

Sergiey Gulyar, Romuald Olszański, Stanisław Skrzyński

prof. Sergey Gulyar
Department of Underwater Physiology
Bogomoletz Institute of Physiology
Kiev, Ukraine
e-mail: gulyar@zepter.ua

doc. dr hab. med. Romuald Olszański
Wojskowy Instytut Medyczny
Warszawa
Zakład Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni

dr inż. Stanisław Skrzyński
Akademia Marynarki Wojennej
Zakład Technologii Prac Podwodnych

**GENERAL CHARACTERISTICS OF CONCEPT OF “ZERO HORIZON”
(SATURATION PLATEAU) IN SATURATION DIVING AND ITS
EXPERIMENTAL TEST**

This paper reports the results of 4 nitrox saturation dives, equivalent to the saturation dives at 10, 20, 30 and 40 m. There were 3 divers participating in each simulated dive. For each exposure divers made excursions to 70 m beyond the level of saturation plateau, so called “zero horizon”, with application of typical air decompression tables

No decompression incidents were observed during the experiment, this proved that the duration of stops at depth was correct .

For the excursions to 70m both: zero decompression or air decompression tables may be used.

The results obtained allow to optimize the big scale underwater works and help in effective planning of excursions with the application of habitats for saturated diving.

All tests were performed at the experimental complex of chambers PDK-2-DP. The subjects participating were divers selected after a special training with high partial nitrogen pressures.

Key words: decompression theory, saturation diving, decompression chamber

**ГИПЕРБАРИЧЕСКАЯ САТУРАЦИЯ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
КОНЦЕПЦИИ И НУЛЕВОГО ГОРИЗОНТА И ЕЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА**

Проведено 4 насыщенных погружения в барокамере с азотно-кислородной атмосферой под давлением 2, 3, 4 и 5 кгс/см². В каждой из экспозиций участвовало по 3 акванавта. На протяжении пребывания под повышенным давлением акванавты осуществляли экскурсионные «погружения» на глубины ниже «горизонта насыщения» на 10-90 м. Проверялась гипотеза о том, что при длительном пребывании под повышенным давлением («нулевая» глубина) режим декомпрессии,

рассчитанный для стандартных ненасыщенных погружений, будет одинаков независимо от величины насыщающего давления.

Выявлено отсутствие декомпрессионных нарушений во всех вариантах экскурсий ниже и выше «горизонтов насыщения», что подтверждает возможность применения концепции «нулевого горизонта» для полного насыщения на «глубинах» 10, 20, 30 и 40 м. Это свидетельствует о том, что безопасно допустимое время пребывания акванавтов на «грунте» определено удовлетворительно. Для экскурсионного погружения на «глубины» ниже «горизонта насыщения» на 10-70 м могут быть использованы как бездекомпрессионные режимы, так и стандартные режимы декомпрессии. При погружении ниже «горизонта насыщения» и пребывании акванавта на грунте в течение 360-60 мин с последующим подъемом на «горизонт насыщения» декомпрессию можно вести по стандартным режимам, считая «горизонт насыщения» нулевой глубиной. Предложенный подход к оптимизации режимов экскурсионных погружений без промежуточной декомпрессии может использоваться в морских условиях при работах с применением полной сатурации в судовом гипербарическом комплексе.

Ключевые слова: нитрокс, насыщенное погружение, экскурсионные погружения, барокамера, режимы декомпрессии

Введение

Экскурсионные погружения акванавтов на глубины, отличающиеся от давления, при котором произошло полное насыщение тканей инертными газами гипербарической дыхательной среды, являются нерешенной задачей длительного пребывания под повышенным давлением [1, 3]. Дополнительно к адаптационным изменениям многих физиологических систем организма человека, находящегося под постоянным действием повышенного давления [2, 7, 9, 10, 13] в условиях гипероксии [15], акванавт при работах под водой на глубинах, отличающихся от основной, подвергается физико-химическому действию инертных газов, растворенных в биологических тканях и создающих газовый дисбаланс [14]. Различные методики расчетов режимов декомпрессии для кратковременных водолазных спусков основываются на том, что исходным барометрическим давлением считается 1 кгс/см^2 , которое условно можно назвать «нулевым горизонтом». Полное насыщение гипербарической атмосферой определяет, что в этом случае «нулевым горизонтом» можно считать то давление, при котором находится человек. Ранее [11] была высказана гипотеза о том, что такой «нулевой горизонт» или «горизонт насыщения при определенном давлении» может быть использован как исходный, от которого возможны бездекомпрессионные спуски на более значительные глубины. Такие спуски эквивалентны погружениям с поверхности моря, однако они фактически являются более глубокими на величину реального давления в барокамере.

Целью медико-физиологических исследований, проводившихся в береговом гипербарическом комплексе Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова была экспериментальная проверка правомочности возможности использования «нулевого горизонта» при практических работах акванавтов под давлением $2-5 \text{ кгс/см}^2$ (глубины 10-40 м). Такой подход предполагал установление безопасно допустимого времени пребывания

акванавтов на глубинах ниже «горизонта насыщения» и последующий подъем акванавтов на «горизонт насыщения» без промежуточной декомпрессии (по бездекомпрессионным режимам). В качестве базового прототипа режимов декомпрессии, которые были использованы в каждой из экспозиций акванавтов, использованы стандартные водолазные таблицы для обычных работ на глубинах до 60 м [5].

Экспериментальное подтверждение концепции о «нулевом горизонте» позволило бы применять водолазные таблицы [5] для погружения на глубины, находящиеся ниже «горизонта насыщения». Это может значительно облегчить медицинское обеспечение водолазных спусков и повысить эффективность водолазных работ.

Методика

Экспериментальным исследованиям предшествовали расчеты бездекомпрессионных режимов по методу Холдена и Пристли [12], И. И. Савичева, А. Н. Бухарина [4] в оригинальной модификации. Расчет допустимого времени безопасного пребывания на «горизонте насыщения» и на грунте после погружения с этого «горизонта» (погружение в «каньоны») проводился на основе применения концепции о «нулевом горизонте». Учитывалось то, что при погружении любая глубина («горизонт насыщения»), на которой находится человек в состоянии полного насыщения тканей инертными газами, может быть принята за нулевую (уровень моря, 1 кгс/см²). Таким образом, в расчетах режимов декомпрессии «горизонт насыщения» условно принимается за нулевую глубину. С учетом этого переход на нулевой горизонт после погружения на глубины ниже горизонта насыщения (в «каньоны») выполняется по бездекомпрессионным режимам. Декомпрессия в этом случае происходит так, как если бы она проводилась стандартным режимам, применяемым при обыкновенных погружениях (рис. 1).

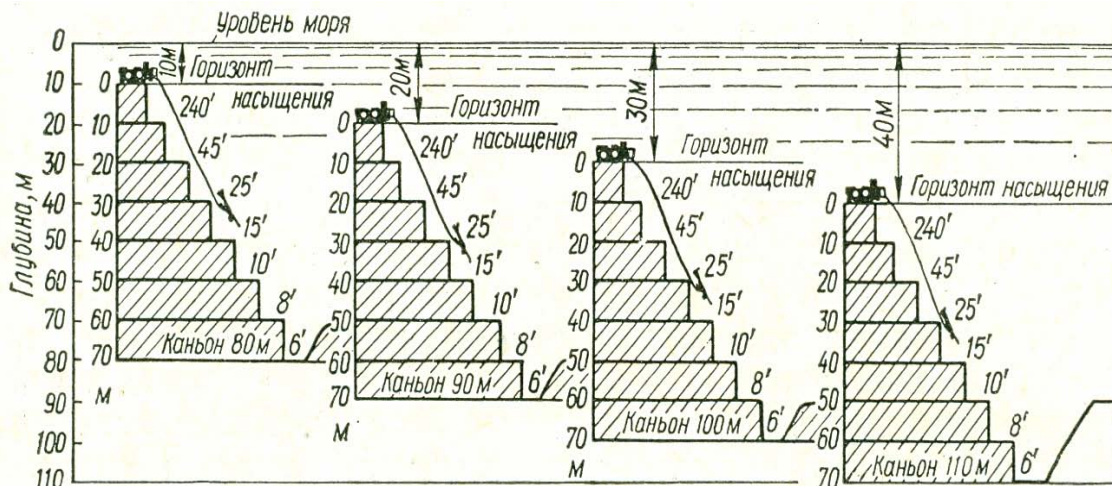


Рис. 1. Схема погружений акванавтов ниже «горизонта насыщения» согласно концепции «нулевого горизонта»
Обозначения: цифрами у ступеней (240, 45' и т.п.) показана экспозиция на каждой из экскурсионных глубин; шкалы по вертикали обозначают глубины погружений

Экспериментальные работы проводились в береговом гипербарическом

комплексе в двухотсечной декомпрессионной камере типа ПДК-2-ДП, оборудованной для длительного пребывания человека в условиях повышенного давления окружающей среды. Объем барокамеры составлял 7 м³. В одном из ее отсеков была установлена система жизнеобеспечения: блоки поглощения углекислого газа, окиси углерода, окислов азота, веществ ароматического ряда, водяных паров (рис. 2). Максимальное рабочее давление в барокамере составляло 11 кгс/см².

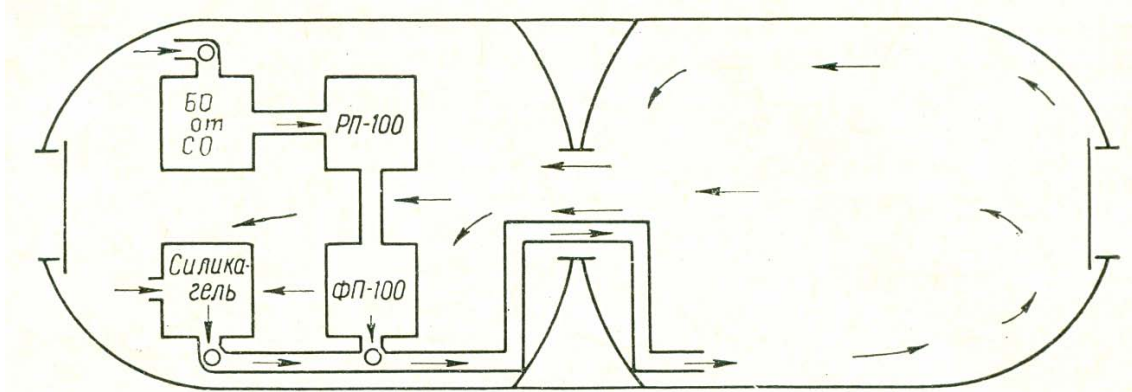


Рис. 2. Схема системы жизнеобеспечения барокамеры ПДК-2-ДП

Обозначения: БО от CO – блок очистки дыхательной среды от окиси углерода; РП-100 – блок очистки от углекислого газа (химпоглотитель известковый); ФП-100 – блок поглощения микропримесей (активированный уголь); силикагель – блок очистки от паров воды

Исследования проводились под давлением, эквивалентным глубине «горизонта насыщения» 10, 20, 30 и 40 м вод. ст. (2, 3, 4 и 5 кгс/см²) с использованием умеренно гипероксических азотно-кислородных смесей. Работа проводилась с четырьмя экипажами, каждый в составе трех водолазов.

При давлении 2 кгс/см² («глубина» 10 м) первый испытательный экипаж находился 30 ч, второй - более суток, выполняя программу проверки узлов и систем обеспечения. После того, как было установлено, что все блоки системы жизнеобеспечения работают нормально и обеспечивают безопасность длительного пребывания в барокамере двух-трех человек, в барокамеру помещались основные экипажи, состав которых ранее проходил стационарное медицинское обследование по специальной программе и был признан годным к длительному погружению на глубины до 40 м. Перед гипербарической экспозицией каждый из акванавтов проходил тренировку в барокамере в условиях сжатого воздуха на глубинах 40, 60 и 100 м. Дополнительно к этому у каждого члена экипажа определялась устойчивость к декомпрессионному пересыщению тканей инертным газом (глубинный лимит): 6-ти часовое пребывание на глубине 15 м с последующим бездекомпрессионным подъемом и наблюдением за постдекомпрессионным состоянием.

Перед экспериментом каждому члену экипажа были сделаны электрокардиограмма (ЭКГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ), оксигевограмма, клинический и биохимический анализы крови и мочи, определена микрофлора глотки, носа и уха, а также чувствительность ее к антибиотикам, исследованы бактерицидные свойства кожи, титр антител, титр комплемента и фагоцитарные реакции. Проведены исследования высшей нервной деятельности по тестам:

корректируемый, воспроизведение цифр, скорость сенсомоторных реакций. Кроме того, определялись скорость потребления кислорода организмом в условиях основного обмена, при мышечной деятельности, рассчитывались показатели кислородных режимов организма. В этом же объеме проводились исследования во время пребывания испытуемых на «горизонте насыщения» и в период постдекомпрессионной реадaptации. Результаты исследований приведены в отдельной публикации [7, 8]. Некоторые физиологические исследования проводились врачами непосредственно в камере, куда они шлюзовались на короткое время с целью медицинского осмотра экипажа, взятия крови для клинического и биохимического анализа [6]. В период пребывания в камере ряд функциональных показателей регистрировался дистанционно (электроэнцефалограмма, электрокардиограмма, оксигевограмма). Для этой цели через крышку шлюза в камеру был вмонтирован многожильный экранированный кабель. Особое внимание обращалось на наличие жалоб или объективные признаки декомпрессионного заболевания.

Контроль за компонентами дыхательной среды и вредными примесями в ней осуществлялся с помощью стандартной газоаналитической аппаратуры. На каждом «горизонте» поддерживался определенный процент кислорода в газовой среде (умеренная гипероксия). По мере утилизации кислорода проводилось обогащение атмосферы кислородом из внешнего хранилища через дозатор. «Погружение» испытуемых с «горизонта» в «каньоны» до глубины 60 м от уровня моря производилось с использованием азотно-кислородной смеси, а глубже (70, 80 и 90 м) - в дыхательных аппаратах ИДА-51 с замкнутой системой дыхания с использованием 50 %-й воздушно-гелиевой смеси.

Методика каждого из «погружений» с «горизонта насыщения» отличалась по технологии водолазного обеспечения и параметрам спуска. При имитации «погружений» в «каньоны» акванавты по команде переходили в спусковой отсек камеры, расстыковывали системы вентиляционные магистрали, изолировали и герметизировали отсеки, подготавливали дыхательные аппараты к спуску. Затем по системе связи подавалась команда: «включиться в аппараты», после чего начиналось «погружение» путем подачи воздуха и азота в спусковой отсек. После достижения заданной «глубины» у испытуемых регистрировались ЭЭГ, ЭКГ, оксигевограмма, а затем акванавты по очереди выполняли дозированную физическую нагрузку. После окончания заданной экспозиции акванавты возвращались на «горизонт насыщения» со скоростью 20 м/мин.

Рассмотрим методику одного из спусков. В то время, когда акванавты в спусковом отсеке при давлении, эквивалентном глубине 100 м (11 кгс/см²), выполняли нагрузку, во втором отсеке камеры поднималось давление до первой декомпрессионной площадки (73 м). При этом к приходу акванавтов создавалась 5-7 %-ная кислородная смесь. По окончании времени пребывания на «грунте» в спусковом отсеке начиналась декомпрессия по режимам из таблиц [5]. На первой «площадке» (73 м) выравнивалось давление между отсеками, открывалась крышка люка во второй отсек, куда переходили акванавты, выключившись из дыхательных аппаратов на вдохе, отсек герметизировался. Тем временем из спускового отсека сбрасывалось давление до нуля, отсек вентилировался воздухом, в отсеке оставались заряженные дыхательные аппараты для следующего спуска и проверялись системы жизнеобеспечения. После этого отсек вновь герметизировался и начинался подъем давления в нем до давления «горизонта насыщения», на котором в это время находились акванавты. Дыхательная смесь в отсеке к моменту выравнивания давления содержала 5-7 % кислорода.

Рассчитанные бездекомпрессионные режимы и концепция «нулевого горизонта» сначала были проверены в барокамере на «горизонте» 10 м (1970 г.), а в

1971—1972 гг. на горизонтах 20, 30 и 40 м. В мировой практике подобные исследования проведены впервые.

Результаты и обсуждение

В барокамере под давлением 2 кгс/см² (глубина 10 м) (рис. 1) испыталители использовали для дыхания сжатый воздух в течение 8 суток, ежедневно делая один «спуск» в «каньон» на горизонт без промежуточной декомпрессии. При этом проверялись бездекомпрессионные режимы. Всего с горизонта 10 м было сделано 18 человеко-спусков, при этом не было ни одного случая декомпрессионного заболевания. Отсутствие специфических водолазных заболеваний явилось критерием как правильности рассчитанных режимов, так и правильности концепции о «нулевом горизонте».

В следующем эксперименте при «спусках» с горизонта 20 м (3 кгс/см²) (рис. 3) испыталители в режиме насыщения находились 15 суток без учета времени декомпрессии. Спуск в «каньон» проводился раз в сутки сначала по отдельному графику, затем по стандартным таблицам [5]. Таким путем было выполнено 42 человеко-спуска, из них 21 спуск - по бездекомпрессионным режимам. На этом же горизонте проводились имитационные подъемы испыталителей на поверхность. В двух случаях давление в барокамере сбрасывалось до 1 кгс/см², при этом давления два испыталителя находились 2-3 мин, затем их вновь «погружали» на «горизонт насыщения». В одном случае давление было снижено до 1,5 кгс/см² (глубина 5 м), на этой глубине два акванавта выполняли дозированную работу в течение 19 мин, после чего давление в барокамере было вновь поднято до величины, эквивалентной давлению «горизонта насыщения». Декомпрессионные расстройства не были выявлены.

На глубине 20 м (3 кгс/см²) газовая среда состояла из 10 % кислорода и 88,5% азота. Через сутки с момента заселения начались имитационные «спуски» в «каньоны», которые повторялись каждый день. «Погружения» до «глубины» 60 м проводились с использованием 8-10% азотно-кислородной смеси.

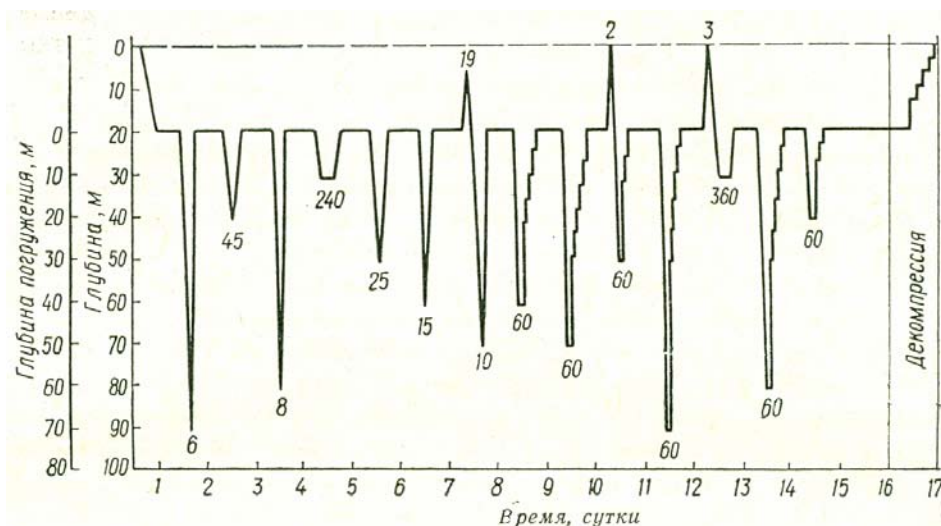


Рис. 3. Глубина «погружения» и время пребывания на «грунте» (обозначено цифрами у каждого пика, мин) при имитации погружений в барокамере с « нулевого горизонта» 20 м (3 кгс/см²)

В период проверки бездекомпрессионных режимов производился имитационный подъем двух испытателей выше «горизонта насыщения» на 15 м вод. ст. «Погружения» испытателей ниже «горизонта насыщения» и подъем на «горизонт» по таблицам из [5] производились с экспозицией на «глубине» 20 м (10 м ниже «горизонта насыщения») - 360 мин и на всех последующих «глубинах» по 60 мин.

Как указывалось, в период «спусков» по режимам, предусмотренным официальными таблицами, были произведены два подъема испытателей выше горизонта до нулевой «глубины». У одного из них через три минуты появилась небольшая боль в пальце правой кисти, в связи с чем сразу же началось «погружение» на «горизонт насыщения» и через две-три минуты боль прошла. Самочувствие второго испытателя не изменялось. На основании этого мы считаем, что при перепаде глубины выше «горизонта насыщения» в 20 м акванавту можно безопасно находиться на глубине 0 м до трех минут.

Содержание кислорода на «горизонте насыщения» поддерживалось в пределах 8-10 %, в среднем около 9 %, что соответствует парциальному давлению $0,27 \text{ кгс/см}^2$ (рис. 4). При колебаниях кислорода в дыхательной смеси от $0,24$ до $0,3 \text{ кгс/см}^2$ не отмечалось отрицательного влияния как при снижении его до нижних границ, так и при подъеме до верхней границы. Такое парциальное давление кислорода на азотной основе может применяться при длительном пребывании под давлением 3 кгс/см^2 . Содержание кислорода во время декомпрессии по мере снижения «глубины» увеличивали. Так, на декомпрессионных остановках на глубинах с 16 до 10 м содержание кислорода поддерживалось на уровне 20 %, с 10 до 6 м оно составляло 25 %, с 6 до 0 м – поддерживалось около 30 %. Это диктовалось необходимостью усиления десатурации организма от азота.

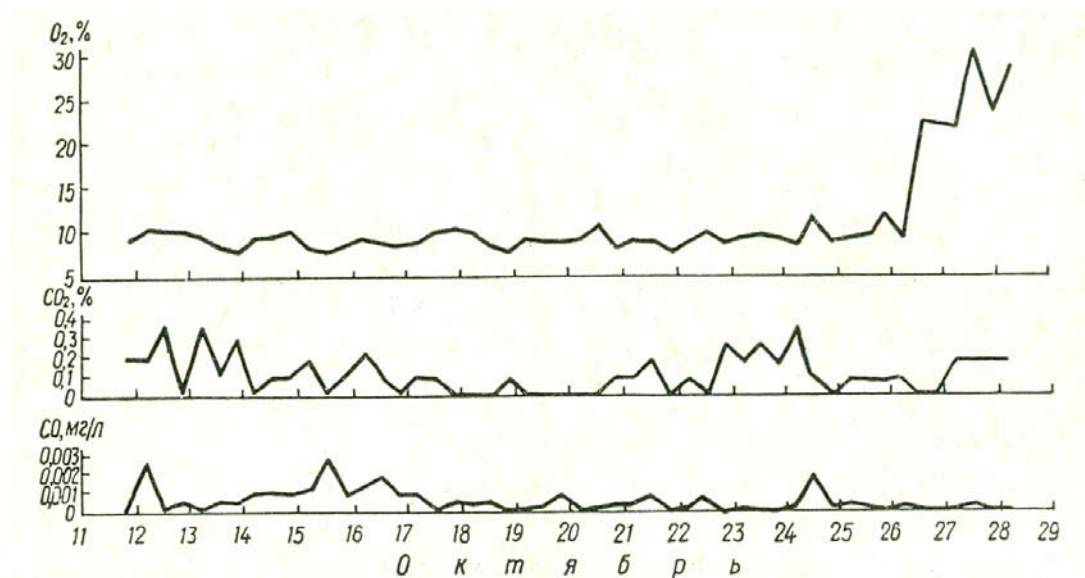


Рис. 4. Газовая среда барокамеры ПДК-2-ДП при длительном пребывании испытателей под давлением 3 кгс/см^2

На рис. 4 также показаны основные компоненты вредных примесей дыхательной среды. Так, содержание CO_2 колебалось от 0 до 0,4 % (без пересчета на нормальное давление), в среднем составляло 0,3 %. Это соответствует 0,9 % на уровне моря. Отдельные пики CO_2 явились следствием большой физической нагрузки испытателей или истощения поглотителя CO_2 .

Содержание окиси углерода (СО) на протяжении почти всего эксперимента не превышало 0-0,002 мг/л. Окислы азота, сероводорода и других газов практически не обнаруживались. Это свидетельствует о хорошей поглотительной способности установленных в барокамере фильтров и правильность составленного графика их работы. График должен учитывать все стороны жизни людей в замкнутом пространстве: сон, прием пищи, работу, личное время. Без учета этих факторов трудно обеспечить равномерное поддержание вредных компонентов в дыхательной атмосфере на минимальных величинах. Полезный объем двухотсечной барокамеры типа ПДК-2-ДП равен 7 м³, каждый отсек ее занимает ровно половину объема. В таком замкнутом пространстве удерживать газовый состав или микроклимат в заданных параметрах весьма сложно. В спусковом отсеке барокамеры сосредоточены электродвигатели, блоки системы обеспечения жизнедеятельности, а также некоторые медико-физиологические аппараты. Все они при работе выделяют тепло. Кроме того, человек также выделяет тепло. Как видно на рис. 5, температура в спусковом отсеке почти всегда была на 0,5-4,5 °С выше, чем во втором отсеке, и временами достигала 30-32° С, в то время, как оптимальной температурой считали 24-26 °С. В спусковом отсеке часто ощущалась жара, зато во втором нередко испытывали холод. Относительная влажность в спусковом отсеке колебалась от 64 до 96 %, во втором отсеке – от 70 до 98 % (в среднем 89-91 %). Во втором отсеке вещи, постельное белье и продукты покрывались плесенью быстрее.

При перепадах температуры и высокой влажности в отсеках создавался дискомфортный климат, который отрицательно влиял на организм акванавтов. Отмечалось понижение работоспособности, инициативы, ухудшение настроения. Теплая одежда, которую экипаж имел при себе, защищала от охлаждения, но ограничивала движения, создавала скованность тела, мешала работе, что сказывалось на общей активности и настроении. Это привело к пониманию того, что при пребывании человека в барокамерах в азотно-кислородной среде гипербарический микроклимат необходимо тщательно поддерживать в зоне комфорта. Благодаря такому контролю можно ослабить негативное влияние микроклимата на психику, настроение и работоспособность акванавтов.

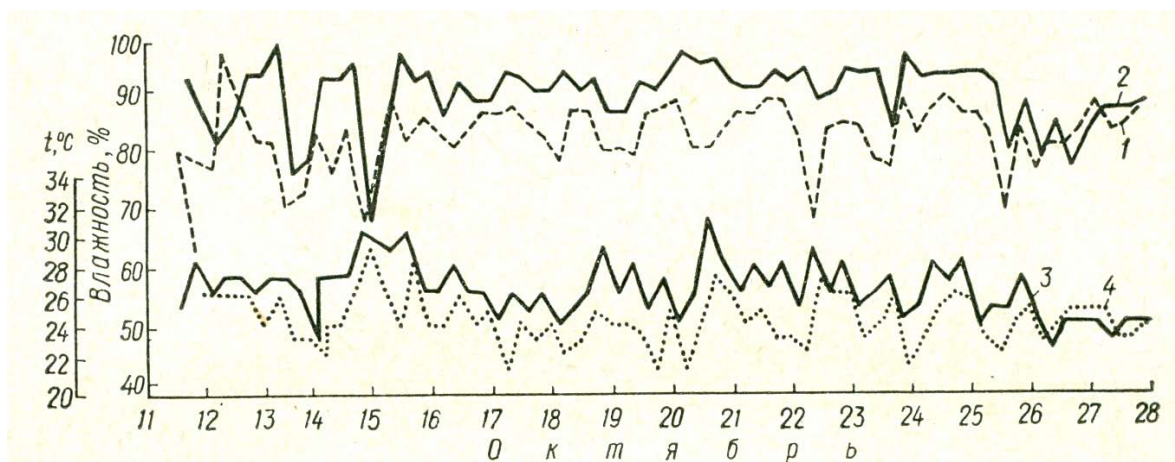


Рис. 5. Микроклимат барокамеры ПДК-2-ДП при длительном пребывании акванавтов под давлением 3 кгс/см²
 Обозначения: 2 и 3 - показатели в спусковом отсеке, 1 и 4 – показатели во втором отсеке

На горизонте 30 м (рис. 1), где испытатели находились 10 сут в 8-10 %-й азотно-кислородной среде, проведено 21 человеко-спуск по бездекомпрессионным режимам. На этом горизонте после компрессии, когда происходила адаптация к наркотическому действию азота и повышенной плотности дыхательной среды, показатели центральной нервной системы, дыхания и кислородных режимов характеризовали напряжение регуляции основных систем организма. После адаптации, длившейся в течение 3 сут, экипаж сохранял достаточную для выполнения задач эксперимента умственную и физическую работоспособность. Все погружения ниже горизонта насыщения и декомпрессии прошли без осложнений.

С горизонта 40 м (рис. 1) проводились спуски в «каньоны» также по бездекомпрессионным и декомпрессионным режимам. За 16 суток, в течение которых испытатели находились под давлением 5 кгс/см², произведено 42 человеко-спуска. На этом горизонте, как и на двух предыдущих, использовалась азотно-кислородная смесь с парциальным давлением кислорода 0,23-0,33 кгс/см². Время адаптации организма к экстремальным условиям на этой «глубине» составляло около 5 суток. Этот период сопровождался понижением психомоторных функций испытателей. Что касается физической работоспособности и выносливости к статическим нагрузкам, то эти показатели в меньшей степени отклонялись от полученных до начала эксперимента данных и после 5 суток пребывания под давлением приблизились к нормальным величинам. В дальнейшем физиологические параметры относительно стабилизировались, хотя в отдельные дни наблюдались их колебания [8].

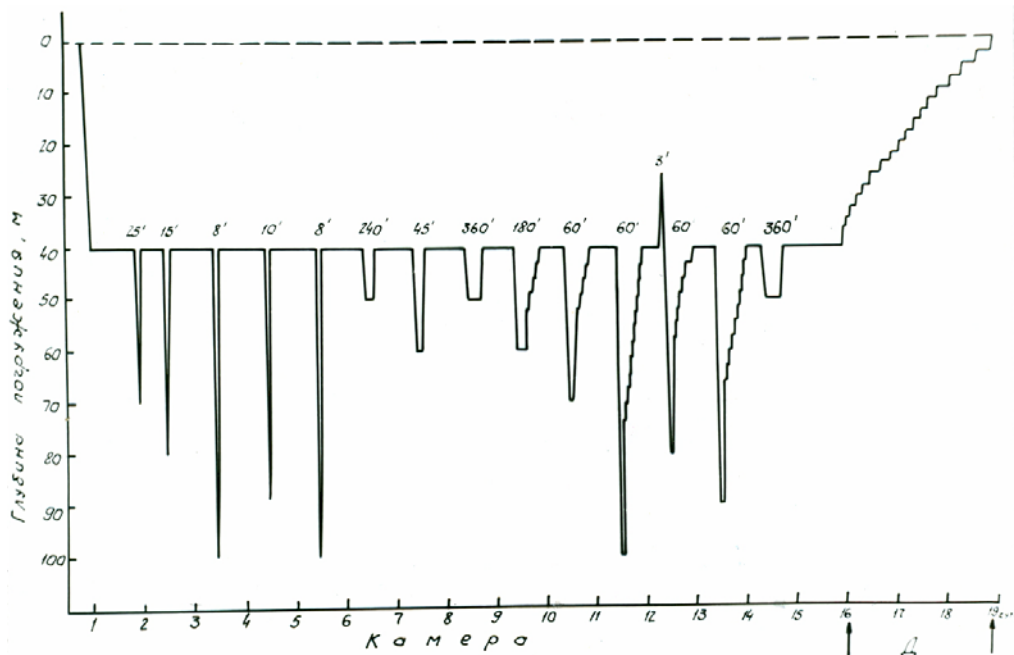


Рис. 6. Глубина «погружения» и время пребывания на «грунте» при имитации погружений в барокамере с « нулевого горизонта» 40 м (5 кгс/см²)
Обозначения: по вертикали – глубина погружения в метрах, по горизонтали – длительность пребывания в барокамере в сутках, Д – декомпрессия, цифрами показана экспозиция в минутах на глубинах соответствующих экскурсионных «погружений»

На «горизонте» 40 м проявилось влияние азотного наркоза. Оно было заметно в период адаптации, когда были отмечены легкая эйфория, повышенная возбудимость. Во время периода адаптации заметно снижалась

умственная и физическая работоспособность, уменьшалась концентрация, устойчивость и переключение внимания не только при сложной, но и при простой корректурной работе, в определенной степени снизилась скорость переработки информации, ухудшилась оперативная память. Затем показатели высшей нервной деятельности, сердечно-сосудистой, дыхательной систем относительно стабилизировались. Во время проведения бездекомпрессионных погружений не выявлено ни одного случая декомпрессионного заболевания. В конце экспозиции и во время декомпрессии у одного из испытуемых усилились нервно-психологические расстройства. После окончания декомпрессии реадaptационные функциональные сдвиги сохранились в течение 8-10 суток. Затем физиологические показатели приходили к норме.

Анализ полученных данных выявил ряд закономерностей, которые присущи насыщенным экспозициям в азотно-кислородной среде. Показано, что по мере увеличения давления и длительности пребывания в камере наркотическое действие азота усиливается, и под давлением 5 кгс/см² в условиях интенсивной гипербарической нагрузки и неблагоприятного микроклимата возникает декомпенсированное состояние психических функций. Условия барокамеры малого объема при многосуточном в ней пребывании переносятся труднее, чем работа в профессиональных подводных или гипербарических сооружениях. Отсутствие декомпрессионных нарушений во всех вариантах экскурсий ниже и выше «горизонтов насыщения» свидетельствует о справедливости концепции «нулевого горизонта» для «глубин» 10, 20, 30 и 40 м. Это свидетельствует о том, что безопасно допустимое время пребывания акванавтов на «грунте» определено удовлетворительно. Для экскурсионного погружения на «глубины» ниже «горизонта насыщения» на 10-70 м могут быть использованы как бездекомпрессионные режимы, так и стандартные режимы декомпрессии, например, предусмотренные «Едиными правилами охраны труда при водолазных работах». При погружении ниже «горизонта насыщения» и пребывании акванавта на грунте в течение 360-60 мин с последующим подъемом на «горизонт насыщения» декомпрессию можно вести по стандартным режимам, считая «горизонт насыщения» нулевой глубиной. Предложенный нами подход к оптимизации режимов экскурсионных погружений без промежуточной декомпрессии может использоваться в морских условиях при работах с применением полной сатурации в судовом гипербарическом комплексе.

Авторы выражают благодарность врачу-специфизиологу В.А. Гриневичу за организационно-техническое участие в экспериментальных работах.

Литература

1. *Bennett P.B.* Inert gas narcosis // *The physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work.*- London: Bailliere Tindal, 1975.- P. 207-230.
2. *Fructus P.* Aspects medicaus de la plongee a saturation.- Marseille-Wilmington, 1968.- 87 p.
3. *Lambertsen C.J., Bardin H.* Decompression from acute and chronic exposure to high nitrogen pressure // *Aerospace Med.*- 1973.- 44, 7.- P. 834-836.
4. (*Bucharin A.N.*) Бухарин А.Н. К вопросу о профилактике и лечении кессонной болезни. Автореф. канд. дис.- Л., 1958.- 17 с.
5. *Единые правила охраны труда на водолазных работах.*- М., 1965.
6. (*Гмыря В.И.*) Гмыря В.И. Некоторые биохимические показатели адаптации человека к длительному пребыванию в подводной лаборатории на глубине 30 м // *Подводные медико-физиологические*

- исследования.- К.: Наукова думка, 1975.- С. 130-134.
7. (Gulyar S.A.) Гуляр С.А. Об адаптации человека к условиям длительного пребывания на глубине 15-40 м // Подводные медико-физиологические исследования.- К.: Наукова думка, 1975.- С. 86-94.
 8. (Gulyar S.A.) Гуляр С.А. Состояние внешнего дыхания, гемодинамики и кислородтранспортной функции крови у испытуемых при многосуточном пребывании под давлением, эквивалентным глубине 20 и 40 м // Подводные медико-физиологические исследования.- К.: Наукова думка, 1975.- С. 158-168.
 9. (Gulyar S.A.) Гуляр С.А. Транспорт респираторных газов при адаптации человека к гипербарии. - К.: Наукова думка, 1988.- 286 с.
 10. (Gulyar S.A., Sharapenko B.A., Kiklevich Yu.N. et al.) Гуляр С.А., Шапаренко Б.А., Киклевич Ю.Н., Барац Ю.М., Гриневич В.А. Организм человека и подводная среда.- Киев: "Здоровье", 1977.- 183 с.
 11. (Grinevich V.A.) Гриневич В.А. Результаты серии экспериментальных исследований в береговом гипербарическом комплексе // Подводные медико-физиологические исследования.- К.: Наукова думка, 1975.- С. 144-152.
 12. (Haldane J.S., Priestley J.G.) Холден Дж.С., Пристли Дж.Г. Дыхание.- М.-Л.: Биомедгиз, 1937.- 463 с.
 13. (Masson U.F.) Маззон У.Ф. Физиологическое состояние экипажа «Силаб-2» // Судостроение, Л., 1968.
 14. (Zaltzman G.L.) Зальцман Г.Л. Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления.- Л.: Медгиз, 1961.- 126 с.
 15. (Zhironkin A.G., Panin A.F., Sorokin P.A.) Жиронкин А.Г., Панин А.Ф., Сорокин П.А. Влияние повышенного парциального давления кислорода на организм человека и животных.- Л.: Медицина, 1965.- 187 с.

Autorzy:

prof. Siergiej A. Gulyar

Jest pracownikiem naukowym Zakładu Fizjologii Podwodnej Instytutu Fizjologii im. Bohomolca w Kijowie. Jest członkiem Ukraińskiej Akademii Nauk. Obszar jego zainteresowań naukowych obejmuje mechanikę oddychania i wymianę gazów w organizmie nurka podczas dekompresji. W latach 70 – tych XX w. uczestniczył w eksperymentach związanych z nurkowaniem saturowanym realizowanych w habitatach „Czarnomor” Jest twórcą obowiązujących w Rosji i na Ukrainie medycznych przepisów nurkowych. Od 10 lat współpracuje z Zakładem Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni w zakresie badań nad fizjologią oddychania w aparatach nurkowych. Prof. Gulyar jest współautorem i autorem wielu publikacji i książek na temat fizjologii podwodnej.

kmdr rez. doc. dr hab. med. Romuald Olszański

Jest kierownikiem Zakładu Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowego Instytutu Medycznego. Absolwent Wydziału Lekarskiego Wojskowej Akademii Medycznej. Specjalista w zakresie medycyny morskiej i tropikalnej. Prezes Zarządu Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej w latach 2001-2004. Członek European Underwater and Baromedical Society [EUBS]. Viceprzewodniczący Komisji Medycyny Morskiej i Tropikalnej Gdańskiego Oddziału PAN. Wieloletni konsultant Wojska Polskiego w zakresie medycyny morskiej i tropikalnej. Autor i współautor 5 podręczników oraz ponad 100 publikacji naukowych.

kmdr rez. dr inż. Stanisław Skrzyński

Jest wieloletnim pracownikiem Zakładu Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. W latach 1991 – 2004 pełnił obowiązki Kierownika Zakładu. W latach 90 – tych XX wieku przygotował i kierował polską ekipą, która wykonała po raz

pierwszy w kraju nurkowania satutowane o łącznym czasie trwania ponad 150 dni. Wychował i wykształcił pokolenia specjalistów techniki hiperbarycznej. Od roku 2004 pracuje w Zakładzie Technologii Nurkowania i Prac Podwodnych jako pracownik cywilny na etacie adiunkta. Obszar jego zainteresowań naukowych obejmuje eksploatację systemów hiperbarycznych i technologię prac podwodnych. Jest laureatem Nagrody Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej za całokształt osiągnięć zawodowych w dziedzinie techniki hiperbarycznej (2006 rok).