

ДЫХАНИЕ ГЕЛИОКИСЛОРОДНЫМИ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ КАК СРЕДСТВО ЭКСТРЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

¹А. В. Строй[✉], ²О. В. Лобозова[✉], ³Г. Д. Данилевич[✉], ⁴В. Ю. Скокова[✉], ⁴С. Г. Афендииков[✉],
⁴А. А. Танова[✉], ⁴А. В. Антонова[✉]

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

²Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Россия

³Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

⁴Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

ЦЕЛЬ: Оценка эффективности использования гелиокислородных дыхательных смесей для экстренного восстановления работоспособности специалистов опасных профессий. Обследовано 18 военнослужащих-мужчин (возраст 25–40 лет), разделенных на основную группу и группу сравнения (по 9 человек). У всех военнослужащих имели место признаки снижения работоспособности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: В основной группе назначалась процедура 40-минутного дыхания подогретой газовой смесью с содержанием кислорода 25% об., гелия 75% об. В группе сравнения проводилась стандартная 40-минутная кислородотерапия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ: Установлено, что использование гелиокислородных газовых сред является значительно более эффективным средством экстренного восстановления работоспособности специалистов, чем кислородотерапия. Об этом свидетельствовала лучшая динамика показателей физической работоспособности и уровня физиологических резервов в основной группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Гелиокислородную терапию можно рассматривать как эффективный и безопасный метод восстановления работоспособности, применимый в «полевых» условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, гелиокислородные дыхательные смеси, восстановление работоспособности, баротерапия, оксигенация

*Для корреспонденции: Строй Алексей Владимирович, e-mail: dr_stroy@mail.ru

*For correspondence: Aleksey V. Stroy, e-mail: dr_stroy@mail.ru

Для цитирования: Строй А.В., Лобозова О.В., Данилевич Г.Д., Скокова В.Ю., Афендииков С.Г., Танова А.А., Антонова А.В. Дыхание гелиокислородными газовыми смесями как средство экстренного восстановления работоспособности специалистов опасных профессий // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 2. с. 70–76, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-2-70-76>

For citation: Stroy A.V., Lobozova O.V., Danilevich G.D., Skokova V.Yu., Afendikov S.G., Tanova A.A., Antonova A.V. Breathing in helium-oxygen gas mixtures as a means of emergency restoration of the working capacity of specialists of hazardous occupations // *Marine Medicine*. 2022. Vol. 8, No. 2. P. 70–76. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-2-70-76>

BREATHING IN HELIUM-OXYGEN GAS MIXTURES AS A MEANS OF EMERGENCY RESTORATION OF THE WORKING CAPACITY OF SPECIALISTS OF HAZARDOUS OCCUPATIONS

¹Aleksey V. Stroy[✉], ²Oksana V. Lobozyova, ³Galina D. Danilevich, ⁴Veronika Yu. Skokova,
⁴Sergey G. Afendikov, ⁴Anastasia A. Tanova, ⁴Anastasia V. Antonova

¹Search and Rescue Service of the Main Headquarters of the Navy, St. Petersburg, Russia

²Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

³Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

⁴Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

OBJECTIVES: To evaluate the effectiveness of using helium-oxygen breathing mixtures for emergency restoration of the working capacity of specialists of hazardous occupations.

MATERIALS AND METHODS: 18 male military personnel (age 25–40 years), divided into the main group and the comparison group (9 people each). All servicemen showed signs of decreased efficiency. In the main group, a procedure of 40-minute breathing with a heated gas mixture with an Oxygen content of 25% vol., Helium content of 75% vol. was prescribed. The comparison group underwent standard 40-minute Oxygen therapy.

RESULTS: Using of helium-oxygen gas media demonstrated much more effective means of emergency restoration of the work capacity of specialists than oxygen therapy. This was evidenced by the better dynamics of physical performance indicators and the level of physiological reserves in the main group.

CONCLUSIONS & DISCUSSION: Helium-oxygen therapy can be considered as an effective and safe method of restoring working capacity, applicable in the «field» conditions.

KEYWORDS: marine medicine, helium-oxygen breathing mixtures, restoration of working capacity, barotherapy, oxygenation

Введение. Сохранение, восстановление и повышение работоспособности и надежности деятельности специалистов «опасных» профессий (СОП) является ключевой проблемой их медицинского и физиологического обеспечения [1, с. 124–133; 2, с. 50; 3, с. 12–14; и др.]. При этом, как указывается в перечисленных и других фундаментальных работах и руководящих документах, мероприятия, проводимые для решения данной проблемы, должны иметь многоуровневый характер, четкую этапность, разнонаправленность, основываться на рациональном сочетании организационных, клинико-физиологических, психофизиологических, психологических, физиотерапевтических и иных средств и методов. Кроме этого, назначаемые коррекционно-восстановительные программы должны основываться на принципе безопасности для организма, поскольку для СОП даже временное снижение работоспособности, связанное, например, с приемом психотропных фармацевтических препаратов, недопустимо [1, с. 128; 2, с. 52].

Важным направлением в системе медико-физиологических мероприятий сохранения работоспособности СОП является использование средств баротерапии, оказывающих разнонаправленные коррекционные действия на орга-

низм и при этом практически не имеющих негативных побочных реакций. Назначение ряда таких средств допустимо, в том числе на этапе регламентированного отдыха СОП внутри «рабочих» циклов [3, с. 70–72; 4, с. 435; 5, с. 180; 6, с. 531; 7, с. 58–63]. При этом из методов баротерапии, применение которых в «полевых условиях» с организационной точки зрения представляется наиболее рациональным, приоритет принадлежит так называемым «нормобарическим» технологиям. Данные технологии основаны на циклическом дыхании пациента искусственными дыхательными смесями (ИДС) с повышенным содержанием кислорода и инертных газов (гелий, аргон, ксенон, криптон или их сочетаниях) при нормальном давлении [8, с. 124–125; 9, с. 11; 10, с. 1124; 11, с. 1725]. Физиологические механизмы действия таких ИДС на организм заключаются в экстренной оптимизации кислородного бюджета организма, мягких седативных, нейро- и кардиопротекторных, антигипертензивных и других эффектах. При этом для каждого инертного газа характерен свой спектр коррекционных механизмов [5, с. 180; 8, с. 128–129; 10, с. 1125; 11, с. 1726; 12, с. 1127].

Возможность практического применения данных технологий, в том числе в «полевых»

условиях, обусловлена выпуском отечественными производителями переносных дыхательных аппаратов «Ингалит», «Аппарат спасательный водолазно-медицинский» («АСВМ»). Аппараты оснащены баллонами с сертифицированными гипероксическими ИДС с повышенным содержанием инертных газов, в частности, гелия.

Экстренные коррекционные эффекты нормобарических гелиокислородных смесей (НГКС) обеспечиваются сочетанным воздействием на ткани организма повышенного содержания кислорода, а также особым влиянием подогретого гелия, заключающимся в ускорении трансмембранного транспорта кислорода и метаболитов, оптимизации центральной и периферической гемодинамики, вентиляционной функции, улучшении реологических свойств крови и др. [2, с. 49; 5, с. 181; 12, с. 1130; 13, с. 29–30; 14, с. 46; 15, с. 1993]. Подогрев НГКС, подаваемых для дыхания, необходим в связи с высокой теплопроводностью гелия.

При этом, несмотря на очевидную перспективность данной технологии, исследований по ее практическому применению в коррекции функциональных состояний специалистов опасных профессий (в том числе военнослужащих) до настоящего времени явно недостаточно.

Цель исследования: оценка клинической эффективности использования дыхательных смесей с повышенным содержанием кислорода и гелия для экстренного восстановления работоспособности специалистов опасных профессий.

Материалы и методы. Исследования проведены с участием 18 военнослужащих-мужчин (возраст 25–40 лет), разделенных на равные по численности группы (основную — ОГ, и сравнения — ГС). У всех военнослужащих на фоне интенсивной и опасной профессиональной деятельности имели место субъективные и объективные признаки снижения работоспособности, трудности ее восстановления после регламентированного отдыха. При этом у всех обследованных лиц отсутствовала клинически оформленная патология.

У лиц ОГ проводились коррекционные процедуры, заключающиеся в 40-минутном непрерывном дыхании подогретой до 40° С НГКС с содержанием кислорода 25% об. и гелия 75% об. («ГелиОкс 25/75»). У военнослужащих ГС проводилась 40-минутная кислородотерапия по стандартной методике, принятой на ВМФ [3,

с. 70–71]. В обеих группах указанные процедуры выполнялись непосредственно после прибытия военнослужащих к месту базирования.

Экспресс-оценку работоспособности обследованных военнослужащих оценивали с использованием стандартизированных функциональных проб¹: с приседаниями (проба Руфье) и с задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге). По результатам выполнения пробы Руфье вычисляли соответствующий индекс (усл. ед.), пробу Штанге оценивали по времени максимально возможной задержки дыхания. Исследования проводили трехкратно: перед началом процедур (I этап), через 20–25 минут после их окончания (II этап) и затем на следующий день, после сна (III этап).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы «Statistica» v. 10.0. Для каждого показателя вычисляли медиану (Me), нижний и верхний квартили (Q25, Q75). Уровень значимости различий оценивали по критериям Вилкоксона и Манна–Уитни для парных связанных и несвязанных выборок. Нулевая гипотеза отвергалась при $p < 0,05$.

Исследования проводились в соответствии с этическими требованиями к исследованиям с участием человека, изложенными в Хельсинской декларации 1964 г. и ее пересмотрах 1983 и 2013 гг. Все обследованные подписали добровольное информированное согласие на участие в исследованиях. Легитимность исследований подтверждена положительным заключением независимого комитета по этике при Северном ГМУ (протокол № 5/10–15 от 19.10.2015).

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов функциональных обследований, выполненных перед началом коррекционных процедур, показал наличие признаков снижения физиологических резервов организма (ФРО) и, следовательно, профессиональной работоспособности у всех обследованных лиц, что, как указывалось выше, являлось следствием крайне интенсивной предшествовавшей деятельности (таблица). Значимых межгрупповых различий в исходном состоянии не отмечалось, что свидетельствовало о корректном распределении военнослужащих по группам сравнения.

Параллельно проведенная оценка самочувствия участников исследования показала наличие явных признаков хронического утомле-

¹ Практикум по физиологии военного труда / под ред. В. И. Шостака. Л., 1989. 98 с.

ния, психоэмоционального перенапряжения и других субъективных симптомов пограничных функциональных состояний. Необходимо отметить, что обследованные военнослужащие прошли специальную подготовку к деятельности в экстремальных условиях, исходно имели высокий уровень ФРО, физической выносливости, психической устойчивости. Именно поэтому даже умеренное снижение работоспособности у таких специалистов требует обязательной коррекции.

косвенно характеризующему физическую выносливость человека.

При заключительном тестировании, выполненном на следующий день после возвращения военнослужащих к месту базирования, были выявлены следующие феномены. У всех обследованных лиц зафиксированы закономерные позитивные тенденции со стороны субъективного статуса и психоэмоционального фона, отражавшие частичное купирование явлений хронического утомления вследствие от-

Таблица

Показатели работоспособности военнослужащих основной группы (n=9) и группы сравнения (n=9) на этапах наблюдения, Me (Q25, Q75)

Table

Performance indicators of servicemen of the main group (n=9) and comparison group (n=9) at the stages of observation, Me (Q25, Q75)

Показатель, ед. изм.	Этап наблюдения					
	I этап		II этап		III этап	
	ОГ	ГС	ОГ	ГС	ОГ	ГС
Индекс Руфье, усл. ед.	7,22 (6,48; 8,44)	7,15 (6,58; 8,52)	6,88 (6,08; 7,75) p ₁ =0,040	7,01 (6,47; 8,04) p=0,049	6,25 (5,88; 7,15) p ₁ =0,004	6,90 (6,22; 7,74) p=0,045 p ₁ =0,042
Проба Штанге, с	93 (82; 102)	92 (85; 104)	105 (90; 115) p ₁ =0,049	97 (85; 108)	110 (95; 113) p ₁ =0,034	100 (85; 108) p=0,048

Примечание: уровень значимости различий по сравнению с исходным состоянием (I этап) — p₁; между группами — p.

Note: the significance level of differences compared to the initial state (stage I) is p₁; between groups — p.

Клинические наблюдения за участниками исследований в период проведения коррекционных процедур (дыхание ИДС) показали, что применяемые респираторные воздействия у части обследованных сопровождались комфортными ощущениями (несмотря на неудобства масочного дыхания), приводили к улучшению самочувствия и психоэмоционального фона. Негативных отклонений субъективного статуса не отмечено. Характерно, что у лиц ОГ указанные позитивные реакции были более выраженными и наблюдались в большем числе случаев.

При повторном функциональном обследовании выявлено, что у всех обследованных лиц ОГ имели место признаки формирования восстановительных процессов в организме. В ГС число таких военнослужащих составило лишь 4 из 9 (менее 50%). В итоге по оцениваемым параметрам ФРО значимые позитивные изменения наблюдались только в группе, где применялись ГКДС (основная группа). На данном этапе наблюдения выявлены также значимые межгрупповые различия по индексу Руфье,

дыха и сна. При этом указанные тенденции были более выраженными в ОГ, свидетельствуя о лучшем течении восстановительных процессов в организме у лиц данной группы. Данный факт был статистически подтвержден при анализе объективных критериев функционального состояния. Так, в ОГ средние значения индекса Руфье снизились примерно на 14%, время возможной задержки дыхания увеличилось в среднем на 18%. В ГС аналогичные сдвиги составили лишь около — 5 и 7% соответственно (p<0,05).

Таким образом, полученные в исследовании результаты показали, что использование ИДС с повышенным содержанием гелия и кислорода является значительно более эффективным средством экстренного восстановления работоспособности специалистов после интенсивной профессиональной деятельности, чем стандартная кислородотерапия. По всей видимости, феномены, выявленные в наших исследованиях, обусловлены непосредственным влиянием подогретых ГКДС на механизмы кислородного

снабжения нервных центров, регулирующих мышечную деятельность, ее энергетическое обеспечение, а также на восстановительные метаболические процессы в самих скелетных мышцах [5, с. 181; 13, с. 27; 14, с. 47–49; 15, с. 1990–1991]. Можно предположить, что указанные эффекты реализуются за счет синергетического взаимодействия компонентов использованной искусственной газовой смеси (кислорода и гелия). Вероятно, определенное значение имеет и особое влияние подогретых дыхательных смесей на центры терморегуляции, также вносящее свой вклад в оптимизацию функционирования ЦНС и мышечной ткани.

Заключение. Использование ГКДС «ГелиОкс 25/75» в примененном режиме можно рассматривать как эффективный метод экстренного восстановления работоспособности военнослужащих и других специалистов опасных профессий. Быстрое наступление благоприятных сдвигов в организме, возможность реализации в «полевых» условиях, относительная безопасность данной технологии позволяют рекомендовать его к широкому применению в системе восстановительных мероприятий у специалистов опасных профессий для сохранения их функциональной надежности и продления профессионального долголетия.

Сведения об авторах:

Строй Алексей Владимирович — главный инспектор (водолазный) службы поисковых и аварийно-спасательных работ Главного Штаба Военно-Морского Флота Российской Федерации; 190000, Санкт-Петербург, Адмиралтейский пр., д. 1; e-mail: dr_stroy@mail.ru; ORCID 0000-0002-4777-780X; SPIN 8071-1003;

Лобозова Оксана Васильевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 355017, Ставрополь, ул. Мира, д. 310; e-mail: oloboz26@gmail.com; ORCID 0000-0002-3841-6664; SPIN 2014-5575;

Данилевич Галина Дмитриевна — преподаватель кафедры 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: mpz_ksmu@mail.ru; ORCID 0000-0001-5635-5597; SPIN 4386-6410;

Скокова Вероника Юрьевна — кандидат медицинских наук, преподаватель военно-учебного центра при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, переулок Нахичеванский, д. 29; e-mail: Nicka.khan@yandex.ru; ORCID 0000-0003-3619-910XС.Г; SPIN 6393-2934;

Афендииков Сергей Гаврилович — преподаватель 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, пер. Нахичеванский, д. 29; e-mail: Seka1955@mail.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526;

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: erogshenkona@rambler.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526;

Антонова Анастасия Вячеславовна — студентка лечебно-профилактического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Гагринская, д. 7, кв. 96; e-mail: ggroshilina@rambler.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526.

Information about the authors:

Aleksey V. Stroy — Chief Inspector (diving) of the search and rescue operations service of the Main Staff of the Russian Navy; 190000, St. Petersburg, Admiralteisky prospect, 1; e-mail: dr_stroy@mail.ru; ORCID 0000-0002-4777-780X; SPIN 8071-1003;

Oksana V. Lobozova — candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine FSBEI HE «Stavropol State Medical University» of the Ministry of Public Health of Russian Federation; 355017, Stavropol, st. Mira, 310; e-mail: oloboz26@gmail.com; ORCID 0000-0002-3841-6664; SPIN 2014-5575;

Galina D. Danilevich — Lecturer at the Department of mobilization training in health care and disaster medicine FSBEI HE «Kuban State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation. 350063, Krasnodar, st. Sedina, 4; e-mail: mpz_ksmu@mail.ru; ORCID 0000-0001-5635-5597; SPIN 4386-6410;

Veronika Yu. Skokova — candidate of Medical Sciences, Lecturer at the military training center at the FSBEI HE «Rostov State Medical University» of the Ministry of Public Health of Russian Federation; 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevanskiy lane, 29; e-mail: Nicka.khan@yandex.ru; ORCID 0000-0003-3619-910XC.G; SPIN 6393-2934;

Sergey G. Afendikov — Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine FSBEI HE «Rostov State Medical University» of the Ministry of Public Health of Russian Federation; 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevanskiy lane, 29; e-mail: Seka1955@mail.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526;

Anastasiya A. Tanova — PhD student of the Department of Nervous Diseases and Neurosurgery FSBEI HE «Rostov State Medical University» of the Ministry of Public Health of Russian Federation; 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevanskiy lane, 29; e-mail: eroshenkona@rambler.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN-3947-0526;

Anastasiya V. Antonova — Student of the Medical and Preventive Faculty of FSBEI HE «Rostov State Medical University» of the Ministry of Public Health of Russian Federation; 344022, Rostov-on-Don, Gagrinskaya str., 7, 96; e-mail: ggroshilina@rambler.ru; ORCID 0000-0003-3765-8714; SPIN 3947-0526.

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

Наибольший вклад распределен следующим образом: Вклад в концепцию и план исследования — *А. В. Строй, О. В. Лобозова, В. Д. Данилевич*. Вклад в сбор и математический анализ данных — *В. Ю. Скокова, А. В. Строй, С. Г. Афендииков*. Вклад в подготовку рукописи — *А. А. Танова, А. В. Антонова, А. В. Строй*.

Author contribution.

All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: AVS, OVL, VDD aided in the concept and plan of the study; VYuS, SGA provided collection and mathematical analysis of data; AAT, AVA, AVS contribution to the preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Поступила /Received: 10.11.2021

Принята к печати/ Accepted: 16.04.2022

Опубликована/ Published: 25.06.2022

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Барачевский Ю.Е., Грошилин С.М., Иванов А.О. *Медицина чрезвычайных ситуаций* / под ред. Ю.Е. Барачевского. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2020. 394 с. Barachevskiy Yu.Ye., Groshilin S.M., Ivanov A.O. *Meditsina chrezvychaynykh situatsiy* / pod red. Yu. Ye. Barachevskogo. Arkhangel'sk: Izd-vo Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta, 2020. 394 s. [Barachevsky Yu.E., Groshilin S.M., Ivanov A.O. *Medicine of emergency situations* / ed. Yu. E. Barachevsky. Arkhangelsk: Publishing house of the Northern State Medical University, 2020. 394 p. (In Russ.).]
2. Кальманов А.С., Макаров Е.В., Шишкин А.Н. Оперативная коррекция функционального состояния водолазов с помощью ингаляций специальных газовых смесей на основе ксенона в процессе учебно-тренировочных сборов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2016. Т. 50, № 3. с. 48–54. Kal'manov A.S., Makarov Ye.V., Shishkin A.N. Operativnaya korrektsiya funktsional'nogo sostoyaniya vodolazov s pomoshch'yu ingyalyatsiy spetsial nykh gazovykh smesey na osnove ksenona v protsesse uchebno-trenirovochnykh sborov // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2016. T. 50, № 3. S. 48–54. [Kalmanov A.S., Makarov E.V., Shishkin A.N. Operative correction of the diver's functional state by inhalations of special gas mixtures based on xenon during training camps. *Aerospace and Ecological Medicine*, 2016, Vol. 50, No. 3, pp. 48–54 (In Russ.).]
3. *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. *Sokhraneniye i povysheniye voyenno-professional'noy rabotosposobnosti spetsialistov flota v protsesse uchebno-boyevoy deyatel'nosti i v ekstremal'nykh situatsiyakh: metodicheskiye rekomendatsii* / pod red. Yu. M. Bobrova, V. I. Kuleshova, A. A. Myasnikova. M., 2013. 104 s. [*Preservation and improvement of the military-professional performance of fleet specialists in the process of combat training and in extreme situations: guidelines* / ed. Yu. M. Bobrov, V. I. Kuleshov, A. A. Myasnikov. Moscow, 2013. 104 p. (In Russ.).]
4. Choudhury R. Hypoxia and hyperbaric oxygen therapy: a review // *Internat. J. General Med.* 2018. Vol. 11. P. 431–442.

5. Кочубейник Н.В., Пухняк Д.В., Иванов А.О. Изменения биоэлектрической активности головного мозга человека при дыхании газоздушными смесями с повышенным содержанием благородных газов // *Международный научный конгресс «Многопрофильная клиника XXI века. Инновации в медицине-2019»*. 18–19 апреля 2019 г. СПб., 2019. с. 180–181. Kochubeynik N.V., Pukhnyak D.V., Ivanov A.O. Izmeneniya bioelektricheskoy aktivnosti golovnoogo mozga cheloveka pri dykhanii gazovozdushnymi smesyami s povyshennym sodержaniyem blagorodnykh gazov // *Mezhdunarodnyy nauchnyy kongress «Mnogoprofil'naya klinika KHKHИ veka. Innovatsii v meditsine-2019»*. 18–19 aprelya 2019 g. SPb., 2019. S. 180–181 [Kochubeinik N.V., Pukhnyak D.V., Ivanov A.O. Changes in the bioelectrical activity of the human brain during breathing with gas-air mixtures with a high content of noble gas. *International Scientific Congress «Multi-profile clinic of the XXI century. Innovations in Medicine-2019»*. April 18–19, 2019. St. Petersburg, 2019. P. 180–181 (In Russ.)].
6. Trembl V., Kleinsasser A., Hell T. Carry-Over Quality of Pre-acclimatization to Altitude Elicited by Intermittent Hypoxia: A Participant-Blinded, Randomized Controlled Trial on Antedated Acclimatization to Altitude // *J. Front Physiol.* 2020. Vol. 29, No. 11. P. 531. doi: 10.3389/fphys.2020.00531.
7. Павлов Б.Н., Смолин В.В., Баранов В.М. *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. *Osnovy barofiziologii, vodolaznoy meditsiny, baroterapii i lecheniya inertnyimi gazami* / pod red. akad. A. I. Grigor'yeva. M.: Granp 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: Grand Polygraph, 2008. 496 p. (In Russ.)]
8. Nespoli F.A., Redaelli S., Ruggeri L. et al. Complete review of preclinical and clinical uses of the noble gas argon: evidence of safety and protection // *Annals of Cardiac Anaesthesia.* 2019. Vol. 22. P. 122–135.
9. Fumagalli F., Olivari D., Boccardo A. Ventilation with argon improves survival with good neurological recovery after prolonged untreated cardiac arrest in pigs // *J. Am. Heart Assoc.* 2020. Vol. 9. e016494. 15 p.
10. Laitio R., Hynninen M., Arola O., Virtanen S., Parkkola R., Saunavaara J. Effect of inhaled xenon on cerebral white matter damage in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest: A Randomized Clinical Trial. // *JAMA.* 2016. Vol. 315 (11). P. 1120–1128.
11. Zhuang L., Yang T., Zhao H. The protective profile of argon, helium, and xenon in a model of neonatal asphyxia in rats // *Crit. Care Med.* 2012. Vol. 40. P. 1724–1730.
12. Kim In.K. Helium/Oxygen-Driven albuterol nebulization in the treatment of children with moderate and severe asthma exacerbations: a randomized controlled trial // *Pediatrics.* 2005. Vol. 116. P. 1127–1133.
13. 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. Primeneniye kislorodno-geliyevykh trenirovok dlya povysheniya rabotosposobnosti vodolazov // *Nauchno-tekhnicheskiiy sbornik.* 2015. No. 5. S. 23–28. [Sovetov V.I., Motasov G.P. The use of oxygen-helium training to improve the performance of divers. *Scientific and technical collection*, 2015, No. 5, pp. 23–28 (In Russ.)].
14. Zuercher P., Springe D., Grandgirard D. A randomized trial of the effects of the noble gases helium and argon on neuroprotection in a rodent cardiac arrest model // *BMC Neurol.* 2016. Vol. 16. P. 43–49.
15. Häussermann S., Schulze A., Katz I.M. Effects of a helium/oxygen mixture on individuals' lung function and metabolic cost during submaximal exercise for participants with obstructive lung diseases // *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2015. Vol. 10. P. 1987–1997. doi: 10.2147/COPD.S88965.