

В. В. СМОЛИН, Г. М. СОКОЛОВ Государственный научный центр Российской Федерации –  
Институт медико-биологических проблем РАН

# ЖИЗНЬ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

## МЕТОД ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ВЫПОЛНЕНИЯ ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТ



В. В. Смолин, Г. М. Соколов

С древних времен ныряльщики стремились повысить эффективность погружений путем тренировок по задержке дыхания, использования трубок, камня для ускорения погружения, сосуда или бурдюка с воздухом, из которого возможен вдох. Затем появились открытый водолазный колокол и водолазное снаряжение, после чего стала применяться подача в них сжатого воздуха. Стало возможным осваивать все большие глубины. Но здесь возникли новые труднопреодолимые препятствия. Одно из важнейших – холод. Действие холода удалось уменьшить или практически ликвидировать с помощью пассивных и активных средств обогрева, проведения декомпрессии в барокамере на поверхности и использования закрытого водолазного колокола. Другой неблагоприятный фактор – наркотическое действие азота, что потребовало ограничения глубин спусков с использованием для дыхания воздуха до 60 м, частичной или полной замены азота в газовых смесях и средах гелием для проведения глубоководных спусков. В свою очередь применение гелия поставило новые проблемы – усиление охлаждающего действия,

сужение зоны теплового комфорта, развитие нервного синдрома высоких давлений. В какой-то степени удалось решить и эти проблемы. Еще один фактор, который необходимо учитывать – возможность развития токсического действия кислорода. Борьба с этим явлением проводилась путем разработки допустимых глубин спусков при дыхании кислородом (до 20 м), норм времени дыхания кислородом и дыхательными газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода в зависимости от глубины, уменьшения парциального давления кислорода в газовых смесях и использования воздушных перерывов при дыхании чистым кислородом. Другими факторами, ограничивающими возможности водолаза при выполнении подводных работ, являются факторы водной среды и водолазного снаряжения: высокая плотность газовой среды, ограничивающая передвижения водолазов и работу с подводным инструментом, гипогравитация, требующая использования дополнительных грузов, ограничение видимости и обзорности, определенное ограничение движений в конечностях. Направлениями решения этой проблемы были совершенствование конструкции водолазного снаряжения и подводного инструмента, использование адекватного снаряжения для различных видов работ, к примеру поисковые работы удобнее выполнять в плавательном варианте снаряжения, а тяжелые подводные работы при строительстве портовых и гидротехнических сооружений, опор мостов и др. лучше выполнять в тяжелом вентилируемом снаряжении.

*Но основным фактором, ограничивающим освоение глубин и резко снижающим эффективность подводных работ, является насыщение организма азотом и другими индифферентными газами, требующими применения декомпрессии.* Продолжительность декомпрессии зависит от глубины погружения, времени работы под водой,

применяемых дыхательных газовых смесей, тяжести работы под водой, температуры воды, индивидуальных особенностей организма водолаза и многих других факторов. Даже на глубинах 40–60 м полезное время работы значительно меньше непроизводительного времени декомпрессии. Так, 30 минут пребывания на глубине 40 м (включая время погружения до грунта) требуют декомпрессии в течение 1 ч. 8 мин. Эффективность водолазного труда (отношение рабочего времени к общему времени спуска) при этом составит: 30 мин. / 98 мин. = 0,306 (30,6%). При 20-минутном пребывании на глубине 60 м этот показатель будет равняться: 20 мин. / 88 мин. = 0,227 (22,7%).

*Практика проведения глубоководных водолазных спусков показала, что традиционный метод кратковременных погружений, при котором максимальные глубины не превышают 160–200 м, а время работы под водой обычно ограничено 20–30 минутами с последующей многочасовой декомпрессией, не позволяют выполнять трудоемкие подводные работы.* С увеличением глубины спуска и времени пребывания водолазов на грунте эффективность труда водолазов резко падает. При использовании режимов декомпрессии, принятых в 1950–70-е годы, 30-минутное пребывание (с учетом половины времени погружения до грунта) на глубине 160 м при дыхании кислородно-азотно-гелиевой (воздушно-кислородной) смесью требует декомпрессии в течение 25 ч. 11 мин. Эффективность водолазного труда будет равна: 30 мин. / 1 541 мин. = 0,019 (1,9%). При 30-минутном пребывании на глубине 200 м водолаза, использующего для дыхания кислородно-гелиевую смесь, время декомпрессии составляет 53 ч. 25 мин. В этом случае эффективность равняется: 30 мин. / 3 253 мин. = 0,09 (0,9%).

На самом деле эффективность водолазного труда гораздо ниже, если учитывать необходимость перерыва до очередного

спуска, который составляет от нескольких часов до нескольких суток в зависимости от глубины и времени спуска.

Исходя из вышесказанного, были установлены и приняты допустимые глубины погружений с использованием для дыхания кислорода – 20 м, воздуха – 60 м (в аварийных случаях – 80 м), кислородно-азотно-гелиевых и кислородно-гелиевых смесей – 160–200 м (в зависимости от состава газовых смесей). При погружениях с использованием кислорода, воздуха или искусственных дыхательных газовых смесей необходимо учитывать факторы, которые могут ограничивать глубины погружений и время пребывания (работы) под водой: необходимость декомпрессии (кроме спуска с использованием кислорода), механическое и охлаждающее действие воды, токсическое действие кислорода, эргономические характеристики водолазного снаряжения и др. При спусках с использованием для дыхания воздуха, кроме того, возможно наступление азотного наркоза, а при спусках с применением гелийсодержащих смесей – нервного синдрома высоких давлений. Если воздействие большинства неблагоприятных факторов водолазного спуска можно значительно уменьшить или даже исключить при использовании традиционного метода кратковременных погружений, то увеличить глубину погружений более 200 м и значительно повысить эффективность водолазного труда данный метод не позволяет.

*Это потребовало разработки нового высокоэффективного метода водолазных работ – метода длительного пребывания под повышенным давлением искусственной газовой среды (метода ДП), называемого за рубежом методом насыщенных погружений.* Это вызывалась как потребностью



Роберт Дэвис

военно-морских сил разных стран, так и коммерческими соображениями. Военно-морским силам было необходимо оказывать помощь экипажам затонувших подводных лодок, выполнять судоподъемные и другие трудоемкие работы. Кроме того, поступающие на вооружение подводные лодки имеют рабочие глубины погружения, превышающие возможности спусков водолазов методом кратковременных погружений для оказания помощи их экипажам. В середине XX века возникла потребность выполнения работ, связанных с разведкой, добычей и транспортировкой нефти и газа на континентальном шельфе на глубинах до 300 м и более. Эти работы требовали обязательного участия водолазов по обслуживанию и ремонту подводных технических устройств, применяемых на морских месторождениях нефти и газа.

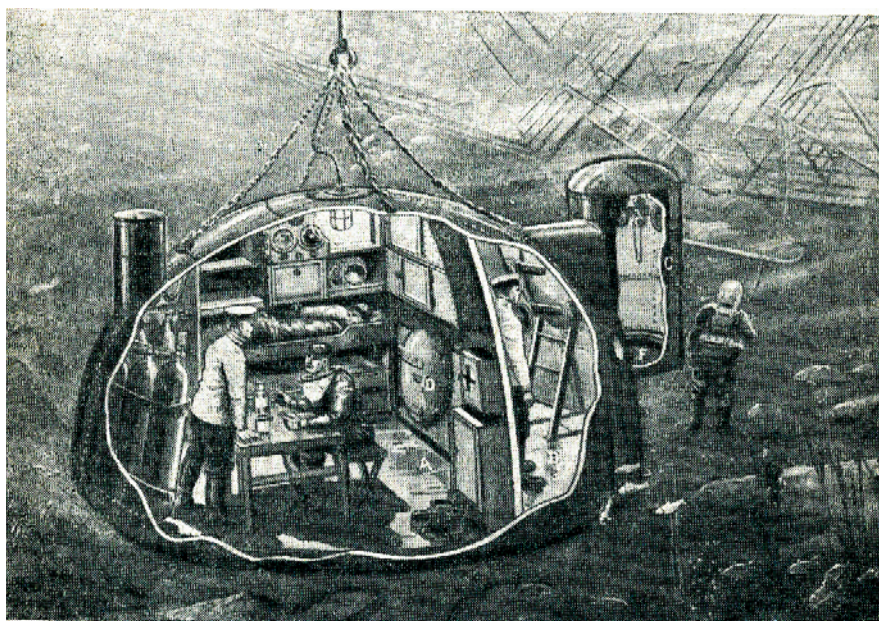
*Метод длительного пребывания под повышенным давлением характеризуется тем, что водолазы-глубоководники (акванавты) после выполнения работы под водой не проходят*

*декомпрессию и не возвращаются на поверхность, а продолжают время (от одних суток до нескольких недель) живут под давлением, равным давлению столба воды у места водолазных работ.* При использовании подводных комплексов ДП (в подводных домах, на подводных лодках) акванавты для выполнения водолазных работ непосредственно выходят в водную среду и возвращаются из нее, а для доставки к месту работ и возвращения акванавтов в специально оборудованные барокамеры на надводных комплексах ДП применяются водолазные колокола и водолазные подводные аппараты. Декомпрессия акванавтов проводится один раз после завершения планового срока пребывания под давлением или окончания водолазных работ. В отличие от традиционных спусков методом кратковременных погружений акванавты могут ежедневно работать под водой до четырех и более часов без проведения декомпрессии.

Предыстория метода ДП начинается с предложенной в 1920-х годах Робертом Дэвисом конструкции подводного дома для продолжительного пребывания людей под водой и обеспечения водолазных работ. Дом по проекту имел три герметичных отсека (жилой отсек, шлюз, водолазный отсек) и балластную цистерну. В жилом отсеке находились воздушные и кислородные баллоны, а также система вентиляции и очистки газовой среды для многосуточного пребывания водолазов и обеспечивающего персонала, которые в отличие от экипажей подводных домов, получивших развитие в 1960-х годах, должны были находиться в условиях нормального давления. После каждого выхода в воду через нижний люк водолазного отсека водолаз должен был проходить декомпрессию в шлюзе, а в другом типе дома, состоящего из двух отсеков (жилого и водолазного), декомпрессия должна была проводиться в водолазном отсеке. Подводный дом Дэвиса, к сожалению, не был построен.

До начала разработки метода ДП в разных странах и с различными целями были проведены исследования по продолжительному пребыванию человека и животных в барокамерах, не связанные с внедрением в практику идеи работать и жить под водой, позднее сформулированной Дж. Бондом.

В 1920-х годах в США в барокамере проводилось лечение больных под давлением воздуха до 4 кгс/см<sup>2</sup>, продолжительность лечения составляла от 3 ч. до 31 суток. В декабре 1938 года Эдгар Энд и Макс Джин Нол провели 27 часов под давлением воздуха 100 футов (30,5 м вод. ст.) в барокамере Милуокского госпиталя. Время декомпрессии составило 5 часов, после чего у Нола появились симптомы декомпрессионной болезни.



Проект подводного дома Роберта Дэвиса

В 1949 году Постоянная комиссия по аварийно-спасательному делу АН СССР под руководством Л. А. Орбели и М. П. Бресткина с участием З. С. Гусинского, А. Ф. Панина, А. Г. Жиронкина и др. приступила к изучению возможности продолжительного пребывания подводников под повышенным давлением. Были проведены эксперименты на собаках под давлением до 100 м вод. ст. с экспозицией до 3 суток.



Л. А. Орбели



М. П. Бресткин

В 1952–1954 годах И. А. Александровым, Б. В. Лазаревым-Станицевым, Г. Л. Зальцманом, В. В. Смолиным, В. Н. Смухнинным и др. были проведены исследования в барокамерах на животных и с участием испытуемых по продолжительному пребыванию (в условиях повышенного до 4, 5, 7 и 9 кгс/см<sup>2</sup>) давления воздуха.



З. С. Гусинский



И. А. Александров

**В результате за пять лет до американского врача Джорджа Бонда были получены основные исходные данные для метода ДП: рекомендованы сроки безопасного пребывания людей и животных; установлено, что основным ограничивающим фактором является повышенное давление кислорода, парциальное давление которого не должно превышать 0,4–0,6 кгс/см<sup>2</sup>; вторым фактором признано наркотическое действие азота, который должен быть замещен гелием; разработаны и проверены ориентировочные режимы декомпрессии для практической полного насыщения организма азотом воздуха при применявшихся величинах давления. Однако результаты исследований не вылились в разработку метода насыщенных погружений (выполнения водолазных работ из условий ДП).**

**Первые практические длительные погружения водолазов в водной среде были проведены до разработки метода ДП. В августе 1956 года американец Энд Фишер сидя на надутой авто-**

**мобильной камере провел 24 часа в море под водой на глубине 33 фута (10 м), а в 1963 году француз Луи Лурмэ в течение 31 ч находился на небольшой глубине под водой в пруде. При этом помимо водолазного снаряжения никакие технические средства не использовались. Спуски проводились с целью установления рекордов по продолжительности пребывания под водой с аквалангом и не были связаны с методом выполнения водолазных работ из условий длительного пребывания.**



Джордж Бонд



Жак-Ив Кусто

За рубежом теорию насыщенных погружений начала изучать в 1957 году группа из Лаборатории подводного плавания ВМС США (Нью-Лондон), возглавляемая военными специалистами по подводной медицине Джорджем Ф. Бондом и Р. Уоркманом. Целями исследований было их использование в военном деле: обеспечение поисковых и спасательных операций, эксплуатация построенных на дне сооружений, использование континентального шельфа как вспомогательного полигона для военных операций. В 1959 году была утверждена предложенная Дж. Бондом программа физиологических исследований «Генезис», рассчитанная на пять лет, с выполнением нескольких последовательных фаз. В программе было предусмотрено обоснование метода насыщенных погружений. В случае успешного завершения опытов с животными исследования должны были продолжаться с участием людей в условиях барокамер. В 1963 году правительством США была принята комплексная государственная программа DSSP (Deep Submergence System Project), в которой нашли отражение следующие направления:

- увеличение глубины и эффективности водолазных работ;
- создание технических средств для глубоководных исследований и работ в океане;
- развитие методов поиска затонувших подводных лодок и спасения экипажей.

Подобные государственные программы были приняты во Франции, Великобритании, ФРГ и других странах. Для решения проблем, связанных с освоением человеком больших глубин, в этих странах создавались специальные научные коллективы. Во Франции исследования возглавил Жак-Ив Кусто. Он полагал,

что это позволит провести всесторонние исследования океана с целью широкой эксплуатации его биологических ресурсов и обеспечения экологической безопасности. В 1962 году инженер Анри Жермен Делоз с группой единомышленников отделился от группы Кусто и основал фирму КОМЕХ (Компания морских экспертиз), главной целью которой стало завоевание монополии в сфере водолазного обслуживания районов морской нефтедобычи. В Великобритании исследования проводились под руководством доктора Тейлора в физиологической лаборатории Адмиралтейского морского технологического ведомства в Альверстоке, где в 1964 году была построена барокамера для имитации водолазных спусков на глубины до 340 м. В ФРГ исследования проводились фирмой «Дрегер», в Японии – Морским центром по науке и технике. В дальнейшем подобные исследования стали проводиться в Норвегии, Швеции и Италии.



Анри Ж. Делоз



Кавье Фрюктыус

Вначале исследования по ДП в разных странах проводились на животных, а затем с участием человека с использованием простейших береговых барокамер и подводных домов. По мере увеличения глубин погружений водолазов и накопления возникающих при этом физиологических и технических проблем стали появляться научные центры с современными береговыми гипербарическими комплексами. Гипербарические комплексы последних лет позволяют имитировать водолазные спуски методом КП на глубины до 200 м и методом ДП на глубины 500–700 м, а некоторые – до 1 000 м вод. ст.

*Продолжение следует*

*Журнал DiveTek и компания «Тетис» предлагают вам принять участие в совместной акции «ДКБ: страшно невежество». На подводном портале «Тетис» ([www.tetis.ru](http://www.tetis.ru)) вы можете задать любой вопрос о декомпрессии: Владимиру Владимировичу Смолину, Геннадию Михайловичу Соколову, Борису Николаевичу Павлову и другим ведущим отечественным специалистам в области гипербарической физиологии и водолазной медицины.*

*Ответы на ваши вопросы будут опубликованы в журнале DiveTek.*

