

12. Francesconi R. P., Bosselaers M., Matthew C., Hubbard R. Plasma volume expansion in rats: effects on thermoregulation and exercise // Sci. and Techn. Aerosp. Repts.— 1988.— 26, № 22.— P. 28606.
13. Fuchs H., Borders C. Affinity inactivation of bovine Cu, Zn superoxide dismutase by hydroperoxide anion, HO<sub>2</sub><sup>-</sup> // Biochem. and Biophys. Res. Commun.— 1983.— 116, № 3.— P. 1107—1113.
14. Olson E. B., Dempsey J. A. Rats as a model for humanlike ventilatory adaptation to chronic hypoxia // J. Appl. Physiol.— 1978.— 44, № 5.— P. 763—769.
15. Schimizu T., Kondo K., Hayaishi O. Role of prostaglandin endoperoxide in the serum thiobarbituric acid reaction // Arch. Biochem. and Biophys.— 1981.— 206, № 2.— P. 271—276.

Испытат. Центр подвод. исследований  
Поисково-спасат. службы ВМФ, Ленинград

Материал поступил  
в редакцию 29.12.90

УДК [612.23+612.369/398]:612.274/045)

В. В. Семко, А. А. Поваженко, В. В. Кривов,  
Т. И. Рыжова, С. И. Ганенко

### Оценка энергетического обмена и физической работоспособности акванавтов при определении оптимального содержания кислорода в дыхательной газовой смеси под давлением до 5,1 МПа

*В трех многосуточных имитационных погружениях на глубину 400, 450 и 500 м с участием 18 акванавтов проводили исследования физической работоспособности. Определены оптимальные значения парциального давления кислорода в искусственной газовой смеси для исследуемых глубин. Установлено, что пребывание в течение 24 сут под давлением 4,6 МПа и 10 сут под давлением 5,1 МПа не приводит к развитию выраженных неблагоприятных изменений метаболизма и состояния физической работоспособности акванавтов.*

#### Введение

Одной из важнейших задач, стоящих перед гипербарической физиологией, является нормирование содержания кислорода в дыхательных газовых смесях (ДГС). Значительная нагрузка на дыхательную мускулатуру вследствие возросшей плотности искусственных ДГС и повышенные энерготраты организма акванавтов позволяют предполагать, что потребление кислорода тканями при насыщенных (сатурационных) спусках поддерживается, как правило, на более высоком уровне, чем при нормобарических. Вместе с тем, по мере увеличения продолжительности пребывания под повышенным давлением и глубины погружений возрастает вероятность развития у акванавтов патологических проявлений, связанных с гипероксией вследствие хроноконцентрационного эффекта кислорода, а его недостаточное содержание в дыхательной газовой смеси отрицательно влияет на работоспособность водолазов [5].

Гипо- и гипероксические концентрации кислорода в ДГС вызывают комплекс реакций организма, направленных на поддержание в тканях напряжения кислорода, адекватного интенсивности метаболизма. Закономерность включения таких компенсаторных механизмов, как изменения эритропоза и функциональных свойств гемоглобина, в том числе его сродства к кислороду под влиянием 2,3-бисфосфоглицерата, позволяет использовать эти показатели в качестве основных критериев адекватности обеспечения тканей организма кислородом [7].

© В. В. СЕМКО, А. А. ПОВАЖЕНКО, В. В. КРИВОВ, Т. И. РЫЖОВА, С. И. ГАНЕНКО, 1991

#### Методика

Исследования проводились в условиях погружения на глубину 450 и 500 м. В каждом опыте 25—35 человек находились под давлением насыщенной газовой смеси, имитирующей состав воздуха. Во 2-м опыте использовалось 32 кПа.

Венозные пробы брались в начале погружения, под максимальным давлением в глицерин, для определения в шлюзе, для определения в работе.

Методика анализа наборов пробы. Электрофизический анализ использовался «Helena 1» на анализ химических веществ амиддину и СДГ с целью работы.

Парциальное давление (p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub>) в «micro» в условиях физических нагрузок этих показателей, м

С целью нормирования барии адекватности грузки и другими. В работе нашей группы, что в условиях пиратор от выпо.

Результаты «ARC»,

#### Результаты

В ходе исследования под давлением 31 кПа в состоянии покоя состав воздуха выполнялся



## Методика

Исследования проводили во время трех экспериментов, имитирующих погружение методом длительного пребывания (ДП) на глубине 400, 450 и 500 м с использованием кислородно-гелиевой дыхательной смеси. В каждом из них участвовали по шесть добровольцев-мужчин в возрасте 25—35 лет. Продолжительность пребывания под максимальным давлением в первых двух экспериментах составляла 24 сут, а в ходе насыщенного погружения на глубину 500 м — 10 сут. В 1-м эксперименте, имитирующем погружение на глубину 400 м, парциальное давление кислорода ( $pO_2$ ) каждые 6 сут изменялось в пределах 27—33 кПа. Во 2-м эксперименте с максимальным давлением 4,6 МПа  $pO_2$  составляло 32 кПа, а в 3-м — 34 кПа с кратковременным снижением до 31 кПа.

Венозную и капиллярную кровь акванавтов исследовали перед началом имитационных погружений и через каждые 6 сут пребывания под максимальным давлением. Пробирки с кровью, взятой у акванавтов в гипербарических условиях сразу после ночного сна, помещали в шлюз, давление в котором в течение 50 мин снижалось до атмосферного. После декомпрессии образцы крови подвергали немедленному анализу.

Методики оценки липидного и углеводного обмена выполняли на анализаторе «Impact 400 E» (фирма «Gilford», США) с использованием наборов реактивов фирм «Sigma» (США), «Ciba Corning» (Англия). Электрофорез фракций гемоглобина и липопротеинов осуществляли с использованием реактивов и комплекса аппаратуры «REP» (фирма «Helena laboratories», США). Гематологические методики выполняли на анализаторе «Coulter S plus Jr» (фирма «Coultronics», США). Цитохимическую активность дегидрогеназ (ДГ) глицерофосфата, никотинамиддинуклеотида восстановленного и сукцината (ГлФДГ, НАД·Н-ДГ и СДГ соответственно) определяли с помощью методик, приведенных в работе Бутенко и соавт. [2].

Парциальное давление кислорода ( $p_aO_2$ ) и двуокиси углерода ( $p_aCO_2$ ) в артериализированной крови определяли по методу «Astrup-Priggo» в модификации Агапова [1] непосредственно в гипербарических условиях у акванавтов в покое и после выполнения дозированных физических нагрузок. Одновременно проводили неинвазивный мониторинг этих показателей транскутанным методом [15] с использованием датчиков, модифицированных для работы под давлением до 5,1 МПа.

С целью оценки физической работоспособности в условиях гипербарии акванавты выполняли на велоэргометре две пятиминутные нагрузки мощностью 60 и 120 Вт с пятиминутным перерывом между ними. В гипербарических условиях работоспособность оценивали по разработанной нами методике, в которой критерием максимально допустимой мощности служило  $p_aCO_2$ . Предварительные исследования показали, что при значении этого показателя свыше 55—60 мм рт. ст. в условиях гипербарии развивается некомпенсированный смешанный респираторный и метаболический ацидоз, и, как правило, следует отказ от выполнения работы.

Результаты исследований обрабатывали на ПЭВМ РС АТ (фирма «ARC», США).

## Результаты

В ходе экспериментов по длительному пребыванию (ДП) акванавтов под давлением 4,1 МПа в течение нескольких первых суток  $pO_2$  составляло 31 кПа. При этом  $p_aO_2$  и скорость потребления кислорода ( $vO_2$ ) в состоянии покоя возросли по сравнению с таковыми в нормобарических условиях. Физическая работоспособность водолазов в этот период составляла  $147 \pm 11,2$  Вт, что полностью обеспечивало возможность выполнения ими интенсивных работ под водой. На рис. 1 представлены



изменения физической работоспособности (а), оксигенации крови и липидного обмена (б) у акванавтов при различном содержании кислорода в дыхательной смеси под давлением 4,1 МПа (а: по оси  $x$  — 1 — скорость потребления кислорода ( $vO_2$ ), % фона; 2 — физическая работоспособность, Вт; 3 — парциальное давление кислорода в артериали-

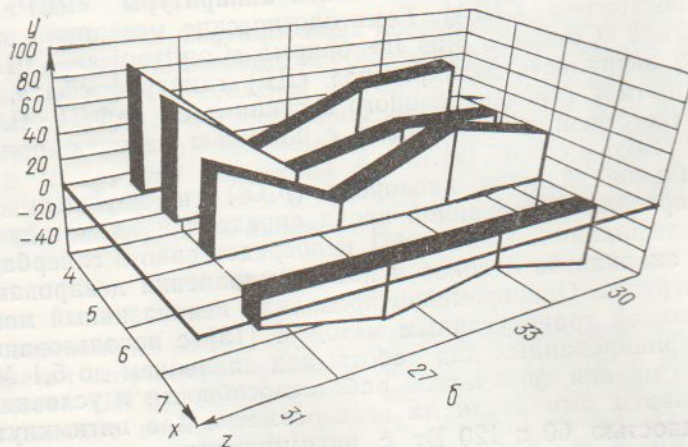
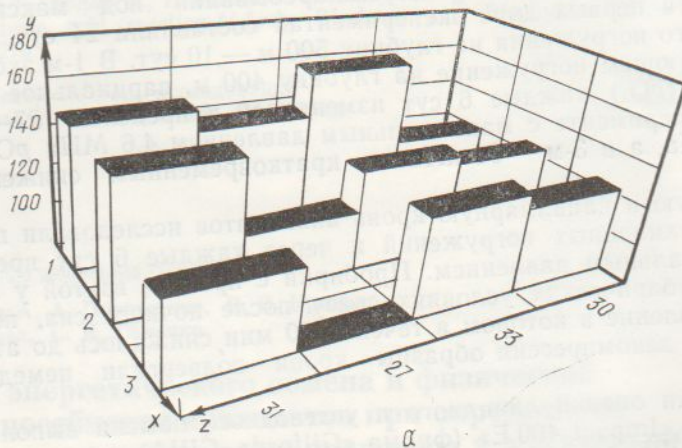


Рис. 1. Изменения физической работоспособности (а), оксигенации крови и липидного обмена (б) у акванавтов при различном содержании кислорода в дыхательной смеси под давлением 4,1 МПа.

зированной крови ( $p_aO_2$ ), кПа; по оси  $y$  —  $p_aO_2$  и  $vO_2$ , % фона; физическая работоспособность, Вт; по оси  $z$  — парциальное давление кислорода в дыхательной смеси, кПа; б: по оси  $x$  — 4 — гидроксибутиратдегидрогеназа, 5 — триацилглицерол, 6 — глицерофосфатдегидрогеназа, 7 — липиды лейкоцитов; по оси  $y$  — изменения показателей, % фона; по оси  $z$  — парциальное давление кислорода в дыхательной смеси, кПа).

Состояние энергетического метаболизма у акванавтов характеризовалось выраженной активизацией липидного обмена (см. рис. 1). Повышение активности гидроксибутиратдегидрогеназы, а также увеличение содержания в крови свободных жирных кислот на 59,7 % относительно фона ( $P > 0,99$ ) свидетельствуют об усилении катаболизма липидов. Повышение активности ГлФДГ, вероятно, можно расценить как проявление интенсификации синтеза жиров из интермедиатов гликолиза [13]. Значения показателей углеводного обмена в этот период исследований существенно образом не отличались от исходных.

В посл  
акванавтов  
чительно пр  
способность за  
Пять аква  
данную ско  
у них дост  
акванавтов  
ного обмен  
тельствует

В посл  
в газовой  
навов дос  
ческая раб  
нение глуб

Во вр  
чение всег  
32 кПа за  
кислорода  
протяжени  
ходные, а  
уровне 14  
работ в по

В нач  
ны тенден  
глицерата  
концентра  
вания поз  
количество  
личения  
казателей  
остановил  
отмечала  
углеводно

При  
10 сут на  
5 сут сое  
способность  
период п  
навов о  
транспор  
нию соде

Показатели  
до 5,1 МПа

Пока

Число эр  
в 1 л кро  
Средний  
роцитов,  
Среднее  
гемоглоб  
роците,  
Концент  
фосфогли  
глобина,

Досто



крови и ли-  
кании кисло-  
оси  $x-1$  —  
ческая рабо-  
в артериали-

В последующие 6 сут  $pO_2$  было снижено до 27 кПа. При этом у акванавтов заметно уменьшилось  $p_aO_2$ , однако  $vO_2$  по-прежнему значительно превышала фоновую. В это время их физическая работоспособность заметно снизилась и составила  $110 \text{ Вт} \pm 13,1 \text{ Вт}$  (см. рис. 1). Пять акванавтов в конце второй нагрузки не смогли поддерживать заданную скорость педалирования на стабильном уровне, при этом  $p_aCO_2$  у них достигло критических значений. В этот период исследований у акванавтов заметно уменьшилась интенсивность липидного и углеводного обмена, включая активность НАД·Н-ДГ (см. рис. 1), что свидетельствует об ослаблении аэробных процессов.

В последующие 12 сут пребывания под давлением 4,1 МПа  $pO_2$  в газовой среде составило 33 и 30 кПа. При этом  $p_aO_2$  и  $vO_2$  у акванавтов достоверно превысили фоновые значения. Возросла и их физическая работоспособность (см. рис. 1), обеспечив эффективное выполнение глубоководных работ.

Во время имитационного погружения на глубину 450 м  $pO_2$  в течение всего времени пребывания под давлением 4,1 МПа составляло 32 кПа за исключением периода с 7-х по 12-е сутки, когда содержание кислорода повышали до 35 кПа. Значения  $p_aO_2$  и  $vO_2$  у акванавтов на протяжении всего периода исследований достоверно превышали исходные, а их физическая работоспособность при этом сохранялась на уровне 140—148 Вт, что вполне достаточно для выполнения подводных работ в полном объеме.

В начальный период пребывания под давлением 4,5 МПа отмечены тенденция к увеличению содержания в эритроцитах 2,3-бисфосфоглицерата, связанного с гемоглобином, а также достоверное снижение концентрации последнего в эритроцитах. Электрофоретические исследования позволили установить статистически достоверное уменьшение количества функционально полноценного гемоглобина  $A_0$  за счет увеличения содержания фракций  $A_1$ ,  $A_2$  и F. В дальнейшем значения показателей кислородтранспортной функции эритроцитов у акванавтов стабилизировались на исходных. Как и в 1-м эксперименте, у акванавтов отмечалась выраженная активация липидного обмена, а показатели углеводного метаболизма существенным образом не изменялись.

При пребывании акванавтов под давлением 5,1 МПа в течение 10 сут начальное  $pO_2$  в ДГС составляло 34 кПа. В течение первых 5 сут состояние энергетического метаболизма и физическая работоспособность испытуемых не отличались от таковых в соответствующий период предыдущих экспериментов. Однако у четырех из шести акванавтов отмечено существенное изменение ряда показателей кислородтранспортной функции крови. При этом выявлены тенденция к уменьшению содержания эритроцитов и гемоглобина в крови, а также достовер-

ан и липидного  
ательной смеси

фона; физи-  
авление кис-  
оксибутират  
дегидрогена-  
тей, % фона;  
смеси, кПа).  
в характери-  
рис. 1). По-  
же увеличе-  
59,7% отно-  
катаболизма  
о расценить  
едиатов глиц-  
этот период  
сходных.

Показатели эритропоза у акванавтов при длительном пребывании под давлением до 5,1 МПа ( $M \pm m$ )

| Показатель   | До компрес-<br>сии | Компрессия         |                    |                    | После деком-<br>прессии |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
|  |                    | 34,0 кПа,<br>3 сут | 31,0 кПа,<br>6 сут | 34,0 кПа,<br>8 сут |                         |
| Число эритроцитов<br>в 1 л крови, $\times 10^{12}$                         | $4,93 \pm 0,044$   | $4,46 \pm 0,163$   | $5,39 \pm 0,083^*$ | $4,92 \pm 0,106$   | $4,68 \pm 0,074$        |
| Средний объем эритро-<br>цитов, $\text{мкм}^3$                             | $89,3 \pm 0,68$    | $89,1 \pm 0,76$    | $88,1 \pm 0,80$    | $87,5 \pm 0,87$    | $90,5 \pm 1,29$         |
| Среднее количество<br>гемоглобина в эритро-<br>ците, фмоль                 | $1,86 \pm 0,253$   | $1,80 \pm 0,317$   | $1,91 \pm 0,292$   | $1,78 \pm 0,302$   | $1,78 \pm 0,208$        |
| Концентрация 2,3-би-<br>фосфоглицерата гемо-<br>глобина, $\text{мкмоль/л}$ | $14,2 \pm 0,76$    | $18,6 \pm 2,89$    | $15,0 \pm 1,34$    | $14,3 \pm 1,05$    | $14,9 \pm 0,81$         |

Достоверность различий ( $P > 0,95$ ) по сравнению с фоном.



ное увеличение относительного содержания функционально неполноценных фракций  $A_1$ ,  $A_2$  и  $F$  гемоглобина, на фоне выраженной тенденции к повышению концентрации в эритроцитах 2,3-бисфосфолипидата, связанного с гемоглобином (таблица). На рис. 2 представлены фракции гемоглобина эритроцитов у акванавтов в различные периоды длительного пребывания под давлением 5,1 МПа ( $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $F$  — соответствующие фракции гемоглобина; по оси абсцисс — периоды обследования: 1 — фон; 2 — 3-и сутки,  $pO_2=34,0$  кПа; 3 — 6-е сутки,  $pO_2=31,0$  кПа; 4 — 8-е сутки,  $pO_2=34,0$  кПа; 5 — после окончания декомпрессии; по оси ординат — относительные значения показателей, % фона).

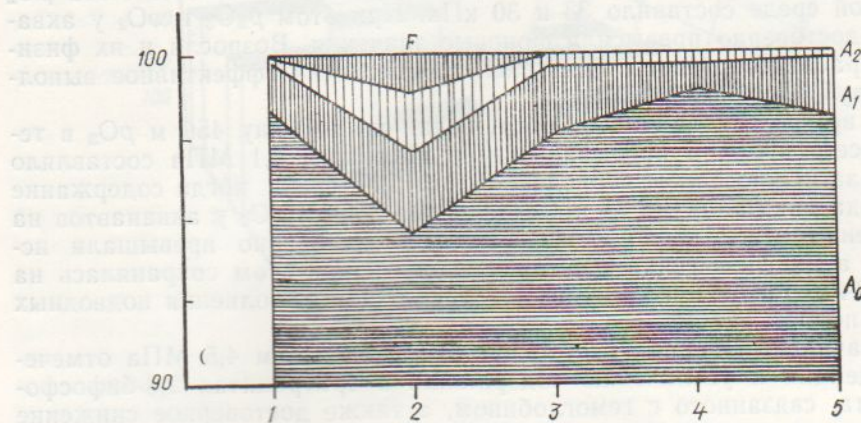


Рис. 2. Фракции гемоглобина эритроцитов у акванавтов в различные периоды длительного пребывания под давлением 5,1 МПа.

Эти изменения были расценены нами как проявления «критического» транзитного периода компенсаторной перестройки эритропоэза в ответ на действие комплекса факторов гипербарии. Тем не менее, с целью стимуляции эритропоэза  $pO_2$  в ДГС через 48 ч было уменьшено до 31 кПа. Через 12 ч после снижения  $pO_2$  у акванавтов была отмечена заметная стимуляция эритропоэза с полной нормализацией всех исследуемых показателей. При этом практически весь гемоглобин крови относился к основной ( $A_0$ ) фракции, умеренно возросло число ретикулоцитов в крови, а концентрация 2,3-бисфосфолипидата, связанного с гемоглобином, соответствовала исходной (см. таблицу).

Через 48 ч  $pO_2$  в ДГС вновь было увеличено до 34 кПа. Все значения исследуемых показателей кислородтранспортной функции крови при этом не отличались от фоновых, а параметры физической работоспособности и энергетического метаболизма свидетельствовали о вполне удовлетворительном функциональном состоянии организма.

### Обсуждение

При имитационном погружении на глубину 400 м установлено, что  $pO_2$  27 кПа в кислородно-гелиевой ДГС не в полной мере обеспечивает функционирование систем организма акванавтов в этих условиях. Адекватность снабжения тканей организма кислородом определяется точным соответствием количества доставляемого к клеткам кислорода и интенсивностью аэробных реакций метаболизма [8]. Уменьшение  $p_aO_2$  в крови акванавтов на фоне повышенной скорости потребления кислорода по существу можно расценить как проявление нарушений в соотношении «кислородного запроса» и реальной оксигенации тканей.

Показано, что повышение интенсивности энергетического обмена в организме в экстремальных условиях внешней среды достигается, главным образом, за счет активизации липидного обмена [12]. При

длительны  
ния потре  
триацилг  
обеспечен  
исследова  
ванных н  
ях, а как  
фермента  
но, вслед  
Диал

считать  
глубине  
обеспечи  
крови во  
ма, а та  
ванавтов  
Анал  
предполо  
на глуби  
ванность  
в нашей

В на  
у акван  
ных сво  
рации в  
фракций  
отличак  
гемогло  
снабжен  
риодом  
моглоб  
синтезе  
[3, 11].  
держан  
пенсирс  
даже н  
роцита:  
лороду  
лярах

По  
нения  
неадек  
или на  
влечет  
лорода  
ва. Во  
функц  
обмене  
ной ц  
при во  
ния н  
энерге  
вплот

К  
полно  
вероя  
лизац  
же за

Б  
усиле  
водов



длительных физических нагрузках в мышцах человека на фоне снижения потребления кислорода в несколько раз возрастает использование триацилглицерола, при этом общий вклад липидов в энергетическое обеспечение организма значительно увеличивается [6]. В этот период исследований значения показателей метаболизма липидов у обследованных не отличались от исходных, полученных в нормальных условиях, а катаболизм углеводов, в том числе активность инициирующего фермента электронтранспортной цепи, был заметно ослаблен, вероятно, вследствие недостаточного снабжения тканей кислородом.

Диапазон  $pO_2$  30—33 кПа в кислородно-гелиевой среде следует считать оптимальным при многосуточном пребывании акванавтов на глубине 400 м. Результаты исследования показали, что в этом случае обеспечивались достаточная для гипербарических условий оксигенация крови вододозов, определенная активация энергетического метаболизма, а также сравнительно высокая физическая работоспособность акванавтов.

Анализ результатов ранее проведенных исследований позволил предположить, что оптимальное  $pO_2$  в газовой среде при погружении на глубину 450 м будет находиться в диапазоне 32—35 кПа. Обоснованность этого предположения подтвердили результаты, полученные в нашей работе.

В начальный период исследований в двух последних экспериментах у акванавтов отмечены признаки изменения выработки и функциональных свойств гемоглобина, заключавшиеся в уменьшении его концентрации в эритроцитах, за счет транзитного увеличения содержания фракций F,  $A_1$  и  $A_2$  этого вещества. Известно, что указанные фракции отличаются высоким сродством к кислороду и легко окисляются в метгемоглобин [4]. Указанные изменения, вероятно, приводят к ухудшению снабжения тканей кислородом и могут быть связаны с начальным периодом компенсаторно-приспособительной перестройки выработки гемоглобина, сопровождающимся увеличением частоты «ошибок» в его синтезе, и с выходом в кровяное русло депонированных эритроцитов [3, 11]. По нашему мнению, выраженная тенденция к увеличению содержания 2,3-бисфосфоглицерата в эритроцитах в известной мере компенсировала изменения содержания и свойств гемоглобина, так как даже незначительное повышение концентрации этого вещества в эритроцитах способно в несколько раз снизить сродство гемоглобина к кислороду и увеличить высвобождение последнего в тканевых капиллярах [9].

По нашему мнению, следует подчеркнуть неправомерность объяснения указанных изменений сугубо с позиций реакции организма на неадекватное обеспечение тканей кислородом, например на гипероксию или на гипероксическую (гипобарическую) гипоксию, что неизбежно влечет за собой выводы о необходимости изменения содержания кислорода в ДГС. Подобным заключениям противоречат два обстоятельства. Во-первых, на фоне указанных изменений кислородтранспортной функции крови не отмечено каких-либо неблагоприятных сдвигов в обмене липидов, а также в активности ферментов электронтранспортной цепи, являющихся кислородзависимыми параметрами. Во-вторых, при восстановлении  $pO_2$  до 34 кПа после кратковременного его снижения не произошло каких-либо отклонений в показателях эритропоэза, энергетического обмена и физической работоспособности акванавтов вплоть до начала декомпрессии.

К 9-м суткам содержание основной ( $A_0$ ) фракции гемоглобина полностью нормализовалось, а затем достоверно превысило исходное, вероятно, вследствие компенсаторной активизации эритропоэза, стабилизации синтеза гемоглобина на новом компенсаторном уровне, а также защиты этого белка от гликозилирования [7, 9].

Биоэнергетический метаболизм обследованных характеризовался усилением липидного обмена на фоне неизменного катаболизма углеводов, что противоречит представлению о строго реципрокном отноше-



нии этих видов обмена [14], однозначность которого поставлена под сомнение результатами исследований последних 5 лет [10]. С этим, вероятно, связано ускорение потребления кислорода, так как липидный обмен больше, чем углеводный, нуждается в кислороде.

Стабильная в течение всего периода пребывания под повышенным давлением физическая работоспособность акванавтов была вполне достаточной для выполнения типовых водолазных работ.

На основании полученных результатов можно заключить, что пребывание в течение 25 сут под давлением 4,6 МПа, а также в течение 10 сут под давлением 5,1 МПа, не вызывает стойких неблагоприятных изменений физической работоспособности, эритропоэза и обмена веществ у акванавтов. Оптимальное содержание кислорода в кислородно-гелиевой среде при этом для глубин 400, 450 и 500 м составляет 30—33, 32—35 и 33—34 кПа соответственно.

V. V. Semko, A. A. Povazhenko, V. V. Krivov,  
T. I. Ryzhova, S. I. Ganenko

#### EVALUATION OF ENERGY METABOLISM AND PHYSICAL WORKING CAPACITY OF AQUANAUTS WHILE DETERMINING OPTIMAL OXYGEN CONTENT IN BREATHING GAS MIXTURE UNDER PRESSURE UP TO 5.1 MPa

A complex evaluation of energy metabolism, oxygen-transport function of blood and physical work capacity of aquanauts has been performed during three imitation diversings at depths of 400, 450 and 500 m in heliox as a breathing medium. These experiments have shown that optimal levels of partial oxygen pressure in artificial chamber environment are 30-33 kPa at 4.1 MPa, 32-35 kPa at 4.6 MPa and 33-34 kPa at 5.1 MPa.

It is established that 24-days exposure of aquanauts to 4.6 MPa and 10-days exposure to 5.1 MPa yield no unfavourable changes of the examined organism functions. The activated lipid exchange in combination with stable carbohydrate catabolism, the elevated levels of oxygen consumption and its partial pressure in blood and transient fluctuations of erythropoiesis activity are interpreted as compensatory responses of divers organism under the influence of hyperbaric factors.

Experimental Diving Centre, Rescue Service of Navy,  
Ministry of Defense of the USSR, Leningrad

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапов Ю. Я. Кислотно-щелочной баланс.— М.: Медицина, 1968.— 184 с.
2. Бутенко З. А., Глузман Д. Ф., Зак К. П. и др. Цитохимия и электронная микроскопия клеток крови и кроветворных органов.— Киев: Наук. думка, 1974.— 243 с.
3. Дударев В. П. Роль гемоглобина в механизмах адаптации к гипоксии и гипероксии.— Киев: Наук. думка, 1979.— 152 с.
4. Иржак Л. И. Гемоглобины и их свойства.— М.: Наука, 1975.— 240 с.
5. Медицинские проблемы подводных погружений: Пер. с англ. / Под ред. П. Б. Беннетта, Д. Г. Эллиотта.— М.: Медицина, 1988.— 672 с.
6. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и стресс-лимитирующие системы организма // Физиология адаптационных процессов.— М.: Наука, 1986.— С. 521—621.
7. Моисеева О. И. Физиологические механизмы регуляции эритропоэза.— Л.: Наука, 1985.— 183 с.
8. Руководство по гипербарической оксигенации (теория и практика клинического применения) / Под ред. С. Н. Ефуни.— М.: Медицина, 1986.— 416 с.
9. Страйер Л. Биохимия: Пер. с англ.— М.: Мир, 1984.— Т. 1.— 232 с.
10. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация: Пер. с англ.— М.: Мир.— 1988.— 568 с.
11. Dantzker D. R. Peripheral oxygen delivery and use // Semin. Respir. Med.— 1986.— 8, Suppl.— P. 25—28.
12. Hurley B. F., Nemeth P. M., Martin III W. H. et al. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training // J. Appl. Physiol.— 1986.— 60, № 2.— P. 562—567.
13. Jambar S. C., Osborn L. J., Wells G. N. Glycerolipid biosynthesis in rat adipose tissue. Influence of age and cell size on substrate utilization // Lipids.— 1986.— 21, N 7.— P. 460—464.

14. Ravussin  
rate and  
1986.— 60  
15. Severingh  
chemical

Испытат. Ц.  
Поисково-сп

УДК 615.835.12

Т. С. Фокина

**Характер  
и пероксид  
ишемиче  
гипербар**

В группе  
ний возраст  
1,7 ата, и  
сеанса исс  
сидазу ней  
дили мони  
между пер  
100 клеток  
пряжения,  
сердечного  
дазной акт

**Введение**

Проведены  
разработку  
сигенации  
автоматизи  
ниях во в  
хания, сост  
тохимическ  
организма  
исследова

**Методика**

В соответс  
ишемическ  
получавши  
или 147—1  
следовали  
нейтрофило  
ниторное н  
пероксидаз  
ках), сумм  
получаемым  
го ритма.

© Т. С. ФОКИНА

ISSN 0201-8489



14. Ravussin E., Bogardus C., Scheidegger K. et al. Effect of elevated FFA on carbohydrate and lipid oxidation during prolonged exercise in human // J. Appl. Physiol.—1986.—60, № 3.—P. 893—900.
15. Severinghaus J. W. A combined transcutaneous  $pO_2$ — $pCO_2$  electrode with electrochemical  $HCO_3$ -stabilization // Ibid.—1981.—51, № 4.—P. 102—107.

Испытат. Центр подвод. исследований  
Поисково-спасат. службы ВМФ, Ленинград

Материал поступил  
в редакцию 29.12.90

УДК 615.835.12

Т. С. Фокина, И. Е. Максимова, В. Ф. Юрышев

### **Характеристика сердечного ритма и пероксидазной активности крови у больных ишемической болезнью сердца в условиях гипербарической оксигенации**

*В группе больных ишемической болезнью сердца (24 мужчины, средний возраст 51 год), получавших ГБО-терапию (10 сеансов при 1,5—1,7 ата, или 147—167 кПа, в течение 60 мин), до и после каждого сеанса исследовали выявляемую цитохимическим методом миэлопероксидазу нейтрофилов периферической крови, а во время сеансов проводили мониторинг наблюдение ЭКГ. Проведен корреляционный анализ между пероксидазным индексом (средним содержанием фермента в 100 клетках), суммарной пероксидазной активностью и индексом напряжения, получаемым с помощью компьютерного анализа изменений сердечного ритма. Выявлена тесная корреляция суммарной пероксидазной активности и индекса напряжения.*

#### **Введение**

Проведены исследования по комплексной программе, направленной на разработку физиологических основ оптимизации гипербарической оксигенации (ГБО). Методологической предпосылкой работы явились автоматизированный сбор и анализ информации о некоторых изменениях во время сеансов ГБО функций систем кровообращения, дыхания, состояния метаболизма (по результатам биохимического и цитохимического анализов), параметров антиокислительной системы организма (по результатам применения математических методов исследования).

#### **Методика**

В соответствии с указанной программой обследована группа больных ишемической болезнью сердца (24 мужчины, средний возраст 51 год), получавших ГБО-терапию (10 ежедневных сеансов при 1,5—1,7 ата, или 147—167 кПа, в течение 60 мин). До и после каждого сеанса исследовали выявляемую цитохимическим методом миэлопероксидазу нейтрофилов периферической крови, а во время сеансов проводили мониторинг наблюдение ЭКГ. Проведен корреляционный анализ между пероксидазным индексом (средним содержанием фермента в 100 клетках), суммарной пероксидазной активностью и индексом напряжения, получаемым с помощью компьютерного анализа изменений сердечного ритма.

© Т. С. ФОКИНА, И. Е. МАКСИМОВА, В. Ф. ЮРЫШЕВ, 1991