

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ «АРОККСЕН» В СИСТЕМЕ МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

^{1,2}А. О. Иванов*, ¹А. А. Танова, ³Н. В. Кочубейник, ²А. Т. Тягнерев, ⁴Т. Е. Онбыш, ³С. М. Грошилин

¹НИИ геропротекторных технологий, Санкт-Петербург, Россия

²ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова», Санкт-Петербург, Россия

³Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

⁴Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

ЦЕЛЬ. Сравнительная оценка эффективности периодического применения лекарственных газовых смесей «Арокксен» для экстренного восстановления профессиональной работоспособности операторов Военно-Морского Флота (ВМФ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Обследованы 16 операторов-мужчин (возраст 23–45 лет), выполняющих тренажерную подготовку для работы на автоматизированном рабочем месте комплекса военной разведки ВМФ.

У лиц 1-й группы (n = 8) проведены курсы оксигенотерапии по стандартным режимам, рекомендованным для применения у военнослужащих ВМФ. Курс состоял из 10 процедур, проводимых ежедневно после рабочей смены. Каждая процедура представляла собой 30-минутное непрерывное дыхание кислородом.

У операторов 2-й группы (n = 8) в качестве коррекционных процедур использовали дыхание лекарственных газовых смесей (ЛГС) «Арокксен», состоящих из 60 % кислорода, 2% ксенона, остальное – аргон. Режим применения был аналогичен таковому в 1-й группе. У операторов обеих групп в период тренажерной подготовки оценивали прямые показатели качества деятельности и субъективного статуса.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Отмечено, что у лиц 2-й группы на фоне напряженной деятельности имело место ускорение восстановительных процессов, зафиксированы лучшие значения показателей субъективного статуса по сравнению с 1-й группой. Это позволило обеспечить лучшую эффективность тренажерной подготовки у операторов 2-й группы.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные данные убедительно свидетельствовали о высокой эффективности метода ЛГС «Арокксен» в экстренном восстановлении субъективного состояния операторов на фоне напряженной деятельности. Коррекционная программа с использованием данной ЛГС может так же рассматриваться, как средство профилактики явлений хронического утомления, профессионального стресса, эмоционального напряжения операторов сложных эргатических систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенные исследования показали высокую эффективность применения ЛГС «Арокксен» в экстренном восстановлении и повышении операторской работоспособности, значительно превышающую таковую у стандартной кислородотерапии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, операторская работоспособность, лекарственные газовые смеси, аргон, ксенон.

*Для корреспонденции: Андрей Олегович Иванов, e-mail: ivanoff65@mail.ru

*For correspondence: Andrey O. Ivanov, e-mail: ivanoff65@mail.ru

Для цитирования: Иванов А. О., Танова А. А., Кочубейник Н. В., Тягнерев А. Т., Онбыш Т. Е., Грошилин С. М. Применение лекарственных газовых смесей «Арокксен» в системе медико-психологического сопровождения операторов Военно-морского флота // *Морская медицина*. 2025. Т. 11, № 2. С. 144–152, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-2-144-152>; EDN: <https://elibrary.ru/XOKMLA>

For citation: Ivanov A. O., Tanova A. A., Kochubeynik N. V., Tyagnerev A. T., Onbysh T. E., Groshilin S. M. Use of medicinal gaseous mixtures “Aroxen” in the system of medical and psychological support of Naval operators // *Marine Medicine*. 2025. Vol. 11, № 2. P. 144–152, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2025-11-2-144-152>; EDN: <https://elibrary.ru/XOKMLA>

© Авторы, 2025. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства». Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа» в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

USE OF MEDICINAL GASEOUS MIXTURES “AROXEN” IN THE SYSTEM OF MEDICAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF NAVAL OPERATORS

^{1,2}Andrey O. Ivanov, ¹Anastasia A. Tanova, ³Nicolay V. Kochubeynik, ²Alexey T. Tyagnerev, ⁴Tatyana E. Onbysh, ³Sergey M. Groshilin

¹Research Institute of Geroprotective Technologies, Saint Petersburg, Russia

²The Naval Academy after N. G. Kuzhetsov, St. Petersburg, Russia

³Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

⁴Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

OBJECTIVE. A comparative assessment of the effectiveness of periodic use of medicinal gas mixtures “Aroxen” for emergency restoration of professional performance of Navy operators.

MATERIALS AND METHODS. 16 male operators (aged 23–45) undergoing simulator training to operate the automated workstation of the Navy’s military intelligence complex.

Group 1 (n = 8) underwent oxygen therapy courses according to standard modes recommended for use in Navy servicemen. The course consisted of 10 procedures performed daily after a work shift. Each procedure consisted of 30-minute continuous oxygen breathing. The operators of group 2 (n = 8) used the corrective procedures of breathing the “Aroxen” with the following composition: oxygen 60 %, xenon 2 %, argon – the rest. The mode of application was similar to that in group 1. Direct indicators of the quality of activity and indicators of subjective status were assessed for the operators of both groups during the simulator training period.

RESULTS. It was shown that in group 2 individuals, against the background of intense activity, there was an acceleration of recovery processes, and better values of subjective status indicators were recorded compared to group 1. This made it possible to ensure better efficiency of simulator training for operators in group 2.

DISCUSSION. The obtained data convincingly demonstrated the high efficiency of the medicinal gas mixtures “Aroxen” in emergency recovery of the subjective state of operators against the background of intense activity. The correction program using these gas mixtures can also be considered as a means of preventing the phenomena of chronic fatigue, professional stress, and emotional tension of operators of complex ergatic systems.

CONCLUSION. The conducted studies have shown the high efficiency of using medicinal gas mixtures “Aroxen” in emergency recovery and increasing operator performance, significantly exceeding that of standard oxygen therapy.

KEYWORDS: marine medicine, operator performance, medicinal gas mixtures, argon, xenon.

Введение. В настоящее время отмечен стремительный рост сложности и напряженности деятельности операторов Военно-Морского Флота России (ВМФ), увеличение цены их ответственности за принятые решения, активное внедрение новых технологий в системы управления кораблем и другими техническими средствами. В частности, к таким технологиям в полной мере можно отнести системы искусственного интеллекта, которые, по мнению передовых экспертов, в ближайшее время будут внедрены не только в управление оружием, но и в управление кораблем в целом [1, 2].

В связи с этим система медико-психологического сопровождения (МПС) деятельности операторов ВМФ требует постоянного совершенствования и модернизации^{1,2} [3–6].

Среди многочисленных направлений и методов МПС операторов ВМФ^{1,2} особое место при-

надлежит средствам баротерапии, основанным на использовании искусственных дыхательных смесей (ИДС) при повышенном, пониженном или нормальном давлении [7]. При рациональном использовании баротерапевтические технологии обеспечивают ускорение восстановительных процессов в организме и (или) активную стимуляцию его адаптационных резервов [7–9], имеют минимум нежелательных побочных реакций, что позволяет их использовать у специалистов без прекращения рабочих циклов, а в случае применения нормобарических ИДС – и в полевых условиях [5, 6]. К нормобарическим баротехнологиям относится, в частности, стандартная кислородотерапия, основанная на экстренной оптимизации кислородного бюджета организма, улучшении доставки кислорода к наиболее активно функционирующим органам и тканям и прежде

¹Сохранение 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.

²Медико-психологическое и психофизиологическое сопровождение учебно-боевой деятельности специалистов ВМФ: методическое руководство. Часть 1 / под ред. Г. Ю. Шараевского, В. В. Чумакова. СПб.: 1 ЦНИИ МО РФ, 2003. 112 с.

всего к высшим отделам головного мозга. Это позволяет улучшить работу центральной нервной системы (ЦНС) при различных дисфункциях нейрогуморальной регуляции.

Инновационными вариантами использования дыхательных газовых смесей (ДГС) с высоким содержанием кислорода являются методы, основанные на применении лекарственных газовых смесей (ЛГС) с повышенным содержанием инертных газов, способствующих расширению терапевтических эффектов кислородотерапии [10]. При этом наиболее широкое распространение в военно-морской медицине и физиологии военного труда получили гелиокислородные и ксенонокислородные ЛГС [6, 7, 11, 12].

В ряде экспериментальных и физиологических исследований отечественных и зарубежных авторов постулированы и доказаны особые эффекты гипероксических ДГС с повышенным содержанием аргона [10, 12–14]. К одному из наиболее значимых эффектов аргона на организм, по мнению указанных и других авторов, следует отнести его выраженное антигипоксическое действие, обеспечивающее облегчение доставки кислорода работающим истощенным или поврежденным тканям.

В исследованиях показано, что кислород, аргон и ксенон обладают различными механизмами антигипоксических и органопротекторных синергетических эффектов. С учетом этого положения специалистами ООО НИИ геропротекторных технологий (Санкт-Петербург) в 2020–2023 гг. в Санкт-Петербурге было создано специализированное оборудование и выполнена серия доклинических исследований на различных видах лабораторных животных для оценки безопасности и эффективности газовых смесей с высоким содержанием аргона, ксенона и кислорода, позволяющих купировать острую гипоксию органов и тканей. Одним из итогов указанных исследований явилась разработка ЛГС «Арокксен», представляющая собой смесь кислорода (60 %), субнаркологических концентраций ксенона (0,2–10 %), остальное – аргон. Следующим шагом по внедрению ЛГС «Арокксен» в клиническую практику были клинические исследования первого этапа, где доказана безопасность исследуемого препарата для человека и показана его предварительная клиническая эффективность [15, 16].

Учитывая тот факт, что в генезе пограничных состояний, снижения работоспособности при интенсивной профессиональной (в том чис-

ле операторской) деятельности лежит тканевая гипоксия и энергодефицит нейронов высших отделов головного мозга, нами была выдвинута гипотеза о возможной применимости ЛГС «Арокксен» в системе МПС-деятельности операторов сложных эргатических систем.

Цель. Оценка эффективности периодического применения ЛГС «Арокксен» для оптимизации профессиональной работоспособности операторов ВМФ.

Материалы и методы. В качестве модели напряженной и сложной операторской деятельности была использована тренажерная подготовка операторов для эксплуатации одного из передовых комплексов военной разведки ВМФ (далее – «изделие»). Работа на автоматизированном рабочем месте (АРМ) данного изделия является примером операторской деятельности нового типа, протекающей с широким использованием технологии искусственного интеллекта (обучаемых нейронных сетей). Алгоритм деятельности операторов на тренажере комплексов военной разведки включал выполнение задач по обнаружению и идентификации военных объектов противника. Для оценки качества тренажерной подготовки (работоспособности) операторов были выбраны наиболее сложные алгоритмы их деятельности: «Автоматическое дешифрирование изображений», «Корректировка результата обнаружения».

Исследования проведены с участием 16 операторов-мужчин в возрасте от 23 до 45 лет. Из них 5 человек – до 30 лет; 6 человек – от 30 до 40 лет; 5 человек – старше 40 лет. Профессиональный стаж операторской деятельности с примерно аналогичным психофизиологическим содержанием и профессиональными компетентностями составлял от 0 до 4 лет – 6 человек; более 10 лет – 10 человек. Все обследованные лица подписали добровольное информированное согласие на участие в исследованиях.

Исследования проводили в летнее время, в период с 10.00 до 18.00 каждого дня. Общая продолжительность периода исследований 10 дней, в течение которых каждый из операторов ежедневно выполнял тренажерные задания на АРМ изделия. Операторы были разделены на 2 сопоставимые по анамнестическим характеристикам и равные по численности группы (по 8 человек) в зависимости от вида используемых ЛГС. У лиц 1-й группы проведены курсы оксигенотерапии по стандартным режимам,

Таблица 1

Методы определения статистических прямых показателей качества деятельности операторов

Table 1

Methods for determining statistical direct indicators of the quality of operators' activities

Показатель, ед. изм.	Обозначение	Метод определения
II уровень (группы операций)		
Время выполнения j -й задачи управления (группы операций), сек	t_j	Экспериментальный
Среднеквадратическое отклонение времени выполнения операций $m(t_j)$, сек	$\sigma(t_j)$	Расчетный
Количество ошибок при выполнении операций, ед.	n_j	Экспериментальный
Вероятность своевременного и точного выполнения j -й задачи управления, %	$P\Delta_j(t_j < t_{j,тр})$	Расчетный

рекомендованным для применения у военнослужащих ВМФ³. Курс состоял из 10 процедур, проводимых ежедневно после рабочей смены. Каждая процедура представляла собой 30-минутное непрерывное дыхание кислородом.

У операторов 2-й группы в качестве коррекционных процедур использовали дыхание ЛГС «Ароксен» состава: кислород 60 %, ксенон 2 %, остальное – аргон. Режим применения был аналогичен таковому в 1-й группе.

При выполнении ключевых алгоритмов деятельности операторов регистрировали время начала и окончания их решения. Количество ошибок и недочетов в работе фиксировалось опытным экспертом-инструктором. Алгоритм считался выполненным при полном совпадении вида заданных целей и объектов, заложенных в программу. В случае несовпадения тренируемый возвращался к выполнению задачи, что отмечалось в протоколе наблюдения, при этом регистрация времени выполнения работы продолжалась вплоть до правильного выполнения алгоритмов.

Успешность тренажерной подготовки операторов сравниваемых групп оценивали по прямым показателям качества деятельности (ППКД) в соответствии с требованиями нормативных документов⁴ (табл. 1).

³Сохранение 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.

⁴ГОСТ РВ 29.08.002-2005 «ССЭТ и ЭО. Показатели качества деятельности операторов образцов вооружения и военной техники статистические. Номенклатура. Методы определения».

С учетом решаемых в работе задач для оценки ППКД каждого из обследованных операторов был использован так называемый «2-й уровень иерархичности», характеризующий длительность, своевременность и безошибочность (точность) выполнения групп операций, составляющих выбранные алгоритмы их деятельности операторов. Экспериментальные показатели определяли методом прямой регистрации, расчетные критерии вычисляли по специальным формулам⁵. Оценку ППКД в период тренажерной подготовки выполняли через день или через 2 дня.

Кроме прямых показателей работоспособности, в процессе тренажерной подготовки оценивали субъективный статус операторов сравниваемых групп с использованием специально разработанной анкеты жалоб (0 – отсутствие признака, 5 – максимальная выраженность признака). Анкетирование проводили ежедневно в три этапа: I этап – непосредственно после окончания 8-часовой рабочей смены; II – через 2 ч после окончания рабочей смены; III этап – перед следующей рабочей сменой (обязательно после ночного отдыха). Как указывалось выше, сразу после окончания рабочей смены операторам обеих групп проводили процедуры дыхания различными ЛГС. В период между II и III этапами операторы занимались согласно распорядку дня, включавшему ночной сон примерно одинаковой продолжительности для всех обследованных лиц.

⁵ГОСТ РВ 29.08.002-2005 «ССЭТ и ЭО. Показатели качества деятельности операторов образцов вооружения и военной техники статистические. Номенклатура. Методы определения».

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 10.0, Excel. Для каждого показателя определяли медиану (Me), верхний (Q75) и нижний (Q25) квартили.

Учитывая малую численность выборок, проверку данных на нормальность распределения не проводили. Значимость различий показателей в динамике наблюдения определяли с использованием непараметрических критериев Вилкоксона и Манна–Уитни для парных связанных и несвязанных выборок. Нулевая гипотеза об отсутствии различий отвергалась при уровне значимости $p < 0,05$.

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 2018 г. Легитимность исследований подтверждена заключением независимого этического комитета при Северном ГМУ (протокол № 5/10-15 от 19.10.2015).

Результаты. Результаты исследований ППКД обследованных операторов подтвердили, что в начальном периоде тренажерной подготовки показатели находились на уровне значений, которые характерны для специалистов, осваивающих новые виды операторской деятельности. Об этом свидетельствовали относительно длительное время выполнения заданных алгоритмов деятельности операторов, превышающее в 2–2,5 раза таковое у экспертов; значительное количество (до 7 ед.) ошибочных решений при безошибочной работе опытных специалистов. Указанные факты привели к относительно недостаточной (у большинства обследованных менее 80 %) вероятности своевременного и точного выполнения задания (рис. 1), в то время как у экспертов такая вероятность, как правило, составляет $98 \pm 2\%$.

Значимых межгрупповых различий на начальном этапе тренажерной подготовки не отмечено, что свидетельствовало о корректном распределении операторов по группам сравнения.

Исследования, проведенные на 3-й день работы на тренажере, выявили наличие значимого улучшения ППКД у операторов обеих групп, при несколько более выраженной данной тенденции во 2-й группе.

Оценка ППКД операторов в течение 5-го дня тренажерной подготовки показала, во-первых,

что у всех операторов имело место существенное повышение эффективности заданной деятельности. Во-вторых, зарегистрирован факт значительно большей степени улучшения ППКД в группе операторов, которым проводились восстановительные мероприятия с использованием ЛГС «Ароксен».

При дальнейшем наблюдении отмечено закономерное развитие тенденций к улучшению качества выполнения заданных алгоритмов деятельности у всех операторов, при этом межгрупповые различия по ППКД несколько сглаживались, тем не менее оставаясь статистически значимыми. К окончанию 10-дневного периода тренажерной подготовки среднегрупповой прирост интегрального показателя качества деятельности в 1-й группе составил примерно 20 % по сравнению с исходным уровнем, во 2-й группе – около 27 %. Важно отметить, что в 1-й группе в связи с недостаточно выработанными навыками работы тренажерная подготовка была продолжена у 5 человек, во 2-й группе – лишь у 2.

Таким образом, проведенные исследования выявили, что применение ЛГС «Ароксен» для экстренного восстановления функциональных резервов организма, поддержания профессиональной работоспособности на фоне напряженной операторской деятельности оказалось более эффективным, чем стандартная оксигенотерапия.

Подтверждение данному положению было получено при анализе данных субъективного состояния обследованных операторов, фиксируемого в процессе тренажерной подготовки. В табл. 2 представлены результаты анкетирования в группах операторов, объединенные за весь период наблюдения.

Как следует из представленных данных, субъективный статус операторов непосредственно после рабочих смен характеризовался наличием достаточно выраженной и разнообразной симптоматики, свидетельствующей о значительном эмоциональном напряжении во время работы, высокой ее утомительностью и сложностью. В ряде случаев выраженность жалоб (чувство усталости, напряженности, повышенная сонливость или, наоборот, трудность засыпания после работы в связи с застойной «рабочей доминантой») достигала 4 баллов (при максимуме – 5 баллов). Характерно, что на данном этапе наблюдения межгрупповые разли-

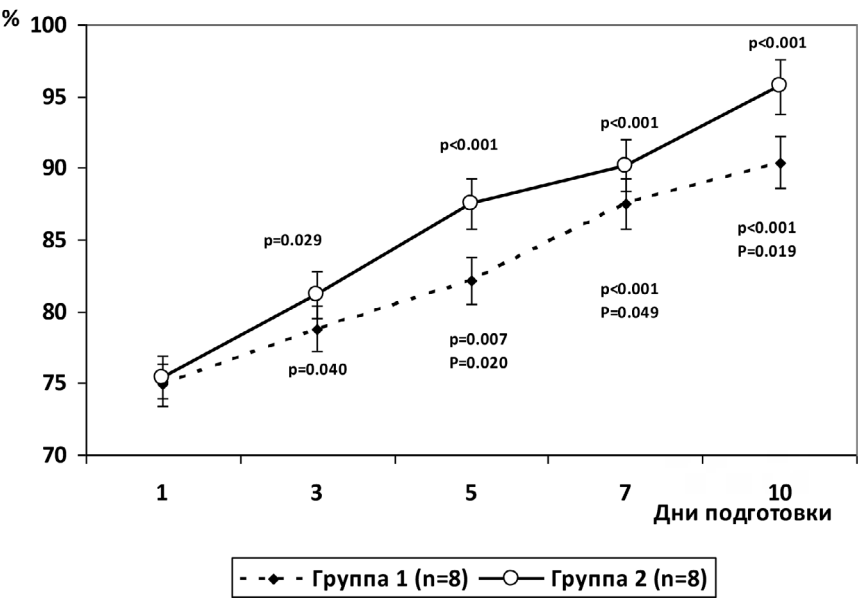


Рис. 1. Динамика показателя вероятности своевременного и точного выполнения j-й задачи управления (PΔ_j) у операторов сравниваемых групп в процессе тренажерной подготовки, Me (Q25; Q75). Уровень значимости различий: p – по сравнению с первым днем подготовки; P – между группами операторов

Fig. 1. Dynamics of the probability indicator of timely and accurate execution of the j-th control task (PΔ_j) among operators of the compared groups during simulator training, Me (Q25; Q75). Significance level of differences: p – compared to the 1st day of training; P – between groups of operators

Таблица 2

Динамика жалоб на самочувствие операторов выделенных групп на этапах наблюдения, Me (Q25; Q75)

Table 2

Dynamics of complaints about the well-being of operators of the selected groups at the stages of observation, Me (Q25; Q75)

Группа (число обследованных)	Симптом, балл Этап обследования				
	чувство усталости	общая слабость	чувство напряженности	диссомния	другие жалобы
I этап (окончание рабочих смен)					
1-я (n = 8)	2 (2; 3)	1 (0; 3)	3 (3; 3)	3 (3; 4)	2 (2; 3)
2-я (n = 8)	2 (2; 3)	1 (0; 2)	3 (2; 3)	3 (2; 4)	2 (2; 3)
II этап (через 2 ч после окончания рабочей смены)					
1-я (n = 8)	2 (1; 3) P = 0,041	0 (0; 1) p = 0,041 P = 0,048	2 (2; 2) p = 0,028 P = 0,045	2 (2; 2) p = 0,030 P = 0,045	1 (1; 3) p = 0,028 P = 0,015
2-я (n = 8)	1 (0; 1) p = 0,003	0 (0; 0) p = 0,002	1 (1; 1) p < 0,001	1 (1; 2) p = 0,001	1 (1; 1) p < 0,001
III этап (перед началом рабочей смены)					
1-я (n = 8)	1 (1; 2) p = 0,003 P = 0,038	0 (0; 1) p = 0,001	0 (0; 2) p = 0,015 P = 0,048	1 (1; 2) p = 0,005 P = 0,040	0 (0; 2) p = 0,015 P = 0,028
2-я (n = 8)	0 (0; 1) p < 0,001	0 (0; 0) p = 0,001	0 (0; 0) p < 0,001	1 (1; 1) p = 0,001	0 (0; 0) p < 0,001

Примечание: уровень значимости различий: p – по сравнению с I этапом регистрации; P – между группами операторов

Note: significance level of differences: p - compared to stage I registration; P - between operator groups

чия отсутствовали, средняя выраженность всех жалоб на самочувствие составляла примерно $2,5 \pm 0,5$ балла в обеих группах операторов.

Другая картина субъективного статуса наблюдалась на II этапе контрольного обследования. Сравнительный анализ динамики выраженности жалоб на самочувствие в выделенных группах показал, что уже через 2 ч отдыха после окончания рабочих смен у всех операторов отмечены позитивные тенденции в динамике функционального состояния. Это отразилось в наличии значимых различий практически по всем оцениваемым критериям в обеих группах сравнения.

Однако выраженность данных позитивных тенденций в группах операторов существенно различалась. В частности, значения всех показателей, характеризующих выраженность жалоб на самочувствие, у операторов 2-й группы была достоверно ($p < 0,05$) меньшей, чем в 1-й группе.

К III этапу наблюдения (перед началом рабочей смены) выраженность жалоб на самочувствие закономерно снизилась у операторов обеих групп по сравнению со II этапом, что явилось ожидаемым следствием регламентированного отдыха. Однако при этом не у всех операторов жалобы на самочувствие полностью нивелировались. В частности, имели место единичные жалобы на сохраняющуюся усталость, общую слабость и другие. Данный факт свидетельствовал о недостаточности регламентированного отдыха для полного восстановления функционального состояния операторов в период интенсивной деятельности и необходимости проведения специальных коррекционных мероприятий организационного и медико-психологического характера.

Сравнение выраженности указанных жалоб между группами показало, что в большинстве оцениваемых симптомов отмечены межгрупповые различия, отражающие лучшее субъек-

тивное состояние операторов, получавших ЛГС «Арокксен».

Обсуждение. Полученные данные убедительно свидетельствовали о высокой эффективности ЛГС «Арокксен» в экстренном восстановлении субъективного состояния операторов на фоне напряженной деятельности. Коррекционная программа с использованием данной ЛГС может так же рассматриваться, как средство профилактики явлений хронического утомления, профессионального стресса, эмоционального напряжения операторов сложных эргатических систем.

По всей видимости, добавление ксенона (в субнаркотических концентрациях) и аргона в гипероксические ДГС (за счет разнонаправленных синергетических эффектов кислорода, ксенона 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 гипероксической терапии в отношении улучшения энергоснабжения наиболее кислородзависимых органов и тканей и, прежде всего, высших отделов головного мозга.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность применения ЛГС «Арокксен» в экстренном восстановлении операторской работоспособности, значительно превышающую таковую в стандартной кислородотерапии. Данный факт, наряду с безопасностью, относительной экономичностью и технической реализуемостью, позволяет рекомендовать ЛГС «Арокксен» к широкому использованию в системе мероприятий медико-психологического сопровождения операторов ВМФ, в том числе при осуществлении операторской деятельности нового типа с использованием технологий искусственного интеллекта.

Сведения об авторах:

Иванов Андрей Олегович – доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель, Научно-исследовательский институт геропротекторных технологий; Россия, 195248, Санкт-Петербург, ул. Большая Пороховская, д. 61, лит. Б, помещ. 30; старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела (обитаемости кораблей и медицинского обеспечения личного состава ВМФ), Научно-исследовательский институт кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова» Минобороны России; Россия, 197101, Санкт-Петербург, ул. Чапаева, д. 30; SPIN: 5176-2698; ORCID: 0000-0002-8364-9854; e-mail: ivanoff65@mail.ru

Танова Анастасия Андреевна – научный сотрудник Научно-исследовательского института геропротекторных технологий; Россия, 195248, Санкт-Петербург, ул. Большая Пороховская, д. 61, лит. Б, помещ. 30; SPIN: 3947-0526; ORCID: 0000-0002-6767-7302; e-mail: eroshenkona@rambler.ru

Кочубейник Николай Владимирович – доктор медицинских наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России; Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29; SPIN: 3947-0526; ORCID: 0000-0003-3765-8714; e-mail: knv_2010@bk.ru

Тягнерев Алексей Тимофеевич – кандидат медицинских наук, старший преподаватель – водолазный специалист кафедры электромеханической службы Военного института (дополнительного профессионального образования), ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова» Минобороны России; Россия, 195112, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр-т, д. 80/2; SPIN: 8023-2552; ORCID: 0000-0003-3825-7875; e-mail: tyagner87@mail.ru

Онбыш Татьяна Евгеньевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России; Россия, 350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4; SPIN: 4290-4511; ORCID: 0000-0002-1390-0484; e-mail: te_onbysh@mail.ru

Грошилин Сергей Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф, Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России; Россия, 344022, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, д.29; SPIN: 3980-0099; ORCID: 0000-0003-2782-7094; e-mail: sgroshilin@rambler.ru

Information about the authors:

Andrey O. Ivanov – Dr. of Sci. (Med.), Prof., Leading Researcher of Research Institute of Geroprotective Technologies; Russia, 195248, Saint Petersburg, Bolshaya Porokhovskaya Str., 61/B, room. 30; Senior Researcher of the Research Department (Ship habitability and medical support of the Navy personnel) Scientific Research Institute of Shipbuilding and Armaments of the Navy of the MTSC of the Navy «Naval Academy named after N. G. Kuznetsov» Ministry of Defense of Russia, St. Petersburg; Russia, 197101, St. Petersburg, Chapaev Str., 30; SPIN: 5176-2698; ORCID: 0000-0002-8364-9854; e-mail: ivanoff65@mail.ru

Anastasia A. Tanova – Research Fellow of Research Institute of Geroprotective Technologies, Bolshaya Porokhovskaya str., 61/B, room. 30, Saint Petersburg, 195248, Russia. Phone: +7 (988) 540-44-43. SPIN: 3947-0526; ORCID: 0000-0002-6767-7302. e-mail: eroshenkona@rambler.ru.

Nicolay V. Kochubeynik – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Resuscitation of Rostov State Medical University of the Ministry of Public Health; Russia, 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevan Lane, 29; SPIN: 3947-0526; ORCID: 0000-0003-3765-8714; e-mail: knv_2010@bk.ru

Alexey T. Tyagnerev – Cand. of Sci. (Med.), Senior Lecturer-Diving Specialist of the Department of Electromechanical Service of the Military Institute (additional professional education) of the MTSC of the Navy «Naval Academy named after N. G. Kuznetsov» Ministry of Defense of Russia; Russia, 195112, Saint Petersburg, Malo-Okhtinsky Ave., 80/2; SPIN: 8023-2552; ORCID: 0000-0003-3825-7875; e-mail: tyagner87@mail.ru

Tatyana E. Onbysh – Cand. of Sci. (Pharm.), Associate Professor of the Department of Mobilization Preparation of Healthcare and Disaster Medicine of Kuban State Medical University of the Ministry of Public Health; Russia, 350063, Krasnodar, Sedina Str., 4; SPIN: 4290-4511; ORCID: 0000-0002-1390-0484; e-mail: te_onbysh@mail.ru

Sergey M. Groshilin – Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Life Safety and Disaster Medicine of Rostov State Medical University of the Ministry of Public Health, Russia; 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevansky Str., 29; SPIN: 3980-0099; ORCID: 0000-0003-2782-7094; e-mail: sgroshilin@rambler.ru

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

Наибольший вклад распределен следующим образом. Концепция и план исследования – А. О. Иванов, А. А. Танова, Н. В. Кочубейник. Сбор и математический анализ данных – А. А. Танова, А. О. Иванов, Т. Е. Онбыш, Н. В. Кочубейник. Подготовка рукописи – С. М. Грошилин, А. О. Иванов, А. А. Танова.

Author contribution. All authors met the ICMJE authorship criteria.

Special contribution: AOI, AAT, NVK aided in the concept and plan of the study; AAT, AOI, TEO, NVK provided collection and mathematical analysis of data; SMG, AOI, AAT contribution to the preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding

Поступила/Received: 04.04.2025

Принята к печати/Accepted: 15.06.2025

Опубликована/Published: 30.06.2025

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Бурькин А. А., Грачев М. Н. Реализация элементов технологии искусственного интеллекта в перспективных АСУ надводного корабля и АСУ временного формирования сил ВМФ // Военная мысль. 2021. № 4. С. 50–57 [Burykin A. A., Grachev M. N. Implementation of elements of artificial intelligence technology in promising automated control systems of a surface ship and automated control systems for the temporary formation of naval forces. Military Thought, 2021, No. 4, pp. 50–57 (In Russ.)].
- Галкин Д. В., Коляндра П. А., Степанов А. В. Состояние и перспективы использования искусственного интеллекта в военном деле // Военная мысль. 2021. № 1. С. 113–124 [Galkin D. V., Kolyandra P. A., Stepanov A. V. State and prospects of using artificial intelligence in military affairs. Military Thought, 2021, No. 1, pp. 113–124 (In Russ.)].

3. Сапов И. А., Щеголев В. С. Физиологические мероприятия медицинского обеспечения ВМФ // Клинико-физиологические аспекты реабилитации личного состава ВМФ (Калининград, 3–5 июня 1990 года). Калининград. 1990. С. 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, June 3–5, 1990), Kaliningrad, 1990, pp. 5–35 (In Russ.)].
4. Мосягин И. Г. Стратегия развития морской медицины на арктическом главном региональном направлении национальной морской политики России // Морская медицина. 2017. Т. 3, № 3. С. 7–22 [Mosiagin I. G. The strategy of the development of marine medicine according to the principal arctic regional direction of the national naval policy of Russia. Marine Medicine, 2017, Vol. 3, No. 3, pp. 7–22 (In Russ.)]. doi:10.22328/2413-5747-2017-3-3-7-22.
5. Строй А. В., Лобозова О. В., Данилевич Г. Д. и др. Дыхание гелиокислородными газовыми смесями как средство экстренного восстановления работоспособности специалистов опасных профессий // Морская медицина. 2022. Т. 8, № 2. С. 70–76 [Stroy A. V., Lobozova O. V., Danilevich G. D., et al. 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, pp. 70–76 (In Russ.)]. doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-2-70-76>.
6. Ханкевич Ю. Р., Сапожников К. В., Черкашин Д. В. и др. Оценка эффективности мероприятий внутрипоездной коррекции функционального состояния сердечно-сосудистой системы операторов глубоководных технических средств // Морская медицина. 2021. Т. 7, № 3. С. 20–31 [Khankevich Yu. R., Sapozhnikov K. V., Cherkashin D. V., et al. Estimation of the efficiency of measures of correction of the functional state of the cardiovascular system of operators of deep water technical means during the course of the voyage. Marine Medicine, 2021, Vol 7, No. 3, pp. 20–31 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2021-7-3-20-31>.
7. Кулешов В. И., Мясников А. А., Чернов В. И. и др. Баротерапия в военной медицине // Военно-медицинский журнал. 2016. Т. 337, № 10. С. 52–62 [Kuleshov V. I., Myasnikov A. A., Chernov V. I., et al. Barotherapy in the military medicine. Military Medical J, 2016, Vol. 337, No. 10, pp. 52–62 (In Russ.)].
8. Trembl B., Kleinsasser A., Hell T., et al. 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.
9. Hamlin M. J., Hellemans J. Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes. J. Sports Sci, 2007, Vol. 25, No. 4, pp. 431–441. doi: 10.1080/02640410600718129.
10. 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., et al. Fundamentals of barophysiology, diving medicine, barotherapy and treatment with inert gases / Ed. acad. A. I. Grigoriev. Moscow: Granp Polygraph; 2008: 496 p. (In Russ.)].
11. Ушаков И. Б., Кальманов А. С., Бубеев Ю. А. Перспективы применения специальных газовых смесей на основе ксенона для коррекции стресса смертельно опасных ситуаций // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2023. № 1. С. 59–67 [Ushakov I. B., Kal'manov A. S., Bubeev Yu. A. Specific xenon-based gas mixtures used for stress correction therapy in patients exposed to lethal force scenarios. Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations, 2023, No. 1, pp. 59–67 (In Russ.)]. doi: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-59-67.
12. Liang M., Ahmad F., Dickinson R. Neuroprotection by the noble gases argon and xenon as treatments for acquired brain injury: a preclinical systematic review and meta-analysis. Br. J. Anaesth, 2022, Vol. 129 (2), P. 200–218. doi: 10.1016/j.bja.2022.04.016.
13. Höllig A., Coburn M. Noble gases and neuroprotection: summary of current evidence. Curr. Opin. Anaesthesiol, 2021, Vol. 34 (5), P. 603–606. doi: 10.1097/ACO.0000000000001033.
14. Pagliaro P., Weber N. C., Femminò S., Alloatti G., Penna C. Gasotransmitters and noble gases in cardioprotection: unraveling molecular pathways for future therapeutic strategies. Basic Res. Cardiol, 2024, Vol. 119, No. 4, pp. 509–544. doi: 10.1007/s00395-024-01061-1.
15. Иванов А. О., Петров В. А., Моргунов Н. А., Степанов В. А., Танова А. А. Результаты 1-й фазы клинических исследований лекарственного препарата «Ароксен», разработанного для первой помощи больным с острыми ишемическими состояниями на догоспитальном этапе // Многопрофильная клиника XXI века. Инновации и передовой опыт (Санкт-Петербург, 25–26 апреля 2024 года), СПб., 2024. С. 108–109 [Ivanov A. O., Petrov V. A., Morgunov N. A., Stepanov V. A., Tanova A. A. Results of the 1st phase of clinical trials of the drug “Aroxen”, developed for first aid to patients with acute ischemic conditions at the prehospital stage // Multidisciplinary Clinic of the XXI Century. Innovations and Best Practices (St. Petersburg, April 25–26, 2024). St. Petersburg, 2024, pp. 108–109 (In Russ.)].
16. Иванов А. О., Петров В. А., Моргунов Н. А., Степанов В. А., Танова А. А. Оценка потенциальной клинической активности лекарственного препарата «Ароксен», применяемого для купирования острых гипоксических состояний // Военная и экстремальная медицина: перспективы развития и проблемы преподавания (Республика Беларусь, г. Гомель, 19–20 марта 2024 года), Гомель, 2024. С. 11–13 [Ivanov A. O., Petrov V. A., Morgunov N. A., Stepanov V. A., Tanova A. A. Evaluation of the potential clinical activity of the drug “Aroxen” used to relieve acute hypoxic conditions. Military and extreme medicine: development prospects and teaching problems (Republic of Belarus, Gomel, March 19–20, 2024). Gomel, 2024, pp. 11–13 (In Russ.)].