of postcovid syndrome is an effective and promising technique. An algorithm for conducting the HBO course at the outpatient stage of rehabilitation has been developed. The use of the method at an earlier time after hospitalization helps to solve not only medical problems faster — the restoration of functions and structures of damaged organs, but also social problems — the return of able-bodied patients to work and normal daily loads.

**Key words:** marine medicine, hyperbaric oxygenation, computed tomography (CT), postcovid syndrome, coronavirus infection

\*Contact: *Ochkolys Margarita Viktorovna, rita.charita@mail.ru*

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.



**Для цитирования:** Очколяс М.В., Гальвас Н.Ю., Харитоненко К.А. Метод гипербарической оксигенации в комплексном лечении и реабилитации постковидного синдрома: новый опыт и достижения // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 94–98, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-94-98>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Ochkolyas M.V., Galvas N.Yu., Kharitonenko K.A. The hyperbaric oxygenation method in the complex treatment and rehabilitation of post-ovoid syndrome: new experiences and achievements // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 94–98, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-94-98>.

**Введение.** Пандемия COVID-19 поставила перед медициной трудные задачи: разработать в кратчайшие сроки высокоэффективные схемы лечения малоизученной вирусной инфекции и новые организационные подходы преемственности на всех этапах лечения и реабилитации. Учитывая патофизиологические механизмы развития инфекции COVID-19, крайне востребованными стали перспективные методы терапии с оксигенацией. Авторами проанализированы данные отечественной и зарубежной научной литературы о применении метода ГБО при новой коронавирусной инфекции в различные периоды заболевания [1, с. 318–319; 2, с. 73–74; 3, с. 41–45]. В апреле 2020 г. в Китае (Речной госпиталь, г. Ухань) ученые опубликовали две статьи о первых результатах успешного применения ГБО у пациентов с пневмонией, вызванной новой коронавирусной инфекцией [4, с. 1054–1062; 5].

В настоящее время клинические исследования и разработка протоколов применения гипербарической оксигенации при COVID-19 начаты в США, Германии, Франции и Израиле в сотрудничестве с другими странами [2, с. 73–744; 6]. В России первыми применили метод ГБО в комплексном лечении у пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением коронавирусной инфекции в реанимационном отделении ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» и в ФГБУ «ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России» [1, с. 318–320; 2, с. 74–75; 3, с. 40–45]. Отмечено, что выраженное антигипоксическое действие ГБО улучшает клиническое состояние пациентов в ожидании эффекта от лекарственной терапии, стабилизирует показатели газового состава крови и в большинстве случаев позволяет избежать перевода больных на ИВЛ [2, с. 73–74]. Полученные достоверные клинические данные позволили авторам рекомендовать гипербарическую оксигенацию как составную часть комплексного ведения пациентов в дополнение к базовой медикаментозной терапии, предло-

женной временными методическими рекомендациями «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» [1, с. 319–320; 2, с. 76–77; 3, с. 45–46; 7]. Коронавирусная инфекция — заболевание, способное поражать практически все органы и системы: верхние дыхательные пути, бронхи и легкие, нервную систему, желудочно-кишечный тракт, сердечно-сосудистую систему. В инфицированном организме наступает тотальная тканевая гипоксия. В 20–30% случаев после острого периода инфекции возникает постковидный синдром — патологическое состояние после COVID-19, когда вируса в организме уже нет (ПЦР-тест — отрицательный, ИФА тест IgM — отрицательный, IgG — положительный), но полного выздоровления так и не наступает. На сегодняшний день зафиксировано более 85 различных симптомов, входящих в постковидный синдром. Самыми частыми являются астения (100%), когнитивные и психоэмоциональные нарушения (95%), медленное восстановление функциональных возможностей дыхательной (75%) и сердечно-сосудистой систем (80%) со снижением толерантности к физическим нагрузкам. Постковидный синдром возникает вне зависимости от того, в какой форме коронавирусная инфекция протекала у человека: скрытой, легкой, средней, тяжелой или критической. Постковидный синдром имеет волнообразное течение, симптомы могут исчезать и возвращаться вновь. Реабилитация после COVID-19 длится от нескольких месяцев до года. Перечень реабилитационных мероприятий зависит от индивидуальных особенностей пациента и состоит из следующих элементов: симптоматическая медикаментозная поддержка, сеансы гипербарической оксигенации, курсы лечебной гимнастики и дыхательной гимнастики с применением респираторных тренажеров, массажа, психотерапии, диетотерапии, физиотерапевтических процедур.

**Материалы и методы.** Под наблюдением авторов находились 65 пациентов в возрасте

от 25 до 73 лет (средний возраст  $45 \pm 3$  года), перенесших коронавирусную инфекцию различной степени тяжести, у которых развился постковидный синдром. Они были представлены пятью возрастными группами: I группа (до 40 лет) — 12 пациентов (18%); II группа (40–49 лет) — 22 пациента (34%); III группа (50–59 лет) — 19 пациентов (29%); IV группа (60–69 лет) — 10 пациентов (16%); V группа (70–73 года) — 2 пациента (3%). В исследуемой группе 97% составляли лица трудоспособного возраста. До прохождения курса ГБО и после лечения все пациенты прошли осмотр у пульмонолога, дополнительно были оценены данные пульсоксиметрии, скрин-ФВД, компьютерной томографии (КТ). По тяжести перенесенной инфекции и данным КТ больные были разделены на 4 группы: I группа (КТ-4) — 22 человека (34%); II группа (КТ-3) — 26 человек (42%); III группа (КТ-2) — 15 человек (21%); IV группа (КТ-1) — 2 человека (3%). Из данных анамнеза известно, что 95% из них получили лечение в стационаре. Учитывая, что проведение полноценной ФВД в раннем восстановительном периоде нецелесообразно в связи с тем, что больные технически не могут выполнить команды врача-исследователя из-за выраженного кашлевого рефлекса и полученные данные недостоверны, было принято решение о скрин-ФВД (VITALOGRAPH) до и после курса ГБО. В дальнейшем, при стабилизации состояния через 1–1,5 месяца, всем пациентам было проведено полное исследование ФВД.

Факт степени повреждения легочной ткани строго учитывался при подборе индивидуальных режимов ГБО. Дозу подбирали методом «титрования». Сеансы проводились в барокамере «ОКА-МТ» ежедневно на протяжении 10–15 дней на средних терапевтических режимах 1,2–1,5 ата (0,12–0,15 МПа), 40–60 минут. Повторные курсы лечения из 7–10 сеансов получили 12 пациентов, это 18% случаев. На отделении ГБО до и после лечения оценивалась динамика когнитивных функций по шкале MMSE. В процессе прохождения сеансов в барокамере ежедневно контролировались показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем, данные пульсоксиметрии. Корректировка режима ГБО проводилась в зависимости от состояния и реабилитационного потенциала пациента.

**Результаты и их обсуждение.** На основании полученных результатов был разработан алгоритм применения метода ГБО у пациентов, пе-

ренесших COVID-19 и имеющих симптомы постковидного синдрома. Наиболее эффективно раннее включение в реабилитационный процесс гипербарической оксигенации при симптоматической фармакологической поддержке. Принципиально важным считаем использование такой «двойной терапии» для создания ресурсной базы перед другими реабилитационными методиками (лечебной физкультурой, массажем, физиотерапией). Данные пульсоксиметрии у пациентов еще не достигают нормального значения в период реконвалесценции. Любые дополнительные физические нагрузки на этом этапе приводят к падению сатурации, что в результате снижает эффективность физических методов терапии. Считаем целесообразным начало проведения курса на 3–4-й неделе болезни с возможной коррекцией сроков, учитывая индивидуальные данные каждого случая. Назначаются режимы ГБО в зависимости от тяжести перенесенной инфекции и объемов повреждения дыхательной системы. Основной принцип на амбулаторном этапе реабилитации — постепенное наращивание дозы гипербарического кислорода. В нашей работе использовался принцип «титрования». Начальные дозы (с поправкой на тяжесть поражения легких по данным КТ) составляли 1,15–1,25 ата, с постепенным достижением за 2–3 сеанса базового уровня давления. Максимальный уровень давления при первом курсе лечения не превышал 1,5 ата (0,15 МПа). При физикальном обследовании пациентов после сеансов на режимах 1,35–1,45 ата отчетливо прослушивалась крепитация в течение 2–3 сеансов. Динамическое наблюдение за пульсоксиметрией в течение каждого сеанса и по дневникам контроля пациентов свидетельствовало о нормализации показателей сатурации на этих режимах (рис. 1). Динамика восстановления когнитивных функций по краткой шкале оценки психологического статуса MMSE к концу курса ГБО была положительной (рис. 2).

Лечение на первом этапе проводилось в течение 2–3 недель, количество сеансов не менее 10–15. При необходимости назначались через 2–3 месяца повторные курсы из 7–10 сеансов на средних терапевтических режимах 1,4–1,7 ата (0,14–0,17 МПа). Отдельную группу наблюдения ( $n=12$ ) составляли пациенты (медицинские работники), получившие курс ГБО через 6 месяцев после перенесенной инфекции в апреле-мае 2020 г. В 100% случаев у них развился постковидный синдром, состоявший из 4–

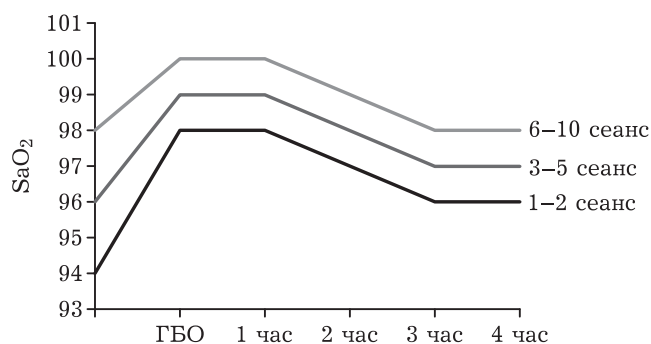


Рис. 1. Оксигемогаммы до и после сеансов гипербарической оксигенации (n=65)

Fig. 1. Oxyhemograms before and after HBO sessions (n=65)

5 симптомов, которые беспокоили их на протяжении полугода после острого периода. Особенно тяжелыми для пациентов были когнитивные (ухудшение памяти и внимания) и психоэмоциональные нарушения (депрессия, страхи, апатия), бессонница. Эти проявления значительно затрудняли их профессиональную жизнь и приводили их на мысли уйти из профессии. При обследовании до курса ГБО выяснилось, что данные пульсоксиметрии у этой группы пациентов не превышали показателей Sa 94–96%. Исследование скрин-ФВД свидетельствовало о значительном увеличении интегрального показателя «возраст легких» по сравнению с биологическим на 15–20 лет. После проведения курсов ГБО по описанному выше алгоритму клиническое состояние пациентов значительно улучшилось, данные сатурации в группе стали не ниже Sa 97%. «Возраст легких» стал превышать биологический не более чем на 10 лет. Показатели когнитивных функций по шкале MMSE возросли на 3 балла (см. рис. 2).

Пациенты, проходившие курс ГБО, имели возможность снижения продолжительности домашней кислородотерапии на 10–15 дней (в соответствии с тяжестью поражения КТ-4 —

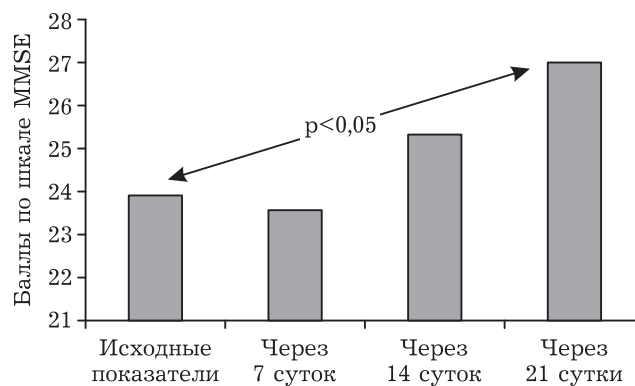


Рис. 2. Динамика когнитивных функций у пациентов исследуемой группы по шкале MMSE (n=65)

Fig. 2. Dynamics of cognitive functions in patients of a certain group according to the MMSE scale (n=65)

КТ-2) по сравнению с контрольной группой. Это положительно повлияло на их активность в повседневной жизни и позволило избежать психологической зависимости от кислородного концентратора.

**Заключение.** Официальные протоколы лечения постковидного синдрома пока не созданы. Задача исследователей и врачей — выяснить, что же на самом деле вызывает все эти долгосрочные эффекты, а потом разработать курс лечения, который помог бы пациентам, у которых развилось это тяжелое постинфекционное осложнение. Лечение на сегодняшний день симптоматическое, но важен комплексный подход и рациональный выбор реабилитационных интервенций, разумное сочетание фармакологических и немедикаментозных методов, среди которых метод ГБО является самым перспективным благодаря своему многокомпонентному действию. Первые опыты применения метода при постковидном синдроме доказывают его высокую эффективность и способность значительно сократить сроки реабилитации.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Левина О.А., Евсеев А.К., Шабанов А.К. Безопасность применения гипербарической оксигенации при лечении COVID-19 // *Журнал им. Н. В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2020. Т. 9, № 3. С. 317–320. Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K. Bezopasnost' primeneniya giperbaricheskoy oksigenacii pri lechenii COVID-19 // *Zhurnal im. N. V. Sklifosovskogo «Neotlozhnaya medicinskaya pomoshch»*. 2020. Т. 9, № 3. С. 317–320 [Levina O.A., Evseev A.K., Shabanov A.K. Safety of hyperbaric oxygenation in the treatment of COVID-19. *N. V. Sklifosovsky Journal «Emergency medical care»*, 2020, Vol. 9, No. 3, pp. 317–320 (In Russ.)].
- Мозговой Е.Д., Удалов Ю.Д., Очколяс М.В. Гипербарическая оксигенация в лечении осложненных случаев COVID-19: обзор первого опыта применения // *Медицина экстремальных ситуаций*. 2020. № 3. С. 72–77. Mozgovoy E.D., Udalov Yu.D., Ochkolyas M.V. Giperbaricheskaya oksigenaciya v lechenii oslozhnennykh sluchaev COVID-19: obzor pervogo opyta primeneniya // *Medicina ekstremal'nykh situacij*. 2020. № 3. С. 72–77 [Mozgovoy E.D., Udalov Yu.D., Ochkolyas M.V.

- Hyperbaric oxygenation in the treatment of complicated cases of COVID-19: a review of the first application experience. *Medicine of extreme situations*, 2020, No. 3, pp. 72–77 (In Russ.).
3. Самойлов А.С., Удалов Ю.Д., Шеянов М.В. и др. Опыт применения гипербарической оксигенотерапии с использованием портативных барокамер для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 // *Биомедицина*. 2020. № 2. С. 39–46. Samojlov A.S., Udalov Yu.D., Sheyanov M.V. Opyt primeneniya giperbaricheskoj oksigenoterapii s ispol'zovaniem portativnyh barokamer dlya lecheniya pacientov s novoj koronavirusnoj infekciej COVID-19 // *Biomedicina*. 2020. № 2. S. 39–46 [Samoilov A.S., Udalov Yu.D., Sheyanov M.V. The experience of using hyperbaric oxygen therapy using portable pressure chambers for the treatment of patients with a new coronavirus infection COVID-19. *Biomedicine*, 2020, No. 2, pp. 39–46 (In Russ.)].
  4. Zhou F. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 Wuhan, China: a retrospective study // *Lancet*. 2020. Vol. 395 (10229). P. 1054–1062.
  5. Zhong X. Effect of hyperbaric oxygen therapy on hypoxia in patients with severe new coronavirus pneumonia: first report // *Chinese Journal of Marine Medicine and Hyperbaric Medicine*. 2020. doi: 10.47183/mes.2020.010.
  6. Richardson S. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in New York City Area // *Journal of American Association*. 2020. Apr. 22. Vol. 323. P. 2052–2059.
  7. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» Минздрава России. Версия 12. (21.09.2021). 224 с. Vremennyye metodicheskie rekomendacii «Profilaktika, diagnostika i lechenie novoj koronavirusnoj infekcii (COVID-19)» Minzdrava Rossii. Versiya 12. (21.09.2021). 224 s. [Temporary guidelines «Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)» of the Ministry of Health of the Russian Federation. Version 12. (09/21/2021). 224 p. (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.11.2021 г.

#### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — М. В. Очколяс, Н. Ю. Гальвас, К. А. Харитоненко. Вклад в сбор данных — М. В. Очколяс, Н. Ю. Гальвас. Вклад в анализ данных и выводы — М. В. Очколяс, Н. Ю. Гальвас. Вклад в подготовку рукописи — М. В. Очколяс, Н. Ю. Гальвас, К. А. Харитоненко.

#### Сведения об авторах:

Очколяс Маргарита Викторовна — заведующий отделением гипербарической оксигенации, врач-терапевт, врач-реабилитолог государственного бюджетного учреждения здравоохранения Ленинградской области «Гатчинская клиническая межрайонная больница»; 188300, Ленинградская область, Гатчина, Рощинская ул., д. 15А, к. 1; e-mail: rita.charita@mail.ru; ORCID 0000-0002-2287-9517; SPIN-код 8015-1890;

Гальвас Наталья Юрьевна — клинический фармаколог, пульмонолог государственного бюджетного учреждения здравоохранения Ленинградской области «Гатчинская клиническая межрайонная больница»; 188300, Ленинградская область, Гатчина, Рощинская ул., д. 15А, к. 1; e-mail: galvas1710@mail.ru, ORCID 0000-0001-7760-7132;

Харитоненко Константин Александрович — главный врач государственного бюджетного учреждения здравоохранения Ленинградской области «Гатчинская клиническая межрайонная больница»; 188300, Ленинградская область, Гатчина, Рощинская ул., д. 15А, к. 1; e-mail: kharitonenko@yandex.ru; ORCID 0000-0002-9036-8671.

**КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ / SHORT MESSAGES**

УДК 612.1/8

<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-99-102>

© Мотасов Г.П., Рыжилов Д.В., Алексеенко Д.А., 2022 г.

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКОВОДНОЙ ВОДОЛАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ***Г. П. Мотасов\*, Д. В. Рыжилов, Д. А. Алексеенко*

Научно-исследовательский институт спасания и подводных технологий Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова», Санкт-Петербург, Россия

В результате исследований, начатых в Советском Союзе, Россия добилась успехов в области проведения глубоководных водолазных работ. Разработаны и применены соответствующие средства и методы. Глубоководные водолазные работы основаны на современной технической и медицинской составляющей. Соответствующие правила определяют требования обеспечения безопасности. Развитие водолазного дела зависит от теоретических исследований и разработок, а также реальных экспериментальных исследований. Представлена схема технологии проведения глубоководных водолазных работ.

**Ключевые слова:** морская медицина, водолазная технология, способы и методы, гипербарическая физиология и морская медицина, компрессия, декомпрессия, дыхательные газовые смеси

\*Контакт: *Мотасов Григорий Петрович, [mgr777@mail.ru](mailto:mgr777@mail.ru)*

© Motasov G.P., Ryzhilov D.V., Alexeenko D.A., 2022

**ON DEVELOPMENT OF DEEP-SEA DIVING TECHNOLOGY***Grigoriy P. Motasov\*, Dmitriy V. Ryzhilov, Dar'ya A. Alexeenko*

Research Institute on Rescue and Underwater Technologies at Military Educational and Scientific Center of the RF Navy «Naval Academy named after Admiral N. G. Kuznetsov», St. Petersburg, Russia

As a result of Soviet investigations Russia succeeded for underwater activities and deep-sea diving technologies. The appropriate means and methods were designed and produced. Deep-sea diving is based on advanced diving technique both with medical arrangement. Appropriate regulations determine safety procedures. Progress in diving depends on theoretic investigations, research and design and valid experimental studies. The scheme for deep-diving technologies development is presented.

**Key words:** marine medicine, diving technology, means and methods, diving equipment, underwater physiology, diving medicine, compression, decompression, diving gases

\*Contact: *Motasov Grigory Petrovich, [mgr777@mail.ru](mailto:mgr777@mail.ru)*

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

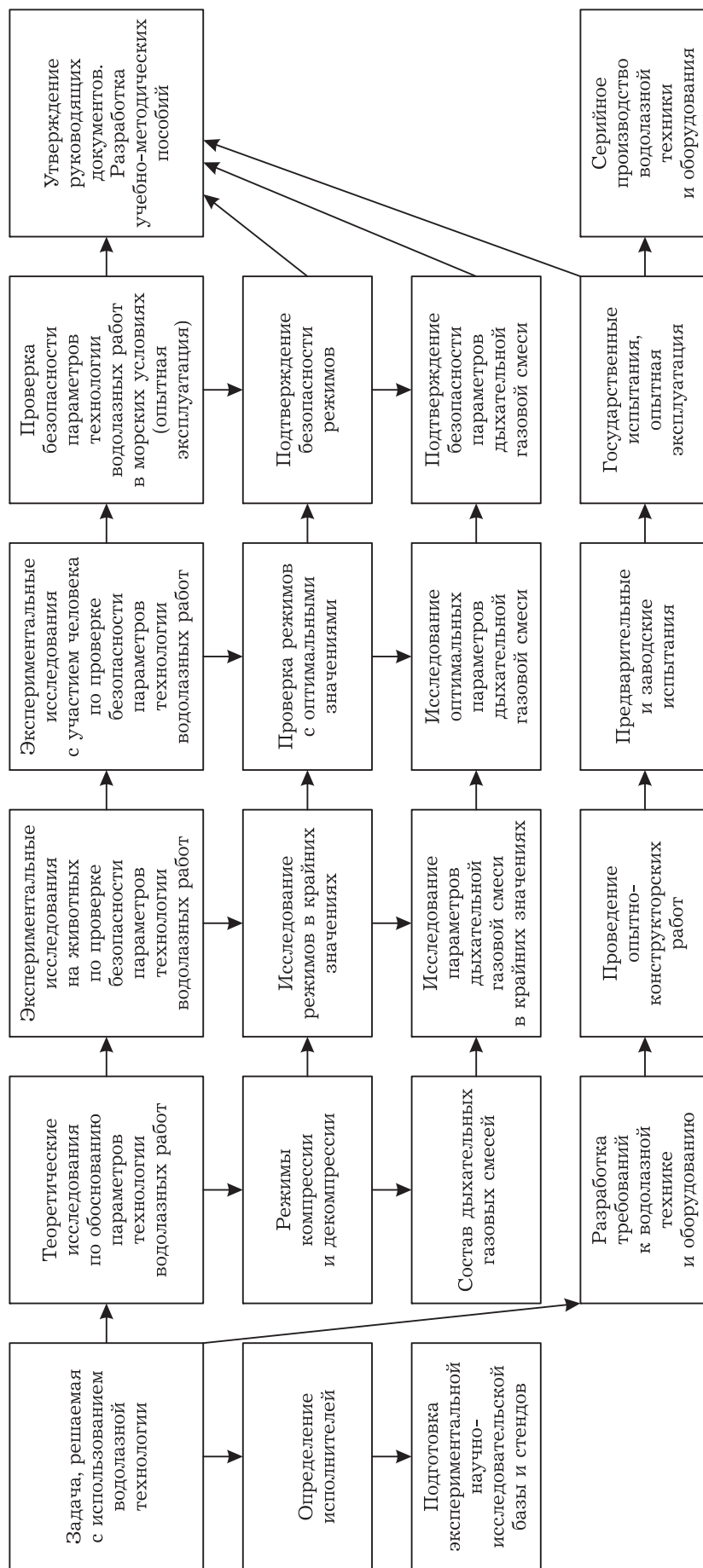
**Для цитирования:** Мотасов Г.П., Рыжилов Д.В., Алексеенко Д.А. К вопросу разработки глубоководной водолазной технологии // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 1. С. 99–102, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-99-102>.

**Conflict of interest:** the authors stated that there is no potential conflict of interest.

**For citation:** Motasov G.P., Ryzhilov D.V., Alexeenko D.A. On development of deep-sea diving technology // *Marine medicine*. 2022. Vol. 8, No. 1. P. 99–102, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-1-99-102>.

До 1990-х годов Россия занимала одно из ведущих мест в мире в области освоения Мирового океана. Достигнуты значительные успехи в развитии технологий выполнения водолазных работ, разработки водолазной техники [1,

с. 18–28]. Построен ряд водолазных и спасательных судов разных проектов, спасательных подводных лодок, плавучих буровых установок и крановых судов с глубоководными водолазными комплексами, которые обеспечивали



**Рисунок.** Схема разработки технологии проведения глубоководных водолазных работ  
**Figure.** Scheme of development for deep-sea diving technology

выполнение водолазных работ в морских условиях на глубинах до 300 метров [2, с. 24–31].

Разработаны безопасные и рациональные по продолжительности режимы компрессии и декомпрессии, режимы труда, отдыха и питания водолазов, меры профилактики и методы лечения профессиональных заболеваний, медико-технические требования к обитаемости глубоководных водолазных комплексов, рекомендации по профессиональному отбору водолазов и акванавтов [3, с. 258–262]. Успешно испытаны новые образцы водолазного снаряжения. Эффективная кооперация ведущих организаций страны в области водолазного дела позволила в кратчайшие сроки создавать действенные и безопасные технологии проведения глубоководных водолазных работ.

Исследования координировала постоянно действующая комиссия по подводной физиологии и медицине, в которую входили ведущие ученые по данному профилю.

Одновременно проводились научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проектированию и созданию водолазного снаряжения и водолазной техники для проведения всех видов водолазных работ во всем диапазоне глубин.

Глубоководная водолазная технология включает в себя режимы компрессии и декомпрессии, параметры микроклимата и состава дыхательной газовой среды, режимы труда и отдыха водолазов на глубинах свыше 60 метров. Схема разработки технологии проведения глубоководных водолазных работ представлена на рисунке.

Разработка водолазной технологии всегда начинается с постановки задачи. Например, технология проведения водолазных работ методом длительного пребывания была разработана в связи с необходимостью проведения подводно-технических и аварийно-спасательных работ на глубинах свыше 200 метров в течение длительного времени (до одного месяца).

Медико-физиологические исследования начинаются с теоретических исследований по обоснованию параметров технологии водолазных работ. В первую очередь определяются граничные значения содержания газов в дыхательных

газовых смесях и дыхательных газовых средах, рассчитываются режимы компрессии и декомпрессии, задаются параметры микроклимата.

В экспериментальных исследованиях на животных проверяются теоретически обоснованные параметры технологии водолазных работ. При этом исследуемые параметры могут иметь крайние по величинам значения.

Наиболее ответственным этапом являются экспериментальные исследования с участием человека по проверке безопасности параметров технологии глубоководных водолазных работ. Для проведения медико-физиологических исследований применяются неинвазивные методики исследования функционального состояния организма человека в условиях повышенного давления. Отсутствие патологических изменений и достаточный уровень физической и умственной работоспособности водолазов являются положительным результатом экспериментальных исследований с участием человека.

После проверки параметров технологии глубоководных водолазных работ в морских условиях (опытной эксплуатации) с учетом выявленных при этом предложений и замечаний разработанная водолазная технология оформляется в виде нормативно-правовых, руководящих и эксплуатационных документов.

Эффективность рассматриваемого в статье подхода к разработке технологии глубоководных водолазных работ подтверждена на практике в 2017–2018 гг., когда в морских условиях были успешно проведены водолазные работы на глубинах 317 и 416 метров [4, с. 160–166].

В настоящее время достаточно остро стоит вопрос проведения глубоководных водолазных работ в автономном водолажном снаряжении без использования глубоководных водолазных комплексов. Такая технология в Военно-Морском Флоте отсутствует.

При создании новой водолазной технологии для проведения глубоководных водолазных работ без использования глубоководных водолазных комплексов целесообразно использовать представленную в статье схему разработки технологии глубоководных водолазных работ.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Сапов И.А., Тюрин В.И. Вклад водолазной физиологии и медицины в освоение ресурсов Мирового океана // *Медико-технические проблемы индивидуальной защиты человека. Итоги и перспективы исследований по оптимизации деятельности работающих на море*: сб. науч. тр. Института биофизики МЗ СССР. М.: Ин-т биофизики МЗ СССР, 1990. С. 18–28. Sapov I.A., Tyurin V.I. Vklad vodolaznoj fiziologii i mediciny v osvoenie resursov Mirovogo

- okeana // *Mediko-tehnicheskie problemy individual'noj zashchity cheloveka. Itogi i perspektivy issledovaniy po optimizacii deyatel'nosti rabotayushchih na more*: sb. nauch. tr. Instituta biofiziki MZ SSSR. M.: In-t biofiziki MZ SSSR, 1990. S. 18–28 [Sapov I.A., Tjurin V.I. Underwater physiology and diving medicine for Oceanic exploitation // *Medical and technical problems of human organism protection and safety: resuming results of investigations to optimize human marine activity and way ahead*: collection of scientific papers of the Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR. Moscow: Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR, 1990, pp. 18–28 (In Russ.)].
2. Яхонтов Б.О. Технологии глубоководных водолазных спусков // *Журн. «Нептун. Водолазный проект»* (Москва). 2012. № 4. С. 24–31. Yakhontov B.O. Tekhnologii glubokovodnyh vodolaznyh spuskov // *Zhurn. «Neptun. Vodolaznyj projekt»* (Moskva). 2012, № 4. S. 24–31. [Yakhontov B.O. Deep-diving technologies. *Neptune. Diving J.*, 2012, No. 4, pp. 24–31 (In Russ.)].
3. Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н., Демчишин М.Д. *Глубоководные водолазные спуски и их медицинское обеспечение*. Т. 2. М.: Фирма «Слово», 2004. С. 258–262. Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N., Demchishin M.D. *Glubokovodnye vodolaznye spuski i ih medicinskoe obespechenie*. Т. 2. М.: Фирма «Слово», 2004. S. 258–262. [Smolin V.V., Sokolov G.M., Pavlov B.N., Demchishin M.D. *Deep-sea diving and medical assessment*. Vol. 2. Moscow: Publishing house Firma «Slovo», 2004, pp. 258–262 (In Russ.)].
4. Реймов Д.В., Мотасов Г.П., Бардышева О.Ф. Опыт проведения экспериментальных водолазных спусков в морских условиях на спасательном судне «Игорь Белоусов» // *Актуальные проблемы медико-санитарного обеспечения деятельности объектов морской техники, предприятий с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также экологического благополучия территорий, обслуживаемых ФМБА*: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург 28.06–29.06.2017. СПб., 2017. С. 160–166. Rejmov D.V., Motasov G.P., Bardysheva O.F. Opyt provedeniya eksperimental'nyh vodolaznyh spuskov v morskikh usloviyakh na spatatel'nom sudne «Igor' Belousov» // *Aktual'nye problemy mediko-sanitarnogo obespecheniya deyatel'nosti ob'ektov morskoy tekhniki, predpriyatij s vrednymi i (ili) opasnymi proizvodstvennymi faktorami, a takzhe ekologicheskogo blagopoluchiya territorij, obsluzhivaemykh FMBA*: Materialy IV Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Sankt-Peterburg 28.06–29.06.2017. SPb., 2017. S. 160–166. [Reimov D.V., Motasov G.P., Bardysheva O.F. Summing up the results of experimental dives onboard rescue ship named «Igor Belousov». *Actual problems of medical and sanitarian assessment (health, safety and environment) of marine technique, enterprises and activities endure harmful/dangerous agents and some territories*. Proceedings of IV RF scientific conference. St. Petersburg, June 26–28, 2017. St. Petersburg. 2017, pp. 160–166 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 12.01.2022 г.

#### Вклад авторов в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — Г. П. Мотасов. Вклад в сбор данных — Д. В. Рыжилов, Д. А. Алексеенко. Вклад в анализ данных и выводы — Г. П. Мотасов. Вклад в подготовку рукописи — Д. В. Рыжилов, Д. А. Алексеенко.

#### Сведения об авторах:

Мотасов Григорий Петрович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института спасания и подводных технологий федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; 198411, г. Ломоносов, Санкт-Петербург, Морская ул., д. 4; e-mail: mgr777@mail.ru;

Рыжилов Дмитрий Владимирович — подполковник медицинской службы, начальник научно-исследовательской лаборатории Научно-исследовательского института спасания и подводных технологий федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; 198411, г. Ломоносов, Санкт-Петербург, Морская ул., д. 4;

Алексеенко Дарья Алексеевна — научный сотрудник НИИ спасания и подводных технологий федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации; 198411, г. Ломоносов, Санкт-Петербург, Морская ул., д. 4.



Северный государственный медицинский университет  
Совет молодых ученых СГМУ  
Студенческое научное общество СГМУ



**IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ МОЛОДЕЖНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ  
«МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО — АРКТИКЕ»**

**XV Архангельская международная медицинская научная конференция молодых ученых  
и студентов**

**Уважаемые коллеги!**

Приглашаем вас принять участие в работе **IX Международного молодежного медицинского научно-образовательного форума «Медицина будущего — Арктике»**, который состоится **21–22 апреля 2022 г.** в Северном государственном медицинском университете (г. Архангельск)

**Формат проведения конференции (очный или виртуальный с использованием дистанционных технологий) будет объявлен за месяц до конференции и будет зависеть от эпидемиологической ситуации.**

**В конференции могут принять участие учащиеся, студенты, ординаторы, аспиранты, преподаватели, научные сотрудники, врачи.**



**План проведения**

**IX Международного молодежного медицинского научно-образовательного форума  
«Медицина будущего — Арктике»**

- 21.04.2022** Пленарное заседание.  
Научные симпозиумы в рамках XV Архангельской международной медицинской научной конференции молодых ученых и студентов.  
Постерная сессия.
- 22.04.2022** Мастер-классы. Образовательная программа.  
Научно-инновационная сессия.  
Интеллектуальные конкурсы.

### Направления работы Форума

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
2. Проблемы стресса и адаптации к условиям проживания в Арктической зоне РФ.
3. **Проблемы морской и военной медицины.**
4. Проблемы хирургии, травматологии и ортопедии.
5. Проблемы анестезиологии и интенсивной терапии.
6. Проблемы онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии.
7. Проблемы педиатрии.
8. Проблемы офтальмологии.
9. Проблемы стоматологии.
10. Проблемы терапии.
11. Проблемы акушерства и гинекологии.
12. Проблемы психического здоровья.
13. Актуальные вопросы инфекционных заболеваний.
14. Теоретические основы клинической медицины (физиология, биология, химия).
15. Проблемы гистологии, цитологии, эмбриологии и анатомии.
16. Проблемы гигиены, физиологии труда и экологии.
17. Медико-социальные проблемы здоровья.
18. Проблемы медицинской физики и биоинформатики.
19. Проблемы клинической и лабораторной гемостазиологии.
20. Проблемы фармации и фармакологии.
21. Современная лабораторная диагностика в клинической медицине.
22. История медицины и науки.
23. Медицина на английском (симпозиум и доклады на английском языке).
24. Проблемы педагогики и психологии высшей школы.
25. Здоровый образ жизни и оздоровительные технологии.
26. Философия и медицина.
27. Проблемы экономики и управления социальными процессами.
28. Язык, культура, коммуникация в медицинской практике.

### Формы участия

1. Устное выступление (очно или в формате видеоконференции), регламент представления доклада — 7 минут.
2. Постерный (стендовый) доклад (в случае проведения конференции виртуально — электронный постер).

### Условия и порядок подачи заявки на участие

**Иногородним участникам и участникам из вузов г. Архангельска (кроме СГМУ):**

— до 31 марта 2022 года необходимо зарегистрироваться и подать заявку на участие посредством электронной формы на сайте СГМУ (раздел «Наука», подраздел «IX Международный молодежный медицинский форум «Медицина будущего — Арктике»), заполнив все необходимые разделы и прикрепив заявку на участие (приложение 1), подписанную авторами, научным руководителем и заведующим кафедрой, а также тезисы доклада.

**Участникам из числа обучающихся и сотрудников СГМУ:**

— до 31 марта 2022 года необходимо подать заявку на участие на участие (приложение 1), подписанную авторами, научным руководителем и заведующим кафедрой, а также тезисы доклада ЧЕРЕЗ ответственное лицо на кафедре.

### Требования к тезисам докладов:

- для устных докладов по результатам оригинальных исследований: тезисы доклада до 3 страниц текста (2 экз., шрифт 14, интервал 1,5);
- для устных докладов обзорного характера: полностью текст доклада со списком литературы, включающим не менее 15 источников (исключая учебную литературу), при этом 75%

из них должны быть изданы не ранее 2016 года; при этом доклад **не должен быть отражением общеизвестной информации, по возможности иметь прикладное, научно-практическое значение и быть законченным выступлением, отражающим современный взгляд мировой науки на исследуемую проблему;**

— для стендовых докладов любого характера: текст стендового доклада (2 экз., шрифт 14, интервал 1,5).

**Обращаем внимание, в ходе работы симпозиумов будет проводиться конкурс на лучший устный доклад, а в ходе работы постерных сессий будут проводиться конкурс на лучший стендовый доклад по следующим направлениям «Клиническая медицина» «Фундаментальные науки» «Гуманитарные и экономические дисциплины».**

**Участие в конференции без публикации тезисов и получения печатного экземпляра «Бюллетеня СГМУ» бесплатное.**

**Возможна публикация тезисов доклада в «Бюллетене СГМУ». При этом заявка на публикацию тезисов в бюллетене СГМУ подается отдельно.**

**Информация по публикации тезисов и материалов конференции будет размещена в информационном письме по публикации материалов в бюллетене СГМУ № 1–2022 на официальном сайте СГМУ.**

### **Организационные вопросы**

Тематические симпозиумы формируются из устных докладов и постерных докладов. Для проведения экспертной оценки докладов и формирования программы симпозиума создаются Научные комитеты симпозиумов, членами которых являются сотрудники СГМУ и других вузов, и научно-исследовательских учреждений, возможно привлечение представителей профилирующих международных, федеральных и региональных научных и медицинских учреждений, органов государственной власти, общественных объединений. Научный комитет отбирает на основании экспертной оценки представленных тезисов устные доклады для симпозиума, остальные переводятся в разряд постерных докладов (при этом Научный комитет имеет право запросить у докладчиков текст и презентацию доклада).

Требования к оформлению постера: постер (размером А1 (841×594 мм) в портретной ориентации) должен содержать: заголовок (название работы, ФИО автора, ФИО руководителя работы, название организации/вуза, город) и краткое изложение научной работы (цель, материалы и методы исследования, результаты, иллюстрированные таблицами и рисунками, выводы).

Тезисы докладов могут быть опубликованы в Бюллетене СГМУ № 1 за 2022 год. Информацию о публикации тезисов и материалов конференции можно найти в информационном письме по публикации материалов в Бюллетене СГМУ № 1 за 2022 год.

### **Контактная информация**

Ответственный за симпозиум «Проблемы морской и военной медицины»

*Бойко Игорь Михайлович*, к.м.н., доцент

моб. тел.: +7 (902) 286-47-30, e-mail: *imboyko@mail.ru*

**По всем вопросам можно обращаться по адресу:**

Студенческое научное общество СГМУ — *snonsmu@mail.ru*

Объявления о Форуме «Медицина будущего — Арктике» будут размещаться в социальной сети «ВКонтакте» на странице Форума (<https://vk.com/arcticmedforum>) и СНО СГМУ ([https://vk.com/sno\\_nsmu](https://vk.com/sno_nsmu)).

Научный отдел СГМУ: тел. (8182) 28-57-83; e-mail: *nordnauka@yandex.ru*

**И.о. председателя Студенческого научного общества СГМУ:**

*Ализаде Чинара Ровшан кызы*

моб. тел.: +7 (911) 582-54-31, e-mail: *chinara720@gmail.com*

**Председатель Совета молодых ученых СГМУ:**

Давидович Наталья Валерьевна, к.м.н., доцент,  
моб. тел: +7 (902) 190-49-29, e-mail: [nvdavidovich@gmail.com](mailto:nvdavidovich@gmail.com)

**Ответственный за выпуск «Бюллетеня СГМУ»:**

Парамонов Андрей Андреевич,  
моб. тел: +7 (921) 474-81-88; e-mail: [aparamonovarh@mail.ru](mailto:aparamonovarh@mail.ru)

**Официальные языки конференции:** русский, английский

**Приложение 1****Заявка на участие с докладом в конференции студентов и молодых ученых СГМУ**

1. Авторы (Ф.И.О., возраст, сведения о месте учебы/работы): \_\_\_\_\_

---

2. Название и номер симпозиума

*Направление работы Форума:*

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
2. Проблемы стресса и адаптации к условиям проживания в Арктической зоне РФ.
3. Проблемы морской и военной медицины.
4. Проблемы хирургии, травматологии и ортопедии.
5. Проблемы анестезиологии и интенсивной терапии.
6. Проблемы онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии.
7. Проблемы педиатрии.
8. Проблемы офтальмологии.
9. Проблемы стоматологии.
10. Проблемы терапии.
11. Проблемы акушерства и гинекологии.
12. Проблемы психического здоровья.
13. Актуальные вопросы инфекционных заболеваний.
14. Теоретические основы клинической медицины (физиология, биология, химия).
15. Проблемы гистологии, цитологии, эмбриологии и анатомии.
16. Проблемы гигиены, физиологии труда и экологии.
17. Медико-социальные проблемы здоровья.
18. Проблемы медицинской физики и биоинформатики.
19. Проблемы клинической и лабораторной гемостазиологии.
20. Проблемы фармации и фармакологии.
21. Современная лабораторная диагностика в клинической медицине
22. История медицины и науки.
23. Медицина на английском (доклады на английском языке).
24. Проблемы педагогики и психологии высшей школы.
25. Здоровый образ жизни и оздоровительные технологии.
26. Философия и медицина.
27. Проблемы экономики и управления социальными процессами.
28. Язык, культура, коммуникация в медицинской практике.

3. Название доклада \_\_\_\_\_

---

4. Научные руководители (звание, ученая степень, должность) \_\_\_\_\_

5. Форма участия:

. Устный доклад

. Постерный доклад

6. Докладчики при устном и постерном докладе (Ф.И.О., возраст, контактные данные (студент, молодой ученый — подчеркнуть): \_\_\_\_\_

Название доклада \_\_\_\_\_

7. Автор, ответственный за переписку (Ф.И.О., раб. и моб. телефоны, e-mail): \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2022 г.

Подпись зав. кафедрой: \_\_\_\_\_

Подпись научных руководителей: \_\_\_\_\_

Подпись авторов: \_\_\_\_\_

# Содержание журнала за 2021 год

## № 1/2021

### ОБЗОР

- ЛАНДШАФТНАЯ ТЕРАПИЯ НАРУШЕНИЙ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВОСПРИЯТИЙ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ ..... 7  
*В. К. Жиров, Ю. Н. Закревский, О. Б. Гонтарь, В. В. Мезгорский, А. А. Койгерова, П. А. Маурчева*

### ЛЕКЦИЯ

- МИРОВЫЕ ЭПИДЕМИИ И МОРСКАЯ МЕДИЦИНА – ВОСПРИЯТИЕ СОБЫТИЙ  
 В ПЕРВЫЙ ГОД ПАНДЕМИИ COVID-19 ..... 20  
*О. Е. Симакина, Н. А. Беляков*

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

#### ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ

- ПОТОКОСТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ ФОНОПНЕВМОГРАФИЯ СПОКОЙНОГО ДЫХАНИЯ  
 В ДИАГНОСТИКЕ ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ НА ФОНЕ ХРОНИЧЕСКОЙ  
 ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ ..... 33  
*Е. В. Малинина, В. А. Дубинкин*

#### ФИЗИОЛОГИЯ, ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- ВИТАМИННАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОЕННЫХ МОРЯКОВ В ДЛИТЕЛЬНОМ ПЛАВАНИИ ..... 40  
*А. И. Андриянов, Л. П. Лазаренко, О. Г. Коростелева, Н. И. Дарьина, Н. А. Щукина,  
 А. Л. Сметанин, Т. И. Субботина*

- СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИЧНОСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ У ВОЕННО-МОРСКИХ  
 СПЕЦИАЛИСТОВ С ПРИЗНАКАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ ..... 48  
*П. А. Сошкин*

- ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У КУРСАНТОВ  
 МОРСКОГО ВУЗА В ПЕРИОД ДЛИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ ..... 54  
*А. Б. Гудков, А. Ф. Щербина, О. Н. Попова, А. Н. Никанов*

- ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА СУБЪЕКТОВ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ... 60  
*С. В. Котовская, И. М. Бойко, И. Г. Мосягин, А. И. Хохрина*

#### ОПЫТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- ОПЫТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРАБЛЕЙ И ЧАСТЕЙ ИНОСТРАННЫХ  
 АРМИЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ..... 69  
*Е. В. Крюков, К. С. Шуленин, Д. В. Черкашин, А. Я. Фисун, Э. М. Мавренков, Г. Г. Кутелев, Е. О. Чибирякова*

- АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ  
 С ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА ..... 78  
*П. В. Агафонов, Ю. Ш. Халимов, С. В. Гайдук, Е. В. Крюков, Г. Г. Загородников*

- СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНАЯ РЕАНИМАЦИЯ КАК ПРИОРИТЕТ В ОКАЗАНИИ ЭКСТРЕННОЙ  
 ПОМОЩИ АВАРИЙНОМУ ВОДОЛАЗУ ..... 85  
*П. А. Емущинцев, В. В. Микучич, Г. С. Соловьев*

- ОПЫТ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ЗВЕНА 637 ЦЕНТРА ГОСУДАРСТВЕННОГО  
 САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ НОВОЙ  
 КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ..... 92  
*Д. Ю. Пицугин, С. Г. Шубенкин, Р. А. Тарумов, А. Н. Шеменева, О. Г. Цинцадзе*

- ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ** ..... 96

## № 2/2021

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- ФИЗИОЛОГИЯ, ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ  
 НОМЕНКЛАТУРЫ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПЕРАТОРОВ СОВРЕМЕННЫХ  
 АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
 РАБОЧИХ МЕСТ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ ..... 8

- А. В. Седов, Ю. Б. Моисеев, Ю. Р. Ханкевич, Д. Ю. Рогованов, И. А. Блощинский,  
 К. В. Сапожников, П. А. Порожников, Н. В. Юрчик*

ДИНАМИКА ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРЯКОВ В ПЕРИОД ДЛИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НА РЫБНОМ ПРОМЫСЛЕ .....	15
<i>Ф. А. Щербина, Ю. Ф. Щербина, Ю. Н. Закревский, А. А. Троценко, М. В. Щелков, И. С. Лепешинский</i>	
РЕКОМЕНДАЦИИ КОМАНДНОМУ СОСТАВУ ПО ПОДДЕРЖАНИЮ УСТОЙЧИВОГО ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКИПАЖА АВАРИЙНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ .....	24
<i>А. М. Андрийченко, П. А. Емушинцев, В. В. Микулич</i>	
ОСОБЕННОСТИ РЕСПИРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ВОЕННО-МОРСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ С ПРИЗНАКАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ .....	33
<i>П. А. Сошкин</i>	
ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА МЕЖЛИЧНОСТНОГО ПОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКИХ МОРЯКОВ ВО ВРЕМЯ РЕЙСА В ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫХ ЭКИПАЖАХ .....	40
<i>В. В. Лутачев, Р. В. Кубасов, И. М. Бойко, А. И. Хохрина, Е. Д. Кубасова</i>	
<b>ВОДОЛАЗНАЯ МЕДИЦИНА</b>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ПОРОГА ГЛУБОКОЙ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ВОДОЛАЗОВ И ДАЙВЕРОВ НА КЛИНИЧЕСКУЮ СИМПТОМАТИКУ ДЕКОМПРЕССИОННОЙ БОЛЕЗНИ .....	47
<i>В. Н. Алпатов, В. И. Советов, А. Н. Ятманов</i>	
<b>ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ НА МОРЕ</b>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ПО ПРИЗЫВУ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА И СУХОПУТНЫХ ВОЙСК РОССИИ В 2003-2019 гг. ....	52
<i>В. И. Евдокимов, И. Г. Мосягин, П. П. Сиващенко, А. А. Ветошкин</i>	
<b>ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ</b>	
ПРОБЛЕМА ОСТРОЙ ОДОНТОГЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В МОРСКОЙ МЕДИЦИНЕ: КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАЛЛЕЛИ .....	61
<i>А. А. Сериков, А. К. Иорданишвили</i>	
ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНА: КЕЙС ISL TEXNO ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ SMART-ФАП В ОДНОМ ИЗ ПРИМОРСКИХ РЕГИОНОВ СТРАНЫ .....	66
<i>А. А. Шагивалеев</i>	
<b>НАУЧНАЯ ДИСКУССИЯ</b>	
БИОМОНИТОРИНГ ЧЕЛОВЕКА КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА РАБОТНИКОВ СУДОРЕМОНТНОЙ И СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ .....	69
<i>Д. Ю. Морозов</i>	
<b>ОПЫТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</b>	
СБОРЫ РУКОВОДЯЩЕГО СОСТАВА МЕДИЦИНСКОЙ СЛУЖБЫ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА .....	80
<i>Д. В. Чирков</i>	
<b>ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ</b> .....	85

## № 3/2021

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ****МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ**

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРКТИЧЕСКОГО ПОЯСА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПО БИОКЛИМАТИЧЕСКИМ ИНДЕКСАМ .....	7
<i>Р. С. Рахманов, Е. С. Богомоллова, Д. А. Нарутдинов, С. А. Разгулин, М. В. Ашина</i>	
<b>ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА</b>	
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У КУРСАНТОВ МОРСКОГО ВУЗА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ .....	14
<i>А. Б. Гудков, Ф. А. Щербина, О. Н. Попова, В. П. Чащин</i>	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ВНУТРИПОХОДОВОЙ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТОРОВ ГЛУБОКОВОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ .....	20
<i>Ю. Р. Ханкевич, К. В. Сапожников, Д. В. Черкашин, Г. Г. Кутелев, С. А. Парфенов, А. А. Паулов</i>	

СВЯЗЬ СТЕПЕНИ ДИСФУНКЦИИ ПСИХОВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА С МАРКЕРАМИ РАННЕГО ФОРМИРОВАНИЯ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА У ЛЕТНОГО СОСТАВА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ .....	32
<i>Ю. Н. Закревский, В. П. Бутиков, А. В. Герцев</i>	
ВЛИЯНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЕННОСЛУЖАЩИХ НА АДАПТАЦИЮ К УСЛОВИЯМ КРАЙНЕГО СЕВЕРА .....	41
<i>П. В. Агафонов, Ю. Ш. Халимов, С. В. Гайдук, Е. В. Крюков</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИЙ ПОЧЕК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОЛАЗОВ К ГИПОКСИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ .....	49
<i>Д. П. Зверев, А. А. Мясников, А. Ю. Шитов, А. Н. Андрусенко, В. И. Чернов, И. Р. Кленков, З. М. Исрафилов</i>	
СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ И АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ У ВОЕННО-МОРСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ С ПРИЗНАКАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ .....	62
<i>П. А. Сошкин</i>	
<b>ВОЕННО-МОРСКАЯ МЕДИЦИНА</b>	
СЛУЧАЙ ГЕПАРИНИНДУЦИРОВАННОЙ ТРОМБОЦИТОПЕНИИ У ПАЦИЕНТА С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ, ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЕННО-МОРСКОГО ГОСПИТАЛЯ .....	71
<i>И. Д. Шаповалов, В. Е. Макаренченко, О. Ю. Картина, Т. Л. Белоусова</i>	
<b>ОПЫТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</b>	
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ТАКТИКО-СПЕЦИАЛЬНОГО УЧЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ МЧС РОССИИ С МАССОВЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ ПОСТРАДАВШИХ В ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА (ТЕРРОРИСТИЧЕСКИЙ АКТ) .....	78
<i>С. С. Алексанин, В. Ю. Рыбников, Н. В. Нестеренко</i>	
ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В МИРОТВОРЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ ООН .....	87
<i>А. В. Грицких</i>	
УСПЕШНЫЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЕМ С МЕДИЦИНСКИМИ ОТХОДАМИ В ВОЕННО-МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РФ .....	94
<i>С. А. Цуциев, О. Г. Пригорелов, С. Н. Васягин, П. А. Сошкин</i>	

## № 4/2021

### ОБЗОР

КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВО ВРЕМЯ РЕЙСА, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ МОРЯКОВ .....	7
<i>В. В. Лупачев, Р. В. Кубасов, И. М. Бойко, А. И. Хохрина, Е. Д. Кубасова</i>	

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

#### ОРГАНИЗАЦИЯ МОРСКОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	13
<i>С. А. Цуциев, М. В. Сохранов, П. А. Сошкин</i>	

#### МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА МИКРОБИОТЫ АРКТИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ .....	23
<i>Л. А. Краева, А. Л. Панин, А. Е. Гончаров, А. Б. Белов, Д. Ю. Власов, И. Ю. Кирцидели, Н. Е. Гончаров, И. В. Баранов, В. Б. Сбойчаков</i>	
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ АДРЕНАЛОВЫХ ГОРМОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У МОРЯКОВ В ТЕЧЕНИЕ РЕЙСА В РАЗЛИЧНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕГИОНЫ .....	34
<i>Р. В. Кубасов, В. В. Лупачев, И. М. Бойко, А. И. Хохрина, Е. Д. Кубасова</i>	
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЫШЬЯК В ВОДОРΟΣЛЯХ ШТОРМОВЫХ ВЫБРОСОВ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ОСТРОВА СЕВЕРНЫЙ АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ .....	40
<i>В. П. Андреев, Ю. Н. Закревский, Е. С. Мартынова, Ж. В. Плахотская</i>	



РЕЦЕССИЯ ДЕСНЫ КАК МЕДИКО-СОЦИАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА МОРСКОЙ МЕДИЦИНЫ .....	49
<i>А. К. Иорданишвили, А. А. Сериков</i>	
<b>ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ</b>	
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ С ЦЕЛЮ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ НА ЛЮБОМ ЭТАПЕ ИХ РАЗВИТИЯ .....	54
<i>В. М. Успенский</i>	
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНОЙ ТЕРАПИИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-го ТИПА .....	62
<i>В. А. Цветков, Е. С. Крутиков, С. И. Чистякова</i>	
ОСОБЕННОСТИ РЕГРЕССА КЛИНИЧЕСКИХ СИМПТОМОВ И ИНДИКАТОРОВ ВОСПАЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗОГРЕТОЙ КИСЛОРОДНО-ГЕЛИЕВОЙ СМЕСИ В ТЕРАПИИ ПНЕВМОНИИ, ВЫЗВАННОЙ КОРОНАВИРУСОМ SARS-CoV-2 .....	70
<i>В. М. Мануйлов, А. Р. Мухамеджанова</i>	
<b>ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА</b>	
ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СПОСОБОВ В ДИАГНОСТИКЕ ДЕКОМПРЕССИОННОЙ БОЛЕЗНИ .....	75
<i>Д. П. Зверев, С. А. Бычков, А. А. Мясников, А. М. Ярков, А. Б. Хаустов, И. Р. Кленков, С. Г. Фокин</i>	
ОЦЕНКА ПАТОГЕНЕЗА НАРУШЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ У ВОЕННО-МОРСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД ПОЛЯРНОЙ НОЧИ .....	84
<i>А. Н. Жекалов, И. Ю. Мишин</i>	
<b>ОПЫТ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</b>	
ОБ ИТОГАХ ПРОВЕДЕНИЯ СБОРА РУКОВОДЯЩЕГО СОСТАВА МЕДИЦИНСКОЙ СЛУЖБЫ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА В ПЕРИОД С 24 ПО 26 НОЯБРЯ 2021 г. ....	90
<i>Д. В. Чирков</i>	
<b>ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ .....</b>	<b>94</b>





**13–16 СЕНТЯБРЯ 2022**

**Санкт-Петербург**

# OMR

**МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО СУДОСТРОЕНИЮ И РАЗРАБОТКЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА**

**Круглый стол**

## **АРКТИЧЕСКАЯ, АНТАРКТИЧЕСКАЯ И МОРСКАЯ МЕДИЦИНА**

**Модератор:**

Игорь МОСЯГИН, начальник медицинской службы Главного командования Военно-Морского Флота России

**Основные направления для обсуждения:**

1. Реализация Концепции развития морской медицины в Российской Федерации до 2030 года
2. Совершенствование нормативного правового регулирования медицинского обеспечения плавания судов, работы стационарных и плавучих морских платформ в акватории Северного Ледовитого океана, в условиях возрастания роли и значения Северного морского пути.
3. Развитие нормативной правовой базы медицинского обеспечения водолазных, глубоководных и поисково-спасательных работ.
4. Подготовка медицинских кадров для работы на объектах морской деятельности, в том числе в Арктике и Антарктиде.

**Впервые в рамках Круглого стола по медицине состоится «Молодежная сессия»**

Информационный партнёр Круглого стола:

Научно-практический рецензируемый журнал «Морская медицина»

При поддержке:



[www.omr-russia.ru](http://www.omr-russia.ru)



Организатор:



**ЛУЧШИЕ ОТРАСЛЕВЫЕ КОММУНИКАЦИИ И НЕТВОРКИНГ**

# ВИФЕРОН®

Бережная защита от вирусов



VIFERON.SU

Лечение и профилактика широкого спектра вирусных и вирусно-бактериальных инфекций (ОРВИ и грипп, в том числе осложненные бактериальными инфекциями, герпесвирусные и уrogenитальные инфекции)



Разрешен детям с первых дней жизни и будущим мамам с 14 недели беременности<sup>1</sup>



Входит в 33 стандарта оказания медицинской помощи Минздрава РФ<sup>3</sup>



Самый назначаемый препарат от ОРВИ для детей с первых дней жизни<sup>2</sup>



Производится в соответствии с международными стандартами GMP<sup>4</sup>

Реклама



Для медицинских работников и фармацевтов

P N000017/01 P N001142/02 P N001142/01

1. Детям: ВИФЕРОН®Суппозитории/Гель — с рождения; ВИФЕРОН®Мазь — с 1 года  
Беременным: ВИФЕРОН®Суппозитории — с 14 недели гестации,  
ВИФЕРОН®Мазь/Гель — без ограничений

2. ВИФЕРОН®Суппозитории/Гель

3. Russian Pharma Awards 2019

4. <http://www.rosminzdrav.ru>

5. Заключение Минпромторга России

GMP-0017-000022/15 от 16.03.2015