



Мы живем на дне воздушного океана, ежесекундно испытывая на себе давление гигантского воздушного столба. Тем не менее человеческий организм удивительным образом приспособился к такому гнету и давление 1 бар считается нормальным. Однако отклонения от нормы чреватy ощутимым дискомфортом, а в ряде случаев и необратимыми последствиями. Что же происходит с нашим телом при изменении давления?

# Человек под давлением

## КЕССОННАЯ БОЛЕЗНЬ

На вершине Эвереста (8848 м) атмосферное давление снижается на две трети, но при погружении в воду на ту же глубину возрастает в 885 раз! Дело в том, что вода примерно в 775 раз тяжелее воздуха, поэтому разница в давлении воды заметно ощутимее. Давление на дне жидкостного столба определяется его высотой, плотностью жидкости и силой тяжести. В морской воде давление возрастает примерно на 1 атм через каждые 10 м спуска, поэтому на глубине 30 м ныряльщик испытывает давление 4 бара (1 бар давления на поверхности + 3 бара подводного давления). При резком возвращении после воздействия высокого давления в условия обычного атмосферного давления возникает кессонная болезнь, которая характеризуется появлением кожного зуда, сильной болью в суставах и мышцах. В наиболее серьезных случаях водолазы после долгого пребывания на большой глубине при резком подъеме испытывали головокружение, затем наступали паралич, потеря сознания и смерть. И все это в считанные минуты!

## СМЕРТОНОСНЫЕ ПУЗЫРЬКИ

Если слишком быстро подниматься на поверхность с большой глубины, то газы, растворенные в крови и тканях, высвобождаются в форме пузырьков. Сформировавшись, они продолжают расти за счет новых порций газа, разрастаясь до таких размеров, при которых способны закупорить сосуды (газовая эмболия). Это препятствует поступлению крови к тканям, вызывая нехватку кислорода и питательных веществ, что может стать причиной гибели клеток. Кроме того, воздушные пузырьки могут активизировать работу клеток крови, реагирующих на приток воздуха, например тромбоцитов, которые участвуют в образовании тромбов. И наконец, образование пузырьков внутри тканей может привести к деформации или их разрыву. Профессиональные ныряльщики на своем опыте испытали симптомы воздействия этих коварных пузырьков. Когда крупные пузыри застревают в капиллярах легких, сокращается площадь дыхательной поверхности, что приводит к перебоям с дыханием, вызывая ощущения, сходные с таковыми при асфиксии. Нарушение равновесия возникает

из-за поражения вестибулярного аппарата. Нарушение кровоснабжения нервных структур — головного и спинного мозга, приводит к преходящим или стойким нарушениям функции в виде парезов или параличей, чувствительных нарушений, расстройств речи и др.

## ВОЗДУШНЫЕ «БОМБЫ» В ЗУБНЫХ ПЛОМБАХ

Сокращение объема газа на глубине и расширение при подъеме имеет огромное значение для ныряльщиков. Находящиеся в полостях человеческого организма газы сжимаются под воздействием давления и «растворяются» в жидкостях. Сжатие воздуха в легких, ушах и различных пазухах проявляется множеством крайне неприятных последствий. Воздух должен поступать в легкие под давлением, идентичным давлению окружающей среды, иначе они могут «взорваться». При изменении давления появляется боль в ушах из-за возникшей разницы давления во внутреннем и среднем ухе. Если сжатие произойдет слишком быстро и человек не успеет уравнять давление в среднем ухе с внешним, это может привести к разрыву барабанных перепонок. А если в зубной пломбе застрял воздушный пузырек, то при сжатии воздуха на глубине в пломбе или зубе может произойти имплозия, т.е. взрыв, направленный внутрь. На большой высоте возникает прямо противоположная опасность: при низком давлении зуб с пузырьком воздуха внутри может разорваться.

## НЕРВНЫЙ СИНДРОМ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Под давлением 21 бар, что соответствует глубине 200 м, у людей развивается нервный синдром высокого давления (НСВД), в просторечии называемый «трясучка». Как следует из названия, это нервное расстройство проявляется дрожью, головокружением, тошнотой и кратковременными периодами отключения внимания — так называемым микросномом. НСВД ставит предел глубины, на которую может погрузиться ныряльщик в естественной среде. На гелиоксе (кислородно-гелиевая смесь) этот предел составляет 200–250 м. Однако на других специальных дыхательных смесях (например, тримикс — кислородно-гелиевая смесь с добавлением

небольшого количества азота) человек может выдержать глубину до 450 м в открытом море и до 600 м в компрессионной камере. Нижняя безопасная граница для погружений на сжатом воздухе составляет около 30 м. Определяют ее содержащиеся в дыхательной смеси газы, поскольку под давлением азот и кислород становятся токсичными. Сжатым воздухом нельзя пользоваться на глубине ниже 30 м из-за опасности азотного наркоза. У ныряльщиков, которые дышат сжатым воздухом, пузырьки в крови образует прежде всего азот, поскольку содержание углекислого газа крайне низкое, а кислород быстро потребляется тканями.

### АЗОТНЫЙ НАРКОЗ

Под давлением в несколько атмосфер азот вызывает интоксикацию организма, напоминающую алкогольное опьянение. Симптомы появляются не сразу, что особенно опасно. Ныряльщики по мере погружения проникаются иллюзорной уверенностью в собственных силах, одновременно теряя дееспособность. Появляются неуместная эйфория, повышенное возбуждение, отрыв от реальности, потеря координации, иррациональное поведение. Известны случаи, когда находящиеся в состоянии азотного опьянения ныряльщики предлагали свой загубник проплывающей мимо рыбе. В легкой форме азотная интоксикация (так называемый азотный наркоз) возникает на глубине 50 м. По мере увеличения глубины симптомы усиливаются, и после 90 м наступает потеря сознания. Действие азотного наркоза заканчивается сразу же после всплытия при снижении давления с 10 до 5 атм. При частых погружениях организм адаптируется к воздействию азота, но, тем не менее, азотный наркоз стал причиной гибели множества ныряльщиков, отважившихся погрузиться на глубину 50 м. Именно из-за азотной интоксикации рекомендуемая глубина погружения на сжатом воздухе не должна превышать 30 м.

### КИСЛОРОДНОЕ ОТРАВЛЕНИЕ

Чистый кислород — токсичное вещество, и под давлением его токсичность только возрастает. Большинство людей могут спокойно дышать чистым кислородом под давлением 1 атм до 12 ч без всяких пагубных последствий. Но уже через сутки начинается раздражение легких, вызванное прогрессирующим разрушением клеток, выстилающих стенки альвеол. Первым признаком недомогания становится кашель, но в особо тяжелых случаях возможны нарушение дыхания, скопление жидкости в легких и даже капиллярное кровотечение, в результате которого легкие наполняются кровью. При давлении 2 атм человек со временем начинает испытывать головокружение и тошноту, иногда может возникнуть паралич конечностей. Через несколько часов (а при физической усталости и раньше) начинаются конвульсии, похожие на эпилептический припадок. Иногда они бывают настолько сильными, что приводят к переломам костей. Чем выше давление, тем быстрее возникают припадки. Под давлением 7 атм дышать чистым кислородом можно в течение не более 5 мин, после чего начинаются судороги. Интересно, что под таким давлением кислород перестает быть газом без вкуса и запаха, а становится кисло-сладким, напоминая, по свидетельствам очевидцев, «разбавленные чернила со щепоткой сахара» или «выдохшееся имбирное пиво».

### ОПАСНЫЕ ПРОФЕССИИ

Даже после кратковременного пребывания на глубине подниматься на поверхность необходимо медленно, чтобы организм успел адаптироваться к изменению давления. Водолазам на нефтяных платформах, занимающихся укладкой и ремонтом трубопроводов,

приходится по несколько недель проводить на океанском дне. Даже при использовании гелиокса, после погружения на 100 м на декомпрессию уходит 4 дня, и 10 — после подъема с 300-метровой глубины. У подводников, перенесших острую кессонную болезнь, зачастую наблюдается целый ряд таких симптомов, как потеря слуха, возрастающий тремор, снижение чувствительности ступней и ладоней, а также другие неврологические расстройства. С помощью магнитно-резонансной визуализации в мозге некоторых аквалангистов выявили крошечные очаги повреждения — участки ишемии, образовавшиеся вследствие гибели нервных клеток, которые, вероятно, возникли из-за блокировки воздушными пузырьками кровеносных сосудов. Подобные повреждения были выявлены только у людей с открытым овальным окном между правым и левым предсердием, но персистирующее овальное окно сохраняется лишь у четверти населения земли (у остальных оно закрывается вскоре после рождения).



**Даже после кратковременного пребывания на глубине подниматься на поверхность необходимо медленно, чтобы организм успел адаптироваться к изменению давления**

### ОТСРОЧЕННАЯ ОПАСНОСТЬ

По итогам исследования с участием 131 немецкого подводника за десятилетний период у 72 человек по данным рентгенографии был выявлен некроз костей, и лишь 22 из них полностью избежали последствий длительного воздействия повышенного давления. Разрушения наблюдались чаще всего на концах длинных костей ног и рук и, предположительно, возникали из-за крошечных пузырьков воздуха в костной ткани, которые закупоривают мелкие капилляры, питающие клетки костей, что приводит к отмиранию остеоцитов. У некоторых людей поражение затрагивает и суставную поверхность кости, приводя к острому артриту бедренных и плечевых суставов. Частота возникновения и острота поражений костей напрямую связаны с глубиной погружений. Те, кто никогда не опускался ниже 30 м, остались целыми и невредимыми, а у 20% экстремалов, побывавших на глубине 200 м и ниже, отмечены симптомы некроза.

Организм человека реагирует на изменение давления перестройкой своих биологических систем. Чтобы при этом не произошли необратимые процессы, для всех людей, чья работа связана с трудом при низком и высоком давлении, разработаны гигиенические требования к режиму и условиям работы, правила декомпрессии, перечень противопоказаний для персонала.

**Татьяна Кривомаз, канд. биол. наук**  
*По материалам книги профессора физиологии Оксфордского университета Френсис Эшкрофт «На грани возможного: наука выживания»*