



А.П. Мясников

# ПОДВОДНЫЙ СПОРТ *и здоровье*

ОБЩЕСТВО ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ РСФСР

---

Ленинградское отделение

Кандидат медицинских наук  
А. П. МЯСНИКОВ

# ПОДВОДНЫЙ СПОРТ И ЗДОРОВЬЕ

ЛЕНИНГРАД  
1963

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Физиология и патология подводных погружений	4
Кислородное голодание и кислородное отравление . . . . .	7
Баротравма легких . . . . .	14
Декомпрессионная болезнь . . . . .	17
Азотный наркоз . . . . .	20
Влияние факторов внешней среды при подводных погружениях и подводном плавании ■ ■ ■	24
Особенности жизнедеятельности организма человека при погружении под воду и при подводном плавании . . . . .	37
Подводное плавание — один из лучших видов активного отдыха . . . . .	45

\* \* \* \*

*Анатолий Петрович Мясников*  
*Подводный спорт и здоровье*

Научный редактор *В. И. Тюрин*  
Редактор издательства *В. Р. Папиев*

Обложка художника  
*В. А. Политова*

Техн. редактор *А. М. Гурджиева*  
Корректор *Н. А. Тырса*

---

М-21067	Подписано к печати 14/VI-63 г.
Формат бумаги 84 × 108 <sup>1</sup> / <sub>32</sub>	Объем 3,0 печ. л. учетн.-изд л. 2,545
Тираж 10 500 экз.	Заказ № 186      Цена 8 коп.

---

Типография № 1 Госместпромиздата, Ленинград, Фонтанка, 62

Мы хотим всесторонне развить человека, чтобы он умел хорошо бегать, плавать, быстро и красиво ходить, чтобы у него все органы были в порядке — словом, чтобы он был нормальным, здоровым человеком, готовым к труду и обороне, чтобы параллельно всем физическим качествам правильно развивались и умственные качества.

*М. И. Калинин*

В последние годы в нашей стране завоевал права гражданства и быстро развивается подводный спорт.

В Программе Коммунистической партии Советского Союза, принятой на XXII съезде КПСС, говорится, что в ближайшее время физкультура и спорт прочно войдут в повседневный быт людей. Не последнее место займет в нашей жизни и подводный спорт.

Массовость физкультурного движения в СССР вообще и развитие за последние годы подводного спорта в частности не случайны, так как цель воспитания советской молодежи состоит прежде всего в том, чтобы наши юноши и девушки росли сильными и здоровыми, готовыми к труду на благо общества и — в случае необходимости — к защите своей Родины. При этом физическое совершенство людей должно гармонично сочетаться с их духовным богатством и моральной чистотой.

В связи с широким развитием подводного спорта все большее внимание молодежи привлекают вопросы, связанные с влиянием на организм человека повышенного атмосферного давления под водой. От правильного понимания этих вопросов во многом зависит безопасность подводных погружений, сохранение работоспособности на глубинах и укрепление здоровья спортсменов-подводников.

Только тот может успешно использовать дыхательный аппарат-акваланг, кто хорошо изучил его устройство и правила эксплуатации, медицинские основы подводных погружений и практически освоил аппарат во время тренировочных спусков под воду.

Подводное плавание и изучение подводного мира еще полнее раскрывают картину природы и увеличивают власть человека над ней. Каждый человек, занимающийся в кружках подводного спорта, приобретает полезные знания о строении и жизнедеятельности человеческого организма, познает особенности физиологии и патологии подводных погружений. Эти знания необходимы спортсмену-подводнику не только для безопасного пребывания под водой, но и для более глубокого материалистического миропонимания.

Подводный спорт — спорт смелых и сильных людей. Он является одним из мощных факторов укрепления здоровья человека. В процессе подводных погружений происходит не только физическое совершенствование тела, нервной системы, сердца, но и тренируется и укрепляется сила воли.

Подводный спорт играет особую роль в повышении обороноспособности нашей Родины. В Советском Союзе подготовка спортсменов-подводников сосредоточена в организациях Всесоюзного ордена Красного Знамени Добровольного Общества Содействия Армии, Aviации и Флоту (ДОСААФ СССР).

При погружениях под воду (нырании и плавании с дыхательной трубкой, полумаской и ластами, с дыхательным аппаратом на сжатом воздухе — аквалангом и ластами) человек как бы входит в новый, подводный мир, к которому у него, как известно, нет никаких естественных приспособлений.

Что представляет собой подводный мир с физической точки зрения? Какими путями более эффективно можно приспособиться к нему? Как сделать подводное плавание не только безопасным, но и полезным для здоровья человека и для общества?

На эти и другие вопросы читатель найдет ответы в данной брошюре.

## **ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОЛОГИЯ ПОДВОДНЫХ ПОГРУЖЕНИЙ**

С давних времен человек стремится проникнуть в подводный мир и овладеть его неисчислимыми богатствами. Человека подводный мир привлекает также

своеобразной, неповторимой красотой и таинственной неизвестностью.

Известно, что многие животные и растения нашей планеты существуют не только в воздушной сфере, но и в воде. Некоторые животные оказались приспособленными для существования одновременно в воде и в воздухе. Человеческий организм совершенствовался в процессе эволюционного развития. Из поколения в поколение наследовались возникшие изменения в организме человека. В эволюционном смысле можно сказать, что все органы человека тысячелетиями, постепенно развивались в процессе трудовой, общественной деятельности людей. И ясно, что организм человека приспособлен к существованию лишь в воздушной сфере.

Нормальная жизнедеятельность всех органов и тканей всецело зависит прежде всего от факторов внешней среды (газового состава, атмосферного давления, температуры, влажности, освещения и т. д.). Пребывание в условиях значительного изменения атмосферного давления в сторону как повышения, так и понижения не является обычным для организма человека и может вызывать существенные изменения в его жизнедеятельности. Человеку приходится сталкиваться с этими необычными условиями внешней среды при подъеме на высоту, при водолазных и кессонных работах, при подводном плавании.

Возникает вопрос: может ли систематически тренирующийся человек приспособиться к водной среде на продолжительное время? Нет, человек без каких-либо аппаратов и приборов не может долго находиться в водной среде. Это основное положение будет учитываться нами при обсуждении вопросов жизнедеятельности организма человека при подводных погружениях.

С водной стихией человек столкнулся уже в доисторические времена. Плавание и ныряние имеют такую же древность, как и история самого человека. В древней Греции философы и поэты в своих произведениях упоминают о водолазах и их искусстве ныряния. Интересно, что древние славяне незаметно для врагов переходили реки и длительное время находились под водой с тростниковыми трубками во рту, через которые осуществлялся обмен воздуха между атмосферой и лег-

кими. Ныряльщики за жемчугом и кораллами достигали глубин в 25—30 м, используя «запас» воздуха, взятого в легкие. Их искусство являлось вершиной непосредственного «приспособления» человеческого организма к условиям кратковременного пребывания под водой.

Однако эти несовершенные способы обеспечения возможности пребывания человека под водой не решали проблемы овладения морскими глубинами, поставленной практикой, жизнью.

На протяжении столетий пытливая мысль человека стремилась найти разгадку влияния повышенного давления на человеческий организм и изыскать способы длительного пребывания в необычных условиях водной среды.

За последние полвека были вскрыты основные закономерности влияния водной среды и повышенного давления газов на организм человека, а позднее созданы приспособления и аппараты для продолжительного пребывания его под водой.

Водолазные работы в специальных аппаратах — скафандрах, защищающих тело водолаза от водной среды и обеспечивающих жизнедеятельность организма за счет подачи с поверхности газовой смеси под повышенным давлением, осуществляются на глубинах до 160 м. Водолаз, работающий на глубине в скафандре, находится под повышенным давлением, равным давлению толщи воды на соответствующей глубине, и дышит газовой смесью определенного состава. Так, например, спуски до глубины 60—80 м осуществляются на сжатом воздухе, глубоководные погружения до 160 м — на сжатых гелиокислородных и воздушногелиевых смесях.

Спуски в специальных стальных герметических кабинах — батискафах, в которых человек находится под нормальным (атмосферным) давлением, осуществлены 23 января 1960 года швейцарским ученым Жаком Пикаром и Дон Уолшем до глубины 11 км.

Впервые в нашей стране, борющейся за всеобщее разоружение и мир во всем мире, Советское правительство передало боевую подводную лодку в распоряжение научных работников Института рыбного хозяйства. С этой подводной лодки, названной «Северянка», было

снято вооружение, смонтирован иллюминатор в корпусе лодки, через который можно наблюдать обитателей моря, мощные прожекторы для освещения и телевизионная камера для подводных наблюдений и съемок. Мечта великого французского писателя-фантаста Жюль Верна о подобной лодке стала реальностью в нашей стране.

В связи с тем, что в жилых помещениях подводных лодок и батискафов имеется нормальное атмосферное давление и тело людей непосредственно не контактирует с водой, медицинское обеспечение длительного существования в них заключается в обновлении (регенерации) воздуха, то есть главным образом в поглощении выдыхаемого людьми углекислого газа и пополнении кислорода для дыхания. Казалось бы, как легко можно решить проблему обеспечения человека кислородом в герметических кабинах космических кораблей, батискафов и подводных лодок! Для этого достаточно было бы заменить воздух этих кабин и помещений кислородом. В этих условиях кислород (под нормальным давлением) должен обеспечить жизнь космонавтов и подводников в течение более продолжительного времени, чем воздух. Выделяемый ими углекислый газ поглощался бы специальными химическими веществами — поглотителями. Но, оказывается, так просто нельзя решить эту проблему: очень важный для жизни человека кислород в больших количествах оказывает вредное (токсическое) действие на организм.

### **Кислородное голодание и кислородное отравление**

Окружающий нас воздух является физической смесью газов и водяных паров. Он, как известно, состоит по объему из 20,95% кислорода, 78,08% азота, 0,94% инертных газов (аргона, гелия и других) и 0,03% углекислого газа. И такое процентное соотношение остается при повышении давления воздуха, но при этом возрастает парциальное (частичное) давление этих газов. Установлено, что биологическое действие газов на организм человека осуществляется в зависимости от величины их парциальных давлений.



Известно, что для жизнедеятельности человека оптимальная величина парциального (частичного) давления кислорода составляет около 0,21 *атм* (около 21% от общего давления воздуха). Понижение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе (меньше 0,16 *атм*) вызывает кислородное голодание тканей организма, а его повышение (более 0,6 *атм*) — кислородное отравление. Выяснено, что при парциальном давлении кислорода, равном 1 *атм* (как в нашем примере при полной замене воздуха кислородом), у человека через 2—3 суток при продолжающемся вдыхании повышенного содержания кислорода возникает воспаление легких — легочная форма кислородного отравления. При парциальных давлениях кислорода в 1,5—2,5 и 3 *атм* соответственно через 10, 2 и 1,5 часа у человека возникает легочная форма кислородного отравления — бронхопневмония. Если же человек будет дышать кислородом, парциальное давление которого превышает 3 *атм*, то возникает судорожная форма кислородного отравления (потеря сознания, произвольные хаотические сокращения всех мышц тела — судороги); при продолжающемся токсическом действии кислорода — прекращение дыхания, остановка сердца и смерть. По своему внешнему проявлению кислородные судороги напоминают эпилептический приступ. Вот почему в кислородных аппаратах можно спускаться всего лишь до глубины в 20 *м*, на которой парциальное давление кислорода становится равным 3 *абс. атм*. В акваланге дыхание происходит сжатым воздухом. Практически освоена глубина погружения в 40 *м*, то есть при 5 *абс. атм*. На этой глубине парциальное давление кислорода в сжатом до 5 *атм* воздухе составляет 1 *атм*. Из-за ограниченного запаса воздуха аквалангист может пребывать на этой глубине всего лишь 10—20 минут. Следовательно, при плавании и нырянии в акваланге у спортсменов-подводников не может возникнуть ни одна из форм кислородного отравления.

Как мы уже отмечали, понижение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе может привести к кислородному голоданию. Различают острую и хроническую формы кислородного голодания. Хроническая форма кислородного голодания проявляется у

жителей высокогорных районов земного шара, у некоторых людей с заболеванием легких, сердца и кровеносных сосудов, при малокровии и чрезмерном табакокурении. При хроническом кислородном голодании организм до определенных пределов компенсирует недостаточное поступление к тканям кислорода за счет учащения дыхания и увеличения вентиляции легких, усиления и учащения сердцебиений, повышения артериального кровяного давления и образования повышенного количества красных кровяных шариков (эритроцитов) — переносчиков кислорода в организме. Естественно, что эти компенсаторные реакции организма при кислородном голодании могут оказаться недостаточными, и тогда возникают тяжелые расстройства в организме вплоть до его гибели.

При погружениях под воду в дыхательном аппарате на сжатом воздухе, как правило, не бывает кислородного голодания, так как при наличии в акваланге воздуха парциальное давление кислорода во вдыхаемой газовой смеси всегда превышает 0,21 атм. Причем чем глубже плавает спортсмен, тем выше парциальное давление кислорода, и, естественно, на глубине исключается возникновение кислородного голодания.

Наиболее опасна острая форма кислородного голодания. Она может проявиться при длительной задержке дыхания во время ныряния с дыхательной трубкой и полумаской. Чаще же кислородное голодание возникает при нарушении правил использования кислородных аппаратов.

Вот что произошло 16 сентября 1962 года в пригороде Ленинграда. Двое семнадцатилетних юношей, У. и Ч., взяв с собой резиновый гидрокombineзон и кислородный аппарат, отправились на карьер, заполненный водой. Прибыв на место, они поочередно, надев гидрокombineзон и кислородный аппарат, спускались под воду. У., спустившись в очередной раз, из воды не вышел и был вскоре извлечен без признаков жизни. Несмотря на принятые меры (проведение искусственного дыхания, введение лекарств и др.), восстановить жизнь У. не удалось. Из беседы с Ч. выяснилось, что У. перед последним погружением под воду в целях экономии кислорода не заменил воздух на кислород в дыхательном мешке аппарата и не заменял газовую смесь в ап-

парате во время пребывания на глубине. Смерть У. последовала от кислородного голодания; развившегося во время нахождения его под водой. Это непосредственная причина гибели юноши У. Нам же хочется на этом примере показать более глубокую причину этого трагически закончившегося случая. А она в незнании основ физиологии и патологии легководолазных погружений. Если бы юноши знали о причинах возникновения и опасности острого кислородного голодания, трагедии бы не произошло. Этот случай также не закончился бы так трагично, если бы было выполнено правило спортсменов-подводников: при нырянии и плавании под водой на поверхности должен быть страхующий человек, способный в любую минуту прийти на помощь.

Как и при каких величинах парциального давления кислорода проявляется острая форма кислородного голодания и в чем заключается ее опасность?

При падении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе до  $0,13 \text{ атм}$  в здоровом организме в покое происходит почти полная компенсация недостатка кислорода за счет увеличения легочной вентиляции, учащения сердцебиений, ускорения кровотока и выхода депонированной крови в общий кровоток. Дальнейшее снижение парциального давления кислорода до  $0,1 \text{ атм}$  приводит к более выраженным компенсаторным реакциям сердечно-сосудистой и дыхательной систем (резко повышается артериальное кровяное давление и учащается пульс до 120 и более ударов в минуту вместо нормальных 60—70 ударов и др.). Но они не ликвидируют возникшее кислородное голодание тканей, особенно нервных клеток головного мозга. В результате этого нарушается их деятельность, что выражается в ухудшении критического мышления и различных расстройствах координации движений. При парциальном давлении кислорода ниже  $0,06 \text{ атм}$  возникают потеря сознания и остановка дыхания. Через 3—8 минут после прекращения дыхательных движений останавливается сердце. Именно в эти 3—8 минут должна быть оказана помощь пострадавшему.

Опасность острого кислородного голодания при длительной задержке дыхания во время ныряния заключается, во-первых, в том, что голодание развивается

очень быстро (в течение нескольких секунд) и, во-вторых, оно практически не имеет субъективных признаков — предвестников, обратив внимание на которые, пострадавший мог бы прекратить задержку дыхания; наоборот, при резкой степени кислородного голодания перед потерей сознания возникает эйфория — стадия беспечного возбуждения и приподнятого настроения, недооценки опасностей и нарушения точных движений.

Нередко на воде можно видеть беспечных ныряльщиков с дыхательной трубкой и полумаской, рискующих жизнью: они очень часто и много ныряют, не делая перерывов между погружениями под воду для ликвидации кислородного долга в организме. Дело в том, что при плавании с дыхательной трубкой и тем более при нырянии происходит усиленная деятельность всего организма, в несколько раз больше использующего кислород, чем на поверхности. Если после продолжительного ныряния не сделать хорошей вентиляции легких и таким образом не ликвидировать кислородный долг, то последующее погружение под воду еще более увеличит кислородный долг в организме и ускорит наступление потери сознания от кислородного голодания.

Своевременное извлечение из воды пострадавшего, как правило, быстро приводит к восстановлению у него сознания и работоспособности.

В случае же прекращения дыхания пострадавшему необходимо проводить искусственное дыхание до тех пор, пока не восстановятся естественные дыхательные движения грудной клетки. Человек, перенесший кислородное голодание с потерей сознания, ничего не помнит, что произошло с ним на глубине.

Прежде чем погружаться под воду, спортсмену надо твердо знать основы профилактики (предупреждения) специфических заболеваний.

При практических погружениях под воду или спусках в рекомпрессионной камере различают три периода: период повышения давления, или спуск под воду, или компрессия; период пребывания под максимальным давлением, или пребывание на грунте (это не обязательно дно, а наибольшая глубина спуска); период снижения давления, или подъем на поверхность, или декомпрессия.

Известно, что окружающая Землю атмосфера характеризуется прежде всего тем, что воздух давит на все предметы и тело человека с определенной силой. Это — воздушное или атмосферное давление; на уровне океана при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  ртутный барометр показывает величину атмосферного давления, равную 760 мм ртутного столба, или 1,033 кг на  $1\text{ см}^2$ . Принято обозначать техническую атмосферу — *атм* (давление 1 кг на  $1\text{ см}^2$ ), а добавочную атмосферу, определяемую манометром, — *ати*. Стрелка манометра на поверхности находится на нуле, при погружении под воду на каждые 10 м стрелка перемещается на 1 *ати*. Так, например, если спортсмен-подводник плавает на глубине 20 м, то он находится под избыточным давлением в 2 *ати*.

На каждый квадратный сантиметр нашего тела, как известно, давит атмосферное давление с силой в 1 кг. Так как поверхность тела взрослого человека составляет в среднем 1,5—1,8  $\text{м}^2$ , то в обычных условиях на человека воздух давит с огромной силой, равной 15—18 т. Это давление не только не ощущается нами, но является нормальным фактором окружающей среды. И разумеется, что если снять это нормальное атмосферное давление (поместить организм в почти полный вакуум, например, космического пространства), то мгновенно наступит гибель человека. Поэтому в современных самолетах, космических кораблях, батискафах и подводных лодках стремятся сохранить нормальное атмосферное давление.

Как известно, чем глубже погружается человек, тем большее давление воды (воздуха) действует на его тело. При плавании на глубине 20 м (2 *ати* или 3 *атм*) избыточное давление на поверхность тела составит примерно 30—36 т или абсолютное давление в 45—54 т. А на глубине 100 м тело водолаза испытывает воздействие давления в 165—198 т. Такое огромное давление раньше представлялось угрожающим жизни. С началом водолазных спусков на большие глубины была доказана сравнительная легкость, с которой переносилось такое давление. Это объясняется, во-первых, тем, что тело человека состоит на 62—65% из воды, которая практически не сжимается; и, во-вторых, при погружениях на любую освоенную в настоя-

щее время глубину во всех полостях тела водолаза и спортсмена-подводника (в полости среднего уха, воздухоносных полостях черепа, в легких, полости желудочно-кишечного тракта) выравнивается давление с окружающим давлением воды. Малейшее нарушение этого равновесия давления вне и внутри организма приводит к различным расстройствам жизнедеятельности.

У аквалангистов возможен обжим тела в случаях быстрого погружения и ныряния, когда прекращается поступление газовой смеси в дыхательные пути (например, при израсходовании сжатого воздуха в баллонах аппарата). Для предупреждения обжима тела (не терять самообладания!) необходимо прекратить дальнейшее погружение и немного подняться к поверхности воды. В результате снижения окружающего давления произойдет расширение газовой смеси внутри воздухоносных полостей организма (в том числе и в легких), в трубке вдоха и камерах акваланга. Увеличенный объем воздуха обеспечит возможность сделать вдох. Безопасность быстрого выхода на поверхность обеспечивается за счет длительного выдоха, так как по мере подъема с глубины происходит закономерное расширение газовой смеси в легких, что может привести к увеличению внутрилегочного давления.

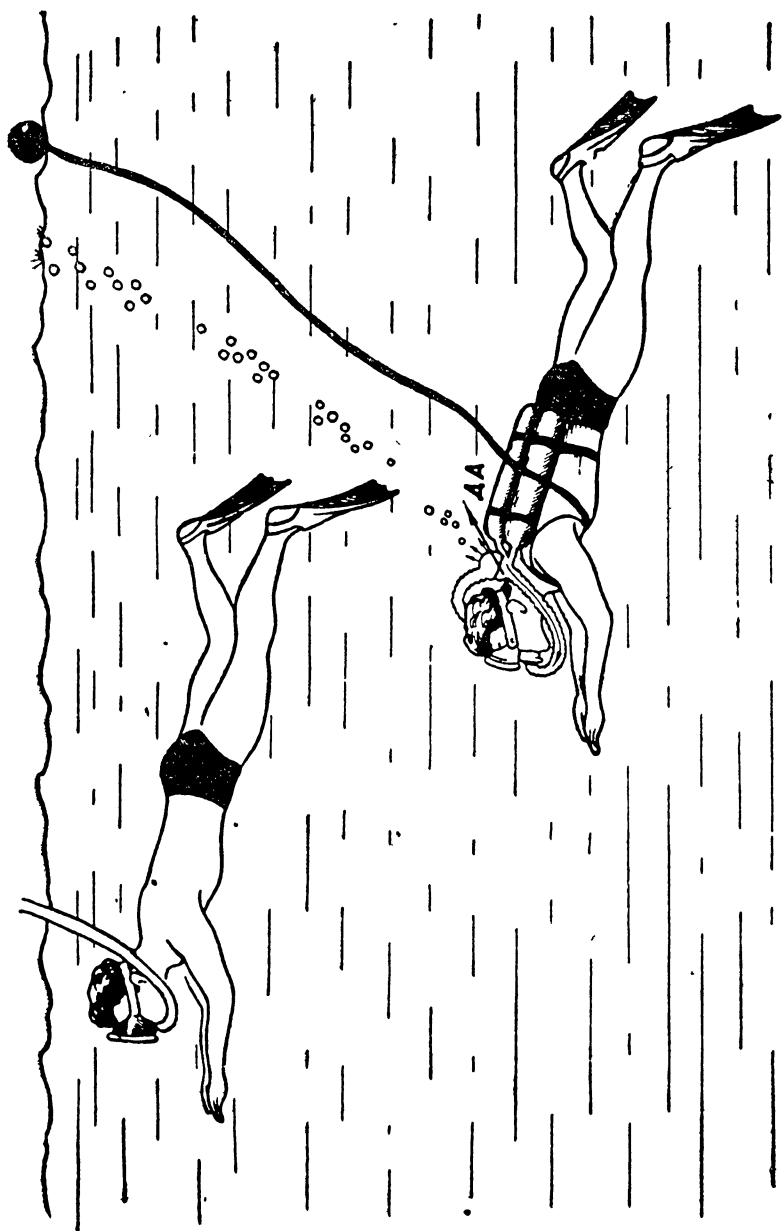
При дыхании через трубку, сообщающуюся с атмосферным воздухом, обжим грудной клетки возникает на сравнительно небольшой глубине. Известно, что сила дыхательных мышц взрослого человека составляет 100—150 мм ртутного столба, или 0,13—0,2 атм. Следовательно, под водой на глубине не более 100—125 см при дыхании через трубку можно сделать неглубокий вдох, так как давление воды на грудную клетку при этом будет составлять 76—95 мм ртутного столба, или 0,1—0,125 атм (с каждым метром глубины давление увеличивается на 76 мм ртутного столба, а поступающий в легкие через трубку воздух находится под нормальным атмосферным давлением). Под водой можно дышать лишь в специальных дыхательных аппаратах (водолазных скафандрах, кислородных приборах, аквалангах и др.), которые не только обеспечивают необходимую газовую смесь для дыхания, но и подают ее на любой глубине под повышенным давлением, равным давлению толщи воды на грудную клетку.

Закономерным является тот факт, что хороший спортсмен-подводник дышит реже и глубже, чем пловец-новичок при тех же условиях плавания. Длинная дыхательная трубка резко увеличивает сопротивление дыханию и так называемое «мертвое пространство», то есть объем воздуха, не участвующего в газообмене. Поэтому при подводном плавании с дыхательной трубкой надо дышать не поверхностно и часто, а глубоко (чтобы в легкие поступал более свежий воздух) и редко. Так как при подводном плавании необходимо дышать без усилий и с возможно меньшим сопротивлением акту вдоха и выдоха, то оптимальная длина дыхательной трубки не должна превышать 40 см. В воздухе над поверхностью воды находится 10—15 см трубки, а 25—30 см — под водой. При этих условиях давление воды на грудную клетку составит 0,025—0,03 атм, а сила дыхательных мышц в среднем составляет 0,13—0,2 атм. Следовательно, при подводном плавании с дыхательной трубкой (в комплекте № 1, см. рис.) систематически тренируются и укрепляются мышцы грудной клетки, обеспечивающие дыхательные движения.

#### Баротравма легких

При очень быстром всплытии в акваланге возможно возникновение одного из тяжелейших специфических заболеваний — баротравмы легких (кессоноподобной болезни). Баротравма легких возникает в результате резкого повышения или понижения внутрилегочного давления в пределах от 80 до 120 мм ртутного столба, или от 0,1 до 0,16 атм.

Известно, что перед обычным нырянием человек делает глубокие вдохи и выдохи (гипервентиляция легких) и вдыхает максимальное количество атмосферного воздуха; берет в руки груз, чтобы придать отрицательную плавучесть телу, ныряет под воду и достигает определенной глубины. Затем еще быстрее всплывает на поверхность. У ныряльщиков баротравмы легких никогда не бывает, так как при нырянии объем воздуха в легких уменьшается, а при всплытии на поверхность снова достигает исходной величины. А что происходит с объемом легочного воздуха при очень быстром всплытии в акваланге? Предположим, подводное плавание с аквалангом (в комплекте № 2, см. рис.) происходит





на глубине 10 м, то есть при давлении в 1 *ати* или 2 *атм.* Объем воздуха в легких на этой глубине будет составлять, например, 6 л, но под давлением в 2 *абс. атм.* Если задержать выдох и почти мгновенно с 10 м всплыть на поверхность, то есть перейти к нормальному атмосферному давлению (1 *атм*), то произойдет разрыв легких. По закону Бойля — Мариотта 6 л воздуха в них при всплытии на поверхность должны были бы расшириться до 12 л, чтобы давление внутри легких уменьшилось также в 2 раза. А так как при всплытии нет выдоха и объем грудной клетки не может удвоиться, то в легких произойдет резкое повышение давления вплоть до нарушения их целостности. В результате механического удара рвется ткань легкого и кровеносных сосудов. При этом воздух поступает через разрывы в легких в кровеносные сосуды, грудную клетку и подкожно-жировую клетчатку шеи.

Наибольшую опасность для жизни представляет поступление воздуха в просвет разорванных кровеносных сосудов. Пузырьки воздуха (в основном азота, так как кислород усваивается тканями) закупоривают многие кровеносные сосуды головного мозга, сердца и других органов, приводя к кислородному голоданию клетки этих органов, к нарушению или прекращению их работы. Не случайно наиболее частыми признаками баротравмы легких бывают потеря сознания, расстройства дыхания и сердечной деятельности. Как правило, при этом заболевании выделяется из дыхательных путей незначительное количество (до 50—100 мл) крови и возникают боли в груди. Все признаки баротравмы легких проявляются очень быстро. Вспомните, как опасна острая форма кислородного голодания; а ведь при баротравме легких также бывает кислородное голодание тканей организма. Оно вызвано не понижением парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, а нарушениями кровоснабжения (закупоркой кровеносных сосудов пузырьками азота). Если перечисленные признаки у пострадавшего обнаружены, то после поднятия на поверхность следует отключить его от аппарата и дать ему для дыхания кислород. Для улучшения сердечной деятельности и дыхания пострадавшему вводятся различные лекарства; показано введение антибиотиков для предупреждения возможного

осложнения баротравмы легких — воспаления легких. Если прекратилось естественное дыхание, — немедленно приступить к проведению искусственного дыхания. Основной же метод лечения баротравмы легких — помещение заболевшего вновь под повышенное давление (лечебная рекомпрессия). Лечат таких больных в специальных рекомпрессионных — стальных камерах (объемом в несколько кубических метров), в которые подается сжатый воздух до 7 *ати* или специальные азотногелиокислородные смеси под давлением до 10 *ати*. Вместе с заболевшим под повышенным давлением находится специально подготовленный врач-физиолог. Лечебная рекомпрессия продолжается от 30 до 38,5 часа. Затем пострадавший продолжает лечение в стационарных условиях, основная цель которого — предупредить развитие воспаления легких.

Лечебной рекомпрессией одновременно ликвидируются газовые пузырьки, закупорившие кровеносные сосуды, с последующим восстановлением кровообращения и ликвидацией вследствие этого кислородного голодания тканей. Так, например, при давлении воздуха 7 *ати* (8 *абс. атм*) парциальное давление кислорода составляет около 1,68 *атм* (0,21 *атм* кислорода при нормальном давлении, умноженная на 8 *атм*). Это количество кислорода на 68% выше, чем если бы пострадавший дышал на поверхности чистым кислородом (1 *атм*). По закону Бойля—Мариотта при компрессии (повышении давления в камере) объем газовых пузырьков в кровеносных сосудах резко уменьшится или же они совсем исчезнут, так как индифферентный газ под повышенным давлением усиленно растворяется во всех тканях организма. Чтобы при снижении давления в тканях и крови не образовались вновь газовые пузырьки, проводится длительная декомпрессия (до 38,5 часа!). При этом растворенный в тканях газ постепенно переходит в кровь, а кровью приносится к легким, где выделяется из организма вместе с выдыхаемым воздухом.

#### Декомпрессионная болезнь

В организме взрослого человека при нормальном атмосферном давлении содержится около 1 л физически растворенного азота. При дыхании чистым кисло-

родом при 1 атм этот азот выделяется из организма. Чем больше глубина, на которой плавает человек, тем больше азота растворяется в тканях его организма. При этом требуется более продолжительное время для декомпрессии, во время которой из организма выделяется избыточно растворенный азот.

Сложны и еще не полностью изучены процессы насыщения и рассасывания организма индифферентными газами (азотом и гелием) под повышенным давлением. Однако уже более 50 лет прошло с того времени, как было вскрыто практически важное свойство организма человека, пребывающего под повышенным давлением, — свойство удерживать избыточное количество газа в тканях без образования пузырьков. Спортсмен-подводник в акваланге может длительное время пребывать на глубине до 12,5 м и затем (несмотря на значительное пересыщение организма азотом) довольно быстро, без остановок подняться на поверхность. И в организме при этом не образуется пузырьков азота.

Нарушение (чаще всего уменьшение) времени декомпрессии водолаза или спортсмена-подводника, пребывающих на глубинах свыше 12,5 м, служит причиной образования в тканях пузырьков, состоящих из индифферентных газов (азота или гелия). Эти газы избыточно растворяются в организме во время пребывания под повышенным давлением. Образующиеся при декомпрессии в тканях и крови газовые пузырьки закупоривают кровеносные сосуды, сжимают нервные окончания и нервы, в целом нарушают жизнедеятельность клеток. Как и при баротравме легких, при декомпрессионной (кессонной) болезни возникают различные нарушения, вызываемые кислородным голоданием, расстройством питания, обмена веществ и энергии тканей. В зависимости от места образования газовых пузырьков возникают различные проявления декомпрессионной болезни: от кожного зуда, болей в суставах, мышцах и костях до выраженных нарушений дыхания, кровообращения, нарушений всех видов чувствительности, параличей конечностей и гибели пострадавшего.

В отличие от баротравмы легких, при которой газовые пузырьки поступают в кровеносные сосуды из ле-

гочного воздуха, при декомпрессионной болезни пузырьки индифферентного газа образуются в тканях, которые перенасыщены им: организм не успевает вывести избыточное количество газа естественным путем, через легкие, без образования пузырьков газа. Основной метод лечения больного декомпрессионной болезнью такой же, как и при лечении заболевшего баротравмой легких, — лечебная рекомпрессия, то есть помещение пострадавшего в рекомпрессионную камеру под повышенное давление в 5—10 *ати* с последующей декомпрессией по специальным лечебным таблицам. Предупреждение декомпрессионной болезни у подводных пловцов заключается в соблюдении режима декомпрессии (времени выхода на поверхность) при плавании на глубинах, превышающих 12,5 м. Следует напомнить, что первые признаки декомпрессионной болезни могут появиться еще во время декомпрессии (на остановках) или сразу же после декомпрессии; нередко декомпрессионная болезнь возникает через несколько часов после выхода на поверхность. Как правило, чем раньше возникают признаки болезни, тем более тяжелая форма декомпрессионной болезни может развиваться.

В 1960 году водолаз Г. работал на Неве на глубине 18 м. По существующим правилам, время декомпрессии должно было составлять 21 минуту: 2 минуты — подъем с 18 м до 6 м; 3 минуты следовало пребывать на шестиметровой остановке и 18 минут — на трехметровой остановке. Г. самостоятельно сократил декомпрессию (пребывание на глубине 3 м) на 6 минут, рассчитывая на то, что такое сокращение времени не сыграет существенной роли. После работы он почувствовал боли в левом локтевом суставе. Затем боли стали усиливаться, перешли на левый плечевой сустав; появились ноющие боли в области сердца, общая слабость. Будучи знаком с проявлениями декомпрессионной болезни, Г. на такси срочно прибыл в Военно-медицинскую академию, где ему была своевременно проведена лечебная рекомпрессия в течение 36 часов (расплата за укороченное на 6 минут время выхода с глубины на поверхность). После излечения водолаз Г. сказал: «Никогда не думал, чтобы, работая на такой небольшой глубине, я мог получить тяжелую болезнь».

«Совершив погружение» на глубину в рекомпрессионной камере, предназначенной для тренировки водолазов к воздействию повышенного давления воздуха и лечения заболевших баротравмой легких или декомпрессионной болезнью. Давление в камере создается следующим образом. Через специальный ввод из системы баллонов высокого давления в рекомпрессионную камеру нагнетается воздух; в результате этого в камере повышается воздушное давление. Скорость «спуска» (повышение давления воздуха в камере) составляет, как правило, 10—15 м, или 1—1,5 добавочной атмосферы в минуту. Мы проинструктированы о влиянии механического фактора повышенного давления воздуха на барабанные перепонки и воздухоносные полости черепа; поэтому периодически совершаем глотательные движения или выдохи с закрытым ртом и носом для выравнивания давления в полости среднего уха с окружающим давлением в камере. В камере становится теплее (физическая закономерность: при сжатии газов повышается температура), появляется гнусавость голоса, так как вследствие повышения давления воздуха более 10—12 м (1—1,2 добавочной атмосферы) происходит отвисание мягкого нёба. «Спуск» продолжается... На глубине более 20 м невозможен свист; повышенная плотность воздуха затрудняет выдох, а это вызывает нарушение произношения согласных букв (б, п, г, к, т, д), в результате уменьшается разборчивость речи. Температура в камере все повышается, становится жарко. У некоторых появились многословие, беспричинная веселость — это первые признаки азотного наркоза. У малотренированных людей они проявляются с глубины 40 м (парциальное давление азота в атмосферном воздухе составляет около 0,8 атм, а при 5 атм воздуха — около 4 атм). На глубине 60 м (7 атм) у всех находящихся в рекомпрессионной камере появились «приподнятое настроение», излишняя болтливость, неуверенность в движениях. Дело в том, что все без исключения люди подвержены наркотическому действию индифферентного газа азота. Азот индифферентен, то есть не активен по отношению к организму человека при атмосферном давлении воздуха, а при повышенном дав-

лении воздуха он является наркотиком. Вот почему практические погружения водолазов под воду на сжатом воздухе ограничены 60 м. Работа до 80 м на сжатом воздухе разрешается только наиболее устойчивым к наркотическому действию азота водолазам.

О наркотическом действии азота люди по-настоящему узнали лишь в тридцатые годы XX столетия. Вскрытая физиологическая закономерность наркотического влияния азота на живой организм послужила толчком для многочисленных научных исследований в СССР и за границей. Практика водолазных погружений требовала от физиологической науки применения новых газовых смесей, исключающих у водолазов, погружающихся на глубины свыше 80 м, азотное опьянение. В результате многолетних экспериментов на животных по выяснению влияния различных индифферентных газов под давлением был предложен гелий, наркотическое действие которого проявляется лишь при парциальных давлениях свыше 16 атм. Наркотическое действие гелия у человека выражается в виде мелкой мышечной дрожи рук; при этом умственная деятельность практически не нарушается.

Нельзя было изменить объективный закон природы — наркотическое действие азота на организм, но человек, открыв значительно меньшую токсичность гелия, стал применять в водолажном деле не сжатый воздух, содержащий около 80% азота, а сжатые гелиоокислородные смеси.

В разрешении проблемы глубоководных спусков с использованием гелиоокислородных смесей ведущее место принадлежит советским физиологам и конструкторам, создавшим современный гелиоокислородный глубоководный скафандр и разработавшим режимы спуска водолазов на большие глубины. Еще в 1947 году были проведены глубоководные водолазные спуски в советском гелиоокислородном снаряжении, в результате которых был поставлен новый мировой рекорд по глубине погружения. Так луч научного исследования осветил более далекие горизонты практики водолазных погружений.

Возвратимся к условиям в рекомпрессионной камере. Дальнейшее повышение давления воздуха в камере было

прекращено на глубине 60 м (7 атм). «Спуск» до 60 м осуществлен за 6 минут; под давлением 7 атм мы находились 12 минут. Таким образом, по правилам водолазной службы, мы пребывали на глубине 60 м (7 атм) всего 15 минут (12 минут плюс половину времени спуска). По специальным таблицам необходимо провести снижение давления в камере (декомпрессию) в течение 45 минут. За это время произойдет насыщение (освобождение) организма от азота до безопасных величин. В случае нарушения режима декомпрессии могут образоваться пузырьки азота в тканях, то есть возникнет декомпрессионная болезнь. За 7 минут было снижено давление в камере с 7 атм до 1,9 атм; появился туман водяных паров, стало холодно (физическая закономерность: при расширении газов понижается температура), пропали беспричинная веселость и болтливость — все притихли, стремятся потеплее одеться... Если при повышении давления воздуха в камере происходило надавливание на барабанные перепонки ушей снаружи и мы делали глотательные движения и т. д., чтобы воздух проникал через евстахиевы трубы в полости среднего уха и выравнивал положение барабанных перепонки, — то при снижении давления, наоборот, расширяющийся в полостях среднего уха воздух выходит через евстахиевы трубы в носоглотку; при этом ощущается безболезненное выпячивание кнаружи и пощелкивание встающих на место барабанных перепонки. Семиминутная остановка на глубине 9 м (1,9 атм), двенадцатиминутная остановка на глубине 6 м (1,6 атм). Пребывание на глубине 3 м в течение 19 минут. И, наконец, подъем на поверхность. Сколько впечатлений за один спуск в рекомпрессионной камере! Физические газовые законы стали реально ощутимы. А сколько новых, более глубоких впечатлений получит каждый из вас при фактических подводных погружениях!

Итак, водолаз как можно быстрее (в зависимости от проходимости евстахиевых труб, технических приспособлений для погружения под воду и др.) спускается на глубину. Определенное время выполняет на грунте работу и затем по заранее рассчитанным таблицам осуществляет декомпрессию — подъем на поверхность с остановками и соответствующими выдержками на них. Подводный же пловец, аквалангист, ныряет на глубину,

подвсплывает, плавает на меньшей глубине и опять уплывает на максимальную глубину спуска. Как в таких случаях выбирать режим декомпрессии? Во-первых, если максимальная глубина погружения не превышает 12,5 м, то не надо беспокоиться о возникновении декомпрессионной болезни. Во-вторых, для предупреждения возникновения декомпрессионной болезни при подводных погружениях глубже 12,5 м надо принять для выбора режима декомпрессии максимальную глубину погружения и все время пребывания под водой, хотя бы аквалангист и не находился на этой максимальной глубине даже и половины общего времени подводного плавания. Лучше перестраховаться, то есть выбрать более удлиненный режим декомпрессии, чем заболеть из-за сокращения на 2—5 минут времени декомпрессии.

Заманчивые перспективы откроются перед исследователями больших глубин, когда с подводных кораблей представится возможность выходить со специальным оборудованием на глубины в 500—1000 м для более детального ознакомления с жизнью океана. Такой водолаз-исследователь после пребывания на грунте будет проходить более ускоренную декомпрессию на корабле, так как будет дышать на этих глубинах специальными газовыми смесями. Недалеко то время, когда ученые (физиологи) сначала на животных, а затем на основе первых наблюдений над водолазами создадут специальные газовые смеси для дыхания водолазов при сверхглубоких погружениях. Возможно, будет так: некоторое время водолаз дышит одним составом газовой смеси, и в его организме происходит насыщение индифферентным газом N; затем водолаз переключается на дыхание другой газовой смесью, в которой имеется индифферентный газ NN. В это время организм насыщается газом NN и одновременно насыщается (освобождается) от газа N. Далее, водолаз дышит третьей, четвертой и т. д. газовыми смесями, потом опять первой, второй и т. д. Таким образом, не будет высоких степеней перенасыщения организма индифферентными газами; поэтому ускорится время декомпрессии и будет меньше опасности заболеть декомпрессионной болезнью.

Конечно, различные более совершенные конструкции батисфер и батискафов имеют большие перспективы, но человек все же должен выходить из охраняющего его



стального панциря и непосредственно контактировать с водной средой, чтобы более детально освоить океан.

Мы не будем рассматривать многие интересные вопросы специальной физиологии — науки, изучающей изменения в организме водолазов и подводников при подводных погружениях и плавании на подводных лодках и способствующей улучшению труда и отдыха этих специалистов. Перед нами стоит более конкретная задача — ознакомить читателя с особенностями жизнедеятельности человека, погружающегося под воду и плавающего под водой с дыхательной трубкой, полумаской и ластами (в комплекте № 1) и с аквалангом, полумаской и ластами (в комплекте № 2) (см. рис.).

## **ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОДВОДНЫХ ПОГРУЖЕНИЯХ И ПОДВОДНОМ ПЛАВАНИИ**

1. Влияние на организм повышенного давления воздуха и окружающей пловца аквалангиста воды.

Для нормальной жизнедеятельности организма независимо от глубины погружения необходимо равенство давлений вне и внутри организма. Это достигается, во-первых, выравниванием давления в воздухоносных полостях черепа, желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей и легких; во-вторых, обжимом водой всего тела человека, практически не сжимающегося, но противодействующего внешнему давлению толщи воды.

При быстром погружении на глубину или пребывании подводного пловца в вертикальном положении вода оказывает неравномерное давление на различные участки тела. Так, при положении стоя давление воды более плотно обжимает ноги. У человека ростом в 175 см величина добавочного давления на стопы по сравнению с верхней частью головы составит 0,175 *ати*, или 114 *мм* ртутного столба. Под влиянием добавочного давления воды в нижних частях тела, более плотно обжатых внешним давлением, нарушается кровообращение вследствие сдавления кровеносных сосудов кожи и затруднения кровотока в более глубоких артериях и венах. Ухудшение кровоснабжения способствует переохлажде-

нию. Поэтому с физиологической точки зрения горизонтальное положение подводного пловца считается наилучшим: имеется практически одинаковое обжатие всех частей тела.

При спокойном пребывании (без движений) под водой в акваланге человек испытывает своеобразное состояние невесомости тела.

Благодаря большой плотности воды аквалангист ощущает значительное сопротивление своему движению. Поэтому для преодоления сопротивления воды и силы течения аквалангисту приходится совершать более сильные мышечные движения.

В СССР выпущены автономные воздушные дыхательные аппараты — а к в а л а н г и (в переводе означает «подводные легкие») трех видов: «Подводник-1», «АВМ-1м» и «Украина».

Акваланг состоит из загубника, который берется в рот, клапанной коробки со слюдяными клапанами вдоха и выдоха, обеспечивающими при вдохе поступление сжатого воздуха из гофрированной трубки вдоха в легкие и при выдохе — из легких через гофрированную трубку выдоха в воду. Таким образом, акваланг — это дыхательный аппарат с выдохом в воду, полностью исключающий углекислотное отравление. Сжатый воздух в акваланге «Украина» находится в двух стальных баллонах, объемом по 5 л под давлением в 150 атм. Следовательно, общий запас воздуха при нормальном давлении составляет:  $5 \text{ л} \times 2 \text{ баллона} \times 150 \text{ атм} = 1500 \text{ л}$ .

Если в камере дыхательного автомата (на рисунке — ДА) возникает снижение давления по сравнению с окружающей средой (это происходит только во время вдоха или погружения на глубину), то сжатый воздух поступает из баллонов в дыхательный автомат и выравнивает давление с окружающей водной средой. При этом дальнейшее поступление воздуха в дыхательный автомат прекращается. При следующем незначительном разрежении воздуха в дыхательном автомате снова поступит порция сжатого воздуха из баллонов и т. д. Из дыхательного автомата вдыхаемый воздух по гофрированной трубке вдоха поступает в легкие. Акваланг обеспечивает изоляцию дыхательных путей и легких подводного пловца от окружающей водной среды и снабжает его необходимым количеством сжатого воздуха соответ-

ственно глубине погружения. В дыхательном автомате акваланга «Украина» смонтирован указатель минимального давления со свистком. Как только в баллонах давление сжатого воздуха снизится со 150 до 30 *атм*, возникает звуковой сигнал, по которому аквалангист обязан всплыть на поверхность. Следовательно, рабочий объем сжатого воздуха в акваланге «Украина» составляет  $1500\text{ л} - 300\text{ л} (30\text{ атм} \times 5\text{ л} \times 2\text{ баллона}) = 1200\text{ л}$ .

Запас сжатого воздуха в баллонах аппарата лимитирует пребывание аквалангиста под водой. Так, например, при плавании с умеренной скоростью на поверхности воды за каждый вдох в дыхательные пути аквалангиста поступает 2 л воздуха под давлением в 1 *атм* и столько же затем выводится воздуха из легких в воду во время выдоха, но с иным составом кислорода и углекислого газа. Этот же аквалангист на глубине 10 м также вдыхает и выдыхает по 2 л воздуха, но под давлением в 2 раза большим — в 2 *атм*. При этом за один вдох из баллонов акваланга организм берет 2 л воздуха под давлением в 2 *атм*; этот же воздух, поднятый с глубины 10 м на поверхность (1 *атм*), расширяется до 4 л. На этой глубине и в легких воздух также находится под повышенным давлением в 2 *атм*; и это повышенное давление не приводит к каким-либо нарушениям жизнедеятельности организма. На глубине 20 м (3 *атм*) из запасов сжатого воздуха аквалангист расходует за каждый вдох 2 л под давлением в 3 *атм*, или 6 л воздуха, приведенного к условиям нормального атмосферного давления. Вот почему чем глубже плавает аквалангист, тем больше расход воздуха, несмотря на то, что в легкие при каждом вдохе (на поверхности и на глубинах в 10, 20, 30 и 40 м) поступают одинаковые объемы воздуха (в нашем примере по 2 л). При плавании с умеренной скоростью легочная вентиляция (объем воздуха, проходящего через легкие) за минуту в среднем равна 30 л. Таким образом, при плавании в акваланге «Украина» на поверхности воды запас воздуха при данных условиях будет израсходован за 40 минут, на глубине 10 м (2 *атм*) — за 20 минут ( $1200\text{ л} : 30\text{ л} \times 2\text{ атм}$ ), на 20 м (3 *атм*) — за 13 минут, на 30 м (4 *атм*) — за 10 минут и на предельной глубине погружения — на 40 м (5 *атм*) — за 8 минут.

В комплект № 2, кроме акваланга и ласт, входит

полумаска, изолирующая глаза и нос подводного пловца от водной среды и дающая пловцу возможность видеть окружающую среду через специальное стекло. Следует напомнить, что при погружении (компрессии) необходимо через нос периодически выдыхать воздух в подполумасочное пространство для выравнивания давления с окружающей средой; в противном случае полумаска наружным давлением резко прижмется к мягким частям лица и вызовет усиленный прилив крови к глазам, местное расстройство кровообращения и болевые ощущения от надавливания на кожу лица, ограниченную полумаской. При декомпрессии, наоборот, воздух подполумасочного пространства расширяется, полумаска отстает от лица, избыточный воздух выходит из-под полумаски, а вместо него может проникнуть вода. Попадшая под полумаску вода может попасть в носовые ходы и далее в дыхательные пути и вызвать нарушения дыхания. Для предупреждения отставания маски от лица при подвсплытии (движении к поверхности) необходимо во время вдоха через нос удалять избыточный объем газа из-под полумасочного пространства.

Самообладание и правильное решение спортсмена-подводника о подвсплытии при обжиге предупредит неблагоприятные последствия обжиг грудной клетки человека. Баротравма уха (разрыв барабанной перепонки) может быть полностью исключена, если подводный пловец не совершает быстрых ныряний и погружений на глубинах, не плавает при катаре верхних дыхательных путей и насморке, прекращает дальнейшее погружение при малейшем затруднении в выравнивании давления в полостях среднего уха.

2. Влияние повышенных парциальных давлений газов, входящих в состав сжатого воздуха, на организм спортсмена.

В предыдущем разделе брошюры мы обратили внимание читателя на то, что биологическое действие газов (кислорода, углекислого газа, азота, гелия и др.) определяется не процентным их содержанием в дыхательной газовой смеси, а величиной их парциального (частичного) давления: чем больше величина парциального давления газа, тем более выражено его воздействие на организм человека.

С физиологической точки зрения акваланг является

чудесным дыхательным аппаратом, так как его использование обеспечивает продолжительное пребывание человека под водой без каких-либо нарушений жизнедеятельности. При подводном плавании с аквалангом у спортсмена не может возникнуть ни легочной, ни судорожной формы кислородного отравления, так как в аппарате дыхание происходит не кислородом под повышенным давлением, а сжатым воздухом; парциальное давление кислорода в нем даже на максимальной глубине погружения в 40 м составляет всего лишь 1,05 атм, а время пребывания на этой глубине ограничивается минутами. При плавании под водой и дыхании сжатым воздухом из акваланга не может быть и углекислотного отравления (при условии, что сжатый воздух в баллонах аппарата соответствует медицинским требованиям и, следовательно, не содержит посторонних примесей, в том числе и углекислого газа): весь выдыхаемый воздух, содержащий от 2,5 до 4,5% углекислого газа, выводится из полузамкнутой системы «аппарат — легкие» непосредственно в воду и, естественно, вновь не поступает в организм человека.

При соблюдении правил спусков в акваланге не возникает и кислородного голодания, так как во время пребывания на глубине парциальное давление кислорода в сжатом воздухе выше парциального давления в атмосферном воздухе, то есть выше 0,21 атм. Лишь при сверхпродолжительной задержке дыхания во время плавания под водой в акваланге возможно возникновение кислородного голодания. Если быстро не всплывать с глубины, а при всплытии не задерживать дыхания, то можно полностью предупредить возникновение баротравмы легких. Для профилактики декомпрессионной болезни при плавании в акваланге на глубинах, превышающих 12,5 м, следует строго следить за максимальной глубиной погружения и временем пребывания под водой, чтобы правильно выбрать режим декомпрессии (выход на поверхность). В таких случаях выбирает режим выхода на поверхность, то есть определяет время пребывания на остановках и общее время декомпрессии, страхующий спортсмен, находящийся на поверхности и сигнализирующий подводному пловцу о выходе на поверхность звуковыми сигналами или подергиваниями спускового конца.

3. Роль низкой температуры воды в переохлаждении организма спортсмена-подводника.

В связи с тем, что теплоемкость воды в 4 раза больше и теплопроводность ее в 25 раз больше, чем воздуха, при подводном плавании происходит (даже летом на юге!) усиленная отдача тепла организмом. Причем чем ниже температура воды, тем большая происходит теплоотдача. Пребывание под водой в комплектах № 1 или № 2 (без специальной защитной одежды) допускается для тренированных к низким температурам людей лишь при температуре свыше 12° С и только в течение 10 минут, а при температуре воды 20° С подводное плавание ограничивается 45 минутами. Появление первых признаков переохлаждения (так называемой «гусиной кожи», непроизвольной мышечной дрожи и др.) должно быть предупреждающим сигналом для прекращения подводного плавания. В случае переохлаждения после выхода из воды, чтобы предупредить осложнение переохлаждения — холодовой шок (озноб, падение артериального кровяного давления, остановку дыхания и сердца), необходимо согреть замерзшего пловца, дать ему теплое питье, растереть тело и одеть в сухое белье.

Переохлаждение резко ослабляет защитные функции организма, способствует возникновению многих заболеваний, особенно простудных. Вот почему каждый аквалангист для сохранения здоровья и работоспособности должен быть закаленным к пребыванию в условиях низких температур. Это достигается постепенным приспособлением организма к воздушным ваннам и водным процедурам в течение всего года: утренняя гигиеническая физзарядка при открытой форточке или на свежем воздухе, обтирания по утрам верхней части туловища комнатной (или водопроводной) водой, душ комнатной температуры; желательно включить в свой распорядок дня время для такой эффективной, закаливающей процедуры, как мытье ног перед сном водой низкой температуры (например, водопроводной). Постепенно понижая температуру воды, можно закаливание довести до того, что человек будет без последствий для здоровья плавать в реке при низкой температуре. Большая степень приспособляемости организма человека к низкой температуре может быть проиллюстрирована следую-

щим примером: почти во всех городах и крупных селах нашей страны имеются спортсмены, которые купаются в течение всего года, несмотря на снег и лед. Это представители в шутку называемой секции «моржей». Закаливание, следовательно, состоит в постепенном повышении силы раздражителя (холода) и повышении защитных реакций человека. «Спеша медленно» — этой римской поговорке нужно следовать при закаливании.

В холодных водоемах необходимо погружаться под воду в специальных резиновых или прорезиненных защитных костюмах — гидрокомбинезонах. Нательное и теплое белье, одетое под гидрокомбинезон, дает возможность проводить спуски под воду и зимой.

Известно, что при разрежении воздуха, выходящего из баллонов акваланга, газовая смесь охлаждается. Следовательно, в дыхательные пути аквалангиста поступает охлажденный воздух, который согревается. В результате происходит дополнительная потеря тепла с выдыхаемым в воду воздухом.

4. Роль повышенной плотности дыхательной смеси. Плотность сжатого воздуха, которым дышит аквалангист, при давлении в 2 атм (1 ати) увеличивается в 1,4 раза, при максимальной глубине погружения в 40 м (5 атм) — в 2,2 раза. Вследствие повышения плотности вдыхаемого воздуха дыхательные движения становятся реже и несколько затрудняются. При плавании с аквалангом на небольших глубинах эта объективная закономерность влияния плотности сжатого воздуха на дыхание практически не проявляется.

5. Особенности распространения звука и света в воде и роль пониженной освещенности при плавании под водой. Вода имеет очень большую плотность и малую прозрачность. Эти факторы внешней среды влияют на жизнедеятельность организма, и прежде всего на зрение и слух. Известно, что глаза различных животных и человека приспособлены к той среде, в которой они живут. Так, например, глаза рыб вследствие малой прозрачности воды приспособлены к восприятию на близком расстоянии, и их шарообразный хрусталик (живая линза глаза) дает резкое изображение находящихся вблизи предметов. Глаз человека в процессе эволюции приспособлен к восприятию световых лучей в воздушной среде. Челю-

век воспринимает раздражители (свет, звук, тепло, холод и др.) с помощью анализаторов. Впервые во второй половине прошлого столетия было введено в науку понятие «анализатор» и дана его характеристика отцом русской физиологии И. М. Сеченовым. Анализатор — это чувствительное нервное образование. Орган зрения (глаз) выполняет функцию свето- и цветопроектирования, то есть доставку световой энергии к рецепторам (специфическим чувствительным нервным окончаниям) зрительного анализатора. Так, например, световые лучи проникают через прозрачную роговицу глаза, жидкость передней камеры глаза, зрачок (отверстие в радужной оболочке), хрусталик, через стекловидное тело и попадают на сетчатку, в которой находятся рецепторы зрительного анализатора — палочки и колбочки. Палочки обладают только светочувствительностью, а колбочки — свето- и цветочувствительностью. От рецепторов сетчатки импульсы возбуждения по зрительному нерву передаются в головной мозг и в высший отдел центральной нервной системы — затылочную область коры больших полушарий головного мозга, где и возникает не только свето- и цветоощущение, но и зрительный образ.

В воде световая энергия поглощается почти в тысячу раз сильнее, чем в воздухе. Поэтому освещенность предметов под водой, как правило, незначительна; причем чем больше глубина плавания, тем слабее освещенность. Рассеивание света вызывает нечеткое восприятие под водой предметов, они кажутся как бы завуалированными. Большую роль в ухудшении освещенности под водой играет отражение световых лучей от поверхности воды. Так, в полдень, при высоте стояния солнца около  $90^\circ$  над горизонтом, угол падения световых лучей равен  $0^\circ$ . При этом лишь 2% этих лучей отразятся поверхностью воды; следовательно, почти вся световая энергия проникнет в толщу воды. При высоте стояния солнца в  $15^\circ$  над горизонтом и угле падения солнечных лучей в  $75^\circ$  более 20% всех световых лучей отражаются поверхностью, а при стоянии солнца над горизонтом почти все световые лучи отражаются и не попадают в воду. Отсюда нужно сделать практически важный вывод о том, что наилучшие условия для изучения и фотографирования растительного и животного подводного мира имеются именно при нахождении солнца в зените. Никон



образом не следует спускаться под воду рано утром или перед заходом солнца, так как в такое время суток солнечные лучи света почти все отражаются от поверхностного слоя воды.

Известно, что самая длинная световая волна (0,7 микрона), воспринимаемая колбочками сетчатки глаза человека, дает ощущение красного цвета, самая короткая волна (0,35 микрона) вызывает ощущение фиолетового цвета. При попадании солнечного луча в толщу воды, кроме явлений рассеивания, происходит поглощение световой энергии. Причем все части солнечного луча поглощаются не одинаково. Толща воды служит своеобразным цветовым фильтром-поглотителем: больше всего поглощаются более длинные волны солнечного спектра (красные лучи), меньше всего — наиболее короткие волны (фиолетовые лучи). В результате своеобразия поглощения солнечных лучей вся масса воды имеет голубовато-зеленый цвет. Вот почему подводный мир назван голубым континентом, где практически нет красных тонов. На голубовато-зеленом общем фоне очень хорошо различим белый цвет предметов. Поэтому если окрасить все подводное снаряжение (полумаску, ласты и дыхательный аппарат) в белый цвет, то лучше будет виден плавающий под водой аквалангист. Для детального изучения голубого континента важно иметь возможность незаметно поближе подплывать к обитателям подводного мира, наблюдать за ними, фотографировать и вылавливать их и т. д. Для этих целей все подводное снаряжение должно быть серого, голубого или зеленого цвета. Водный «фильтр» толщиной в 15 м практически полностью поглощает все красные лучи; в результате на глубинах свыше 15 м в сетчатку глаза аквалангиста не поступают длинноволновые части солнечного спектра и человек не различает красные предметы; все красное на этих глубинах (некоторые водоросли, морские звезды, кровь и др.) воспринимается человеком как темно-зеленое.

Тридцать лет тому назад академик В. В. Шулейкин выяснил основную причину окраски морей. Было установлено, что наибольшее количество лучей, которые выходят из морской воды обратно в воздух, составляют синие, наименьшее — лучи красной части спектра. Цвет моря часто меняется в зависимости от характера солнеч-

ного освещения, состояния поверхностного слоя воды и качества обратно выходящих из воды лучей.

Представьте себе, что вы находитесь на берегу моря; лето, полдень солнечного дня. Вы надели на лицо полумаску, включились на дыхание в акваланг и вошли в прозрачную теплую воду; ныряете и плывете под водой... И в плавании вас ничто не ограничивает: ни запас дыхательной газовой смеси, ни энергия движения. Перед вашими глазами проплывают многообразные представители растительного и животного мира: серо-зеленые водоросли, подвижные серебристые рыбки... Вот спокойно лежит на песчаном выступе темно-зеленая пятилучевая морская звезда, мимо проплывает редкий гость — морской еж, быстро перебирая своими многочисленными щупальцами-иголками... А как феерически красиво играют, переливаясь, желто-белые солнечные лучи в поверхностном зеленовато-голубом слое воды! Все этой красочной картины вы не смогли бы увидеть, если бы не надели на лицо полумаску с овальным стеклом, то есть не изолировали бы свои глаза от водной среды. Почему?

Известно, что в воздухе световые лучи распространяются прямолинейно (коэффициент преломления принят за 1,0). Попадая в глаз человека, лучи света преломляются и сходятся (фокусируются) на воспринимающей чувствительной поверхности сетчатки (суммарный коэффициент преломления всех сред глаза равен 1,336—1,406). При уплощении хрусталика, то есть в состоянии покоя аккомодации, преломляющая сила глаза человека составляет около 60 диоптрий, причем около  $\frac{2}{3}$  всей преломляющей способности глаза падает на роговую оболочку и около  $\frac{1}{3}$  (около 20 диоптрий) — на хрусталик. При максимальной аккомодации, то есть утолщении хрусталика (живой увеличительной линзы), преломляющая сила глаза 20-летнего человека увеличивается на 10 диоптрий, у 35-летнего — несколько меньше, на 7 диоптрий. В отличие от воздуха вода имеет коэффициент преломления 1,33, почти равный коэффициенту преломления роговой оболочки глаза. Поэтому при непосредственном соприкосновении глаза с водой роговая оболочка почти полностью утрачивает свою преломляющую силу. В результате этого лучи света преломляются меньше и не фокусируются в светочувст-

вительных участках сетчатки глаза, а условно сходятся за сетчаткой. Глаз в физиологическом смысле становится дальнозорким: резко нарушается четкость восприятия предметов подводного мира. Небольшая воздушная прослойка подполумасочного пространства полностью восстанавливает преломляющую силу роговой оболочки и глаза в целом. Но при этом световые лучи, переходя через стекло полумаски из водной среды в воздушную, преломляются добавочно. Вследствие этого аквалангисту предметы кажутся ближе, чем в действительности.

При подводном плавании без полумаски острота зрения уменьшается в 100—200 раз; это означает, что в воде все частички диаметром менее 3—5 мм человеком не различаются.

Следует обратить особое внимание на то, что рациональный режим труда, спусков под воду, отдыха и полноценное питание (особенно в отношении витамина А, входящего в состав зрительного пурпура глаза) способствуют нормальной работе зрительного анализатора во время подводного плавания.

Ушной аппарат (наружное, среднее и внутреннее ухо) является органом слуха, доставляющим звуковые волны к чувствительным нервным образованиям (рецепторам), где происходит превращение звуковой энергии в нервный процесс. Рецепторы слухового анализатора расположены в кортиева органе улитки внутреннего уха; от них в центральную нервную систему поступают импульсы возбуждения по слуховому нерву. В клетках височных долей коры больших полушарий головного мозга, относящихся к слуховому анализатору, возникают звуковые образы и происходит высший их анализ.

Существует два способа проведения звуковых волн к рецепторам кортиева органа внутреннего уха: путем воздушной и костной проводимости. При воздушной проводимости звуковые волны проходят через наружный слуховой проход и вызывают колебания барабанной перепонки. Эти колебания через систему слуховых косточек, находящихся в полости среднего уха, передаются к рецепторам кортиева органа внутреннего уха. Звуковые колебания могут вызвать соответствующие колебания тканей организма, в том числе и костной ткани. Эти

костные колебания (главным образом черепа) непосредственно передаются кортиеvu органу.

Область слуховых ощущений человека лежит в пределах от 16 до 22 000 колебаний в секунду (*герц*). Максимальная чувствительность слухового анализатора человека лежит в пределах частот от 1000 до 4000 *герц*. В обычных условиях (на воздухе) воздушная проводимость резко преобладает над костной проводимостью. А в воде, наоборот, аквалангист воспринимает звук главным образом благодаря костной проводимости звуковых колебаний, так как потери звука при переходе из воды в кости черепа меньше, чем на воздухе (акустическое сопротивление воды почти равно акустическому сопротивлению организма человека, состоящего на 62—65% из воды).

Если закрыть наружные слуховые проходы на воздухе, резко ухудшается восприятие звуков: снижается воздушная проводимость. В воде (при условии исключения воздушной проводимости путем закрытия наружных слуховых проходов) понижения слуха нет: восприятие звуков происходит только за счет костной проводимости.

Известно, что звук в воде поглощается в сотни раз слабее, чем в воздухе, и почти в 5 раз быстрее распространяется (около 1500 м в секунду), чем в воздушной среде (340 м в секунду). Исходя из этих особенностей распространения звука в воде, можно было бы предположить, что по звуковым сигналам можно ориентироваться при подводном плавании. На самом деле ориентироваться по звуку в воде практически нельзя. В воздушной среде звук приходит в одно ухо раньше на 0,00003 секунды, чем в другое. В результате слуховой анализатор определяет (дифференцирует) источник звука с ошибкой всего лишь в 1—3°. В воде при костной проводимости звук придет к рецепторам кортиева органа почти одновременно (вследствие большей скорости распространения звука в воде). И слуховой анализатор не дифференцирует (не определяет) положения подводного источника звука. Звуковые же сигналы от такого источника плавающий под водой аквалангист слышит хорошо.

6. Нервно-психическое напряжение при спуске под воду. Подводное плавание кроме значительных физических усилий требует от спортсмена-аквалангиста большого нервно-психического напряже-

ния. Оно вызывается необычностью окружающей подводного пловца водной среды, пониженной видимостью на глубине, некоторым риском при каждом спуске под воду, зависимостью от исправности акваланга и наличия в нем сжатого воздуха, от невозможности переговоров с людьми, находящимися на поверхности, и другими особенностями подводных погружений.

Временная изоляция от привычной природной (воздушной) среды также вызывает у аквалангиста некоторые переживания. Как необходимы в таких случаях товарищеская моральная поддержка и «переговоры» страхующего человека с подводным пловцом!

На рисунке видно, что каждый аквалангист имеет связь с поверхностью через сигнальный конец, заканчивающийся плавающим буйком (поплавком), сделанным из пенопласта или надутой футбольной камеры в сетке. Длина сигнального конца должна быть равной максимальной глубине района плавания аквалангиста. При таких условиях страхующий спортсмен, находящийся в лодке или на берегу, ориентируется по плавающему поплавку (буйку). Страхующий человек должен условиться с аквалангистом: услышав один звуковой сигнал или ощутив одно подергивание за сигнальный конец, означающий: «Как себя чувствуешь?», подводный пловец должен ответить — дернуть один раз за сигнальный конец (говорить в аппарате невозможно), что означает: «Чувствую себя хорошо». Подергивание за сигнальный конец 3 раза или 3 подводных звуковых сигнала требуют окончания подводного плавания и всплытия аквалангиста на поверхность или, при декомпрессии, на первую остановку. Тройным сигналом страхующий переводит аквалангиста, проходящего декомпрессию, на последующие остановки и затем на поверхность. Отсутствие ответов подводного пловца — признак какого-то неблагополучия с ним. В таких случаях страхующий своевременно приходит на помощь.

В процессе тренировок у подводного пловца вырабатываются более оптимальные плавательные движения, привычное дыхание в аппарате через рот, в целом организм приспособляется к пребыванию в водной среде в акваланге. Познавая еще малоизвестный подводный мир и совершенствуя навыки по эксплуатации дыхательного аппарата, аквалангист тем самым приспособли-

вается с помощью аппарата к еще более длительному пребыванию под водой. Чтобы плавать, образно выражаясь, «как рыба в воде», необходимы сотни часов настойчивой тренировки в подводном плавании.

В преодолении трудностей по лучшему овладению спортивным подводным плаванием тренируются выносливость аквалангиста и его волевые усилия. Кроме всего этого, подводное плавание требует от спортсмена-аквалангиста высокой эмоциональной устойчивости, развитых волевых качеств, находчивости и спокойствия.

Не только нервно-психическим и физическим напряжением характеризуется подводное плавание. Познание подводного мира и эстетическое наслаждение своеобразием красот «безмолвного» океана рождает у аквалангиста положительные эмоции, значение которых в укреплении здоровья спортсмена чрезвычайно велико.

### **ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОГРУЖЕНИИ ПОД ВОДУ И ПРИ ПОДВОДНОМ ПЛАВАНИИ**

Каждый спортсмен-подводник должен быть здоровым и уметь хорошо плавать. Это неперемennые условия для занятий подводным плаванием и подводным спортом. Только специальная медицинская комиссия допускает человека к подводным погружениям.

При плавании в полумаске с дыхательной трубкой и ластами (в комплекте № 1) и с дыхательным аппаратом, полумаской и ластами (в комплекте № 2) более приемлемым и наиболее эффективным способом плавания является сочетание стилей кроля с брассом. Попеременные движения ног, как в стиле кроль, обеспечивают равномерное и длительное движение. Для быстрого движения под водой руки пловца должны совершать сильные гребки, как в стиле брасс. Ласты обеспечивают увеличение скорости движения в 1,5—2 раза.

Каждый подводный пловец в процессе тренировок вырабатывает у себя экономичный комплекс таких движений ногами и руками. Вспомните свои впечатления и «успехи» в обычном плавании в первые дни лета, когда зимой вы не тренировались в плавательном бассейне. Расстояния, которые вы смогли проплыть, были намного меньше осенних расстояний предыдущего года. Вы ощущали слабость прежде всего в мышцах плеча

и предплечья, голени и стоп. Именно эти группы мышц почти бездействуют в повседневной жизни большинства из нас. Через неделю-полторы ежедневных купаний отмечается увеличение силы мышц, улучшение дыхания. Вы стали дальше и дольше плавать и нырять. Все эти положительные изменения возникли в результате систематических тренировок в воде.

У людей, не выполняющих физических упражнений, резко нарушается подвижность в суставах. Подводное плавание увеличивает и надолго сохраняет максимальную амплитуду движений во всех суставах.

Вес мышц хорошо физически развитого мужчины доходит до 50% веса тела, а вес его костной системы и жира составляет соответственно около 20 и 10%. Вес мышц физически слабо развитого мужчины уменьшается до 30% веса тела, вес же жировых запасов возрастает до 20 и более процентов при почти неизменном весе костей скелета.

Физические упражнения и физический труд ведут к уменьшению запасов жира в организме, к развитию и увеличению мышечной ткани, повышают мышечную силу. Напротив, физическая бездеятельность приводит к уменьшению объема мышц и мышечной силы и увеличению отложения в организме жира. Систематическое подводное плавание способствует укреплению и увеличению мышечной системы. Это происходит не только вследствие укрепления имеющихся мышечных клеток, но и роста новых. Человек становится более стройным, сильным и здоровым.

Следует помнить, что при сокращении скелетных мышц усиливают свою деятельность многие органы и ткани, особенно нервная, сердечно-сосудистая и дыхательная системы, а также повышается обмен веществ и энергии. В процессе тренировок возникает более четкая регуляция нервной системой деятельности всех внутренних органов, улучшается координация мышечной работы с деятельностью внутренних органов; в результате этого организм совершает ту же работу при меньшей энерготрате.

Подводное плавание улучшает деятельность высшего отдела центральной нервной системы — коры больших полушарий головного мозга. Объективно это проявляется в лучшей согласованности работы сердечно-сосуди-

стой и дыхательной систем (нет одышки при больших мышечных нагрузках), в более тонкой и точной координации мышечных сокращений при подводном плавании, в увеличении скорости сокращений мышц, а субъективно — в улучшении самочувствия, повышении общей работоспособности и умственной деятельности, в оптимизме.

Кроме выработки навыков по согласованному и экономичному сокращению мышц рук и ног (с ластами), в процессе тренировочных погружений под воду с дыхательной трубкой и в акваланге необходимо выработать у себя новый тип дыхания. Вместо естественного привычного носового дыхания нужно научиться сознательно переключаться на дыхание только через рот.

Итак, мы отметили, что при подводном плавании нормальным дыханием является дыхание через рот. За частотой дыхания спортсмена, плывущего под водой в акваланге, можно следить по пузырям выдыхаемого воздуха, появляющимся на поверхности воды при каждом выдохе (смотрите рисунок). Сосчитав количество таких воздушных пузырей за 1 минуту, можно составить представление о частоте дыхания спортсмена. Нетрудно определить еще один показатель жизнедеятельности аквалангиста при подводном плавании — время проплыва дистанции от старта до финиша и затем высчитать среднюю скорость движения под водой.

Но этих данных для суждения об изменениях в жизнедеятельности подводного пловца явно недостаточно. Врачи-физиологи в специальных исследованиях более глубоко изучили деятельность дыхательной и сердечно-сосудистой систем, обмен веществ и энергии при подводном плавании. В качестве примера в таблице приведены средние данные, характеризующие изменения деятельности сердечно-сосудистой системы, дыхания и обмена веществ и энергии при подводном плавании в аквалангах, полученные научным сотрудником В. А. Бодровым. Исследования проведены на пяти испытуемых мужчинах в возрасте от 26 до 37 лет, очень хорошо развитых в физическом отношении: испытуемые имели первый или второй разряд по подводному плаванию и одновременно первый разряд или звание мастера спорта по обычному надводному плаванию или лыжам.



[illegible]

Из таблицы видно, что частота дыхания (количество вдохов и выдохов) за минуту во время плавания на глубине 1,5 м в спокойном темпе составляла в среднем 13 дыханий, а в максимальном темпе — 19. Наибольшая частота дыхания наблюдалась в первые минуты восстановительного периода. Так, после проплыва 100 м в акваланге частота дыхательных движений увеличивается даже по сравнению с дыханием во время плавания.

После плавания также значительно возрастает глубина дыхания: через минуту после плавания в спокойном темпе в среднем за один вдох аквалангисты вдыхали в 2 раза больше воздуха, чем до плавания, а через минуту после плавания в максимальном темпе за один вдох в легкие поступало в 3 с лишним раза больше воздуха, чем до плавания. Подводное плавание приводит к значительному увеличению легочной вентиляции. Так, например, сразу же после плавания под водой в акваланге легочная вентиляция за минуту увеличилась в 2,5 раза (до 20,1 л вместо 8,1 л) при плавании в спокойном темпе и в 5 с лишним раз (до 45,7 л!) в восстановительный период после плавания в максимальном темпе. Все эти данные подтверждают мысль о том, что подводное плавание даже в спокойном темпе является значительной физической нагрузкой, требующей усиления деятельности дыхательной системы аквалангиста.

Если принять объем воздуха при максимальном вдохе (жизненную емкость легких) взрослого человека, ведущего сидячий образ жизни, равным 3,35 л, за 100%, то у подводных пловцов жизненная емкость легких увеличивается в среднем до 4,9 л воздуха (что составляет более 146%). Увеличение жизненной емкости легких, углубление дыхательных движений и значительное урежение их в покое (до 8—10 дыханий в минуту вместо 14—18 у малотренированных людей) является хорошим признаком роста резервных сил дыхательной системы аквалангистов. Плавание под водой способствует тренировке дыхательных мышц, которые в случае напряженной физической деятельности устают позже, чем дыхательные мышцы у малотренированных людей. Опять-таки резерв сил дыхательной системы становится большим.

В чем сущность увеличения резервных возможностей дыхательной системы? При большой физической нагрузке (быстрый бег, скоростное плавание и тяжелая работа) резко увеличивается легочная вентиляция (до 40 и более литров воздуха в минуту) и поэтому усиливается газообмен. У тренированного человека (с большим резервом сил дыхательной системы) увеличение легочной вентиляции происходит за счет углубления вдохов и выдохов, у нетренированных же — за счет главным образом учащения дыхательных движений, что быстро приводит к утомлению дыхательных мышц и, в целом, к расстройству дыхания — одышке, к невозможности продолжать начатую работу.

Известно, что артериальный пульс (то есть колебания сосудистой стенки) происходит от сокращений левого желудочка сердца, выбрасывающего в аорту порцию крови. Пульс можно прощупать на любой артерии тела, и он будет отражать деятельность сердца. Определите у себя на предплечье на лучевой артерии частоту пульса за минуту, затем сделайте 10—30 приседаний и снова сосчитайте частоту сердцебиений. После физической нагрузки сердце участило и усилило свои сокращения (артерия стала более наполненной). Следовательно, сокращения мышц способствуют увеличению сердцебиений. Определите частоту пульса через 3 минуты после приседаний. При здоровом сердце пульс должен войти в норму.

Обращает на себя внимание факт учащения сердцебиений в среднем с 56 до 88 за минуту при плавании в спокойном темпе и до 108 сокращений сердца при плавании в максимальном темпе. Сразу же после плавания в спокойном темпе частота пульса приходит к исходному фону, в то время как при скоростном подводном плавании в максимальном темпе частота пульса через минуту после плавания еще велика (в среднем 87 вместо 56) и даже через 10 минут не достигает исходной величины до плавания. Следовательно, учащение сердцебиений при подводном плавании всецело зависит от величины физической нагрузки при плавании под водой.

О деятельности сердечно-сосудистой системы можно также судить по величине артериального кровяного давления. Взаимосвязанная деятельность сердца и

кровеносных сосудов, способных суживаться и расширяться, обеспечивает необходимый для жизни организма уровень кровяного давления. Различают максимальное артериальное кровяное давление (в период сокращения желудочков сердца) и минимальное (во время расслабления сердечной мышцы). Чаще всего артериальное кровяное давление определяют на плечевой артерии. Разница между величинами максимального и минимального кровяного давления носит название пульсового давления. Пульсовое давление характеризует кроме силы сердечных сокращений также тонус артерий, их способность суживаться и расширяться. Так, при значительном сужении просвета, главным образом артериол (за счет нервно-гуморальных факторов или при склеротических утолщениях сосудов) минимальное кровяное давление повышается, а пульсовое уменьшается. Поэтому кровяное давление  $\frac{145}{85}$   $\frac{(\text{максимальное})}{(\text{минимальное})}$  мм ртутного столба значительно благоприятнее, чем  $\frac{135}{110}$ , хотя максимальное кровяное давление во втором случае ниже, чем в первом.

Плавание в акваланге в спокойном темпе вызывает незначительные изменения величин артериального кровяного давления, а подводное плавание в максимальном темпе уже вызывает повышение максимального кровяного давления в среднем со 109 мм ртутного столба до 120 и повышение минимального кровяного давления в среднем с 75 до 79 мм ртутного столба. Рост пульсового давления как после подводного плавания в спокойном темпе в среднем с 34 до 36 мм ртутного столба, так и до 41 мм ртутного столба после плавания под водой в максимальном темпе является хорошим признаком и одним из показателей резерва сердечно-сосудистой системы этих испытуемых.

Известно, что в спокойном состоянии все отделы сердца взрослого человека 50% времени одновременно полностью отдыхают (находятся в расслабленном состоянии), 37,5% времени работают (сокращаются) желудочки сердца и 12,5% времени — предсердия. О сердце можно сказать, что оно, работая, отдыхает и,

отдыхая, работает. При учащении сердцебиений укорачивается главным образом период расслабления, то есть отдыха сердца, а не время сокращений его предсердий и желудочков. Вот почему сердце нетренированного человека, лишенное нормального отдыха, не выдерживает длительной и напряженной работы. У спортсмена-подводника в процессе тренировок улучшается деятельность и сердечно-сосудистой системы: становятся более редкими сердечные сокращения, устойчиво снижается артериальное кровяное давление, укрепляется сердечная мышца и улучшается ее кровоснабжение.

Известно, что энергетический и вещественный обмены являются одним из важных показателей жизнедеятельности организма. Слабый обмен веществ и энергии, например, при сидячем образе жизни, ослаблении деятельности желез внутренней секреции (особенно щитовидной и половых) и при недостаточном питании характеризует ослабление организма, понижение его работоспособности и в дальнейшем увядание, преждевременное старение. Чрезмерно повышенный обмен веществ и энергии, например, при изнуряющей тяжелой физической работе и спорте, болезненном усилении деятельности щитовидной железы приводит не только к резкому похуданию, но и к понижению умственной и физической работоспособности. При подводном плавании и после него в организме человека происходит оптимальное повышение обменных процессов.

В нашей таблице приведены данные о потреблении кислорода организмом аквалангиста. Так, например, если в покое на поверхности во время дыхания в акваланге испытуемыми поглощалось за минуту в среднем 0,388 л кислорода, то после плавания в максимальном темпе поглощение ими кислорода резко возрастало — до 1,47 л и оно было повышенным в течение длительного времени. Следовательно, как во время подводного плавания, так и после него возрастают энерготраты (для ориентировочных расчетов энерготрат можно количество литров поглощенного организмом кислорода умножить на пять больших калорий тепла).

Мы уже отмечали, что человек, погружившийся в воду, теряет больше тепла, чем в воздухе при той же температуре. К сказанному следует добавить, что во

время подводного плавания в организме усиливается теплопродукция, которая компенсирует теплоотдачу (главным образом через кожную поверхность и через органы дыхания). При исследовании у спортсменов-подводников количества поглощенного кислорода в единицу времени было установлено, что к концу систематических тренировок проплыв под водой такого же расстояния, как и в начале тренировок, требует уменьшения потребления кислорода.

При подводном плавании возрастают не только энерготраты от дополнительной потери тепла в воде и усиленной мышечной деятельности, но, в частности, надпочечники выделяют большее количество жизненно важных стероидов — гормонов, оказывающих многогранное влияние на биохимические процессы, происходящие в клетках организма. При снижении продукции стероидов (например, при ожирении, малоподвижном образе жизни и др.) возникает быстрая утомляемость, зябкость, понижение ниже нормы артериального кровяного давления и уровня сахара в крови, в целом — резкое ослабление обменных процессов и преждевременное увядание организма. Таким образом, подводное плавание является фактором, стимулирующим жизнедеятельность организма человека и предупреждающим различные заболевания людей, регулярно не занимающихся физическими упражнениями и физическим трудом, — переутомление, ожирение, мышечную и половую слабость, раннее старение.

В процессе систематических погружений под воду основными положительными изменениями в организме подводного пловца являются: укрепление физического состояния, увеличение резерва сил всех систем организма (особенно нервной, мышечной, сердечно-сосудистой и дыхательной) и оптимальное повышение обменных процессов. Не случайно подводный спорт называют спортом сильных, здоровых и жизнерадостных людей.

## **ПОДВОДНОЕ ПЛАВАНИЕ — ОДИН ИЗ ЛУЧШИХ ВИДОВ АКТИВНОГО ОТДЫХА**

Отдых нужен органам и тканям нашего организма. В здоровом организме происходит экономнейшее использование жизненной энергии и питательных ве-

ществ и одновременно осуществляется отдых и восстановление утраченной работоспособности ряда органов и тканей. Так, например, в течение всей жизни сердечная мышца периодически сокращается и расслабляется, то есть работает и отдыхает; скелетные мышцы также то сокращаются (работают), то расслабляются (отдыхают). Нередко одна группа мышц сокращается, а в то же время другая группа скелетных мышц-антагонистов находится в расслабленном состоянии. Периодична и деятельность пищеварительных желез.

Ритмические нервные импульсы, приходящие от чувствительных образований (рецепторов) к нервным клеткам головного и спинного мозга, могут при различных условиях или приводить их в деятельное (возбужденное) состояние, или, напротив, тормозить, задерживать деятельное состояние, выключать нервные клетки из работы.

На основе многочисленных фактов, собранных в лабораториях и клиниках, академик И. П. Павлов пришел к выводу, что сон — это торможение клеток головного мозга. Количественное увеличение в головном мозге процесса торможения и, соответственно, уменьшение процесса возбуждения переходит в новое качественное состояние — сон. Даже при неглубоком сне выключается сознание человека. Кроме этого, у спящего человека происходит понижение обмена веществ и энергии, снижение температуры тела, уменьшение частоты дыхательных движений, урежение и ослабление сердцебиений, понижение артериального кровяного давления, меньшее образование почками мочи, расслабление скелетной мускулатуры и т. д. Во время сна восстанавливают свою работоспособность не только нервные клетки, но и все органы и ткани организма. Спортсмен-подводник должен спать не менее 7—8,5 часа в сутки, а иногда и больше (при переутомлении и заболеваниях). Всякое удлинение бодрствования и укорочение сна приводят к нарушению деятельности нервной системы. Для быстрейшего восстановления работоспособности человека кроме целительного сна необходим активный отдых. Стало пословицей образное выражение Рахметова — героя романа Н. Г. Чернышевского «Что делать?»: «Перемена занятий есть отдых». Действительно, во время активного отдыха осуществляется

деятельность тех мышц и нервных клеток, которые, как правило, не функционируют при повседневной работе каждого из нас. Следовательно, во время активного отдыха утомленные нервные клетки восстанавливают свою работоспособность. Надо стремиться разнообразить свой досуг как с точки зрения умственного, эстетического и художественного совершенствования, так и с точки зрения физического развития.

Эстетическое воспитание предполагает воспитание не только красотой произведений искусств, живописи, но и красотой природы. Можно без преувеличения сказать, что кто недооценивает, не понимает красоты природы, тот не способен правильно оценить прекрасное в жизни и в искусстве. А как фантастически красив подводный мир!

Занятие подводным плаванием и подводным спортом связано прежде всего с поездкой к морю, озеру, реке. Мы отвлекаемся от повседневных забот и однообразия окружающей нас городской обстановки, предвкушая приятный отдых на лоне природы с познанием «тайн» подводного мира. Пребывание на лоне природы — чистый воздух, принятие воздушных ванн и купание, оздоровительное ультрафиолетовое облучение солнечными лучами весной и летом, а на юге нашей страны — и осенью, — как все это контрастно отличается от сидячего времяпрепровождения в накуренном помещении, да еще хуже — за чаркой водки. Каждому должно быть ясно, что подводное плавание и спорт несовместимы с употреблением алкоголя. Спортсмен-подводник твердо знает, что употребление спиртных напитков даже в небольших количествах опасно для жизни при плавании под водой.

При систематической закалке организма и регулярных тренировках (гимнастической физзарядке, надводном и подводном плавании, езде на велосипеде, беге на коньках, катании на лыжах и др.) подводное плавание и подводный спорт еще больше укрепляют физическое состояние человека и улучшают его здоровье. В связи с этим следует обратить особое внимание на необходимость общей всесторонней физической подготовки для специальной тренировки в подводном плавании и подводном спорте. Мы уже отмечали, что кроме удовольствия и эстетического наслаждения



подводное плавание весьма полезно для здоровья: укрепляется нервная, сердечно-сосудистая, дыхательная и мышечная системы, более эластичной становится кожа, оптимально повышаются обменные процессы.

Однако глубоко заблуждается тот, кто считает, что каждый занимающийся подводным плаванием и спортом непременно укрепляет свое здоровье. Подводное плавание лишь тогда приносит пользу, когда оно бывает логичным оздоровительным фактором в единой цепи жизненного цикла человека. Только при соблюдении рационального режима труда и отдыха, питания и сна оно будет добавочным естественным стимулятором жизненного тонуса организма.

\* \* \*

При современном уровне развития подводного спорта и подводной медицины подводное плавание безопасно.

За состоянием здоровья аквалангиста необходим систематический врачебный контроль. Рекомендуем самим спортсменам-подводникам иметь дневник здоровья, в котором систематически записывать данные о состоянии своего здоровья (весе, росте, силе мышц, спортивных достижениях, самочувствии, переутомлении, перенесенных заболеваниях и т. д.). Его можно заполнять еженедельно или ежемесячно. Важно, чтобы в нем систематически регистрировались основные показатели здоровья. Такой дневник здоровья чрезвычайно помогал бы тренеру при составлении режима тренировок, режима труда и отдыха спортсмена во время соревнований.

Молодежи свойственно дерзать, познавать новое. Ее привлекают романтика, таинственность неизвестного. Подводное плавание во многом удовлетворяет смелые мечты молодежи.

---

**Цена 8 коп.**