

УДК 612.014.4:546.293

<http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2019-5-4-91-98>

© Ерошенко А.Ю., Петров В.А., Иванов А.О., Степанов В.А., Лобозова О.В.,  
Танова А.А., Линченко С.Н., Анистратенко Л.Г., 2019 г.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ГАЗОВЫХ СРЕД НА ГЕРМЕТИЗИРУЕМЫХ ОБИТАЕМЫХ ОБЪЕКТАХ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

<sup>1</sup>А. Ю. Ерошенко, <sup>2</sup>В. А. Петров, <sup>2</sup>А. О. Иванов, <sup>1</sup>В. А. Степанов, <sup>3</sup>О. В. Лобозова,  
<sup>1</sup>А. А. Танова, <sup>4</sup>С. Н. Линченко, <sup>1</sup>Л. Г. Анистратенко

<sup>1</sup>Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь, Россия

<sup>4</sup>Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар, Россия

*Введение.* Необходимость обеспечения безаварийной эксплуатации герметизируемых обитаемых объектов Военно-Морского Флота предписывает постоянное совершенствование технологий повышения их пожаробезопасности. К таким технологиям относится создание на объектах гипоксических газовых сред, позволяющих снизить риск пожаров и обеспечить возможность пребывания в них персонала. *Цель работы:* сравнительная оценка изменений максимальной работоспособности человека при непрерывном пребывании в различных нормобарических гипоксических средах, перспективных для повышения пожаробезопасности герметизируемых обитаемых объектов ВМФ. *Материалы и методы.* В 1-й серии исследований проведена 100 суточная герметизация 6 добровольцев-мужчин (28–53 лет) в регулируемых гипоксических средах: [O<sub>2</sub>] в помещениях постоянного пребывания — 18–19%, периодического (4 часа в сутки) пребывания — 16–17%. Во 2-й серии исследований 6 добровольцев-мужчин (возраст 25–51 год) в течение 60 суток непрерывно находились в аргоносодержащих газовых средах с [O<sub>2</sub>]=13,5–14,5%, [Ar]=30–35%. В ходе исследований оценивали динамику умственной (операторской) и максимальной физической работоспособности испытуемых. Результаты исследований показали, что пребывание в гипоксических средах сопровождалось снижением работоспособности добровольцев. Относительная степень негативных сдвигов умственной работоспособности в 1-й группе не превышала 7%, во 2-й группе — 10% от исходного уровня; максимальное снижение физической работоспособности в 1-й группе составляло в среднем около –11%, во 2-й группе — –17% в сравнении с исходным состоянием, что не выходит за рамки допустимых пределов. *Заключение.* Внедрение испытанных газовых сред на объектах ВМФ является перспективным. Выбор состава газовой смеси должен определяться степенью риска возникновения пожаров на конкретном объекте, техническими возможностями создания и поддержания гипоксической среды оптимального состава, численностью и состоянием здоровья экипажа.

**Ключевые слова:** морская медицина, герметизируемые обитаемые объекты ВМФ, пожаробезопасные газовые среды

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

**Для цитирования:** Ерошенко А.Ю., Петров В.А., Иванов А.О., Степанов В.А., Лобозова О.В., Танова А.А., Линченко С.Н., Анистратенко Л.Г. Перспективы применения различных пожаробезопасных газовых сред на герметизируемых обитаемых объектах Военно-Морского Флота // *Морская медицина*. 2019. № 4. С. 91–98, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2019-5-4-91-98>.

Контакт: Ерошенко Андрей Юрьевич, [andre-zdrav@mail.ru](mailto:andre-zdrav@mail.ru)

## PERSPECTIVES FOR THE APPLICATION OF VARIOUS FIRE-SAFE GAS MEDIA ON THE INHABITED SEALED OBJECTS OF THE NAVY

<sup>1</sup>Andrey Yu. Eroshenko, <sup>2</sup>Vasiliy A. Petrov, <sup>2</sup>Andrey O. Ivanov, <sup>1</sup>Vladimir A. Stepanov, <sup>3</sup>Oksana V. Lobozova, <sup>1</sup>Anastasiya A Tanova, <sup>4</sup>Sergey N. Linchenko, <sup>1</sup>Liliya G. Anistratenko

<sup>1</sup>Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>Association of Developers and Producers of Monitoring Systems, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia

<sup>4</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

**Introduction.** The need to ensure trouble-free operation of inhabited sealed objects of the Navy requires continuous improvement of technologies to increase their fire safety. Such technologies include the creation of hypoxic gas media at facilities that reduce the risk of fires and ensure the possibility of personnel staying in them. *The purpose of the work* is a comparative assessment of changes in the maximum human working capacity during continuous stay in various normobaric hypoxic environments, promising to increase the fire safety of sealed inhabited objects of the Navy. *Materials and methods.* In the 1st series of studies, 100 daily sealing of 6 male volunteers (28–53 years old) in controlled hypoxic environments was carried out: [O<sub>2</sub>] in the premises of permanent residence — 18–19%, periodic (4 hours per day) stay — 16–17%. In the 2<sup>nd</sup> series of studies, 6 male volunteers (age 25–51 years) were continuously in argon-containing gas media with [O<sub>2</sub>]=13,5–14,5%, [Ar]=30–35% for 60 days. During the studies, the dynamics of the mental (operator) and maximum physical working capacity of the subjects were evaluated. *Results.* Stay in hypoxic environments was accompanied by a decrease in the working capacity of volunteers. The relative degree of negative changes in mental performance in group 1 did not exceed –7%, in group 2 — –10% of the initial level; the maximum decrease in physical performance in group 1 was on average about — –11%, in group 2 — –17% compared with the initial state, which does not go beyond the permissible limits. *Conclusion.* The introduction of tested gaseous media at naval facilities is promising. The choice of the composition of the gas mixture should be determined by the degree of risk of fires at a particular facility, the technical capabilities of creating and maintaining a hypoxic environment of optimal composition, the number and state of health of the crew.

**Key words:** inhabited sealed objects of the navy, fire-safe gas media

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

**For citation:** Eroshenko A.Yu., Petrov V.A., Ivanov A.O., Stepanov V.A., Lobozova O.V., Tanova A.A., Linchenko S.N., Anistratenko L.G. Perspectives for the application of various fire-safe gas media on the inhabited sealed objects of the Navy // *Marine medicine*. 2019. No. 4. pp. 91–98, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2019-5-4-91-98>.

Contact: *Eroshenko Andrey Yur'evich, andre-zdrav@mail.ru*

**Введение.** В основе рассматриваемой проблемы лежат противоречия между постоянно растущим техническим и энергетическим потенциалом современной боевой техники, в частности герметизируемых обитаемых объектов (ГОО) Военно-Морского Флота, и ограниченными возможностями человека по их эффективной и безопасной эксплуатации. В связи с этим все большее значение приобретает практическое решение технических задач по снижению рисков возникновения нештатных ситуаций, и, прежде всего, аварий, связанных с возгораниями и пожарами, обладаю-

щими наиболее тяжелыми последствиями для ГОО ВМФ. Так, вероятностный анализ безопасности подводных лодок (ПЛ) показывает, что доля риска пожаров в общем значении частоты аварийности на ПЛ достигает 50%; причем на современных ПЛ частота возгораний и пожаров составляет до  $(0,8–3,1) \times 10^{-2}$  (т.е. примерно 1 объект в год) [1, с. 90; 2, с. 37].

В настоящее время разработана инновационная комплексная технология повышения пожарной безопасности энергонасыщенного ГОО, в частности ПЛ [2, с. 38–39]<sup>1,2</sup>, которая отличается от существующих мер обеспечения по-

<sup>1</sup> Способ предупреждения пожаров внутри герметичных обитаемых объектов, преимущественно подводных лодок и устройство для его осуществления: Патент на изобретение № 2549055 RU / В. А. Петров, В. А. Михеев, А. С. Арсентьев

жарной безопасности тем, что основной целью ставит предотвращение возгорания и пожара путем:

— создания воздушной среды с пониженным содержанием кислорода, допустимой для пребывания личного состава и существенно снижающей вероятность пожара;

— быстрого и безопасного для персонала регулирования содержания кислорода с уменьшением его концентрации в воздушной среде помещения при получении информации о возможности возгорания и пожара;

— применения системы пожаротушения нейтральными газами (азотом, аргоном) при возникновении возгорания и пожара.

Оценка противопожарной эффективности гипоксических газовых сред (ГГС) показала, что горение основных конструкционных материалов, используемых при строительстве гермообъектов ВМФ, прекращается при содержании кислорода в диапазоне 17–14%. При содержании кислорода ниже 14% горение всех корабельных материалов прекращается (за исключением компонентов ракетных топлив) [2, с. 37–38].

Применение ГГС имеет свои аспекты, и, несомненно, полезным является факт резкого снижения вероятности возгорания и пожара. Однако при этом необходимо учитывать негативное влияние дефицита кислорода в воздухе на функциональное состояние личного состава. Для решения данной проблемы было предложено несколько вариантов снижения повреждающего действия гипоксии на организм. В частности, в ряде работ показано, что защита от кислородного голодания достигается путем использования ГГС под повышенным давлением [3, с. 3–6]. Так, при концентрации кислорода 16–17% и повышении барометрического давления в герметичных помещениях ГОО до 1,2 атм. (0,12 МПа) парциальное давление

кислорода будет примерно соответствовать нормоксическому уровню (20–21 кПа)<sup>1</sup>. Это позволяет сохранить работоспособность человека в течение длительной герметизации, обеспечивая значительное повышение пожаробезопасности ГОО. Однако при таком («гипербарическом») варианте создания ГГС существуют ограничения по работе значительной части оборудования, которым оснащаются современные ГОО, поэтому данный способ пока не нашел применения в реальных условиях.

Другим возможным вариантом решения данной проблемы является создание нормобарических гипоксических сред в помещениях ГОО, где допустимо применить вахтовый способ работы персонала, который, как правило, ограничивается суммарной продолжительностью до 4 ч в сутки. Это создает барьер развитию возгорания в наиболее энергонасыщенных и пожароопасных зонах объекта. Показана допустимость периодического (4 ч/сут) пребывания человека в нормобарических ГГС с содержанием кислорода 16–17% в течение 60 суток [4, с. 11–12]. Однако при данном способе пожаробезопасность обеспечивается лишь в помещениях ГОО, где допустимо периодическое пребывание персонала.

Продолжением указанных работ явились исследования, где предварительно показана возможность длительного (до 100 суток) непрерывного пребывания добровольцев в регулируемых ГГС различного состава (от 19 до 13–14%) [5, с. 23–24].

Другим направлением подобных исследований стали работы по оценке допустимости длительной (до 60 суток) герметизации добровольцев в нормобарической аргоносодержащей ГГС с концентрацией аргона 30–35% и кислорода в диапазоне 13–14%. Данная серия работ была основана на экспериментальном открытии ан-

и др. // Бюл. № 11 от 20.04. 2015. [A method for preventing fires inside sealed inhabited objects, mainly submarines and a device for its implementation: Patent for invention No. 2549055 RU / V. A. Petrov, V. A. Mikheev, A. S. Arsentiev et al. Bull. No. 11 of April 20. 2015 (In Russ.)]. [The way to create conditions for human life in a special hermetic object of the Navy: Patent No. 2520906 RU / V. I. Sovetov, S. P. Andreev, E. S. Andreeva et al. Bull. No. 18 dated June 27. 2014 (In Russ.)].

<sup>2</sup> Способ повышения пожарной безопасности внутри герметичных обитаемых объектов, преимущественно подводных лодок: Патент на изобретение № 2677712 RU / В. А. Петров, А. О. Иванов, В. С. Михайленко, Г. П. Мотасов // Бюл. № 3 от 21.01.2019. [A way to improve fire safety inside sealed habitable objects, mainly submarines: Patent for invention No. 2677712 RU / V. A. Petrov, A. O. Ivanov, V. S. Mikhailenko, G. P. Motasov. Bull. No. 3 on 01/21/2019 (In Russ.)].

<sup>1</sup> Способ создания условий для жизнедеятельности человека в специальном гермообъекте ВМФ: Патент № 2520906 RU / В. И. Советов, С. П. Андреев, Е. С. Андреева и др. // Бюл. № 18 от 27.06. 2014. [The way to create conditions for human life in a special hermetic object of the Navy: Patent No. 2520906 RU / V. I. Sovetov, S. P. Andreev, E. S. Andreeva et al. Bull. No. 18 dated June 27. 2014 (In Russ.)].

тигипоксических эффектов аргона, позволяющих значительно «отодвинуть» порог развития тканевой гипоксии при пребывании в условиях недостатка кислорода [6, с. 20–21].

**Целью** данной работы явилась сравнительная оценка изменений максимальной работоспособности человека при непрерывном пребывании в различных нормобарических ГГС, перспективных для повышения пожаробезопасности герметизируемых обитаемых объектов ВМФ.

**Материалы и методы.** Обе серии работ проводились на специально сконструированном на базе АО «АСМ» (Санкт-Петербург) испытательном стенде-модели (ИСМ) «МОРЖ».

Как указано выше, в исследованиях 1-й серии была проведена оценка допустимости длительного (100 суток) непрерывного пребывания испытателей-добровольцев в регулируемых ГГС. В течение всего периода 100-суточной герметизации в помещениях ИСМ «постоянного пребывания» создавались нормобарические ГГС с содержанием кислорода 18–19% ( $p_{O_2} \sim 18,5$  кПа), диоксида углерода 0,3–0,8% об. ( $p_{CO_2} = 0,25–0,9$  кПа), азот — остальное, при нормальных величинах других параметров микроклимата.

Ежедневно в течение 4 часов испытатели выполняли работы в условно «периодически посещаемом» помещении, в котором создавались ГГС с содержанием кислорода 16–17% об. ( $p_{O_2}$  около 16–17 кПа). Кроме этого, в процессе испытаний (1 раз в 10 дней) проводились так называемые «регулирования ГГС» (по специально разработанным режимам и алгоритмам)<sup>1</sup>. В процессе регулирований испытатели в течение 2 часов находились в помещении при содержании кислорода 12–15% без включения в средства индивидуальной защиты органов дыхания.

В испытаниях 2-й серии в течение всего периода 60-суточной герметизации в помещениях ИСМ формировались нормобарические ГГС с повышенным содержанием аргона и с меньшим, чем в исследованиях 1-й серии, «базовым» содержанием кислорода:  $[O_2] = 13,5–14,5\%$  ( $p_{O_2} \sim 14$  кПа),  $[Ar] = 30–35\%$  ( $p_{Ar} = 31–36$  кПа),  $[CO_2] = 0,3–0,8\%$  ( $p_{CO_2} = 0,25–0,9$  кПа), азот — остальное, при нормальных величинах атмосферного давления и других параметров

микроклимата. Зонирования помещений по периодичности пребывания испытателей не проводилось.

Организация исследований и работ обеих серий подразумевала отбор и подготовку испытателей-добровольцев (мужского пола, по 6 человек в каждой серии, возраст 25–53 года), клинические и функциональные обследования перед началом герметизации. Все испытатели были признаны годными по состоянию здоровья к работам в измененных условиях внешней среды, подписали добровольное информированное согласие на участие в исследованиях, были застрахованы на случай причинения вреда здоровью на весь период герметизации.

В процессе длительной герметизации, кроме запланированных контрольных обследований, испытатели обеих групп выполняли рабочую программу, заключающуюся в ежедневном моделировании профессиональной деятельности интеллектуального или операторского содержания, а также интенсивных физических нагрузок. Общая продолжительность ежедневных работ и исследований составляла около от 10 до 12 часов в сутки. Кроме этого, были организованы посменные круглосуточные дежурства испытателей. Таким образом, повседневная деятельность участников испытаний по интенсивности была приближена к реальной деятельности личного состава подводных лодок.

Выполнявшиеся на этапах герметизации контрольные обследования включали комплекс физиологических, психофизиологических, клинико-лабораторно-инструментальных и иных исследований, позволявших всесторонне оценивать функциональное состояние, умственную и физическую работоспособность добровольцев. Учитывая цель данной конкретной работы, в ней будут детально проанализированы лишь результаты динамики показателей максимальной работоспособности, интегрально характеризующие состояние психофизиологических и физиологических резервов организма, степень их напряжения.

Для оценки умственной (в том числе операторской) работоспособности были использованы стандартизированные тесты, применяю-

<sup>1</sup> Способ повышения пожарной безопасности внутри герметичных обитаемых объектов, преимущественно подводных лодок: Патент на изобретение № 2677712 RU / В. А. Петров, А. О. Иванов, В. С. Михайленко, Г. П. Мотасов // Бюл. № 3 от 21.01.2019. [A way to improve fire safety inside sealed habitable objects, mainly submarines: Patent for invention No. 2677712 RU / V. A. Petrov, A. O. Ivanov, V. S. Mikhailenko, G. P. Motasov // Bull. No. 3 on 01/21/2019 (In Russ.)].



щиеся в физиологии военного труда<sup>1</sup>: устный сложный арифметический счет (АС), сложная сенсомоторная реакция (ССМР), реакция на движущийся объект (РДО). Для реализации перечисленных методик использовали либо бланковый метод (тест АС), либо автоматизированный комплекс «НС-Психотест», РФ (ССМР, РДО).

Максимальную физическую работоспособность (аэробную производительность) испытуемых оценивали с использованием ступенчато возрастающей велоэргометрической пробы до достижения порога анаэробного обмена (ПАНО)<sup>2</sup>. Нагрузки моделировали с использованием велоэргометрического комплекса «Schiller» (Швейцария).

Интегральные критерии работоспособности в динамике наблюдения (периодичность исследований 1 раз в 10 суток) у каждого обследуемого сравнивались с их исходными (до начала герметизации, обычные условия измерения) индивидуальными значениями. У участников 1-й серии исследования измерения на этапах герметизации выполнялись при имитации пребывания в «периодически посещаемых помещениях» ( $[O_2]=16-17\%$ ).

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием п.п.п. «Statistica» v.10,0. Использовались методы вариационной статистики, для каждого показателя рассчитывались медианы, верхний и нижний квартили. Учитывая малую численность выборок, проверку данных на нормальность распределения не проводили. Значимость различий показателей в динамике наблюдения определяли с использованием непараметрического Т-критерия Вилкоксона для парных связанных выборок.

Исследования были организованы и проведены в соответствии с положениями и принципами действующих международных и российских законодательных актов, в частности Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотра 2013 г. Легитимность исследований подтверждена заключением независимого этического комитета при Северном ГМУ.

**Результаты и их обсуждение.** В обеих сериях испытаний все добровольцы смогли вы-

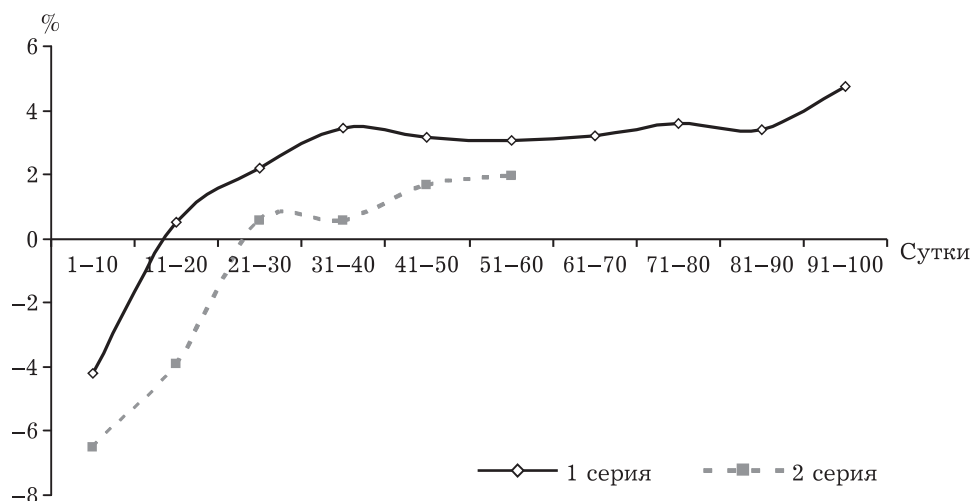
полнить основную задачу по непрерывному пребыванию в условиях герметизации в гипоксических средах. Случаев соматических заболеваний, отказов от проведения запланированных исследований, снижения мотивации к их продолжению не отмечено. Наблюдалась полная компенсация гипоксических воздействий выбранной интенсивности, недопустимых острых и хронических гипоксических состояний не зафиксировано.

В качестве иллюстрации выявленных общих закономерностей, характеризующих изменения максимальной интеллектуальной работоспособности испытуемых в процессе герметизации, на рис. 1 представлены относительные групповые колебания интегральных критериев использованных психофизиологических тестов (АС, РДО, ССМР). Как следует из анализа представленных данных, начальный этап герметизации у добровольцев, участвовавших в обеих сериях испытаний, сопровождался умеренным снижением умственной работоспособности по сравнению с исходным (нормоксическим) уровнем. Несколько большая максимальная степень указанных сдвигов (в среднем около  $-7\%$  от исходного уровня) наблюдалась у лиц 2-й группы; в 1-й группе аналогичные изменения составляли около  $-4\%$ . Выявленные факты, на наш взгляд, связаны как с известной закономерностью — «фазой вработывания» в динамике рабочих циклов, так и с определенным негативным влиянием пребывания испытуемых в ГГС.

Однако в процессе продолжения испытаний наблюдался постепенный прирост показателей эффективности и надежности заданной деятельности. К 22–23-м суткам герметизации успешность умственной (операторской) деятельности в обеих группах добровольцев уже превышала исходный (нормоксический) уровень. В дальнейшем, вплоть до окончания периода испытаний обеих серий, наблюдались незначительные колебания показателей работоспособности около достигнутого уровня. В целом, даже на этапе начальной адаптации степень снижения сенсорных, сенсомоторных качеств, успешности интеллектуальной деятельности

<sup>1</sup> Методы исследования в физиологии военного труда / под ред. В. С. Новикова. М.: Воениздат, 1993. 240 с. [Research Methods in the Physiology of Military Labor, ed. V. S. Novikov. Moscow: Military Publishing, 1993, 240 p. (In Russ.)].

<sup>2</sup> ACC/AHA 2002 Guideline update for exercise testing. The report of the American college of cardiology / American heart association. Task force on practice guidelines (Committee on exercise testing) / R. Gibbons, G. Balady, T. Bricker // Circulation. 2002. Vol. 106. P. 1883–1892.



**Рис. 1.** Динамика интегральных критериев умственной и операторской работоспособности у участников 1-й и 2-й серий испытаний ( $n_1=6$ ,  $n_2=6$ ) на этапах герметизации (в % по отношению к исходному состоянию)

**Fig. 1.** Dynamics of integral criteria of mental and operator efficiency in participants of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> series of tests ( $n_1=6$ ,  $n_2=6$ ) at the stages of sealing (in % relative to the initial state)

при герметизации ни у одного из испытуемых (даже во 2-й группе) не превышала  $-12\%$  от нормоксического уровня.

При анализе динамики физической работоспособности испытуемых на начальных этапах герметизации в заданных ГТС (рис. 2) выявлено снижение максимальной аэробной производительности, составлявшее около  $-11\%$  от нормоксического уровня в среднем по 1-й группе, и около  $-17\%$  — по 2-й группе. Это свидетельствовало о закономерном снижении функционального потенциала организма обследуемых в связи с естественной невозможностью достижения «нормоксического» уровня энергообеспечения максимальной мышечной работы. Тем не менее подобная степень выявленных негативных сдвигов при выполнении задач профессиональной деятельности в особых условиях рассматривается как умеренная, поскольку предельно допустимым считается снижение работоспособности, превышающее  $30\%$  оптимального уровня<sup>1,2</sup>.

Кроме этого, дополнительным аргументом в пользу допустимости длительного пребывания в заданных ГТС является постепенное по-

вышение максимальной аэробной производительности в процессе герметизации (как следствие адаптации к измененным условиям обитаемости) у испытуемых обеих групп.

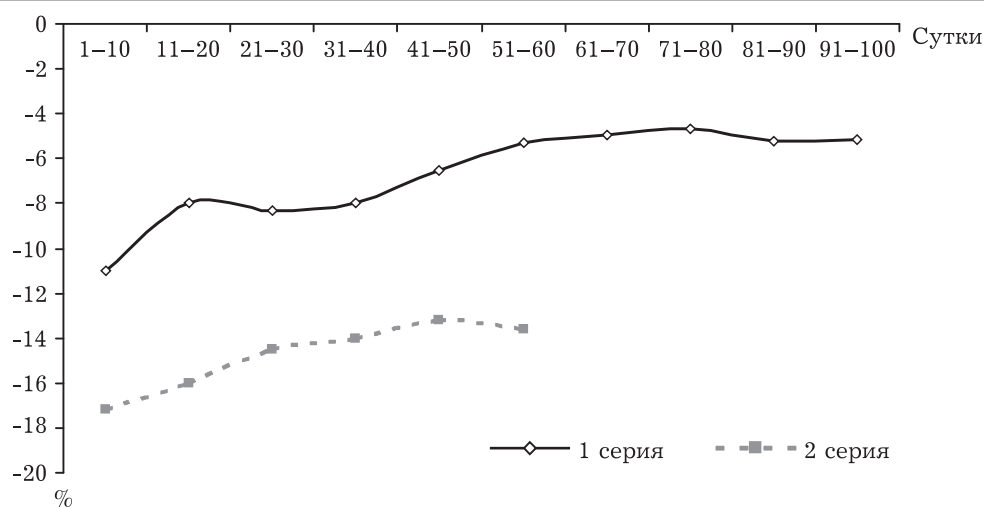
Исследования возможных отдаленных последствий длительного пребывания в заданных гипоксических средах, проводимые до настоящего времени (т.е. в течение 2 и 4 лет после окончания 2 серий испытаний), патологических отклонений, обусловленных проведенными испытаниями, со стороны функциональных показателей добровольцев, гематологических параметров, успешности и продуктивности операторской деятельности, уровня физической работоспособности не выявили.

Таким образом, внедрение пожаробезопасных ГТС на герметизируемых объектах ВМФ предполагает реализацию двух основных подходов в зависимости от устройства, назначения объекта и времени нахождения в нем персонала.

1-й вариант — создание на объекте дифференцированной по помещениям азотно-кислородной нормобарической среды с концентрацией кислорода от 19 до  $13-14\%$  об. В этом случае время нахождения персонала в поме-

<sup>1</sup> Физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты / под ред. В. С. Кошечева, З. С. Четвериковой. М., 1981. 15 с. [Physiological and Hygienic Requirements for Insulating Personal Protective Equipment, ed. V. S. Koshcheeva, Z. S. Chetverikova. Moscow, 1981, 15 p. (In Russ.).]

<sup>2</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. [Maintaining and enhancing the military professional performance of fleet specialists in the process of combat training activities and in extreme situations: guidelines / ed. Yu. M. Bobrova, V. I. Kuleshov, A. A. Myasnikov. Moscow, 2013, 104 p. (In Russ.).]



**Рис. 2.** Динамика уровня максимальной аэробной производительности участников 1-й и 2-й серий испытаний ( $n_1=6$ ,  $n_2=6$ ) на этапах герметизации (в % по отношению к исходному состоянию)

**Fig. 2.** Dynamics of the level of maximum aerobic performance of participants of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> series of tests ( $n_1=6$ ,  $n_2=6$ ) at the stages of sealing (in % relative to the initial state)

щениях с различной средой будет значительно различаться, но дополнительные требования к состоянию здоровья военно-морских специалистов не предусматриваются.

2-й вариант — создание на объекте однородной нормобарической аргоно-азотно-кислородной среды с повышенным содержанием аргона до 30–35% об и с содержанием кислорода 12–14% об на все требуемое время работы, что практически полностью исключает возможность развития пожаров и возгораний. Допустимое время непрерывного круглосуточного нахождения человека трудоспособного возраста в такой среде составляет несколько десятков суток. Однако в этом случае к состоянию здоровья и функциональных возможностей организма специалистов, естественно, должны предъявляться повышенные требования.

**Заключение.** Основными итогами проведенных испытаний можно считать, прежде всего, принципиальную возможность и относитель-

ную безопасность непрерывного пребывания человека в заданных нормобарических ГГС в период длительной автономности (60 и 100 сут). В ходе испытаний и в отдаленном периоде наблюдения не было выявлено недопустимых отклонений здоровья и функционального состояния, напрямую связанных с проведенными испытаниями, ни у одного из добровольцев. Выполнение задач профессиональной деятельности (интеллектуального и физического характера) происходило без недопустимого ущерба ее эффективности и надежности. Следовательно, можно сформулировать общий вывод: внедрение испытанных нормобарических ГГС на ГОО ВМФ является перспективным. Выбор состава ГГС должен определяться степенью риска возникновения пожаров на конкретном ГОО, техническими возможностями создания и поддержания гипоксической среды оптимального состава, численностью и состоянием здоровья экипажа.

### Литература/References

- Ищенко А.Д., Роечко В.В., Малыгин И.Г. Пожарная опасность и особенности тушения пожаров энергетических установок и помещений судов // *Морские интеллектуальные технологии*. 2018. Т. 1, № 39 (1). С. 89–94 [Ishchenko A.D., Roenko V.V., Malygin I.G. Fire danger and features of extinguishing fires of power plants and ship premises. *Marine intelligent technologies*, 2018, No. 1 (39), pp. 89–94 (In Russ.)].
- 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. Promising Ways to Increase the Fire Safety of Energy-Saturated Inhabited Sealed Objects. *Life Safety*, 2018, No. 10, pp. 37–39 (In Russ.)].
- Архипов А.В., Карпов А.В., Смуров А.В., Чумаков В.В. Обеспечение пожаробезопасности на подводных лодках // *Морской сборник*. 2013. № 3. С. 2–7 [Arkhipov A.V., Karpov A.V., Smurov A.V., Chumakov V.V. Ensuring fire safety on the submarines. *Naval collection*, 2013, No. 3, pp. 2–7 (In Russ.)].

4. Безкишкий Э.Н., Иванов А.О., Петров В.А., Ерошенко А.Ю., Грошилин В.С., Анистратенко Л.Г., Линченко С.Н. Работоспособность человека при периодическом пребывании в гипоксических воздушных средах, снижающих пожароопасность гермообъектов // *Экология человека*. 2018. № 9. С. 4–12 [Bezkishkii E.N., Ivanov A.O., Petrov V.A., Eroshenko A.Yu., Groshilin V.S., Anistratenko L.G., Linchenko S.N. Human Working Capacity in Periodic Stay in Hypoxic Air Environments, Reducing the Fire Hazard of Sealed Objects. *Human Ecology*, 2018, No. 9, pp. 4–12 (In Russ.)].
5. Иванов А.О., Петров В.А., Безкишкий Э.Н., Ерошенко А.Ю. Субъективный статус человека при длительной герметизации в гипоксических газовых средах, снижающих пожароопасность герметизируемых обитаемых объектов // *Вестник МАНЭБ*. 2018. Т. 23, № 3. С. 23–28 [Ivanov A.O., Petrov V.A., Bezkishkii E.N., Eroshenko A.Yu. The subjective status of a person with long-term sealing in hypoxic atmospheres, which reduces the fire hazard sealed manned objects. *Herald of the International Academy of Ecology and Life Safety Sciences*, 2018, Vol. 23, No. 3, pp. 23–28 (In Russ.)].
6. Павлов Б.Н., Буравкова Л.Б., Смолин В.В., Соколов Г.М. Кислородно-азотно-аргоновая газовая среда при длительном пребывании человека в барокамере при избыточном давлении // *Морской медицинский журнал*. 1999. № 2. С. 18–21 [Pavlov B.N., Buravkova L.B., Smolin V.V., Sokolov G.M. The prolonged human staying in the altitude chamber under overpressure with oxygen-nitrogen-argon gaseous environment. *Marine Medical J.*, 1999, No. 2, pp. 18–21. (In Russ.)].

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 14.10.2019 г.

#### Сведения об авторах:

*Ерошенко Андрей Юрьевич\** — кандидат медицинских наук, 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, пер. Нахичеванский, д. 29; e-mail: andre-zdrav@mail.ru;

*Петров Василий Александрович* — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, исполнительный директор АО «Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга»; 199034, Санкт-Петербург, 17-я линия ВО, д. 4–6; e-mail: vas3188@yandex.ru;

*Иванов Андрей Олегович* — доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник АО «Ассоциация разработчиков и производителей систем мониторинга»; 199034, Санкт-Петербург, 17-я линия ВО, д. 4–6; e-mail: ivanoff65@mail.ru;

*Степанов Владимир Анатольевич* — кандидат медицинских наук, 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, пер. Нахичеванский, д. 29; e-mail: Stepan.Vl.A@yandex.ru;

*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;

*Танова Анастасия Андреевна* — ординатор кафедры нервных болезней и нейрохирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: egoshenkona@rambler.ru., тел. 8 (988) 540-44-43.

*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. Митрофана Седина, д. 4; e-mail: s\_linchenko@mail.ru;

*Анистратенко Лилия Германовна* — кандидат медицинских наук, 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, пер. Нахичеванский, д. 29, e-mail: Dekanato@yandex.ru.