



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018
УДК 616-008.82-057:613.68

Водно-электролитный обмен и функции выделительной системы у водолазов: новые подходы к определению устойчивости к декомпрессионной болезни

*ЗВЕРЕВ Д.П., кандидат медицинских наук, полковник медицинской службы
МЯСНИКОВ А.А., профессор, полковник медицинской службы запаса
ШИТОВ А.Ю., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы
(arseniyshitov@mail.ru)
АНДРУСЕНКО А.Н., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы
ЧЕРНОВ В.И., доцент, полковник медицинской службы запаса
КЛЕНКОВ И.Р., капитан медицинской службы*

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

Проведено обследование в гипербарических условиях 44 водолазов в возрасте 19–23 лет для изучения устойчивости к декомпрессионной болезни. С применением оригинальных нагрузочных пероральных проб исследованы состояние водно-электролитного обмена и функций почек. Выявлена взаимосвязь между состоянием выделительной системы и устойчивостью организма к декомпрессионной болезни: активность функционирования почек определяет уровень декомпрессионного газообразования. У водолазов, имевших среднюю и низкую устойчивость к декомпрессионной болезни, индексы активности почек ниже, чем у водолазов, имевших высокую устойчивость к данной патологии. Сделан вывод, что при отборе водолазов по устойчивости к декомпрессионной болезни необходимо учитывать показатели функций почек, полученные при проведении пероральных нагрузочных проб. Предложена формула, включающая эти показатели и позволяющая дополнить существующую методику определения устойчивости водолазов к декомпрессионной болезни.

К л ю ч е в ы е с л о в а: водолаз, устойчивость к декомпрессионной болезни, водно-электролитный обмен, показатели функций почек.

Zverev D.P., Myasnikov A.A., Shitov A.Yu., Andrusenko A.N., Chernov V.I., Klenkov I.R. – Water-electrolyte metabolism and excretory system functions in divers: new approaches to determination of dysbarism resistance. 44 divers were examined under hyperbaric conditions at the age of 19–23 years to study the resistance to decompression sickness. With the use of original loading oral samples, violations of water-electrolyte metabolism and kidney functions were investigated. The relationship between the state of the excretory system and the body's resistance to decompression sickness has been revealed: the activity of the kidneys determines the level of decompression gas generation. Divers with medium and low resistance to decompression sickness, renal activity indexes are lower than those of divers who had high resistance to this pathology. It was concluded that when selecting divers for resistance to decompression sickness, it is necessary to take into account the indicators of kidney functions obtained during oral loading tests. A formula is proposed that includes these indicators and allows supplementing the existing technique for determining the stability of divers for decompression sickness.

K e y w o r d s: diver, resistance to decompression sickness, water-electrolyte metabolism, indicators of kidney function.

Водно-электролитный обмен является важнейшим видом метаболизма и составной частью гомеостаза, отражающего общее состояние организма и обеспечивающего оптимальные условия обмена веществ. Его нарушения,

наступающие под воздействием повышенного давления газовой и водной среды, могут являться критерием выраженности расстройств функций как отдельных органов и систем, так и функционального состояния всего организма.



Вода, как известно, играет важнейшую роль в жизнедеятельности организма, поскольку является универсальным растворителем. В гипербарических условиях газы, которыми дышит водолаз и которые окружают его тело, растворяются в жидких средах организма, вызывая изменения водно-электролитного обмена. Перестройка последнего является способом адаптации организма к изменившимся условиям жизнедеятельности или может быть следствием нарушения работы выделительной системы [5, 7, 10, 21].

Наиболее характерным и часто встречающимся нарушением водно-электролитного обмена и функций почек при пребывании в условиях подводной и космической гипогравитации является развитие гипогидратации, проявляющейся усилением диуреза, сдвигами в системах осмо- и волюморцепции, отрицательным балансом электролитов, снижением содержания общей воды тела, внеклеточной и интерстициальной жидкости, а также объема циркулирующей плазмы [2, 4, 5, 12, 19].

Одни исследователи считают, что при нахождении человека в водной среде развитие подобных нарушений водно-электролитного обмена возможно вследствие устранения веса тела и появления гравитационно-зависимых деформаций структур организма, что обуславливает изменение афферентного входа, снятие гидростатического давления крови и других жидких сред организма [3]. В других работах изменения водно-электролитного обмена объясняются возрастанием плотности дыхательной газовой среды и последующим увеличением кровенаполнения органов грудной клетки и головы [5], влиянием гипероксического компонента дыхательной газовой смеси [8]. При этом доступные литературные данные не позволяют сделать однозначные выводы о причинах нарушений водно-электролитного обмена и деятельности выделительной системы в гипербарических условиях.

Для исследования водно-электролитного обмена и функций почек, помимо различных вариантов проб с водной нагрузкой на разведение и концентрирование, в литературе описаны пробы с пероральным введением хлорида натрия, гидрокарбоната натрия, калия, кальция, воды, соляной кислоты. Большинство из этих проб

с успехом применялись для диагностики изменений водно-электролитного обмена и функций почек в процессе воздействия неблагоприятных факторов космического полета, а также после приземления [6]. Однако данные об использовании указанных нагрузочных проб в водолазной медицине в проанализированной литературе отсутствуют. При этом нет единых подходов и методик проведения ионных нагрузочных проб, не определен оптимальный состав нагрузок и вводимых солей, а также их доза, не установлены критерии оценки результатов. Кроме того, не определены методические приемы исследования функций почек и водно-электролитного обмена на различных этапах водолазного спуска (компрессии, изопрессии, декомпрессии), а также при действии комплекса неблагоприятных факторов погружения под воду. Среди комплекса этих неблагоприятных факторов особое значение придается *декомпрессионной венозной газовой эмболии* (ДВГЭ), вероятность развития которой определяет устойчивость организма к *декомпрессионной болезни* (ДБ). В то же время проблема ДБ актуальна как для водолазной, так и для авиационной медицины [1].

Цель исследования

Выявить нарушения водно-электролитного обмена и функции почек у водолазов в гипербарических условиях с помощью нагрузочных пероральных проб. Определить взаимосвязь между состоянием функций выделительной системы и устойчивостью организма к ДБ.

Материал и методы

Проведено обследование 44 водолазов в возрасте 19–23 лет. У всех испытуемых оценивалась устойчивость к ДБ [14, 22]. Для этого испытуемых подвергали воздействию повышенного давления воздуха 0,4 МПа (изопрессия – 60 мин, декомпрессия – 63 мин) в барокамере ПДК-2, после чего в соответствии с уровнем ДВГЭ их распределяли на группы с высокой, средней и низкой устойчивостью. Для слуховой локации декомпрессионных газовых пузырьков применялась ультразвуковая установка «Минидоп-4» (ЗАО «НПФ БИОСС», Москва). Локация газовых пузырьков у испытуемых после «погружения» осуществлялась в положении лежа на спине во 2–4-м межреберь-



ях слева от грудины и 3–5-м межреберьях справа от грудины в проекции осевого кровотока легочной артерии [11].

Изменения водно-электролитного обмена и функции почек у испытуемых определяли путем оценки данных, полученных в четырех сериях исследований с помощью разработанных нами методик [23].

Первая серия – после пероральной водной нагрузки, во время изопрессии в барокамере в дозе 20 мл/кг и расчета *индекса функциональной активности почек* (ИФАП) по формуле:

$$\text{ИФАП} = 0,1N_1 + 0,4D_1 + 0,2D_2 + 0,1N_2 - 0,1K + 0,1Xл,$$

где N_1 – количество выделяемого почками натрия на 60-й минуте после нагрузки (ммоль/ч);

D_1 – количество выделяемой мочи на 60-й минуте после нагрузки (мл/мин);

D_2 – количество выделяемой мочи на 90-й минуте после нагрузки (мл/мин);

N_2 – количество выделяемого почками натрия на 90-й минуте после нагрузки (ммоль/ч);

K – количество выделяемого почками калия на 90-й минуте после нагрузки (ммоль/ч);

$Xл$ – количество выделяемого хлора на 90-й минуте после нагрузки (ммоль/ч).

При значении ИФАП 5,7 и более выделительную и концентрационную функцию почек считали удовлетворительной, а при его значении менее 5,7 – неудовлетворительной [9, 15].

Вторая серия – после пероральной солевой нагрузки 0,5% раствором хлористого натрия во время изопрессии в барокамере в дозе 0,5% от массы тела и расчета *индекса волюморегулирующей активности почек* (ИВАП) по формуле:

$$\text{ИВАП} = -3,32 + 0,18N_1 - 0,36K + 0,14D + 0,3X_1 + 0,14N_2 + 0,11X_2,$$

где N_1 – количество выделяемого почками натрия на 40-й минуте после нагрузки, ммоль/ч;

K – количество выделяемого калия на 60-й минуте после нагрузки, мл/мин;

D – количество выделяемой мочи на 60-й минуте после нагрузки, мл/мин;

X_1 – количество выделяемого почками хлора на 60-й минуте после нагрузки, ммоль/ч;

N_2 – количество выделяемого почками натрия на 90-й минуте после нагрузки, ммоль/ч;

X_2 – количество выделяемого хлора на 90-й минуте после нагрузки, ммоль/ч.

При значении ИВАП менее 0 волюморегулирующую функцию почек считали неудовлетворительной, при значении от 0 до 1,1 – удовлетворительной и более 1,1 – функцию считали хорошей [16].

Третья серия – после пероральной нагрузки 10% раствором хлористого калия во время изопрессии в барокамере в дозе 0,55 мл/кг массы тела и расчета *индекса калийуретической активности почек* (ИКАП) по формуле:

$$\text{ИКАП} = 0,2K_1 - 0,1N_1 - 0,2D_2 - 0,2K_2 + 0,2K_3 + 0,1X,$$

где K_1 – количество выделяемого почками калия на 40-й минуте после нагрузки, ммоль/ч;

N_1 – количество выделяемого натрия на 60-й минуте после нагрузки, мл/мин;

D_2 – количество выделяемой мочи на 60-й минуте после нагрузки, мл/мин;

K_2 – количество выделяемого почками калия на 60-й минуте после нагрузки, ммоль/ч;

K_3 – количество выделяемого почками калия на 90-й минуте после нагрузки, ммоль/ч;

X – количество выделяемого хлора на 90-й минуте после нагрузки, ммоль/ч.

При значении ИКАП менее 0 калийуретическую функцию почек считали неудовлетворительной, при значении от 0 до 4,6 – удовлетворительной и более 4,6 – калийуретическую функцию почек считали хорошей [17].

Четвертая серия – после пероральной нагрузки 7,5% раствором лактата кальция во время изопрессии в барокамере в дозе 1 мл/кг массы тела и расчета *индекса кальцийуретической функции почек* (ИКФП) по формуле:

$$\text{ИКФП} = -5,36 + 0,15N_1 - 0,31K + 0,19D + 0,5C + 0,19N_2 + 0,14X,$$



где N_1 – количество выделяемого почками натрия на 40-й минуте после нагрузки лактатом кальция, ммоль/ч;

K – количество выделяемого калия на 60-й минуте после нагрузки, мл/мин;

D – количество выделяемой мочи на 90-й минуте после нагрузки, мл/мин;

C – количество выделяемого почками кальция на 90 минуте после нагрузки, ммоль/ч;

N_2 – количество выделяемого почками Na на 120-й мин после нагрузки, ммоль/ч;

X – количество выделяемого хлора на 120-й минуте после нагрузки, ммоль/ч.

При значении ИКФП менее 0 кальцийуретическую функцию почек считали неудовлетворительной, при значении от 0 до 1,3 – удовлетворительной и более 1,3 – эту функцию считали хорошей [18].

Методом корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа полученных данных проводились описание исследуемых параметров в группах и оценка значимости различия количественных показателей [20]. Для статистического анализа использовались пакеты прикладных программ Statistica for Windows 6.0.

Результаты и обсуждение

При проведении обследования из 44 испытуемых 27 были признаны устойчивыми (61,4 %), 12 – среднеустойчивыми (27,3 %), а 5 (11,3 %) – низкоустойчивыми к ДБ. Результаты исследований с пероральными нагрузочными пробами представлены в табл. 1.

Полученные данные свидетельствуют, что у водолазов, имевших среднюю

Таблица 1

Показатели функций выделительной системы водолазов по результатам нагрузочных проб, усл. ед.

№ испытуемых водолазов	Устойчивость водолазов к декомпрессионной болезни	ИФАП (1-я серия исследований)	ИВАП (2-я серия исследований)	ИКАП (3-я серия исследований)	ИКФП (4-я серия исследований)
1	Высокая устойчивость	5,9	1,3	4,9	1,6
2		6,4	1,4	4,3	1,8
3		5,4	0,9	5,1	0,6
4		6,3	1,7	4,6	0,9
5		6,7	1,0	3,9	1,3
6		5,2	0,8	4,5	1,2
7		5,9	1,5	4,7	1,5
8		6,4	0,9	3,8	0,5
9		7,3	1,2	4,7	1,0
10		7,1	1,0	5,3	1,4
11		6,9	1,3	4,4	1,5
12		5,9	1,4	4,8	1,1
13		7,2	1,1	5,2	1,7
14		5,7	1,5	3,8	1,6
15		5,4	1,3	4,1	1,9
16		6,0	1,6	4,9	1,2
17		6,8	1,4	5,3	1,3
18		7,8	1,3	5,5	1,4
19		5,5	1,2	3,2	1,6
20		6,2	1,0	6,2	0,9
21		6,6	0,9	4,9	1,1
22		5,3	1,1	5,0	1,3
23		5,2	1,0	4,7	0,6
24		7,2	1,2	5,5	1,2
25		6,1	1,4	4,6	1,4
26		6,3	1,1	3,6	1,0
27		5,9	1,3	5,5	0,7



№ испытуемых водолазов	Устойчивость водолазов к декомпрессионной болезни	ИФАП (1-я серия исследований)	ИВАП (2-я серия исследований)	ИКАП (3-я серия исследований)	ИКФП (4-я серия исследований)
28	Средняя устойчивость	5,8	1,2	4,6	1,0
29		6,7	1,1	3,7	1,4
30		5,4	0,9	4,4	1,3
31		5,9	1,1	4,9	1,1
32		6,1	1,0	3,1	-0,7
33		5,8	0,9	-0,6	1,2
34		6,3	0,7	2,7	1,3
35		5,3	1,2	4,7	1,5
36		5,1	0,9	1,6	1,4
37		6,0	-0,3	3,3	0,1
38		5,6	0,0	2,1	-0,3
39		6,4	1,1	5,2	1,2
40		Низкая устойчивость	5,2	0,1	3,7
41	5,7		0,9	4,8	0,7
42	5,3		-0,4	2,1	-0,3
43	5,1		0,2	1,2	-0,4
44	5,0		-0,2	-0,3	1,2

Таблица 2

Расчетные значения функций выделительной системы водолазов, усл. ед. (M±m)

Устойчивость к декомпрессионной болезни	ИФАП (1-я серия исследований)	ИВАП (2-я серия исследований)	ИКАП (3-я серия исследований)	ИКФП (4-я серия исследований)
Высокая устойчивость (n=27)	6,24±0,14	1,21±0,04	4,7±0,13	1,23±0,07
Средняя и низкая устойчивость (n=17)	5,68±0,12*	0,61±0,14**	3,01±0,43**	0,75±0,18*

Примечания: * различия значимы по сравнению с группой, имевшей высокую устойчивость, p<0,05; ** различия значимы по сравнению с группой, имевшей высокую устойчивость, p<0,001.

и низкую устойчивость к ДБ, показатели функций выделительной системы хуже, чем у водолазов с высокой устойчивостью к данному заболеванию (табл. 2).

При дальнейшей статистической обработке материалов была построена корреляционная матрица факторов устойчивости к ДБ. Из данных корреляционной матрицы четырех показателей функций почек с устойчивостью водолазов к ДБ следует, что со всеми показателями функций почек устойчивость к ДБ имеет прямую значимую корреляционную связь. При этом устойчивость к ДБ имеет сильную корреляционную связь с ИВАП и связь средней силы с ИФАП, ИКАП и ИКФП (табл. 3).

Методом пошагового регрессионного анализа была получена модель для

Таблица 3

Коэффициенты корреляции устойчивости к декомпрессионной болезни и показателей функций выделительной системы организма водолазов

Показатель функций выделительной системы организма водолазов	Устойчивость к декомпрессионной болезни	r
ИФАП	0,47	0,001
ИВАП	0,72	0,0001
ИКАП	0,6	0,0001
ИКФП	0,45	0,002



определения устойчивости водолазов к ДБ с использованием показателей функций почек, которая выглядит следующим образом:

Устойчивость к ДБ = $0,34 + 0,17 \text{ИФАП} + 0,74 \text{ИВАП} + 0,1 \text{ИКАП}$

При значении устойчивости до 1,5 водолаза относят к группе неустойчивых к ДБ, от 1,51 до 2,5 – к группе среднеустойчивых и от 2,51 и более – к группе высокоустойчивых к ДБ.

Отбор значимых факторов для включения в модель приведен при уровне $F=1$, что обеспечивает уровень значимости коэффициентов $p < 0,30$, а достоверность $1-p > 0,70$. Коэффициент ИВАП является значимым ($p < 0,001$). Коэффициенты ИФАП и ИКАП значимы в пределах 70% уровня надежности (в соответствии с заданным $F=1$ для пошагового отбора в модель). Фактор ИКФП в модель не включен, как недостаточно значимый.

Дисперсионный анализ модели, оценка ее информативности и значимости свидетельствуют о том, что вклад факторов, включенных в модель ($\text{Regress}=12,19017$), составляет 58,1% от общей суммы квадратов отклонений прогнозируемого параметра устойчивости к ДБ ($\text{Total}=21,000$), а 41,9% вносят неучтенные (случайные) факторы ($\text{Residual}=8,80983$), что свидетельствует об информативной способности модели. По величине F-критерия ($F=18,44$) с уровнем значимости $p=0,00001$ модель можно считать значимой, достоверной.

Таким образом, нормальное функционирование выделительной системы человека играет определенную роль в обеспечении высокой устойчивости организма к неблагоприятным факторам гипербарии (в частности, к ДБ). При этом работа выделительной системы, а значит и устойчивость, тесным образом связана с уровнем гидратации организма. На наш взгляд, наиболее перспективно создание методов управления уровнем гидратации организма с целью повышения устойчивости или ускорения процессов адаптации к действию

неблагоприятных факторов гипербарии. Это возможно при приеме диуретиков, водно-солевых добавок, проведении водных нагрузок перед водолазным спуском и на различных его этапах (после его окончания) или создании отрицательного давления над нижней частью тела (локальной декомпрессии). Эти методы за счет воздействия на водно-электролитный обмен и «тренировки» функций выделительной системы управляют процессом адаптации к столь необычным условиям жизнедеятельности человека. Такие методики используются в космической медицине для повышения устойчивости космонавтов к неблагоприятным факторам полета [13]. В водолазной медицине данное направление повышения устойчивости организма к неблагоприятным факторам гипербарии должно являться предметом дальнейших научных исследований.

ВЫВОДЫ

1. Предложенные пероральные нагрузочные пробы могут быть использованы для оценки состояния водно-электролитного обмена и функций выделительной системы водолазов в условиях воздействия повышенного давления газовой среды.
2. При отборе водолазов по устойчивости к декомпрессионной болезни необходимо учитывать показатели функций почек, полученные при проведении пероральных нагрузочных проб.
3. Уровень декомпрессионного газообразования у водолазов связан в числе других факторов с функционированием выделительной системы. У водолазов, имевших среднюю и низкую устойчивость к декомпрессионной болезни, определяемые индексы активности почек ниже, чем у водолазов, имевших высокую устойчивость к данному заболеванию.
4. Предлагаемая формула, учитывающая показатели функций почек, позволяет дополнить существующую методику определения устойчивости водолазов к декомпрессионной болезни.



Литература

1. *Благинин А.А., Жильцова И.И., Емельянов Ю.А.* Вопросы декомпрессионной безопасности летного состава // *Воен.-мед. журн.* – 2017. – Т. 338, № 7. – С. 42–45.
2. *Газенко О.Г.* Водно-солевой гомеостаз и космический полет. – М.: Наука, 1986. – 238 с.
3. *Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д.* Физиологические эффекты действия невесомости на человека в условиях космического полета // *Физиол. человека.* – 1997. – Т. 23, № 2. – С. 138–146.
4. *Григорьев А.И., Семенов В.Ю., Моруков Б.В.* Гормональная регуляция водно-солевого обмена при воздействии реальных и моделированных факторов космического полета на человека // *Космич. биол. и медицина.* – 1983. – № 10–11. – С. 3–82.
5. *Григорьев А.И., Николаев С.О., Орлов О.И., Семенов В.Ю., Перфильева Т.А.* Влияние гипербарии на водно-солевой обмен // *Космич. биол. и медицина.* – 1985. – № 2–3. – С. 3–44.
6. *Григорьев А.И., Ларина И.М., Носков В.Б.* Влияние космических полетов на состояние и регуляцию водно-электролитного обмена // *Росс. физиол. журн. им. И.М.Сеченова.* – 2006. – Т. 92, № 1. – С. 5–17.
7. *Довгуша В.В., Довгуша Л.В.* Аномальные динамические свойства газов, влияющие на биологические системы. – СПб: ООО «Пресс-Сервис», 2013. – 232 с.
8. *Молчанов Д.В.* Почки при гипероксии. – М.: Изд-во БИНОМ, 2015. – 160 с.
9. *Мясников А.А., Шитов А.Ю., Согрин Ю.Н.* Использование пробы с водной нагрузкой для оценки деятельности почек при внутрисосудистом декомпрессионном газообразовании различной интенсивности // *Нефрология и диализ.* – 2010. – Т. 12, № 1. – С. 49–53.
10. *Мясников А.А., Шитов А.Ю., Мясников А.П.* Оптимизация питьевого режима водолазов как элемент профилактики декомпрессионной болезни: Учебное пособие. – СПб: Изд. СПбМАПО, Серия «Водолазное дело», 2011. – 44 с.
11. *Мясников А.А., Головашкин Г.В., Шитов А.Ю.* и др. Ультразвуковая диагностика внутрисосудистого декомпрессионного газообразования в практической деятельности водолазного врача // *Воен.-мед. журн.* – 2014. – Т. 335, № 6. – С. 53–58.
12. *Носков В.Б., Лобачик В.И., Чепуштанов С.А.* Объем внеклеточной жидкости при действии факторов длительного космического полета // *Физиология человека.* – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 106–110.
13. *Носков В.Б.* Коррекция уровня гидратации организма на различных этапах космического полета // *Авиакосмич. и экологич. медицина.* – 2003. – Т. 37, № 2. – С. 19–22.
14. Патент 2370204 С2 Российская Федерация, МПК А 61 В 5/00. Способ определения степени индивидуальной устойчивости к декомпрессионной болезни / *А.А.Мясни-*
- ков, А.Ю.Шитов, А.В.Старовойт, А.В.Старков;* ГОУ ВПО Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова. – № 2006139481/14; заявл. 07.11.2006; опубл. 20.10.2009 // *Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл.* – М.: ФИПС, 2009. – № 29.
15. Патент 2423703 С1 Российская Федерация, МПК А 61 В 1/00; G01N 33/493. Способ оценки функций почек в условиях воздействия повышенного давления газовой среды / *А.А.Мясников, А.Ю.Шитов;* № 2010101343/15; заявл. 18.01.2010; опубл. 10.07.2011 // *Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл.* – М.: ФИПС, 2011. – № 19.
16. Патент 2499557 С1 Российская Федерация, МПК А 61 В 5/20. Способ оценки волюморегулирующей функций почек в условиях воздействия повышенного давления газовой среды / *А.Ю.Шитов, Б.Л.Макеев;* № 2012142910/14; заявл. 08.10.2012; опубл. 27.11.2013 // *Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл.* – М.: ФИПС, 2013. – № 33.
17. Патент 2499993 С1 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/493. Способ оценки калийуретической функций почек в условиях воздействия повышенного давления газовой среды / *А.Ю.Шитов, Б.Л.Макеев;* № 2012118725/15; заявл. 04.05.2012; опубл. 27.11.2013 // *Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл.* – М.: ФИПС, 2013. – № 2.
18. Патент 2525738 С1 Российская Федерация, МПК А 61 В 5/20. Способ оценки кальцийуретической функций почек человека в условиях воздействия повышенного давления газовой среды / *А.Ю.Шитов, Б.Л.Макеев;* № 2013116025/14; заявл. 09.04.2013; опубл. 20.08.2014 // *Изобретения. Полезные модели: офиц. бюл.* – М.: ФИПС, 2014. – № 23.
19. Случай тяжелой декомпрессионной болезни у водолаза из-за нарушения режима декомпрессии и водного баланса / По страницам зарубежной медицинской печати // *Воен.-мед. журн.* – 2017. – Т. 338, № 6. – С. 71.
20. *Юнкеров В.И., Григорьев С.Г.* Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований, 2-е изд., доп. – СПб: Изд. ВМедА, 2005. – 292 с.
21. *Шитов А.Ю.* Механизмы регуляции водно-электролитного обмена в гипербарических условиях // *Терапевт.* – 2012, № 3. – С. 36–42.
22. *Шитов А.Ю., Чернов В.И., Зверев Д.П.* и др. Устойчивость водолазов к неблагоприятным факторам гипербарии // *Морская медицина.* – 2015. – Т. 1, № 3. – С. 34–40.
23. *Шитов А.Ю., Кулешов В.И., Зверев Д.П.* Разработка нагрузочных проб для исследования функций почек человека в условиях воздействия повышенного давления газовой среды: Баротерапия в комплексном лечении и реабилитации раненых, больных и пораженных: Материалы IX Всеармейской научно-практической конференции с международным участием / Под ред. *А.А.Мясникова.* – СПб, ВМедА, 2015. – С. 76–77.