

УДК 613.68:616-057-085.835

## КОРРЕКЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ ПОДВОДНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ КСЕНОН-КИСЛОРОДНОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

© 2013 г. И. А. Блощинский, Е. А. Галушкина,  
А. Н. Кириллов, Н. Л. Набоков, Д. Ю. Рогованов

Центр подготовки Министерства обороны РФ, г. Санкт-Петербург

Профессиональная деятельность операторов подводных технических систем является сложной и напряженной. Многочисленные факторы риска, социальная ответственность и значимость их труда приводят к ухудшению функционального состояния, снижению качества профессиональной деятельности, развитию преморбидных состояний, а в конечном итоге — повышению уровня заболеваемости и снижению профессионального долголетия по состоянию здоровья [5, 8, 11, 13].

Это определяет высокую социальную значимость и необходимость совершенствования средств и способов профилактики, коррекции изменений функционального состояния и реабилитации этих специалистов на всех этапах профессиональной деятельности.

Задачи поддержания необходимого функционального состояния реабилитации в определенной мере решаются в рамках медицинского обеспечения плавсостава путем проведения лечебно-профилактических, санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий, однако для сохранения здоровья и работоспособности морских специалистов операторского профиля этого, по мнению многих авторов [5, 13, 14], недостаточно.

В связи с этим для обеспечения профессиональной деятельности указанных специалистов разработаны научно-методические и организационные принципы поддержания их работоспособности в море и на берегу. Для реабилитации операторов подводных технических систем в послепоходовом периоде применяется целый комплекс восстановительных мероприятий. Основные из них — рациональный распорядок дня, целенаправленная физическая подготовка, ультрафиолетовое облучение, дополнительная витаминизация. Кроме этого применяются гипербарическая оксигенация, воздействие импульсным электротоком на центральную нервную систему (ЦНС), рефлекс- и магнитотерапия, аутогенная тренировка и многие другие.

В настоящее время для проведения реабилитации в медицинской практике все чаще применяются смеси на основе инертных газов, одним из которых является ксенон [3, 4, 12, 15].

Цель работы — на основе динамики показателей субъективного личностного шкалирования состояния, объективных психофизиологических методик оценить эффективность ингаляций ксенон-кислородной газовой смесью для коррекции функционального состояния и работоспособности операторов подводных технических систем после длительного рабочего цикла.

### Материалы

Обследованы 19 операторов подводных технических систем мужского пола в возрасте от 28 до 40 лет. В основную группу были включены

Проблема поддержания оптимального функционального состояния и работоспособности операторов подводных технических систем в период или после похода является одной из основных задач морской медицины. Известно, что причиной более чем 50 % аварийных происшествий на флоте являлись ошибочные действия оператора при управлении сложными техническими системами, которые зачастую совершаются на фоне нарастания утомления и снижения работоспособности человека-оператора. Применение ингаляций ксенон-кислородными газовыми смесями позволяют восстановить работоспособность операторов в более короткие сроки.

**Ключевые слова:** функциональное состояние операторов, ксенон-кислородная газовая смесь, операторы подводных технических систем, медицинская реабилитация

9 человек, в контрольную — 10. Обе группы аналогичны по возрасту, стажу и интенсивности трудовой деятельности, состоянию здоровья.

Исследовались показатели функционального состояния организма операторов перед походом (фоновое исследование), после похода (2-е исследование) и после проведения коррекционных мероприятий с применением ингаляций ксенон-кислородных газовых смесей в основной группе и профилактического отдыха в контрольной (заключительное исследование).

Контроль функционального состояния осуществлялся путем самооценки состояния (опросник субъективных состояний «самочувствие», «активность» и «настроение» — САН, тесты «Интегративный тест тревожности» — ИТТ, «Уровень невротической астении» — УНА), анализа психомоторики и нейродинамики (простая и сложная сенсомоторные реакции, критическая частота слияния световых мельканий — КЧСМ, «Теппинг-тест»), косвенной оценки работоспособности по результатам выполнения корректурных проб с кольцами Э. Ландольта и звуковой. Все методики реализованы в аппаратно-программном комплексе (АПК) «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт», г. Иваново) и проводились согласно инструкции к ним и прилагаемым методическим рекомендациям [7]. На всех этапах исследования проводилась регистрация сердечного ритма с анализом его вариабельности (АПК «Поли-спектр-8», ООО «Нейрософт», г. Иваново), биоэлектрической активности коры головного мозга (АПК «Нейрон-спектр» 4/ВП, ООО «Нейрософт», г. Иваново). Для оценки состояния зрительного анализатора использовалось измерение контрастной чувствительности — КЧ (АПК «Эрготест-2.0»).

Ингаляции ксенон-кислородной газовой смесью проводились в соответствии с методикой [3] с применением аппарата портативного ингаляционного наркоза «КСИН — «Аврора» (рисунок). Реабилитационный курс включал пять процедур, проводимых ежедневно. В первый день концентрация ксенона во вдыхаемой смеси составляла 50 %, во второй и пятый — 60 %, в третий и четвертый — 70 %).



Аппарат портативный ингаляционного наркоза «КСИН — «Аврора»

Для анализа полученных данных использовались статистический программный пакет «STATISTIKA» 6.0 (StatSoft) и электронные таблицы Microsoft Excel 2003. Проверка переменных на распределение по критерию Шапиро — Уилка показала, что рассматриваемые данные не соответствуют нормальному распределению, что требует применения непараметрических методов математического анализа. Результаты представлены в виде значений медианы (Me), нижнего (Q1) и верхнего (Q3) квартилей. Сравнение независимых групп (основной и контрольной) проведено с использованием U-критерия Манна — Уитни, а результатов исследования между этапами в каждой группе с применением критерия Вилкоксона.

### Результаты

Как и следовало ожидать, значимых различий всех регистрируемых показателей в группах в фоновом исследовании не было выявлено.

Значения итоговых шкальных оценок по методике УНА в основной и контрольной группах на всех этапах исследования значимо не отличались от исходного уровня и свидетельствовали об отсутствии признаков невротической астении.

На протяжении всего исследования в обеих группах показатель личностной тревожности — ЛТ (методика ИТТ) соответствовал среднестатистическим показателям, характерным для здоровых людей. Тем не менее после проведения коррекционных мероприятий отмечалось снижение общего уровня личностной тревожности в основной группе на 70 %, тогда как в контрольной группе этот показатель на последнем этапе не отличался от такового в послепоходовом исследовании.

При анализе вспомогательных шкал личностной тревожности в основной группе обнаружена положительная динамика показателей шкал «Эмоциональный дискомфорт» и «Астенический компонент тревожности» (табл. 1).

Динамика показателей общего уровня вспомогательных шкал и ситуативной тревожности (СТ) в основной и контрольной группах практически не различалась на всех этапах исследования. В обеих группах этот показатель стал значительно выше после похода, и на заключительном этапе в основной группе отмечалась тенденция к его снижению, а в контрольной группе он продолжал расти.

Обработка материалов анкеты САН выявила значительное ухудшение самочувствия после похода в обеих группах. Следует отметить, что в основной группе после похода показатели самочувствия и активности были статистически значимо хуже, чем в контрольной, тогда как фоновые показатели практически не различались. После проведенных коррекционных мероприятий показатель самочувствия в основной группе пришел к статистической норме. Похожее, но менее выраженные изменения произошли в основной группе и с показателями активности и настроения. В контрольной группе после

Таблица 1

## Динамика показателей по интегративному тесту тревожности в основной группе, баллы

Показатель	Фоновое исследование		После похода		Заключительное исследование		р
	Ме	Q1–Q3	Ме	Q1–Q3	Ме	Q1–Q3	
Общий уровень личностной тревожности (ЛТ)	6,50	3,00–8,00	5,50	0,50–10,00	1,00	-1,00–4,00	Фи/зи=0,091 Пп/зи=0,093
Шкала «Эмоциональный дискомфорт» ЛТ	74,00	12,00–87,50	64,00	12,50–113,00	0,00	0,00–24,00	Пп/зи=0,043
Шкала «Астенический компонент тревожности» ЛТ	14,50	0,0–30,00	29,50	0,00–58,00	0,00	0,00–0,00	Пп/зи=0,068
Шкала «Фобический компонент тревожности» ЛТ	0,00	0,00–0,014	0,00	0,00–29,00	0,00	0,00–0,00	
Шкала «Тревожная оценка перспективы» ЛТ	68,50	49,00–69,00	18,50	0,00–116,50	0,00	0,00–31,00	
Шкала «Социальные защитные реакции» ЛТ	57,00	0,00–78,50	57,00	57,00–57,00	0,00	0,00–114,00	
Общий уровень ситуативной тревожности (СТ)	1,50	0,00–5,00	8,50	5,50–11,00	9,00	6,00–10,00	Фи/пп=0,030 Фи/зи=0,052
Шкала «Эмоциональный дискомфорт» СТ	0,00	0,00–12,50	75,50	62,00–88,00	75,00	51,00–100,00	Фи/пп=0,018 Фи/зи=0,028
Шкала «Астенический компонент тревожности» СТ	0,00	0,00–0,00	70,00	44,00–70,50	59,00	0,00–100,00	Фи/пп=0,018 Фи/зи=0,043
Шкала «Фобический компонент тревожности» СТ	0,00	0,00–0,00	0,00	0,00–28,00	0,00	0,00–28,00	
Шкала «Тревожная оценка перспективы» СТ	31,00	0,00–62,00	68,50	32,00–100,00	68,00	37,00–100,00	Фи/пп=0,043 Фи/зи= 0,043
Шкала «Социальные защитные реакции» СТ	57,00	21,50–107,00	57,00	28,50–100,00	57,00	0,00–114,00	

Примечание для табл. 1–3. Фи/зи – фоновое исследование/заключительное исследование; фи/пп – фоновое исследование/после похода; пп/зи – после похода/ заключительное исследование.

профилактического отдыха выраженных изменений не зафиксировано (табл. 2).

В фоновом исследовании и после похода среднее время простой сенсомоторной реакции (ПСМР) в основной и контрольной группах было практически одинаковым (табл. 3). После проведения коррек-

ционных мероприятий в основной группе среднее время ПСМР стало даже немного лучше фоновых показателей, а в контрольной группе этот показатель продолжал ухудшаться в сравнении с фоном, что свидетельствует о нарастании процессов торможения в ЦНС [7].

Таблица 2

## Динамика показателей самооценки состояния по методике САН, баллы

Показатель	Фоновое исследование		После похода		Заключительное исследование		р
	Ме	Q1–Q3	Ме	Q1–Q3	Ме	Q1–Q3	
Основная группа							
Самочувствие	6,05	5,30–6,40	5,00	4,45–5,80	5,90	5,40–6,70	Φи/пп=0,050 Пп/зи=0,063
Активность	5,30	4,80–5,85	5,00	4,70–5,55	5,30	4,80–6,10	
Настроение	6,25	5,55–6,70	5,95	4,60–6,30	6,20	4,70–6,60	
Контрольная группа							
Самочувствие	6,25	5,90–6,70	6,40	6,00–6,70	6,25	5,90–6,70	
Активность	5,75	5,40–6,20	6,00	5,50–6,40	5,90	5,10–6,50	
Настроение	5,95	5,60–6,40	6,00	5,90–6,30	6,15	5,70–6,60	

## Различия между группами (машинограмма по Манну – Уитни для основной и контрольной групп по тесту САН):

	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-level
C_ф	65,50	105,50	29,50	-0,9	
C_п	40,50	64,50	4,50	-2,5	0,012
C_к	57,00	96,00	29,00	-0,6	
A_ф	60,50	110,50	24,50	-1,4	
A_п	42,00	63,00	6,00	-2,3	0,020
A_к	54,50	98,50	26,50	-0,8	
H_ф	83,50	87,50	32,50	0,7	
H_п	55,50	49,50	19,50	-0,6	
H_к	62,00	91,00	34,00	-0,1	

Таблица 3

## Динамика психофизиологических показателей в основной группе

Показатель	Фоновое исследование		После похода		Заключительное исследование		p
	Me	Q1–Q3	Me	Q1–Q3	Me	Q1–Q3	
ПСМР							
Латентное время реакции, мс	199,97	191,83–220,86	208,82	197,39–223,32	197,60	189,57–215,90	
Количество ошибок, ед	1,50	0,00–3,00	3,00	0,50–7,50	4,50	2,00–7,50	Фи/зи=0,046
КЧСМ							
Частота, Гц	35,40	32,75–38,10	35,80	35,30–37,30	37,49	36,30–38,70	Фи/зи=0,090 Пп/зи=0,028
Реакция на движущийся объект							
Количество точных реакций, %	62,00	46,00–70,00	38,00	32,00–52,00	40,00	28,00–56,00	Фи/пп=0,028 Фи/зи=0,028
Количество опережающих реакций, %	12,00	10,00–30,00	14,00	10,00–25,00	20,00	10,00–32,00	
Количество запаздывающих реакций, %	20,00	8,00–34,00	38,00	28,00–53,00	38,00	20,00–64,00	Фи/пп=0,018 Фи/зи=0,028
Латентное время реакции, мс	391,65	341,38–441,34	407,56	363,42–444,58	390,09	305,14–403,73	
Количество ошибок, ед.	8,00	3,00–13,00	5,50	3,00–9,50	4,00	4,00–8,00	
Корректирующая проба на звук							
Латентное время реакции, мс	389,00	350,00–422,00	383,00	376,0–458,0	356,00	328,50–377,00	Фи/зи=0,091 Пп/зи=0,017
Количество ошибок, ед.	9,00	1,00–11,00	4,00	2,50–5,00	3,00	1,00–6,00	
Теппинг-тест							
Частота, Гц	6,17	5,59–6,49	5,34	4,26–5,97	5,36	2,11–6,29	Фи/пп=0,025 Фи/зи=0,050
Число ударов, ед.	369,50	333,00–388,50	312,50	249,50–349,50	313,50	300,00–368,50	Фи/пп=0,017 Фи/зи=0,017
Корректирующая проба с кольцами, усл. ед.							
Qt	1877,00	1781,50–2252,00	1723,50	1518,00–1815,50	1842,0	1671,50–2002,50	Фи/пп=0,050 Фи/зи=0,025
Nt	15,50	10,00–26,50	15,00	6,50–23,00	8,00	5,00–28,50	
S	1,64	1,57–1,94	1,48	1,36–1,55	1,56	1,46–1,69	Фи/пп=0,025
Pt	379,5	339,00–440,50	308,3	290,45–316,80	337,50	304,00–356,50	Фи/пп=0,017 Фи/зи=0,050
Kr	7,50	2,50–10,00	-1,00	-6,00–3,50	-7,00	-17,50–4,00	Фи/пп=0,093
At	0,94	0,9–0,96	0,91	0,89–0,95	0,95	0,86–0,96	
Ta	3,50	0,00–11,50	5,50	0,50–12,50	6,00	-0,50–9,00	

Коэффициент точности Уиппла, выявляющий соотношение ошибок и правильных нажатий и свидетельствующий о степени устойчивости внимания, обусловленного, в свою очередь, силой и уравновешенностью нервных процессов, значительно вырос в основной группе после похода и продолжал расти после проведения коррекционных мероприятий. В итоге значение коэффициента в посткоррекционном периоде было значимо выше фоновых показателей. Учитывая рост скорости сенсомоторной реакции в основной группе в этом периоде, можно предположить, что после коррекции наряду с увеличением подвижности нервных процессов устойчивость внимания стала ниже [7]. В контрольной группе соотношение скорости и качества работы несколько иное — растет время ПСМР и увеличивается количество ошибок, что свидетельствует о нарастании инертности и продолжающемся осла-

блении нервных процессов даже после регламентированного профилактического отдыха.

Рост значения КЧСМ в основной группе после проведения коррекционных мероприятий свидетельствовал о нарастании лабильности нервных процессов [7]. В контрольной группе изменений КЧСМ зафиксировано не было.

Диагностические критерии коррективного звукового теста — латентное время реакции и количество ошибок — в основной и контрольной группах в фоновом исследовании не имели значимых различий. Их значение превышало нормативные показатели и свидетельствовало о снижении подвижности и ослаблении нервных процессов в обеих группах, а следовательно, ухудшении функционального состояния обследуемых ещё до начала рабочего цикла. В послепоходовом исследовании латентное время реакции в основной группе увеличилось, но точность



работы при этом выросла. То есть произошло снижение подвижности нервных процессов и увеличение концентрации внимания обследуемых. Проведение коррекционных мероприятий в основной группе способствовало значительному уменьшению времени реакции с одновременным незначительным увеличением точности. В контрольной группе подвижность нервных процессов осталась низкой и значительно отличалась от этой характеристики в основной группе. Больше было и количество ошибочных действий в контрольной группе.

Результаты исследования реакции на движущийся объект показали, что в фоновом периоде в среднем по обеим группам количество точных реакций составляло около 60 % от всех предъявлений, а количество преждевременных и запаздывающих реакций было практически одинаковым (около 19 и 21 % соответственно), что свидетельствовало о нормальном соотношении основных нервных процессов (см. табл. 3). После похода было выявлено значительное уменьшение количества точных реакций в обеих группах и смещение баланса в сторону преобладания тормозных процессов. Проведение коррекционных мероприятий в основной группе не повлекло за собой каких-либо изменений в соотношении возбуждающих и тормозных процессов, и при исследовании в посткоррекционном периоде отмечалось преобладание тормозных реакций. В контрольной группе на последнем этапе исследований выявлено статистически значимое изменение соотношения процессов возбуждения и торможения в сравнении с послепоходовым периодом, проявившееся в увеличении количества преждевременных реакций и уменьшении запаздывающих. При этом количество точных реакций осталось прежним.

Различий показателей экспресс-методики «Теппинг-тест», сложной сенсомоторной реакции и корректурного теста Э. Ландольта между основной и контрольной группами не было выявлено.

В фоновом и послепоходовом исследовании статистически значимых различий контрастной чувствительности (КЧ) у операторов основной и контрольной групп не было выявлено. После ингаляций в основной группе КЧ снизилась по сравнению с нормой на всех пространственных частотах, то есть пороги восприятия низкоконтрастных стимулов увеличились. В диапазоне пространственных частот от 0,83 до 5,8 цикл/угл.град эти различия были значимыми.

При анализе вариабельности ритма сердца общий уровень нейрогуморальной регуляции оценивается по стандартному отклонению величин нормальных интервалов R—R (SDNN), увеличение или уменьшение которого свидетельствует о смещении вегетативного баланса в сторону преобладания одного из отделов, и общей мощности спектра [11]. Абсолютные значения этих показателей находились в пределах стандартной нормы. Отмечался рост значений по данным параметрам, особенно в основной группе, на

втором этапе исследований. В обеих группах баланс регуляции был сдвинут в сторону длинноволновой составляющей, что отражает нарастание процессов утомления. Эти изменения более выражены были в основной группе.

В послепоходовом периоде признаки утомления выявлены в обеих группах, но их выраженность была различна. В основной группе произошел переход на более высокие уровни регуляции, что выразилось в снижении симпатической (LF) и увеличении сверхдлинноволновой (VLF) составляющей в структуре общей мощности спектра в послепоходовом периоде. Это позволяет предположить, что изменения затронули энергометаболический уровень регуляции. Повышение LF- и снижение VLF-составляющей в контрольной группе также является признаком утомления, но менее выраженного, чем в основной группе.

После проведения ингаляций в основной группе общий уровень регуляции несколько повысился и не изменился в контрольной группе после планового отдыха. Этот вывод можно сделать по изменениям параметра SDNN, рост которого отмечен в основной группе и снижение — в контрольной. Снижение мощности спектра в обеих группах, по всей видимости, является следствием снижения психологического и физического стресса на последнем этапе исследования.

В основной группе произошло снижение соотношения длинноволновой и коротковолновой (HF) составляющей спектра в третьем измерении, хотя его значение и не вышло на нормальный уровень, тогда как в контрольной группе наблюдалось нарастание симпатических влияний, проявляющееся в росте значения этого параметра.

Изменилась структура спектра. В основной группе произошло увеличение HF при снижении LF- и VLF-составляющих, тогда как в контрольной отмечался рост LF- и VLF-части при снижении HF спектра. Таким образом, в основной группе снизилось влияние надсегментарного отдела вегетативной регуляции, тогда как в контрольной произошел его рост.

По данным вариационной пульсометрии вычисляется ряд производных показателей, среди которых наиболее употребителен индекс напряжения регуляторных систем (ИН), который отражает степень централизации управления ритмом сердца и характеризует в основном активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. В каждой из групп по этапам исследования выявляется, что средние значения ИН имеют разную направленность. Так, контрольная группа имела изначально более высокий показатель ИН, который увеличился ко второму, не изменился к третьему измерению и составлял 200—230 у. е., что соответствует верхней границе нормы [10] и свидетельствует о постепенном нарастании выраженности стресса в контрольной группе [1, 2].

В основной группе тенденция противоположная — исходные значения выше последующих. Индекс напряжения изменялся от 178 у. е. в фоновом измерении до 90–92 у. е. на последующих этапах исследования. Эти величины находятся в пределах нормы для взрослых [9].

Наиболее чувствительными в диагностическом плане показателями электроэнцефалограммы (ЭЭГ) оказались диапазоны дельта и тета. Причем наиболее значимые различия касались максимальных амплитуд, повышение которых во втором измерении свидетельствовало об утомлении всех испытуемых [6]. Снижение амплитуд в этих диапазонах после проведения реабилитационных мероприятий можно расценивать как положительное влияние на восстановительные процессы ингаляций ксенон-кислородной газовой смесью и эмоциональный фон у испытуемых основной группы. В контрольной группе к концу исследований изменений практически не произошло. Снижение индекса тета-активности в основной группе при отсутствии какой-либо его динамики в контрольной также можно расценивать как снижение эмоциональной возбудимости испытуемых при воздействии ксеноном. Кроме того, повышение индекса альфа-активности в основной группе свидетельствовало о нормализации процессов возбуждения и торможения. В контрольной группе индекс альфа-активности снижался.

### Обсуждение результатов

Как следует из материалов выполненного исследования, в результате профессиональной деятельности операторов подводных технических систем в их организме происходят функциональные изменения, характеризующиеся ростом личностной тревожности, ухудшением самочувствия, снижением подвижности и ослаблением нервных процессов, смещением их баланса в сторону преобладания тормозных процессов. Изменяется баланс регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы со сдвигом в сторону длинноволновой составляющей и с переходом на более высокие уровни регуляции. Повысились максимальные амплитуды дельта- и тета-волн мозговой активности. Совокупность этих изменений можно рассматривать как развитие утомления [2, 5, 8, 10, 13].

После проведенных коррекционных мероприятий помимо улучшения самочувствия операторов, снижения уровня тревожности, улучшения эмоционального фона произошли и объективные изменения функционального состояния их организма — увеличилась подвижность нервных процессов, более выраженными стали парасимпатические влияния, снизилось влияние надсегментарного отдела вегетативной регуляции, показатели ЭЭГ свидетельствовали о снижении эмоциональной возбудимости, нормализации процессов возбуждения и торможения в ЦНС. В группе, где коррекционные мероприятия не проводились, улучшения функционального состояния за тот же временной промежуток не отмечено.

Курсовое применение ингаляций ксенон-кислородной газовой смесью в терапевтической дозе способствует более быстрому и эффективному восстановлению функционального состояния и работоспособности операторов подводных технических систем в послепоходовом периоде, что позволяет рекомендовать ее для использования в системе медицинской реабилитации лиц с напряженной операторской деятельностью по окончании рабочего цикла.

### Список литературы

1. Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клецкин С. З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М. : Наука, 1984. 222 с.
2. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. М. : Медицина, 1997. 236 с.
3. Горелкин А. Е., Довгуша В. В., Следков А. Ю. Применение ксенона в терапии : методические рекомендации. [Б. м.] : [б. и.], 2007. 21 с.
4. Довгуша В. В., Следков А. Ю. Индифферентные газы, рецепция и наркоз. СПб. : ООО «Пресс-Сервис», 2006. 101 с.
5. Довгуша В. В., Мызников И. Л. Отдых на этапах учебно-боевой деятельности подводников. СПб. : ООО «Пресс-Сервис», ФГУП НИИ промышленной и морской медицины ФМБА РФ, 2010. 224 с.
6. Жирмунская Е. А. В поисках объяснения феноменов ЭЭГ. М. : НПФ Биола, 1996. 117 с.
7. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике. Иваново : ООО «Нейрософт», 2007. 216 с.
8. Маслов Н. Б., Блощинский И. А., Галушкина Е. А., Рогованов Д. Ю. Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности // Экология человека. 2012. № 4. С. 16–24.
9. Медицинская статистика и идентификация факторов риска здоровью человека в пространстве биосферы / М. С. Лушнов, Е. Г. Головина, И. Н. Липовицкая, А. М. Лушнов, О. М. Ступишина // Биосфера. 2010. № 1. С. 157–165.
10. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново : Ивановская гос. мед. академия, 2002. 290 с.
11. Мызников И. Л., Рогованов Д. Ю., Астафьев Е. В., Пичугин В. В. Особенности самооценки состояния и приспособительных реакций у подводников на этапах длительного автономного похода // Экология человека. 2003. № 5. С. 33–35.
12. Павлов Б. Н., Смолин В. В., Баранов В. М., Соколов Г. М., Куссмауль А. Р., Потапов Н. Б. Основы барофизиологии, водолазной медицины, баротерапии и лечения инертными газами / под ред. А. И. Григорьева. М. : ЗАО «ГРАНП ПОЛИГРАФ», 2008. 494 с.
13. Сохранение работоспособности плавающего состава Военно-морского флота : руководство / под общ. ред. В. В. Жеглова, И. А. Сапова, В. С. Щеголева. М. : Военное изд-во, 1990. 192 с.
14. Старостин О. А., Соловьев А. Г., Барачевский Ю. Е., Мусаев Р. Б. Коррекция нарушений психофизиологических функций у специалистов опасных профессий путем сочетанного использования разномодальных физических факторов // Экология человека. 2012. № 5. С. 36–40.

15. Ушаков И. Б., Хомченко М. Н., Бухтияров И. В., Дворников М. В., Усов В. М., Джергенция С. Л., Сметанников В. П., Орлов А. Н., Дергач А. В. Моделируемый эффект газовых смесей на основе ксенона на функциональное состояние человека-оператора // Ксенон и ксенон-сберегающие технологии в медицине — 2005 : материалы научн.-практ. конф. М. : [б.и.], 2005. С. 128–132.

### References

1. Baevskiy R. M., Kirillov O. I., Kletskin S. Z. *Matematicheskiy analiz izmeneniy serdechnogo ritma pri stresse* [Mathematical analysis of heart rate changes during stress]. Moscow, 1984, 222 p. [in Russian]
2. Baevskiy R. M., Berseneva A. P. *Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostei organizma i riska razvitiya zabolevaniy* [Evaluation of adaptive capacity of the organism and the risk of disease development]. Moscow, 1997, 236 p. [in Russian]
3. Gorelkin A. E., Dovgusha V. V., Sledkov A. Yu. *Primenenie ksenona v terapii : metodicheskie rekomendatsii* [The use of xenon in therapy: methodological recommendations] 2007, 21 p. [in Russian]
4. Dovgusha V. V., Sledkov A. Yu. *Indifferentnye gazy, retseptsiya i narkoz* [Indifferent gases, reception and anesthesia]. Saint Petersburg, 2006, 101 p. [in Russian]
5. Dovgusha V. V., Myznikov I. L. *Otdykh na etapakh uchebno-boevoy deyatel'nosti podvodnikov* [Rest on educational and combat training stages of submariners]. Saint Petersburg, 2010, 224 p. [in Russian]
6. Zhirmunskaya E. A. *V poiskakh ob"yasneniya fenomenov EEG* [In search of EEG phenomena explanations]. Moscow, 1996, 117 p. [in Russian]
7. Mantrova I. N. *Metodicheskoe rukovodstvo po psikhofiziologicheskoi i psikhologicheskoi diagnostike* [Methodological guidance on psychophysiological and psychological diagnostics]. Ivanovo, 2007, 216 p. [in Russian]
8. Maslov N. B., Bloshchinskii I. A., Galushkina E. A., Rogovanov D. Yu. *Kontseptual'nye podkhody k otsenke funktsional'nogo sostoyaniya spetsialistov v protsesse ikh professional'noi deyatel'nosti* [Conceptual approaches to the assessment of the functional state of specialists in their professional activities]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 4, pp. 16-24. [in Russian]
9. *Meditinskaya statistika i identifikatsiya faktorov riska zdorov'yu cheloveka v prostranstve biosfery* [Medical statistics and identification of risk factors to human health in the space of the biosphere], M. S. Lushnov, E. G. Golovina, I. N. Lipovitskaya, A. M. Lushnov, O. M. Stupishina. *Biosfera* [Biosphere]. 2010, no. 1, pp. 157-165. [in Russian]
10. Mikhailov V. M. *Variabel'nost' ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya* [Heart rate variability: the experience of the practical application]. Ivanovo, 2002, 290 p. [in Russian]
11. Myznikov I. L., Rogovanov D. Yu., Astaf'ev E. V., Pichugin V. V. *Osobennosti samootsenki sostoyaniya i prispособitel'nykh reaktsii u podvodnikov na etapakh dlitel'nogo avtonomnogo pokhoda* [Features of self-assessment and adaptive reactions in submariners at the long independent campaign stages]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2003, no. 5, pp. 33-35. [in Russian]
12. Pavlov B. N., Smolin V. V., Baranov V. M., Sokolov G. M., Kussmaul' A. R., Potapov N. B. *Osnovy*

*barofiziologii, vodolaznoi meditsiny, baroterapii i lecheniya inertnyimi gazami* [Fundamentals of decompression physiology, diving medicine, barotherapy and inert gases treatment], ed. A. I. Grigor'ev. Moscow, 2008, 494 p. [in Russian]

13. *Sokhranenie rabotosposobnosti plavayushchego sostava Voenno-morskogo flota : rukovodstvo* [Preservation of working efficiency in Navy specialists. Manual], eds. V. V. Zsgeglov, I. A. Sapov, V. S. Zschegolev. Moscow, 1990, 192 p. [in Russian]

14. Starostin O. A., Solov'ev A. G., Barachevskii Yu. E., Musaev R. B. *Korreksiya narushenii psikhofiziologicheskikh funktsii u spetsialistov opasnykh professii putem sochetannogo ispol'zovaniya raznomodal'nykh fizicheskikh faktorov* [Correction of psychophysiological dysfunctions in specialist of hazardous occupations by combined use of physical factors of different modalities]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 5, pp. 36-40. [in Russian]

15. Ushakov I. B., Khomchenko M. N., Bukhtiyarov I. V., Dvornikov M. V., Usov V. M., Dzhergeniya S. L., Smetannikov V. P., Orlov A. N., Dergach A. V. *Modeliruemyi effekt gazovykh smesei na osnove ksenona na funktsional'noe sostoyanie cheloveka-operatora* [Simulated effect of xenon based gas mixtures on the functional state of human-operator]. *Ksenon i ksenonosberegayushchie tekhnologii v meditsine - 2005. Materialy nauchn.-prakt. konf. Moskva, 2005* [Xenon and xenon-saving technologies in - 2005. Materials of research and practice conference. Moscow, 2005], pp. 128-132. [in Russian]

### CORRECTION OF FUNCTIONAL STATE IN OPERATOR'S OF COMPLICATED TECHNICAL SYSTEMS BY MEANS OF XENON-OXYGEN GAS MIXTURE

I. A. Bloshchinskii, E. A. Galushkina, A. N. Kirillov, N. L. Nabokov, D. Yu. Rogovanov

Training Center for the Defense Ministry of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

The supporting optimal functional state and efficiency of operators of complicated technical systems during or after the long-lasting working cycle at the marine ships is one of the most important problem of the marine medicine. It is known that the errors of operators during controlling complicated technical systems are the reasons in 50% of accidents in the navy. Usually operator's errors appear at the state of increasing of exhaustion and decreasing of working efficiency. Application of xenon-oxygen gas mixture inhalations makes possible to restore the working efficiency of operators in more short period of time.

**Keywords:** functional state, xenon-oxygen gas mixture, complicated technical systems operators, medical rehabilitation

### Контактная информация:

Кириллов Андрей Николаевич — специалист Центра подготовки Министерства обороны Российской Федерации

Адрес: 198510, г. Санкт-Петербург, г. Петродворец, ул. Константиновская, д. 25

Тел. 8 (812) 427-40-88,

E-mail: ank281078@gmail.com