

Д.В. Черкашин, Г.Г. Кутелев, С.В. Ефимов,  
К.С. Шуленин, А.В. Чумаков

## Необходимость и обоснованность углубленного исследования системы кровообращения водолазов

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

**Резюме.** Отражена значимость изучения системы кровообращения водолазов, являющаяся одной из актуальных проблем военно-морской медицины и кардиологии. Проанализированы данные заболеваемости системы кровообращения у водолазов, описаны профессиональные факторы риска развития кардиоваскулярной патологии. Установлено, что данные факторы вызывают у водолазов брадикардию, увеличение диастолического артериального давления, рост периферического сосудистого сопротивления, возрастание тонуса симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы. Освещен вопрос военно-врачебной экспертизы данной категории специалистов. Приведены руководящие документы медицинского освидетельствования. В перечне обязательных исследований системы кровообращения водолазов из методов функциональной диагностики представлены лишь электрокардиография в покое и после нагрузки. При этом вид нагрузочной пробы однозначно не регламентирован. Показано, что в настоящее время нет окончательного мнения относительно минимальной глубины погружения и времени пребывания под водой, при которых наступают первоначальные функциональные нарушения в системе кровообращения человека. Типичная реакция системы кровообращения на погружение и воздействие повышенного давления – уменьшение частоты сердечных сокращений, снижение систолического и пульсового давления, повышение диастолического артериального давления. Наблюдается также замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объемов крови. Важным фактом сохранения нормального функционирования системы кровообращения является своевременное выявление факторов риска и предупреждение развития кардиоваскулярной патологии, применение высокотехнологичных методов обследования, оценка адаптированности к систематическим подводным погружениям. Предложены меры по совершенствованию диагностики заболеваний у водолазов Военно-морского флота, позволяющие более глубоко и детально оценить состояние системы кровообращения (суточное мониторирование электрокардиограммы, эхокардиография, перфузионная сцинтиграфия миокарда, магнитно-резонансная томография сердца, компьютерно-томографическая коронарография и др.)

**Ключевые слова:** заболевания системы кровообращения, водолазы Военно-морского флота, военно-врачебная экспертиза, повышенное давление газовой и водных сред, профессиональные факторы риска.

**Введение.** В современных условиях, сложившихся в Российской Федерации (РФ) расширяются задачи, стоящие перед водолазами. Это связано с вводом новых кораблей, расширением присутствия в Арктике сил Военно-морского флота (ВМФ), увеличением количества учений, научных исследований, проводящихся в Министерстве обороны (МО) РФ. Повышается потребность в выполнении работ под повышенным давлением газовой и водной сред. Существует не только военно-практическая направленность подводных работ, но и промышленная (расширение нефте- и газодобычи на шельфе, строительство дорог и тоннелей и т.д.) Все это приводит к увеличению значимости водолазных спусков разного профиля, необходимости подготовки новых специалистов и, соответственно, изменениям требований к состоянию здоровья, профилактике, отбору, диспансерному динамическому наблюдению специалистов ВМФ. Таким образом, изучение системы кровообращения водолазов является одной из актуальных проблем военно-морской медицины и кардиологии.

Заболеваемость сердечно-сосудистой системы водолазов. Известно, что у лиц, подвергающихся периодическому воздействию повышенного давления газовой и водной сред, развитие начальных изменений сосудистого русла происходит по сценарию, отличающемуся от обычных возрастных инволюций. Профессия водолаза относится к числу профессий с особо вредными и осо-

бо тяжелыми условиями труда. Выполнение подводных работ сопровождается угрозой возникновения различных заболеваний. Среди водолазов имеется высокая как специфическая и неспецифическая, так и общесоматическая заболеваемость [4, 5]. Только 11,1% водолазов работают по специальности до пенсионного возраста (50 лет) [3]. Высокая досрочная увольняемость по состоянию здоровья, смертность у лиц, работающих под повышенным давлением, в значительной степени обусловлены наличием у них болезни сердца и сосудов [3, 5].

Впервые изучением последствий военной водолазной труда занимался врач Кронштадтской водолазной школы В.П. Аннин в 1918 г. Он предпринял поиски бывших водолазов и проводил обследование состояния их здоровья, которое выявило высокий процент сердечно-сосудистых заболеваний.

Л.Л. Штейн и В.И. Колединов при использовании рентгенокимографии обнаружили, что у водолазов с увеличением стажа работы отчетливо возрастают изменения сердца и легких. Изменения сердца отмечались у 27% водолазов, имеющих стаж работы менее 5 лет, у 35,5% имеющих стаж 6–10 лет и у 61% водолазов со стажем работы более 11 лет. Функциональные изменения сердца наступали раньше фиброзных и эмфизематозных изменений легких и начинались с правого желудочка, однако затем происходило увеличение и левого желудочка сердца [11].

По данным И.Л. Неймана [8] после серии глубоководных спусков (120, 140 и 160 м) у водолазов-глубоководников происходит отчетливое ухудшение функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем. При этом время восстановления системы кровообращения после физической нагрузки значительно увеличивается в сравнении с данными перед спуском.

А.Э. Радзевич с соавт. [9] на основании 5-летнего анализа данных обследования 400 водолазов установил, что ведущей является заболеваемость системы кровообращения, среди которой превалирует гипертоническая болезнь и нейроциркуляторная астения с вазомоторными реакциями – 52,4% случаев (при этом характерно формирование указанных нозологических форм в относительно молодом возрасте при количестве подводных спусковых часов 2000 и более) и разных видов аритмий – 23,7%. На болезни системы кровообращения приходилось 8,5% нетрудоспособности, что свидетельствует (при сопоставлении с количеством зарегистрированных заболеваний) об относительно доброкачественном их течении. Так, при регистрации артериального давления более 140 и 90 мм рт. ст. у 21% водолазов удельный вес случаев нетрудоспособности вследствие гипертонической болезни и нейроциркуляторной астении составил 3,5%.

А. Hoiberg et al. [16] установили, что заболеваемость системы кровообращения у водолазов стоит на 3-м месте (после заболеваний костно-мышечной системы и органов дыхания) и составляет 2,22‰. Из них болезни сердца – 0,71‰, гипертоническая болезнь и поражения сосудов головного мозга – 0,48‰.

По данным В.И. Кулешова и А.П. Синькова [6] из 173 водолазов 78 (45,1%) были признаны негодными к водолажным работам по заболеваниям органов кровообращения, что составило 14,08‰ из 30,84‰ общей заболеваемости.

А.И. Дмитрук [2] по данным наблюдений за 61 водолазом на протяжении 10 лет установил наличие у них 52 общесоматических заболеваний, в том числе: заболевания системы кровообращения – 20%.

Согласно результатам анализа за период с 1963 по 1988 г. 1027 водолазов Московско-Окского бассейна смертность составляла, в среднем, 1,1%, причем в структуре летальности на долю общесоматических заболеваний приходилось 27,3%, в том числе на заболевания системы кровообращения – 18,2% [3]. При этом более высокая обращаемость по поводу заболеваний системы кровообращения была характерна для водолазов-глубоководников, численность которых в рассмотренный период составляла 141 человек. За указанный период отстранено от профессиональной деятельности по состоянию здоровья 6,4% водолазов бассейна. В структуре заболеваний, давших основания для отстранения водолазов от профессиональной деятельности, специфическая профпатология составила 24,5%, остальное – общесоматические заболевания, в том числе: болезни системы кровообращения – 23%. Избирательные поражения системы кровообращения (аэротромбоз с последующим разви-

тием миокардиодистрофии, нарушением проводящей и сократительной функций миокарда) определены в 26,6% случаев отстранения в связи с хронической декомпрессионной болезнью (ДБ). Хроническая патология системы кровообращения преобладала над всеми видами заболеваний. Распределение этой заболеваемости по всем группам водолазов составило 40%, по отдельными группам: водолазы-глубоководники – 45,4%, работающие на глубинах до 60 м – 38,9%, водолазы-спасатели – 38,6%. Основным видом патологии являлась гипертоническая болезнь. На втором месте были ишемические, дистрофические и дегенеративные изменения сердечной мышцы, а также связанные с ними нарушения возбудимости и проводимости миокарда. Третью группу заболеваний системы кровообращения составили атеросклероз, облитерирующий эндартериит, варикозные расширения вен и тромбофлебиты.

При анализе результатов освидетельствования водолазов-глубоководников за период 1987–1990 гг. выявлено, что практически у каждого третьего водолаза имеются нарушения сердечного ритма и проводимости. Обнаружена высокая корреляционная зависимость между нарушениями ритма и количеством подводных спусковых часов [3].

Заболевания системы кровообращения являлись наиболее частой причиной дисквалификации водолазов по медицинским показаниям: 78 человек (45,1%), что составило 14,8‰ из 30,84‰ общей госпитальной заболеваемости. У других специалистов заболевания системы кровообращения составили 7,25‰, хотя общий показатель госпитальной заболеваемости у них равнялся 82,83‰. 67 водолазов были отстранены от погружений по болезням, связанным с нарушением сосудистого тонуса (гипертоническая болезнь, нейроциркуляторные дистонии различного типа) и с облитерирующим эндартериитом [10].

Анализ А.И. Дмитрука [2] показывает, что смертность водолазов в Советском Союзе составляла 5–8 человек в год на 2000–2500 водолазов, а в Соединенных штатах Америки (США) – до 40 случаев в год на 2000 профессиональных водолазов. Распределение случаев гибели водолазов по категориям причин показало, что основная часть несчастных случаев (39%) была связана с плохим состоянием здоровья водолазов и их ошибочными действиями, при этом патология системы кровообращения составила 3%.

При отстранении от профессиональной деятельности водолазов с хроническими формами ДБ, в 73,4% выявлены полисистемные поражения, а именно: сочетание костно-мышечной, неврологической, сердечно-сосудистой форм – 46,7%. Избирательные поражения системы кровообращения (аэротромбоз с последующим развитием миокардиодистрофии, нарушением проводящей и сократительной функций миокарда) определены в 26,6% случаев отстранения в связи с хронической ДБ.

Г.И. Ласточкин, А.П. Синьков и Г.П. Мотасов [5] отмечают, что появляется все больше доказательств того, что бессимптомные газовые пузырьки способны вызывать аккумулируемые в процессе профессио-

нальной деятельности хронические поражения различных органов и систем организма. Эти скрытые поражения часто обнаруживаются у водолазов, не имевших в анамнезе ДБ. К числу наиболее распространенных из них относятся дистрофические изменения миокарда и атеросклероз.

При анализе 11584 историй болезни водолазов, проходивших службу в военно-морских силах (ВМС) США с 1968 по 1979 г., установлено, что ведущее место занимают сердечно-сосудистые заболевания. В структуре сосудистой патологии преобладали гипертоническая болезнь и поражения сосудов головного мозга, составляя, соответственно, 34% и 22%. Отклонения от нормы ряда показателей биоэлектрической активности сердца у водолазов ВМС США установлены и в период их профессиональной деятельности: аномалии на электрокардиограмме (ЭКГ) в межспусковой период выявлены у 48,2%. При этом смешанные формы отклонений определены у 31 водолаза, нарушения желудочковой проводимости – у 13 человек. Болезни системы кровообращения у водолазов чаще всего трактуются как последствия ДБ и других специфических заболеваний [16].

Таким образом, многолетнее систематическое воздействие гипербарической и водной сред имеет накопительный характер, способствует развитию у водолазов общих заболеваний, к которым относятся в том числе и сердечно-сосудистые заболевания (гипертоническая болезнь, облитерирующий эндартериит, варикозное расширение вен и т.п.). Причем эти заболевания развиваются у водолазов чаще и в более молодом возрасте, чем у лиц других профессий, связанных с тяжелым физическим трудом, и, зачастую, обуславливают раннюю утрату водолазом профессиональной и общей трудоспособности.

Повышенное давление газовой и водной сред как профессиональный фактор риска патологии системы кровообращения. Влияние факторов повышенного давления газовой и водной сред вызывает изменение регуляции сосудистого тонуса, что в сочетании с воздействием низких температур и чрезмерных физических нагрузок благоприятствует формированию сердечно-сосудистой патологии.

В исследованиях С.А. Гуляр [1] отмечено, что действие экстремальных факторов водной и газовой сред вызывает изменения показателей системы кровообращения. Данные факторы вызывают у подводника брадикардию, увеличение диастолического артериального давления, рост периферического сосудистого сопротивления, возрастание тонуса симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы [7, 13, 15, 18, 19]. Может отмечаться также увеличение диастолического наполнения желудочков, увеличение ударного и минутного объемов крови, объемной скорости кровотока, а также фазовые изменения сердечного ритма и ЭКГ, при этом происходит увеличение тонуса сосудов, снижение сократительной активности миокарда с ухудшением проведения в нем возбуждения [1].

Во время плавания под водой отмечается значительное увеличение мощности высокочастотной

составляющей вариабельности ритма сердца, что свидетельствует о преобладании парасимпатического отдела над симпатическим отделом вегетативной нервной системы [13]. Данные изменения связывают с гипербарической гипероксией, развивающейся вследствие увеличения парциального давления кислорода в легких. Изменения гемодинамики приводят к снижению линейной и объемной скорости кровотока, увеличению минутного и ударного объемов крови. Предполагается, что данные изменения обусловлены увеличением парциального давления кислорода [1, 7].

Возможны изменения в сердечно-сосудистой системе: типичные симптомы стенокардии, ишемия миокарда, сердечная аритмия. Возможно развитие сердечной недостаточности. Во время дыхания через редуктор акваланга потеря жидкости может быть 150 мл и более. Снижение гравитации приводит к равномерному давлению на тело со всех сторон. Это вызывает увеличение центрального объема крови и, следовательно, увеличение объема нагрузки на правый желудочек сердца [17]. Неисправность оборудования и неблагоприятные условия водной среды во время пребывания под избыточным давлением приводят к возникновению стресса, что также вызывает нарушение кровообращения [12, 17].

Экспертиза оценки состояния здоровья водолазного состава ВМФ. Военно-врачебная экспертиза водолазов проводится согласно Положению о военно-врачебной экспертизе, утверждённому постановлением Правительства РФ от 4 июля 2013 г. № 565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе», Приказа МО РФ от 20 октября 2014 г. № 770 «О мерах по реализации в Вооруженных силах Российской Федерации правовых актов по вопросам проведения военно-врачебной экспертизы».

В перечне обязательных исследований системы кровообращения водолазов из методов функциональной диагностики представлены лишь ЭКГ в покое и после нагрузки. При этом вид нагрузочной пробы однозначно не регламентирован.

Имеющийся многолетний опыт в РФ и за рубежом свидетельствует о том, что у данной категории специалистов встречаются состояния и заболевания не характерные для лиц данного возраста и пола в популяции, что требует дополнительных исследований, позволяющих более глубоко и детально оценить состояние системы кровообращения (суточное мониторирование ЭКГ, эхокардиография, перфузионная сцинтиграфия миокарда, магнитно-резонансная томография сердца, компьютерно-томографическая коронарография и др.).

**Заключение.** Большое количество выявленных различных отклонений от нормы в системе кровообращения, возникающих в достаточно молодом возрасте (32–40 лет) и учащающихся с увеличением стажа работы водолаза, свидетельствуют о неблагоприятном воздействии на систему кровообращения факторов гипербарической и водной среды.

В настоящее время нет окончательного мнения относительно минимальной глубины погружения и вре-

мени пребывания под водой, при которых наступают первоначальные функциональные нарушения в системе кровообращения человека. Типичная реакция системы кровообращения на погружение и воздействие повышенного давления – уменьшение частоты сердечных сокращений, снижение систолического и пульсового давления, повышение диастолического артериального давления. Наблюдается также замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объемов крови [13, 14].

Важным фактом сохранения нормального функционирования системы кровообращения является своевременное выявление факторов риска и предупреждение развития кардиоваскулярной патологии, применение высокотехнологичных методов обследования, оценка адаптированности к систематическим подводным погружениям.

### Литература

1. Гуляр, С.А. Гипербарическая гипоксия и пути ее коррекции / С.А. Гуляр // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 26–35.
2. Дмитрук, А.И. Патогенетические основы дезадаптации организма при глубоководных погружениях: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.И. Дмитрук. – СПб., 1999. – 46 с.
3. Жердев, Г.М. Причины прекращения водолазами профессиональной трудовой деятельности / Г.М. Жердев [и др.] // Воен.-мед. журн. – 1992. – № 3. – С. 47–48.
4. Исследование в обоснование критериев профессионального отбора и мер социально-правовой защиты специалистов МО РФ, работающих под повышенным давлением: отчет о НИР (закл.): шифр «Компор» / исполн.: В.В. Смолин, Г.М. Соколов, Г.Н. Евстропова; под рук. Павлова Б.Н.; ГНЦ РФ ИМБП. – М.: Б.и., 2000. – 263 с.
5. Исследование путей повышения эффективности оценки и прогноза последствий водолазного труда на организм человека: отчет о НИР (закл.): шифр «Последствие» / исполн.: И.С. Мордовин, В.И. Советов, С.В. Никонов; под рук. Г.П. Мотасова; в/ч 20914. – Ломоносов: Б.и., 2003. – 144 с.
6. Кулешов, В.И. Сердечно-сосудистые заболевания у водолазов / В.И. Кулешов, А.П. Синьков // Медицинское и техническое обеспечение водолазных работ и спасения подводников / Научно-технический сборник 40 ГосНИИ. – Вып. 14. – Ломоносов, 1996, С. 29–35.
7. Мирошников, Е.Г. Сердечно-сосудистая система водолазов / Е.Г. Мирошников // Вестн. Дальневосточного отделения РАН. – 2005. – № 1. – С. 83–90.
8. Нейман, И.Л. Изменения функции кровообращения под влиянием погружения под воду у лиц с различным уровнем физической тренированности организма / И.Л. Нейман // Обеспечение безопасности и повышение эффективности водолазных работ. – Л., 1973. – С. 94–95.
9. Радзевич, А.Э. Опыт работы водолазно-медицинского кабинета Московско-Окского бассейна / А.Э. Радзевич и [др.] // Вопр. здравоохранения на водном транспорте. – М.: НИИГВТ, 1974. – № 7. – С. 9–14.
10. Солодков, А.С. О причинах дисквалификации водолазов по медицинским показаниям / А.С. Солодков // Обеспечение безопасности и повышение эффективности водолазных работ. – Л., 1973. – С. 100–102.
11. Штейн, Б.М. Исследование сердца у людей в условиях сжатого воздуха методами функциональной рентгенодиагностики / Б.М. Штейн, В.И. Колединов // Вестн. рентгенологии и радиологии. – 1961. – № 5. – С. 22–26.
12. Fereshtehnejad, S.M. The long-term effects of hypobaric and hyperbaric conditions on brain hemodynamic: A transcranial Doppler ultrasonography of blood flow velocity of middle cerebral and basilar arteries in pilots and divers / S.M. Fereshtehnejad [et al.] // Perspectives in medicine. – 2012. – № 1. – P. 316–320.
13. Flouris, A.D. Heart rate variability responses to a psychologically challenging scuba dive / A.D. Flouris, J.M. Scott // J. sports med. phys. fitness. – 2009. – Vol. 4, № 49. – P. 382–386.
14. Gabrielsen, A. Arterial pulse pressure and vasopressin release during graded water immersion in humans / A. Gabrielsen // Am. j. physiol. regulatory integrative comp. physiol. – 2000. – Vol. 278. – P. 1583–1588.
15. Hirayanagi, K. Autonomic nervous activity and stress hormones induced by hyperbaric saturation diving / K. Hirayanagi, K. Nakabayashi, K. Okonogi, H. Ohiwa // Undersea hyperb. med. – 2003. – Vol. 30, № 1. – P. 47–55.
16. Hoiberg, A. Age-specific morbidity and mortality rates among U.S. Navy enlisted divers and controls / A. Hoiberg, C. Blood // Undersea biomed res. – 1985. – Vol. 12, № 2. – P. 191–203.
17. Schipke, J.D. Tauchunfälle des VDST: 2007–2010 / J.D. Schipke // CAISSON. – 2011. – № 4. – P. 10–12.
18. Schipke, J.D. Effect of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability / J.D. Schipke, M. Pelzer // Br. j. sports med. – 2001. – № 35. – P. 174–180.
19. Wilmshust, P. Cardiovascular problems in diver / P. Wilmshust // Heart. – 1998. – Vol. 80, № 6. – P. 537–538.

D.V. Cherkashin, G.G. Kutelev, S.V. Efimov, K.S. Shulenin, A.V. Tchumakov

### Necessity and reasonableness of in-depth study of the circulatory system of divers

**Abstract.** We reflected the importance of the study of the circulatory system of divers, which is one of the urgent problems of naval medicine and cardiology. The data of disease of the circulatory system in divers described the professional risk factors for cardiovascular disease. It was found that these factors cause divers bradycardia, increase in diastolic blood pressure, increased peripheral vascular resistance, increase in tone of the sympathetic and parasympathetic autonomic nervous system. The questions of military-medical examination in this category. Guidelines are given a medical examination. In the list of mandatory investigations of the circulatory system of divers of the methods of functional diagnostics are presented only electrocardiography at rest and after exercise. It is shown that there is currently no definitive opinion regarding the minimum immersion depth and residence time of the water in which the initial functional disorders occur in the human circulatory system. A typical system reactions for the circulation and immersion exposure to elevated pressure are heart rate reduction, reduction of systolic and pulse pressure increases in diastolic blood pressure. There is also a slowing of blood flow, reducing the amount of circulating blood, shock and cardiac output. An important fact maintaining normal functioning of the circulatory system is the timely detection of risk factors and prevention of cardiovascular disease, use of high-tech methods of examination, evaluation of adaptation to systematic diving. This kind of stress test is not uniquely regulated. Measures to improve the diagnosis of diseases in divers of the Navy, allowing more deeply and thoroughly to assess the condition of the circulatory system (daily monitoring of an electrocardiogram, echocardiography, myocardial perfusion scintigraphy, magnetic resonance imaging of the heart, computed tomography coronary angiography, etc.).

**Key words:** diseases of the circulatory system, divers of the Navy, military medical examination, pressurized gas and water environments, professional risk factors.

Контактный телефон: +7-921-639-89-54; e-mail: gena08@yandex.ru