

# МЕХАНИЗМЫ НАРУШЕНИЙ СОЗНАНИЯ И ПАМЯТИ ПРИ АЗОТНОМ НАРКОЗЕ И ОСТРОМ КИСЛОРОДНОМ ОТРАВЛЕНИИ У ВОДОЛАЗОВ И ПОДВОДНИКОВ

[А. В. Стаценко<sup>1</sup>, В. И. Николаев<sup>3</sup>, Д. В. Бакланов<sup>2</sup>, О. В. Леонтьев<sup>1</sup>, В. Я. Апчел<sup>1</sup>,  
Л. Г. Медведев<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны  
России (г. Санкт-Петербург)

<sup>2</sup>ГУЗ «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы» (Елизаветинская  
больница) (г. Санкт-Петербург)

<sup>3</sup>ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.  
Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург)

Приведены результаты исследований по сравнительной оценке степени гипоксизации организма с нарушениями сознания и памяти при азотном наркозе и остром кислородном отравлении. Степень гипоксизации рассчитывалась с использованием такого фундаментального свойства молекул азота и кислорода, как сродство к электрону, и выражалась в единицах мощности. Степени нарушения сознания и памяти расценивались по клинической картине указанных профессиональных заболеваний водолазов и подводников. Выявлено, что степени нарушения сознания и памяти коррелируют с показателями гипоксизации организма. Установлено, что показатели перекисного окисления клеточных мембран могут быть использованы при определении лиц, чувствительных и устойчивых к условиям гипербарии. Исследования проведены при плановых водолазных спусках на глубины от 10 до 210 м с участием 60-ти водолазов.

**Ключевые слова:** профессиональные заболевания водолазов и подводников, сознание, память, цитоскелет нейрона, синапс, дезоксирибонуклеиновая кислота, п-электрон.

---

**Стаценко Анатолий Васильевич** — доктор медицинских наук, заместитель начальника кафедры кожных и венерических болезней по клинической работе ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, рабочий телефон: 8 (812) 271-87-01, e-mail: statsenko-a@mail.ru

**Николаев Валентин Иванович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патологической физиологии ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова», г. Санкт-Петербург, рабочий телефон: 8

(812) 543-16-30, e-mail: pathphys@yandex.ru

**Бакланов Денис Викторович** — врач-хирург ГУЗ «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы» (Елизаветинская больница), г. Санкт-Петербург, рабочий телефон: 8 (812) 555-15-05, e-mail: major1976@mail.ru

**Леонтьев Олег Валентинович** — доктор медицинских наук, профессор, доцент кафедры патологической физиологии ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, рабочий телефон: 8 (812) 292-32-33, e-mail: lov63@inbox.ru

**Апчел Василий Яковлевич** — доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник НИЛ информационных технологий ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, e-mail: major1976@mail.ru

**Медведев Леонид Григорьевич** — доктор медицинских наук, лауреат государственной премии РФ в области науки и техники, профессор кафедры физиологии подводного плавания ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, e-mail: medvedev.leonid.2013@yandex.ru

---

*Введение.* Азотный наркоз и острое кислородное отравление относятся к тяжелым профессиональным заболеваниям водолазов и подводников. В структуре профессиональной патологии специалистов аварийно-спасательной службы Военно-морского флота эти заболевания составляют  $3,1 \pm 0,27$  и  $3,2 \pm 0,74$  % соответственно, а среди заболевших водолазов на соединениях подводных лодок острое кислородное отравление составляет  $16,7 \pm 4,82$  % [9, 12]. При несвоевременном оказании медицинской помощи пострадавшие погибают. Поэтому исследование интимных механизмов патогенеза этих заболеваний имеет большое значение для военно-морской медицины. Как основу патогенеза этих заболеваний ранее ошибочно считали только образование недоокисленных форм кислорода и различную растворимость газов в крови и липидах [16].

Установлено, что высокие парциальные давления азота и кислорода нарушают сознание и память у водолазов и подводников [9]. В медицинском аспекте сознание и память справедливо рассматривались как взаимосвязанные когнитивные функции мозга, обеспечивающие жизнедеятельность организма [16]. Выявлено, что вся жизнедеятельность организма зависит от соотношения доноров и акцепторов электронов в тканях и осуществляется за счет энергии п-электронов дыхательной цепи [15, 17]. Эта энергия рассматривается как сродство молекул или атомов вещества при их присоединении к п-электрону с образованием нестойкого иона. Сродство к электрону является фундаментальным свойством материи, как и электроотрицательность веществ [5]. В условиях нормального атмосферного давления основная часть п-электронов, образующихся в цикле Кребса, в дыхательной цепи присоединяется к аденозиндифосфорной кислоте (АДФ) с образованием аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Синтез АТФ из АДФ увеличивает энергетический потенциал организма на 220 кДж/моль. За сутки в организме человека синтезируется около 70 кг АТФ, которая расходуется во всех процессах жизнедеятельности [15]. В условиях повышенного парциального давления азота и кислорода часть п-электронов присоединяется к их молекулам, конкурентно сокращая синтез АТФ, что приводит к гипоенергизации организма [7, 8].

К настоящему времени разработаны «прожекторная», голографическая и квантовая теории (модели) сознания. «Прожекторная» теория предполагает существование в коре головного мозга «луча прожектора», подразумевая под ним воздействие на нейроны гипотетического осциллятора частотой 40 Гц, инициирующего синхронизацию разрядов на частотах 35–75 Гц, создающих целостный образ внешнего мира [23]. Голографическая модель предусматривает, что информация о каждой точке окружающего мира распределяется по всем нейронам, а тета-ритм гиппокампа сканирует эту информацию [24]. Наиболее полной и значимой можно считать квантовую модель сознания, основанную на правомерных утверждениях о том, что в основе сознания лежат электромагнитные процессы между различными структурами мозга [1].

В качестве мозговых структур локализации энграмм сознания и памяти рассматриваются межнейрональные синапсы, микротрубочки цитоскелета нейронов (МТЦ) [22] и геном [1]. Методом молекулярного моделирования обоснована схема взаимодействия МТЦ нейронов с ферментом альфа-кальмодулин протеинкиназой II (CaMK II), который образуется из ионов кальция в постсинаптической мембране нейрона. Каждая структура CaMK II при прохождении электрического импульса придает МТЦ дипольные свойства, что позволяет кодировать 1 бит информации, поступающей из синапса. Все преобразования в МТЦ осуществляются за счет энергии АТФ [22]. Роль материальных носителей сознания и памяти многие исследователи отводят части генома, которая не попадает под категорию белок-кодирующих наследственных структур (около 98 % генома), а участвует в преобразовании генетической информации в клетках. Установлено, что у животных переход информации из кратковременной в долговременную память сопровождается увеличением концентрации рибонуклеиновой кислоты (РНК) и экспрессии специальных геномов (ядерных протоонкогенов *c-fos*), после чего память переходит в стабильную консолидированную форму и не может быть нарушена внешними воздействиями. Утверждается, что при формировании памяти синтезируются цепи новых ДНК [1]. В последние годы разработана парадигма исследований зрительной памяти. Методом магнитно-резонансной томографии выявлено, что зрительные образы у человека активируют нейроны в различных областях коры, что характеризует локализацию высших корковых функций как динамическую и распространенную по всему неокортексу [13].

Приведенный анализ данных литературы свидетельствует о том, что существующие представления об энергетических трансформациях в организме, сопровождающих нарушения сознания и памяти, являются недостаточными и нуждаются в дополнительных исследованиях.

*Цель исследования:* выявить особенности энергетического обмена при нарушениях сознания и памяти, обусловленных азотным наркозом и острым кислородным отравлением.

*Материалы и методы.* Обследовано 60 водолазов в возрасте 19–43 года. Работы проведены в 4 этапа. Первый этап проведен в учебном отряде подводного плавания Балтийского флота, второй и третий — на лабораторно-экспериментальной базе 40 Государственного научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации, четвертый — на крейсере «Петр Великий» Северного флота. На первом этапе спуски водолазов проводились сериями по одному спуску ежедневно в течение четырех дней. Для спусков в морских условиях использовались изолирующие дыхательные аппараты ИДА-71У, в лабораторных условиях — гидрорекомпрессионная камера (ГРК).

Клинические исследования включали углубленный медицинский осмотр, тщательное

наблюдение за водолазами, психофизиологические пробы, определение уровня реакций перекисного окисления липидов (ПОЛ) клеточных мембран и хромосомный анализ лимфоцитов. Углубленный медицинский осмотр включал опрос жалоб, измерение температуры тела, частоты пульса, артериального давления, аускультацию легких, пальпацию органов брюшной полости и проводился до и после каждого водолазного спуска. В случае выявления нарушений здоровья водолаз отстранялся от спуска. Наблюдение за водолазами проводилось в течение всего спуска. Отмечались поза, реакция на команды, подаваемые снаружи, двигательная активность, ответы на вопросы о самочувствии, состояние глаз (открыты или закрыты).

Психофизиологические пробы проводились при учебных водолазных спусках и включали определение критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ), продолжительности простой сенсомоторной реакции (ПСМР), зрительной памяти и физической работоспособности по показателям  $PWC_{170}$  при мощности физических нагрузок 300 и 600 Вт по методикам, описанным Н. Н. Даниловой [2]. Непосредственно перед спуском в ГРК у водолазов забиралась кровь из локтевой вены с целью определения интенсивности реакции хемолюминесценции (ХЛ) [19, 20], концентрации внеэритроцитарного гемоглобина (ВЭГ) [10], величины суммарной пероксидазной активности (СПА) [6] и оксидазной активности церулоплазмينا (ЦП) [6]. У водолазов после спуска дополнительно проводился опрос жалоб для выявления возможного токсического действия кислорода (онемение пальцев, боли за грудиной, кашель, першение в горле). В качестве контроля исследовались лица, не связанные с водолазной деятельностью. По результатам опроса жалоб водолазы были условно разделены на чувствительных и устойчивых к действию кислорода. К чувствительным водолазам были отнесены лица с указанными жалобами. Хромосомный анализ лимфоцитов проводили по методике С. Н. Колюбаевой [3].

КЧСМ и ПСМР рассматривались как показатели функционального состояния межнейронных синапсов и МТЦ. Результаты опроса жалоб и наблюдений за водолазами использовались для оценки эпигенетических нарушений сознания и памяти.

Расчет мощности энергии п-электронов дыхательной цепи, связываемой молекулами газов, проводился по формуле:

$$Q = (V_1 \times L \times n_1)/t + (V_2 \times L \times n_2)/t [3],$$

где  $Q$  — связанная мощность дыхательной цепи, Вт;  $V_1, V_2$  — объемы азота и кислорода, растворенные в тканях в условиях повышенного давления,  $\text{см}^3$ ;  $L$  — число Лошмидта, равное  $2,687 \times 10^{19}$  молекул газа в  $1 \text{ см}^3$ ;  $n_1, n_2$  — сродство газов к п-электрону, равное для молекулы азота —  $1,11 \times 10^{-19}$  Дж и —  $10,83 \times 10^{-19}$  Дж для молекулы кислорода [4];  $t$  — продолжительность спуска, с. Отрицательные значения сродства газов к п-электрону означали, что при их взаимодействии поглощается часть энергии дыхательной цепи организма [4]. Объем газа, растворяемого в организме под повышенным давлением, рассчитывался по данным Б. А. Нессирио [11].

Названия этапов, условия и объем исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Названия этапов, условия и объем исследований

| №<br>этапа | Название этапа                                                                                     | Условия       |                    |               |                                                 |      | Объем (число<br>человеко-спусков) |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|---------------|-------------------------------------------------|------|-----------------------------------|
|            |                                                                                                    | глубина,<br>м | экспозиция,<br>мин | газ           | парциальное<br>давление,<br>кгс/см <sup>2</sup> |      |                                   |
|            |                                                                                                    |               |                    |               | кислород                                        | азот |                                   |
| 1          | Учебные водолазные спуски на малые глубины                                                         | 10-12         | 120                | Кисло-род     | 2,0-2,2                                         | —    | 26                                |
| 2          | Экспериментальные водолазные спуски путем моделирования аварии подводной лодки на больших глубинах | 100           | 90                 | Сжатый воздух | 2,2                                             | 8,8  | 10                                |
| 3          | Рабочий водолазный спуск на предельную глубину                                                     | 210           | 2-3                | Сжатый воздух | 4,4                                             | 17,6 | 6                                 |
| 4          | Тренировочные водолазные спуски на средние глубины                                                 | 20            | 20                 | Кислород      | 3,0                                             | —    | 18                                |

При спусках в морских условиях на глубины 12 и 20 м водолазам для дыхания подавался медицинский кислород. При спусках в ГРК отсеки вентилировались сжатым воздухом, отвечающим требованиям правил водолазной службы [9]. Моделирование аварии подводной лодки на больших глубинах включало, кроме повышенного давления, увеличение содержания углекислого газа до 1,3-3,9 % (в пересчете на нормальное давление) за счет метаболических процессов в организме самих водолазов, питание аварийным рационом около 1000 ккал и потребление 1 л пресной воды в сутки. Декомпрессия проводилась со средней скоростью около 1 м/ч и занимала около 4-х суток. *Результаты и их обсуждение.* Показатели психофизиологических проб у водолазов на этапе учебных водолазных спусков на малые глубины (этап 1) изменялись от спуска к спуску в сторону ухудшения. Так, латентный период ПСМР после 4-го спуска увеличился на 26 % по сравнению с фоном, КЧСМ уменьшилась на 18 %, объем кратковременной зрительной памяти снизился на 34,8 %, физическая работоспособность снизилась на 18 %. Все это свидетельствовало об ухудшении функционального состояния основных органов и систем (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты психофизиологических проб на этапе учебных водолазных спусков на малые глубины**

| Показатель            | Ед. измерения | Значения показателей           |                   |                    |                    |                    |                      |                                   |
|-----------------------|---------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|
|                       |               | за 2-3-е суток до спуска (фон) | перед 1-м спуском | после 1-го спуска  | после 2-го спуска  | после 3-го спуска  | после 4-го спуска    | через 3-е суток после 4-го спуска |
| Латентный период ПСМР | мс            | 138,4 ± 4,28                   | 142,32 ± 5,4      | 154,8 ± 6,4* (+17) | 162 ± 6,8* (+18,8) | 168,5 ± 5,8* (+24) | 176,6 ± 4,22* (26,2) | 142,4 ± 5,2                       |

|                                         |              |                 |                        |                            |                            |                            |                              |                 |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|
| КЧСМ                                    | Гц           | $44,5 \pm 0,8$  | $41,8 \pm 0,98$        | $40,2 \pm 0,92^*$<br>(-9)  | $40,4 \pm 0,76^*$<br>(-9)  | $38,2 \pm 0,84^*$<br>(-14) | $36,4 \pm 0,64^*$<br>(-18)   | $42,4 \pm 0,68$ |
| Объем кратковременной зрительной памяти | Кол-во фигур | $9,01 \pm 0,16$ | $8,52 \pm 0,18^*$ (-5) | $7,88 \pm 0,24^*$<br>(-12) | $7,26 \pm 0,22^*$<br>(-19) | $6,58 \pm 0,27^*$<br>(-26) | $5,88 \pm 0,18^*$<br>(-34,8) | 9,58            |
| Физическая работоспособность            | Вт           | $210 \pm 12$    | $215 \pm 12$           | $220 \pm 16$               | $212 \pm 14$               | $190 \pm 12^*$<br>(-9)     | $172 \pm 12^*$<br>(-18)      | —               |

*Примечания:* знаком \* отмечены достоверные изменения показателей по сравнению с фоном; в скобках приведены изменения в процентах

Весьма вероятно, что КЧСМ ( $44,5 \pm 0,8$  —  $36,4 \pm 0,64$  Гц) связана с частотой вращения репликационной вилки ДНК, составляющей около 100 Гц [8]. Об этом свидетельствуют следующие соображения: репликация ДНК в эволюционном плане является реликтовым свойством живой материи, без которого невозможно ее развитие; в частотную характеристику репликационной вилки ДНК укладываются 2 целых гармоник КЧСМ; исследователи в области физики головного мозга путем моделирования показали, что его структуры могут трансформировать возникающие в нейронах электромагнитные колебания по частоте [21]. Репликация ДНК осуществляется за счет энергии АТФ, поэтому дефицит АТФ в клетке, сопровождающий общую гипознергизацию организма, приводит к уменьшению частоты вращения репликационной вилки и, как следствие, ухудшению показателей КЧСМ и других психофизиологических проб. Приведенные изменения психофизиологических проб позволили оценить функциональное состояние организма водолазов как утомление. Расчетный показатель блокированной мощности дыхательной цепи за 1 спуск на глубину 10 м с экспозицией 120 мин составил 12 Дж. При экспериментальных водолазных спусках путем моделирования аварии подводной лодки на больших глубинах (2-й этап исследований) в состоянии водолазов можно было выделить три периода продолжительностью около 30 мин каждый. В начале первого периода отмечалась выраженная эйфория у всех водолазов в виде бессмысленного смеха и двигательного беспокойства. В течение 15–20 мин эйфория сменялась заторможенностью и невыраженными нарушениями координации движений. Состояние сознания можно было охарактеризовать как оглушение. Расчетный показатель блокированной мощности дыхательной цепи составлял 17 Вт. По-видимому, основным патогенетическим механизмом выявленных нарушений являлись вначале активация, а затем истощение синаптических компонентов сознания. Во втором периоде пребывания на глубине 100 м (30-я — 60-я мин) наблюдались выраженная слабость, заторможенность и появлялись первые признаки деперсонализации. Такое состояние сознания было оценено как онейроид. Расчетное значение блокированной мощности дыхательной цепи составило 23 Вт. Приведенные изменения, наиболее вероятно, могли быть следствием распада функций МТЦ нейронов. В конце пребывания на глубине 100 м (60-я — 90-я мин) отмечались выраженная дезориентация в окружающей обстановке и собственном «я», эхофония, которая выражалась в монотонном повторении задаваемого вопроса и отсутствии ответа по существу (примерно у половины водолазов), которые были расценены как сумеречное сознание, вызванное распадом функции синапсов и МТЦ. Блокированная мощность дыхательной цепи организма составляла 40 Вт (по расчету). По результатам опроса самочувствия после спуска водолазы были условно разделены на чувствительных (5 человек) и устойчивых (5 человек) к действию повышенного парциального давления. Результаты исследований уровней реакций ПОЛ

у чувствительных и устойчивых водолазов к действию повышенного парциального давления кислорода приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Уровни реакций ПОЛ у чувствительных и устойчивых водолазов к действию повышенного парциального давления кислорода**

| Контингент водолазов | Значения реакций ПОЛ |                      |              |                |
|----------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|
|                      | ХЛ, отн. ед.         | СПА, ед. отн. пл./мл | ЦП, мкмоль/л | ВЭГ, мкмоль/мл |
| Чувствительные       | 76,5 ± 14,37         | 24,84 ± 6,0          | 1,09 ± 0,41  | 5,57 ± 1,54    |
| Устойчивые           | 44,2 ± 9,03          | 12,52 ± 4,85         | 1,09 ± 0,49  | 3,73 ± 1,34    |

Приведенные значения реакций ПОЛ у чувствительных и устойчивых водолазов к действию повышенного парциального давления кислорода можно считать объективными и статистически значимыми, так как низкий «разброс» среднего квадратического отклонения показателей ( $\pm m$ ) свидетельствовал о достаточной чувствительности использованных методик. Значения ХЛ у «чувствительных» лиц превышали таковые у «устойчивых» лиц на 42 %, СПА — на 49 % и ВЭГ — на 33 %. Показатели ЦП были одинаковые у «чувствительных» и «устойчивых» лиц, что можно было расценить как равные прооксидантные возможности организма всех водолазов. При хромосомном анализе лимфоцитов установлено, что в контрольной группе содержание метафаз с перестройками составляло  $5,1 \pm 0,27$  %, а у водолазов после спуска  $11,38 \pm 2,12$  %, что свидетельствовало о повреждающем влиянии повышенных парциальных давлений азота и кислорода на геном.

Рабочий водолазный спуск на предельную глубину 210 м (этап 3) был следствием ошибочных действий оператора пульта подачи сжатого воздуха в отсек ГРК. В период компрессии наблюдение за водолазами не проводилось. При аварийной декомпрессии с глубины 210 до 80 м водолазы были в бессознательном состоянии. С 80 м и меньше сознание постепенно возвращалось. Полное восстановление сознания наступило через 4–5 ч после окончания спуска. Состояние водолазов на предельной глубине и в процессе декомпрессии до 80 м расценивалось как глубокая кома. Расчетное значение блокированной мощности дыхательной цепи составило 82 Вт. Наиболее вероятно, что на этом этапе в основе патогенеза коматозного состояния лежали так называемые эпигенетические эффекты, связанные с нарушением синтеза полипептидов и белков ДНК.

При тренировочных спусках на средние глубины (этап 4) утрата сознания наступила у 2-х водолазов из 18-ти после 20-минутной экспозиции на глубине 20 м и дыхании кислородом. Утрате сознания предшествовали кратковременные (1–2 мин) зрительные и слуховые галлюцинации в виде разноцветных кругов и звуков различной тональности. Потеря сознания сопровождалась многократными клоническими судорогами и опистотонусом продолжительностью 30–60 с с перерывом в 1–2 мин и расценивалась как коматозное состояние. После купирования судорог с помощью промедола и атропина громкие звуки и яркий свет приводили к повторным, но менее выраженным приступам. Сознание возвращалось через 1–2 ч после пребывания в условиях атмосферного давления. Вначале пострадавшие начинали слышать звуки, а потом различать окружающие предметы, но не ориентировались в обстановке. Полное восстановление сознания наступало через 4–5 ч после окончания спуска. Кроме того, наблюдалась утрата памяти на события, предшествовавшие водолазному спуску, которая сохранялась в течение 10–12 ч. Расчетное значение блокированной мощности дыхательной цепи составляло 130 Вт.

В патогенезе коматозного состояния и утраты памяти лежали, по нашему мнению, также нарушения синтеза полипептидов и белков ДНК, но более выраженные, чем на предыдущем этапе.

По результатам проведенных исследований можно выделить несколько общих закономерностей в нарушениях сознания и памяти под действием повышенных парциальных давлений азота и кислорода: нарушения когнитивных функций мозга коррелируют с величиной блокируемой мощности дыхательной цепи организма; у водолазов, чувствительных к действию повышенных парциальных давлений, исходные показатели концентрации ХЛ, СПА и ВЭГ в плазме существенно выше по сравнению с аналогичными показателями у устойчивых водолазов.

### *Выводы*

1. Основным механизмом нарушений сознания и памяти при азотном наркозе и остром кислородном отравлении является гипознергизация организма вследствие частичной блокады мощности дыхательной цепи повышенными концентрациями молекул газа во вдыхаемой смеси. Блокада 12 Вт приводит к утомлению, 17 Вт — к синдрому оглушения, 23 Вт — к онейроиду, 40 Вт — к сумеречному состоянию, 82 Вт — к коме и 130 Вт — дополнительно к ретроградной амнезии.
2. С целью профилактики азотного наркоза и кислородного отравления дополнительно к мерам, предусмотренным правилами водолазной службы, целесообразно на этапе профессионального отбора водолазов определять уровни интенсивности ПОЛ (ХЛ, СПА и ВЭГ). За водолазами, имеющими значения ХЛ более 45-50 отн. ед., СПА более 13-15 ед. опт. пл/мл и ВЭГ более 4-4,5 мкмоль/л, устанавливать тщательный медицинский контроль и быть готовым к немедленным действиям по оказанию медицинской помощи.

### *Список литературы*

1. Анохин К. В. Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти / К. В. Анохин // Журн. высшей нервной деятельности. — 1997. — Т. 47, № 2 — С. 261-279.
2. Данилова Н. Н. Психофизиология / Н. Н. Данилова. — М. : Аспент-Пресс, 2007. — 368 с.
3. Колюбаева С. Н. Сравнительный анализ стабильных хромосомных aberrаций, выявленных методом флуоресцентной *in situ* гибридизацией у человека и обезьян при облучении *in vitro* лимфоцитов крови / С. Н. Колюбаева, А. В. Киссель, А. Н. Гребенюк // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. — 2008. — Т. 21, № 1. — С. 138-141.
4. Кругликов Р. И. Нейрохимические механизмы обучения и памяти / Р. И. Кругликов. — М. : Наука, 1989. — 160 с.
5. Куриленко А. Д. Краткий справочник по химии / А. Д. Куриленко. — Киев : Наук. думка, 1974. — С. 16-23.
6. Биохимические показатели кислородной интоксикации / А. И. Лукаш [и др.] // Физиол. журн. — 1991. — № 4. — С. 108-115.
7. Электронная концепция механизмов реакций и организма на инертные газы и кислород в условиях повышенного давления / Л. Г. Медведев [и др.] // Вестн. Рос. воен.-мед. академии. — 2010. — № 1 (29). — С. 113-116.
8. Механизмы инициации и развития острого кислородного отравления у водолазов / Л. Г. Медведев [и др.] // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. — 2011. — № 4 (36). — С. 130-134.
9. Медицинское обеспечение водолазов ВМФ : правила водолажной службы ВМФ ПВС-ВМФ-2002. — М. : Воениздат, 2004. — С. 39, 153, 156.
10. Мовшович В. Л. Методика определения внеэритроцитарного гемоглобина



- и миоглобина в сыворотке крови / В. Л. Мовшович // Лаб. дело. — 1973. — № 5. — С. 279-281.
11. Нессирио Б. А. Физиологические основы декомпрессии водолазов и подводников : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Б. А. Нессирио. — СПб., 1991. — Т. 2. — С. 81-88.
  12. Никонов С. В. Теория и практика медицины подводных аварий и катастроф : дис. ... канд. мед. наук / С. В. Никонов. — СПб. : Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины, 2000. — 128 с.
  13. Функциональная магнитно-резонансная томография как метод оценки когнитивных функций / М. М. Одинак [и др.] // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. — 2011. — № 4 (36). — С. 7-13.
  14. Пальцев М. А. Молекулярная медицина и прогресс фундаментальных наук / М. А. Пальцев // Вестн. РАН. — 2002. — Т. 72, № 1. — С. 13-21.
  15. Самойлов В. О. Медицинская биофизика / В. О. Самойлов. — СПб. : Спецлит, 2004. — С. 216-218.
  16. Физиология подводного плавания и аварийно-спасательного дела : учебник / И. В. Санов [и др.]. — Л. : ВМА, 1986. — 436 с.
  17. Сент-Дьердьи Антуан. Биоэлектроника. Исследования в области клеточной регуляции, защитных механизмов и рака / Антуан Сент-Дьердьи ; пер. с англ. О. С. Неделина. — М. : Мир, 1971. — 80 с.
  18. Стаценко А. В. Гипербарический стресс у водолазов и подводников : дис. ... д-ра мед. наук / А. В. Стаценко. — СПб. : ВМА, 2011. — 275 с.
  19. Страйер Л. Биохимия / Л. Стайер. — М. : Мир, 1985. — Т. 3. — С. 13.
  20. Экспериментальное обоснование исследования хемолуминесценции сыворотки крови при гипербарической оксигенации, как показатель динамики активности перекисного окисления липидов / С. В. Шницер [и др.] // Анестезиология и реаниматология. — 1982. — № 2. — С. 40-43.
  21. Холманский А. С. Моделирование физики мозга / А. С. Холманский // Квантовая магия. — 2006. — № 3, вып. 3. — С. 3126-3155.
  22. Craddock T. J. Cytoskeletal Signaling: is Memory Encoded in Microtubule Lattices by CaMK II Phosphorylation? / T. J. Craddock, J. A. Tuszynski, Hameroff // Plos. Comput. Biol. — 2012. — Vol. 8 (3).
  23. Crick E. Astonishing Hypotheses : the Scientific Search for the Soul / E. Crick. — Л.У., 1994.
  24. Quantum Optical Coherence in Cytoskeletal Mikrotubule / Implications for Brain Function // Biosystems. — 1994. — Vol. 32. — P. 195-209.

# MECHANISMS OF CONSCIOUSNESS AND MEMORY DISTURBANCES AT NITRIC NARCOSIS AND ACUTE OXYGEN POISONING AT DIVERS AND SUBMARINERS

[A. V. Statsenko<sup>1</sup>](#), [V. I. Nikolayev<sup>3</sup>](#), [D. V. Baklanov<sup>2</sup>](#), [O. V. Leontyev<sup>1</sup>](#), [V. Y. Apchel<sup>1</sup>](#),  
[L. G. Medvedev<sup>1</sup>](#)

<sup>1</sup>FSBMEI HPE «Army Medical Academy n. a. S. M. Kirov» of the Ministry of Defence of the Russian Federation (St. Petersburg)

<sup>2</sup>SBE «Municipal Hospital of the Martyr Saint Elizabeth» (Elizabethan hospital) (St. Petersburg)

<sup>3</sup>SBEI HPE «Northwest state medical university n. a. I. I. Mechnikov» of Ministry of Health (St. Petersburg c.)

Results of researches on comparative assessment of body hypoenergization degree with disturbances of consciousness and memory at nitric narcosis and acute oxygen poisoning are presented in the article. Hypoenergization degree was estimated with usage of such fundamental property of nitrogen and oxygen molecules as affinity to electron, and it was expressed in power units. Extents of disturbance of consciousness and memory were regarded on a clinical picture of the specified occupational diseases of divers and submariners. It was revealed that the extents of disturbance of consciousness and memory correlate with body hypoenergization indicators. Indicators of peroxidation of cellular membranes can be used for determining the sensitive and steady persons against conditions of hyperbarism. Researches are conducted during planned diving descents to depths from 10 to 210 m with participation of 60 divers.

**Keywords:** occupational diseases of divers and submariners, consciousness, memory, neuron cytoskeleton, synapse, deoxyribonucleic acid,  $\pi$ -electron.

---

## About authors:

**Statsenko Anatoliy Vasilyevich** — doctor of medical science, deputy chief of dermatovenerological diseases chair on clinical work FSBMEI HPE «Army Medical Academy n. a. S. M. Kirov» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, office phone: 8 (812) 271-87-01, e-mail: statsenko-a@mail.ru

**Nikolaev Valentin Ivanovich** — doctor of medical science, professor, head of pathological physiology chair at SBEI HPE «Northwest state medical university n. a. I. I. Mechnikov» of Ministry of Health, office phone: 8 (812) 543-16-30, e-mail: pathphys@yandex.ru

**Baklanov Denis Viktorovich** — surgeon at SBE «Municipal Hospital of the Martyr Saint Elizabeth» (Elizabethan hospital), office phone: 8 (812) 555-15-05, e-mail: major1976@mail.ru

**Leontyev Oleg Valentinovich** — doctor of medical science, professor, assistant professor of pathological physiology chair at FSBMEI HPE «Army Medical Academy n. a. S. M. Kirov»

of the Ministry of Defence of the Russian Federation, office phone: 8 (812) 292-32-33, e-mail: lov63@inbox.ru

**Apchel Vasily Yakovlevich** — doctor of medical science, professor, senior research associate SRL of information technologies at FSBMEI HPE «Army Medical Academy n. a. S. M. Kirov» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, e-mail: major1976@mail.ru

**Medvedev Leonid Grigoryevich** — doctor of medical science, winner of the state award of the Russian Federation on science and equipment, professor of scuba diving physiology chair FSBMEI HPE «Army Medical Academy n. a. S. M. Kirov» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, e-mail: medvedev.leonid.2013@yandex.ru

### List of the Literature:

1. Anokhin K. V. Molecular scenarios of consolidation of long-term memory / K. V. Anokhin // Journal of higher nervous activity. — 1997. — V. 47, N 2 — P. 261-279.
2. Danilova N. N. Psychophysiology / N. N. Danilova. — M.: Aspent-Press, 2007. — 368 P.
3. Kolyubayeva S. N. The comparative analysis of stable chromosomal aberrations taped by method of fluorescent in situ hybridization at the person and monkeys at radiation of in vitro of blood lymphocytes / S. N. Kolyubayeva, A. V. Kissel, A. N. Grebenyuk // Bulletin of Rus. milit. — med. acad.. — 2008. — V. 21, N 1. — P. 138-141.
4. Kruglikov R. I. Neurochemical mechanisms of training and memory / R. I. Kruglikov. — M.: Science, 1989. — 160 P.
5. Kurylenko A. D. Short reference book on chemistry / A. D. Kurylenko. — Kiev: Sciences, 1974. — P. 16-23.
6. Biochemical indicators of oxygen intoxication / A. I. Lukash [etc.] // Fiziol. journal. — 1991. — N 4. — P. 108-115.
7. The electron concept of mechanisms of reactions and organism on inert gases and oxygen in the conditions of elevated pressure / L. G. Medvedev [etc.] // Bulletin of Rus. milit. — med. acad. — 2010. — N 1 (29). — P. 113-116.
8. Mechanisms of initiation and development of acute oxygen poisoning in divers / L. G. Medvedev [etc.] // Bulletin of Rus. milit. — med. acad. — 2011. — N 4 (36). — P. 130-134.
9. Medical support of divers of the Navy: rules of diving service Naval Force RDS-NF-2002. — M.: Voenizdat, 2004. — P. 39, 153, 156.
10. Movshovich V. L. Methodic of definition of ectoglobular hemoglobin and a myoglobin in blood serum / V. L. Movshovich // Lab. business. — 1973. — N 5. — P. 279-281.
11. Nessirio B. A. Physiological bases of decompression of divers and submariners: theses.... Dr. of medical science / B. A. Nessirio. — SPb., 1991. — V. 2. — P. 81-88.
12. Nikonov S. V. Theory and practice of medicine of underwater accidents and accidents: theses. ... cand. of medical science / S. V. Nikonov. — SPb.: All-Rus. center of emerg. and radiation. medicine, 2000. — 128 P.
13. Functional magnetic and resonant tomography as method of assessment of cognitive functions / M. M. Odinak [etc.] // Bulletin of Rus. milit. — med. acad. — 2011. — N 4 (36). — P. 7-13.
14. Paltsev M. A. Molecular medicine and progress of fundamental sciences / M. A. Paltsev// Bulletin of Russian Academy of Sciences. — 2002. — V. 72, N 1. — P. 13-21.
15. Samoylov V. O. Medical biophysics / V. O. Samoylov. — SPb.: Special litas, 2004. — P. 216-218.
16. Physiology of scuba diving and rescue business: textbook / I. V. Sanov [etc.]. — L.: VMA, 1986. — 436 P.

17. Saint-Dyerdyi Antoine. Bioelectronics. Researches in the field of cellular regulation, protective mechanisms and cancer / Antoine Saint-Dyerdyi; translation from English O. S. Nedelin. — M.: World, 1971. — 80 P.
18. Statsenko A. V. Hyperbaric stress at divers and submariners: theses. ... Dr. of medical science / A. V. Statsenko. — SPb.: VMA, 2011. — 275 P.
19. Strayer L. Biochemistry / L. Stayer. — M.: World, 1985. — V. 3. — P. 13.
20. Experimental justification of research of hemolyuminestsention of blood serum at hyperbaric oxygenation, as indicator of dynamics of activity of lipids peroxidation / S. V. Shnitser [etc.] // Anesthesiology and reanimotology. — 1982. — N 2. — P. 40-43.
21. Kholmansky A. S. Modeling of cerebral physics / A. S. Kholmansky // Quantum magic. — 2006. — N 3, Iss. 3. — P. 3126-3155.
22. Craddock T. J. Cytoskeletal Signaling: is Memory Ercoded in Microtubule Lattices by CaMK II Phosphorylation? / T. J. Craddock, J. A. Tuszynski, Hameroff // Plos. Comput. Biol. — 2012. — Vol. 8 (3).
23. Crick E. Astronishing Hypotheses : the Scientific Search for the Soul / E. Crick. — L.U., 1994.
24. Quantum Optikal Coherence in Cytoskeletal Mikrotubule / Implications for Brain Function // Biosystems. — 1994. — Vol. 32. — P. 195-209.