

TARIA .



www.idu-global.com

## Оглавление

Технический дайвинг	5
Снаряжение для технического дайвинга	7
Баллоны для донного газа	8
Этапные баллоны (Стейджи)	
Идентификация баллонов	
Регуляторы для донной смеси	10
Регуляторы для этапных баллонов (Стейджевые регуляторы)	11
Системы контроля плавучести	12
Компьютеры и цифровые измерительные приборы	13
Система термозащиты	14
Грузовые системы	15
Режущий инструмент	15
Шпули и катушки	16
Маркерные буи и подъемные мешки	16
Слейты и дайверские блокноты	17
Подводный свет. Основные и запасные фонари	17
Размещение снаряжения	17
Газы	19
Газы и дыхательные газовые смеси. Характеристика газов и их роль в жиз	внедеятельности дайвера 19
Кислород	19
Азот	19
Углекислый газ	20
Угарный газ	20
Гелий	20
Аргон	
Газовые законы	22
Давление	22
Давление, воздействующее на аквалангиста	22
Атмосферное давление	22
Единицы измерения давления и их соотношение	22
Давление водяного столба — гидростатическое давление	23
Абсолютное давление (ATA)	23
Газовые законы	24
Закон Бойля-Мариотта	24
Законы Шардя и Гей-Люссака	24

	Абсолютная шкала температур	25
3	Закон Гей-Люссака	25
	Газовые смеси	25
3	Закон парциальных давлений. Закон Дальтона	26
١	Растворимость газов. Закон Генри	26
	Понятия насыщенный, ненасыщенный, перенасыщенный	27
Фи	зиология	28
١	Барогипертензия	28
١	Гипоксия (кислородное голодание)	29
ı	Гипероксия	30
ı	Кислородная интоксикация ЦНС	31
(	Общая кислородная интоксикация организма	33
,	Азотный наркоз - газовый наркоз.	35
ŕ	ДКБ - Декомпрессионная болезнь	37
ı	Неврологический (Нервный) синдром высокого давления (HPNS)	40
ı	Гиперкапния	42
ı	Гипокапния	42
(	Отравление угарным газом	43
-	Травмы и заболевания, связанные с давлением	44
	Реакция организма на механическое изменение давления	44
	Баротравмы и сжатия	44
	Баротравма легких	44
	Баротравматическая артериальная газовая эмболия	44
	Баротравматический пневмоторакс	44
	Баротравматическая эмфизема	45
	Баротравма среднего уха	45
	Баротравма внутреннего уха	46
	Проблемы, возникающие при простудных заболеваниях и аллергии	46
	Обратный блок	46
	Баротравма синусов	47
	Баротравма зуба	47
	Баротравма кишечника	47
	Обжим маски	47
	Обжим сухого гидрокостюма	48
(	Синокаротидный рефлекс	48
(	Открытое Овальное Окно и технический дайвинг	49
,	Диабет и технический дайвинг	50
Стг	Decc	51

Основные декомпрессионные модели	54
Модель Халдейна	54
Неохалдейновские модели, алгоритм Бульмана	55
Метод глубоких остановок и микропузырьковые модели	57
Ratio Deco (Deco on the Fly)	59
Градиент фактор (Gradient Factors)	61
Планирование декомпрессионных погружений	62
Постановка целей погружения Определение условий погружения	63
Подбор дыхательных смесей для погружения	64
Подбор донной смеси	64
Подбор декомпрессионной смеси	66
Управление запасом газа (Газ менеджмент)	68
Правило третей	68
Правило минимального запаса газа	69
Планирование декомпрессионных погружений с помощью специализированного программного обеспечения	
Заключение	72
Организация технических погружений и командная работа	73
Командная работа	73
Процедура взаимопроверки дайверов перед началом погружения и проверка снаряжения в вод	ւе. 74
Аварийные ситуации при технических погружениях	76
Отказ или поломка снаряжения	76
Потеря газа.	76
Пропущенные декомпрессионные остановки.	77
Технические погружения уровня TECH-2 и TECH-3	78
Подбор газовой смеси для погружений уровня ТЕСН-2	78
Изобарическая контрдиффузия биологически инертных газов.	79
Планирование декомпрессионных погружений на газовых смесях	81
Донные смеси	81
Этапные смеси (трэвел газ)	81
Декомпрессионные смеси	81
Составление аварийных планов	82
Командный газ-шеринг	83
Суппорт-дайверы (дайверы поддержки)	83

### Технический дайвинг

Технический дайвинг — это погружения, при совершении которых дайверу для возвращения на поверхность требуется следовать определенной последовательности процедур (техник) и которые соответствуют хотя бы одному из нижеперечисленных определений:

- Погружения на глубину более 40 м
- Погружение с превышением бездекомпрессионных лимитов, требующее выполнения обязательных декомпрессионных остановок для всплытия
- Погружение в надголовные среды (пещеры, шахты, затонувшие корабли), где прямое всплытие на поверхность невозможно
- Погружение с использованием нескольких газовых смесей во время одного погружения Технические погружения требуют от дайвера знаний, хорошей физической формы и высокой стрессоустойчивости. Для совершения технических погружений обязательно их планирование. Первое правило технического дайвинга: «Plan your dive. Dive your plan! »

## Планируй погружение и ныряй по плану!

Технический дайвинг имеет несколько направлений:

- Глубоководный дайвинг
- Пещерный дайвинг
- Погружение и проникновение на затонувшие объекты (корабли, подводные лодки, самолеты и т.п.)

Для совершения технических погружений применяются более сложные конфигурации снаряжения, требующие от дайвера навыков и знаний по их грамотному использованию. Технические погружения могут совершаться с применением различных газовых смесей типа: Nitrox, Trimix, Heliox, как на открытом, так и на закрытом (ребризеры) цикле дыхания.

Каждое техническое погружение требует причины для его выполнения. Второе правило технического дайвинга гласит:

# Польза от погружения должна всегда превышать степень риска для его выполнения!

Перед совершение любого технического погружения дайвер должен ответить для себя на три вопроса:

- Для чего я совершаю это погружение, какова моя цель?
- У меня есть достаточно навыка и опыта, чтобы совершить это погружения не превышая степень разумного риска?
- Оправдывает ли данная цель, тот риск, на который я иду для совершения этого погружения? После оценки рисков и преимуществ технический дайвер принимает решение о целесообразности такого погружения, используя третье правило технического дайвинга:

# Дайвер в любой момент может отказаться от погружения или прервать погружение, подав сигнал напарнику!

Одним из основополагающих принципов подготовки технических дайверов является принцип самодостаточности. Этот принцип гласит:

# Каждый технический дайвер должен быть в состоянии самостоятельно устранить все проблемы, возникшие во время погружения.

Следует правильно понимать этот принцип. Он не означает, что технический дайвер должен погружаться в одиночку и не нуждается в напарниках. Технический дайвинг — это командный вид дайвинга. Взаимодействие и слаженная работа напарников являются основой комфортных и безопасных технических погружений. Данный принцип означает, что технический дайвер, в первую очередь, не должен создавать проблемы для своих напарников по погружению (членов команды). Помощь должна быть и будет оказана, но не является строго необходимой.

# Знания, навыки и снаряжение хорошего технического дайвера должны быть достаточными для совершения погружений в рамках уровня его сертификации.

Базис теоретических знаний по физике и физиологии в техническом дайвинге является основой для понимания процессов, которые протекаю в организме человека при декомпрессионных погружениях. Эта информация позволяет предотвратить ряд серьёзных заболеваний таких как: декомпрессионная болезнь, кислородное отравление, барогипертензия и пр. Отточенные до автоматизма навыки плавания и работы со снаряжением сводят к минимуму вероятность возникновения критических ситуаций, а в случае возникновения поломок даёт возможность дайверу их устранить, не создавая новых проблем.

### Снаряжение для технического дайвинга

#### Надежность и дублирование:

Рекреационные дайверы, которые в какой-либо момент погружения столкнулись с отказом оборудования, могут совершить аварийное всплытие на поверхность, если в этом будет необходимость. Технический дайвер совершает погружения, которые выходят за пределы бездекомпрессионных лимитов, поэтому в случае отказа снаряжение, он не рассматривает аварийное всплытие на поверхность как выход из положения.

Закон Мерфи касательно снаряжения для технического дайвинга можно сформулировать так:

## Если что-либо из снаряжение может отказать, то это обязательно произойдет, причем в самый неподходящий момент времени.

Исходя из этого, все проблемы, которые могут возникнуть у дайвера на глубине, он должен решать под водой. В этом ему поможет дублирование снаряжения. Технические дайверы, должны иметь при себе по два элемента снаряжения, обеспечивающие его жизнедеятельность.

Что является важным для обеспечения выживания технического дайвера?

- Возможность дышать,
- Возможность контролировать глубину и свое положение в воде,
- Возможность знать на какой глубине он находится и сколько времени там проводит,
- Возможность видеть показания приборов и окружающую обстановку,
- Возможность освободится при запутывании в сетях или веревках под водой.

Соответственно снаряжение, обеспечивающее эти функции, он и должен дублировать:

- Два независимых источника газа может нам обеспечить спарка с изолирующим манифолдом или два отдельных баллона.
- Два регулятора для донной смеси основной и запасной ("back up"), каждый из них должен иметь первую и вторую ступень;
- Двух камерное крыло или однокамерное крыло + сухой костюм;
- Два измерительных прибора (боттом таймеры и/или компьютеры);
- Две маски, а при необходимости, как минимум два запасных источника света;
- Два режущих инструмента (нож, ножницы, стропорез).

К остальному снаряжению технического дайвера относятся ласты, регулятор для этапного (стейджевого) баллона, маркерный буй (SMB), катушка с линем и карабином, наручный слейт или блокнот с основным и аварийным планами погружения. Список снаряжения может быть шире и зависит от условий, целей и задач погружения.

При этом вы должны подходить к вопросу подбора снаряжения здраво и не брать с собой под воду десятки килограмм, которые вам не пригодится во время вашего погружения.

## Принцип «ничего лишнего под водой, но все необходимое с собой» является основным, при решении, что брать с собой на погружение.

Ваше снаряжение должно быть надежным, поэтому не стоит экономить на его плановом обслуживании. Проводите обслуживание снаряжения исходя из требований завода изготовителя или ранее, если вы заметили малейшую неисправность, ведь чем глубже вы идете, тем выше риски возникающие по причине отказа или поломки вашего снаряжения.

Обтекаемость и минимизация точек зацепа.

Снаряжение технического дайвера должно создавать минимально возможное сопротивление при плавании под водой. Принцип компактной компоновки и обтекаемости профиля – один из важных

принципов сборки снаряжения. Снаряжение должно не создавать помех дайверу при прохождении всевозможных узостей при погружениях в пещеры и на затонувшие корабли. Если часть вашего снаряжения не прилегает или не закреплена, то это ведет к опасности зацепа и застревания. Старайтесь трассировать все шланги таким образом, чтобы избежать торчащих петель и свободных, незакрепленных концов. Все дополнительное снаряжение крепите на поясе, ремнях подвески или убирайте в карманы.

#### Баллоны для донного газа

Как вы уже знаете из предыдущих курсов, баллоны для дайвинга имеют различные параметры: вес, материал, плавучесть, объем. Материал баллона как правило очень легко различить не прибегая даже к прочтению маркировки, которая есть на каждом баллоне и где указаны его параметры. Алюминиевые баллоны имеют плоское дно, стальные, как правило, имеют закругленное дно, хотя есть исключения. Так например стальные баллоны компании BTS и Eurocylinder специально изготавливают стальные баллоны с частично вогнутым дном, что позволяет комфортно использовать из без специального башмака. Алюминиевые баллоны имеют больший вес, по сравнению со стальными баллонами такого же объема и большие размеры, поэтому они приобретают большую положительную плавучесть, по мере расходования газа, в то время, когда стальные баллоны, обычно, сохраняют отрицательную плавучесть. Алюминиевые баллоны могут стать предпочтительным вариантом при погружениях в теплых тропических водоемах, где на вас надета минимальная термозащита. Стальные же баллоны предпочтительней, когда на вас надет более толстый гидрокостюм мокрого типа или сухой гидрокостюм, поскольку вес баллона помогает нейтрализовать положительную плавучесть гидрокостюма.

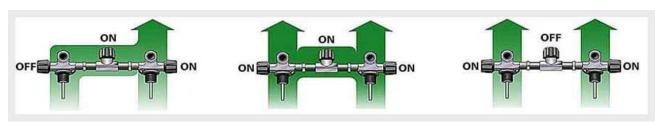
При упоминании термина «технический дайвер» у людей обычно всплывает образ человека, обвешанного баллонами. Два баллона на спине, баллоны спереди и по бокам. Человеку, который не связан с дайвингом, может показаться, что технический дайвер занимается не погружениями, а



поднятием и переносом тяжестей, но это совсем не так. Задача технического дайвера состоит в том, чтобы иметь достаточный запас газа для выполнения запланированного погружения плюс адекватный запас на случай непредвиденной ситуации. В техническом дайвинге используются спаренные баллоны (спарка) с изолирующим вентилем (манифолдом) или используются два независимых баллоны, которые крепятся по бокам дайвера, если дайвер совершает техническое погружение в конфигурации сайдмаунт. Для того чтобы собрать спарку, вам понадобятся два одинаковых баллона, комплект специальных колец, чтобы правильно скрепить баллоны между собой, специальные вентили для баллонов (правый и левый) и манифолд - вентиль для их соединения в одну систему. Каждый из используемых баллонов

должен быть соединён с отдельным регулятором. В случае выхода из строя или постановки регулятора на " фри флоу" (свободного выхода газа) одного из них, дайвер с легкостью может закрыть вентиль баллона, к которому присоединён поврежденный регулятор и перейти на другой работающий регулятор, тем самым обезопасить себя от потери газа и продолжать дышать.

Принцип работы вентильной группы баллонной спарки.



Умение закрывать/открывать вентиля баллонов в аварийной ситуации для минимизации потери воздуха и поиска точки отказа — это один из важных навыков выживания, которому вы научитесь в рамках этого курса. Это упражнение носит название вентильный цикл.

На рынке представлены 2 типа соединений баллон - регулятор. Это DIN и Yoke (International). В техническом дайвинге используется только тип DIN, так как резьбовое соединение является более надежным и компактным.

Наиболее распространенные объемы баллонов, применяемых в баллонных спарках для донного газа 10, 12, 15, 16, 18 и 20 литров. Классическим рабочим давлением таких баллонов является 200 бар, 232 бара, значительно реже 300 бар.

Всегда стоит помнить о правилах проверки баллонов в органах контроля качества. Гидростатические испытания баллонов должны проводится согласно законам страны, где вы используете эти баллоны и визуальная инспекция баллонов раз в год. Проверка баллонов должна проводится только лицензированными компаниями. Баллоны не прошедшие гидростатические тесты забраковываются и подлежат утилизации.

#### Этапные баллоны (Стейджи)



Этапные баллоны (стейджи) служат для хранения и транспортировки декомпрессионных (Deco) и этапных (Travel) газов. Они, как правило, располагаются с боку и крепятся к D-кольцам подвески компенсатора плавучести специальными карабинами, что дает возможность легкого подсоединения и снятия этапного баллона, как на поверхности, так и под водой. Технический дайвер всегда крепит этапный баллон с левой стороны, цепляя верхний карабин к специальному D кольцу, расположенному на уровне подключичной впадины, а нижний карабин к D кольцу, расположенному на поясном ремне подвесной системы. Если этапных баллонов несколько, то их можно располагать по обе стороны тела или все с левой стороны, или на нижнее левое D кольцо с использованием дополнительного крепления под названием "шлейка". Более подробно с методами крепления этапных

баллонов, вы сможете ознакомится во время практических занятий с вашим инструктором, который расскажет вам о предпочтительных способах креплений для разных условий погружений.

Критерием для выбора этапного баллона является емкость, вес и диаметр баллона. Предпочитаемым материалом для этапного баллона является алюминий, так как он будет меньше оказывать влияние на баланс тела дайвера под водой во время плавания и декомпрессионных остановок. Этапный баллон должен содержать резервный запас газа в дополнение к количеству газа, требуемого для совершения декомпрессионных остановок. Рекомендованное правило газ менеджмента для декомпрессионных газов — это принцип двойного запаса.

Классическими объемами этапных баллонов, являются баллоны S40 (5.6 литра) и S80 (11,2 литра). Классическим рабочим давлением таких баллонов является 200 бар, 232 бара.

Согласно рекомендациям современных производителей, стандартные алюминиевые баллоны могут быть одобрены для использования со смесями с повышенным содержанием кислорода только после кислородной очистки, они также должны быть снабжены совместимым с кислородом вентилем для получения рейтинга "Чистый кислород" и "Обслужено для работы с кислородом". Правила проверки баллонов в органах контроля едины для всех типов баллонов для дайвинга.

#### Идентификация баллонов

Баллоны для донной смеси и этапные баллоны должны иметь четкую маркировку. Наклейка "Nitrox", "Enriched Air Nitrox" или "Oxigen" используется для идентификации баллонов, которые содержат

найтрокс или кислород. Маркировка "CUSTOM MIX" или "Trimix" используются для баллонов, которые могут содержать гелий. Также все баллоны должны содержать стикер с информацией о максимальной рабочей глубине (Maximum Operation Depth (MOD), составе смеси, датой забивки баллона и именем или инициалами дайвера, который его использует.

Этапные баллоны также должны иметь четкую идентификацию. Стикеры следует располагать на баллонах так, чтобы и дайвер, и его напарники могли видеть маркировку MOD во время погружения.

В дополнение к маркировкам, описанным выше, каждый баллон должен иметь наклейку, обозначающий рейтинг "Чистый кислород"("PURE OXYGEN") и "Обслужено для работы с кислородом" ("O2 Cleaned"), а также стикер текущей визуальной проверки. Дайвер должен лично анализировать и проверять содержание кислорода в смеси и рассчитывать максимальную рабочую глубину каждого баллона перед использованием.

#### Регуляторы для донной смеси



К регуляторам для донной смеси предъявляют повышенные требования, так как они понастоящему являются основным элементом вашей системы жизнеобеспечения. От их надежной работы и легкости дыхания зависит ваш комфорт и безопасность во время технических погружений. Процесс выбора регулятора непрост, однако знание того, где найти информацию и советы вашего технического инструктора, может облегчить процесс.

Ваш подход должен быть критичным и объективным. Рекомендации, которые производители включают в каталог, могут быть использованы как отправная точка. В дополнение к этому дополнительную информацию можно найти

на вебсайте производителя. Также некоторые печатные издания по дайвингу и дайверские вэб порталы публикуют независимые лабораторные тесты, которые представляют набор субъективных и объективных оценок. Какой из брендов выбрать это сугубо индивидуальное решение. Руководствуйтесь следующими принципами:

- Известный бренд, имеющий историю эксплуатации
- Соответствие конструкции вашим запросам (количество портов и их расположение, наличие поворотной турели, сухой камеры и т.п.)
- Простота и надежность конструкции (ничего лишнего, т.к. каждый элемент потенциальная точка отказа)
- Доступность запчастей и сервисных центров

Предпочтительным критерием к выбору регулятора для донной смеси является его конструктивные особенности, такие как сбалансированность (1 и 2-я ступени регулятора), холодноводность (так как на больших глубинах вода может быть значительно холоднее), достаточное количество портов высокого и промежуточного давления (НР и LP) и удобность их расположения (для удобной укладки ("трассировки") шланг).

Особое внимание надо уделить конфигурированию ваших регуляторов для донной смеси. Классической конфигурацией регуляторов для донной смеси с использованием спаренных баллонов (спарка) является:

- Правая стойка (регулятор): Первая + вторая ступень с использованием длинного шланга (рекомендованная длина длинного шланга 2,0 2,10 метра). При использовании двух камерного крыла или сухого костюма устанавливается дополнительный шланг поддува.
- Левая стойка (регулятор): Первая + вторая ступень с использованием шланга стандартной длинны, шланг поддува крыла, подводный манометр.

Как вы можете заметить на правой стойке не подразумевается манометр, так как мы используем спаренные баллоны (спарку) и манометр на левой стойке показывает давление в обоих баллонах.



Классической конфигурацией регуляторов для донной смеси с использованием двух независимых баллонов в системе сайдмаунт является:

- Правая стойка (регулятор): Первая + вторая ступень с использованием длинного шланга (рекомендованная длина длинного шланга от 2,0 2,10 метра), манометр на короткой шланге (15-22 см), шланг поддува.
- Левая стойка (регулятор): Первая + вторая ступень с использованием шланга стандартной длинны, шланг

поддува воздушной камеры сайдмаунта, манометр на короткой шланге (15-22 см).

Как вы уже заметили конфигурирование системы сайдмаунт слегка отличается от конфигурации спарочного регулятора, так как мы оперируем двумя независимыми баллонами и в таком случае нам надо иметь два независимых манометра.

Регуляторы для этапных баллонов (Стейджевые регуляторы)



Требования к стейджевым регуляторам очень подобны к требованиям для регуляторов для донной фазы. От их надежной работы и легкости дыхания зависит ваш комфорт и безопасность во время технических погружений.

Дополнительным требованием к выбору регулятора для этапного баллона является его совместимость с чистым кислородом. Как вы помните из курса "Nitrox Diver" все элементы снаряжения, контактирующие со смесями, в которых содержание кислорода выше 40% должны быть кислородо очищенны. На рынке представлен довольно большой выбор кислородоочищенных регуляторов, и вы с легкостью сможете выбрать тот, который нравится вам. Главное, что вам не стоит забывать, что очищенный

стейджевый регулятор не рекомендуется использовать с баллонами в которых находятся не "высокие " смеси найтрокс, так как есть риск загрязнения ваших этапных регуляторов.

К конфигурированию стейджевого регулятора тоже стоит отнестись внимательно. Классической конфигурацией регуляторов для этапных баллонов является:

- Первая + вторая ступень с использованием шланга стандартной длинны или длинны 90 см, подводный манометр на короткой шланге (15-22 см).

#### Системы контроля плавучести



Системы контроля плавучести в техническом дайвинге существенно отличаются от систем, используемых в рекреационном дайвинге. Вы не сможете использовать свои рекреационные жилеты компенсаторы и однокамерные крылья малого объема в техническом дайвинге. И на это довольно много причин. Мы все их сейчас рассмотрим подробно.

Технические системы плавучести для спаренных баллонов имеют следующую конфигурацию:

- Жесткая спинка, сделанная из нержавеющей стали (или алюминия, титана, композитных материалов) которая непосредственно прикручиваться к шпилькам колец на спарке.
- Компенсатор плавучести в виде крыла, отличающийся от рекреационных моделей крыльев гораздо большей подъёмной силой и габаритными размерами.
- Моностропа или подвесные системы со специальными D- кольцами.



Жесткая спинка обеспечивает надежное крепление спарки к спине дайвера. Вес и толщина жесткой спинки может варьироваться в зависимости от целей и условий погружений. Если вы много путешествуете по миру и ныряете в разных уголках планеты, то возможно вам будет немного не с руки таскать за собой тяжелую стальную спинку и вам больше подойдет спинка из титана. И наоборот, если вы совершаете много погружений в сухом костюме и живете недалеко от водоема где вы погружаетесь, то возможно вам будет целесообразно приобрести для себя тяжелую спинку из нержавеющей стали. Выбор всегда только за вами.

На рынке предоставлен огромный выбор крыльев для технического дайвинга, разной конфигурации и подъемной силы. По форме крыло может быть в виде подковы или в виде бублика, иметь систему утягивающих бандажей или не иметь её, иметь 2 независимых воздушных камеры или одну — выбор за вами. Основное, что реально нужно учитывать техническому дайверу, так это подъёмную силу вашего крыла. Сейчас доступны технические крылья разной подъемной силы: 18кг =40lbs, 20кг =45lbs, 22.5кг =50lbs, 27кг =60lbs, 36кг =80lbs, 45кг =100lbs. В зависимости, где и какие погружения вы будете проводить, вам надо определится какое крыло вам надо. Если вы планируете погружаться в тропических водах на начальные глубины технического дайвинга, в тонком гидрокостюме, с алюминиевой спаркой и 1 стейджем, то вам будет достаточно крыла подъемной силы 40-45 lbs. Если же вы планируете более глубокие погружения, которые требуют большей термозащиты, спарки большего объёма и большее количество этапных баллонов, то вам стоит присмотреться к крыльям большей подъемной силы. В практической части курсы вы подробно разберете со своим техническим инструктором тот или иной вид крыльев и сделаете свой выбор.



- Моностропа или подвесные системы со специальными D-кольцами непосредственно крепит всю конструкцию к дайверу. D-кольца позволяют надежно закрепить этапные баллоны на теле дайвера. Такие характеристики подвесных систем, как мягкие накладки на плечи и на спинку могут добавить комфорт не ухудшая функциональность. Классической формой подвески для технического дайвинга является система Хогарта. Она выполнена из неразъемной стропы (моностропа) шириной 50 мм и укомплектована пятью D-кольцами, одной стальной и одной пластиковой пряжкой (последняя служит для фиксации положения канистры фонаря) и брасовым ремнем.

Другим видом технических компенсаторов плавучести являются системы сайдмаунт. Их также на рынке представлено огромное количество, и они так же разнятся по подъёмной силе. Выбирайте ту систему сайдмаунт, которая будет отвечать требованиям для ваших технических погружений.

Компьютеры и цифровые измерительные приборы



Цифровые измерительные приборы требуются как для тренировочных погружений, проводимых во время курса обучения так и в последствии для ваших технических погружений. Минимальные требования к контрольным приборам для технического дайвинга: измерение и отображение глубины и времени погружения. Такие приборы принято называть боттом (от английского bottom – дно) таймерами. Эти приборы только фиксируют текущие параметры и не рассчитывают необходимый профиль подъема для проведения декомпрессионных остановок. Наличие двух боттом таймеров — минимальное требование для совершения технических погружений.

Для технических дайверов особый интерес представляют новые модели наручных мультигазовых декомпрессиметров, которые могут вести расчеты

погружений с использованием до 10 различных газовых смесей, дают возможность использовать различные декомпрессионные алгоритмы и настраивать параметры консерватизма декомпрессии, вести учет погружений и просматривать всю информацию о профиле после погружения, производить планирование погружений с учетом накопленных декообязательств и многое другое. Проконсультируйтесь со своим техническим инструктором прежде, чем покупать мультигазовый компьютер для использования в рамках данного курса. Потренируйтесь переключать газа на компьютере до того, как вы займетесь многоуровневыми декомпрессионными погружениями.

#### Система термозащиты



Главная задача термозащиты — обеспечение минимизации потерь тепла (переохлаждения) дайвером во время погружения. Переохлаждение, или гипотермия, — это результат воздействия пониженной температуры на организм в целом. Повреждения в этом случае связаны с возникающим спазмом периферических сосудов и нарушением питания тканей. Переохлаждение может возникнуть по причине неправильного подбора гидрокостюма или из-за длительного пребывания в воде. Выделяют две стадии переохлаждения — легкую и тяжелую.

Легкая форма переохлаждения — состояние, при котором функционирует тепловая саморегуляция организма. У человека появляются следующие симптомы: озноб, мышечная дрожь, судороги икроножных мышц, общая слабость, «гусиная» кожа, синеет носогубный треугольник.

В этом случае необходимо немедленно выйти из воды, переодеться в сухую одежду, выпить теплого сладкого чая. Вызывать врача в этом случае не обязательно.

Тяжелая форма переохлаждения — состояние, при котором тепловая саморегуляция организма не функционирует. Дрожание прекращается, температура тела начинает понижаться, наблюдается резкое посинение кожных покровов. Если не предпринять немедленных действий по спасению, то начинает появляться сонливость, нарушается координация движений, а дальнейшее охлаждение может привести к потере сознания и коме. Тяжёлое переохлаждение требует немедленного медицинского вмешательства. Пострадавшего как можно быстрее доставляют в теплое помещение. В первую очередь необходимо согревать области крупных сосудов (область шеи и затылка). Выбранный вами гидрокостюм должен подходить для всего спектра температур на всех этапах погружения. Переохлаждение организма дайвера:

- Увеличивает риск получения ДКБ
- Увеличивает воздействие азотного наркоза
- Увеличивает риск кислородной интоксикации ЦНС
- Увеличивает уровень стресса

Костюмы мокрого типа подходят для технических погружений в теплых морях, но высокое давление на глубине может сделать даже самый толстый костюм непригодным для пребывания в нижней точке погружения, где температура воды обычно самая холодная. Компрессия неопрена костюма мокрого типа также влияет на плавучесть на глубине и техническому дайверу требуется большее количество газа для поддува крыла для компенсации отрицательной плавучести. Если Вы решите использовать костюм мокрого типа для глубоководных погружений, выбирайте более толстые модели и/или полусухие костюмы для обеспечения комфорта и хорошего уровня термоизоляции.

Гидрокостюмы сухого типа полностью изолируют тело аквалангиста от воды. Следовательно, их конструкция существенно отличается от конструкции мокрых гидрокостюмов. Существует множество различных моделей сухих гидрокостюмов, и вы уже наверняка знаете о них после прохождения курса Dry Suit Diver. Технические дайверы часто используют газ аргон для поддува сухого костюма. Теплопроводность аргона примерно в 1,5 раза ниже теплопроводности воздуха и в 8,6 раза ниже теплопроводности гелия, что ведет к меньшим теплопотерям во время погружения. Применение гелийсодержащих смесей нельзя использовать для поддува сухого костюма именно по этой же причине.

#### Грузовые системы



Технические дайверы, совершающие декомпрессионные погружения, обычно предпочитают встроенную систему грузов вместо дополнительных поясов с грузами или карманов. Принцип сброса груза в аварийной ситуации не подходит при совершении технических погружений, т.к. может привести к гибели дайвера, поэтому груз принято жестко фиксировать на спарке, или применять грузовую систему, которая делает потерю груза, по какой-либо причине, невозможной. Самая распространенная система грузов для спаренных баллонов называется V-образную форму, помещается между баллонами спарки и фиксируется спинкой подвески. Они крепятся либо при помощи стяжных болтов, либо просто вкладываются. Также допустимо

прикрепить груза с помощью баллонных ремней непосредственно на баллоны спарки, но такой способ крепления не оптимален, т.к. обтекаемость снаряжения нарушается, что особенно критично при погружениях в пещерах и на затонувших кораблях. Не забывайте, что потеря груза или его сброс, когда у вас есть декомпрессионные обязательства, может привести к серьезным последствиям, травмам и даже смерти!

#### Режущий инструмент



Нож стропорез, ножницы и другой режущий инструмент применяется, чтобы дайвер смог освободить себя в случае запутывания. Его лучше располагать на поясном или плечевом ремне подвески, а также в других местах, где его возможно достаточно легко достать ЛЮБОЙ рукой. Рекомендуется иметь не менее 2 режущих инструментов, расположенных в различных местах. Желательно комбинировать инструменты различного типа. Например, стропорез и нож.

Выбор типа режущего прибора зависит от типов опасных ситуаций, с которыми можно встретиться. Стропорезы подходят для разрезания рыболовецкой лески или старых ходовых линей. Ножи с зазубренными лезвиями могут понадобиться для более крупных веревок, если от

них невозможно освободиться руками. Рыболовецкие неводы или электрические провода хорошо поддаются резке ножницами или секатором.

#### Шпули и катушки



Шпули и катушки могут использоваться для маркировки маршрута в условиях надголовных средств с установкой указателей, которые дайвер может использовать для возвращения в точку входа или для выхода из воды. Они также могут быть использованы для запуска маркерных буев. Шпули и катушки классифицируются исходя из количества линя и предназначения. Как правило, основные ходовые катушки содержат 60 - 300 метров линя. Шпули содержат от 12 до 45 метров линя. На рынке представлено огромное количество шпуль и катушек, выбор за вами.

#### Маркерные буи и подъемные мешки



Поверхностный маркировочный буй используется для обозначения места выхода, как опора для совершения декомпрессионных остановок и для сигнализации персоналу, находящемуся на поверхности, о месте расположения дайвера. Поверхностные маркировочные буи используются в открытой воде, где декомпрессионные остановки проходят без визуальных ориентиров или технических погружениях в режиме дрифт дайвинга. Технические дайверы могу запускать маркировочные буи с различной глубины в зависимости от обстоятельсв. При запуске буя со дна, самое главное правило - это убедиться, что в катушке достаточно линя, чтобы буй мог достигнуть поверхности. Линь разматывается из катушки до тех

пор, пока буй не коснется поверхности. Далее линь сматывается назад на шпулю, пока не достигнута желаемая глубина для остановки. На рынке представленно огромное количество маркерных буев, разных типов и цветов. Существуют различные мнения относительно того, какой цвет поверхностного маркировочного буя обозначает "все хорошо", а какой обозначает "проблема внизу". Ваш инструктор даст Вам совет, какой цвет используется и для какой цели.

#### Слейты и дайверские блокноты



Составление плана погружения, включающего все декомпрессионные остановки, является обязательным этапом подготовки к дайву. Затем данные переносятся в водостойкий блокнот (вэт ноут) или на слейт. Информация, записанная на них, должна быть легко читаема и быть доступна для использования в любой момент погружения. Данные элементы снаряжения также быть использованы для общения между членами команды посредством записей и рисунков, а также для фиксирования наблюдений, сделанных во время погружения.



#### Подводный свет. Основные и запасные фонари

Основные фонари, используемые для технических погружений, следует выбирать исходя из времени их работы, яркости, фокусировки луча, габаритов, массы, а также с учетом удобства использования во время погружения. Длительность работы должна превосходить время, необходимое на осуществление всех фаз погружения, включая декомпрессию.

Фонари традиционной компоновки (моноблоки или с пистолетной рукояткой) могут быть неудобны некоторых действиях, например, запуск буя, работа с этапными баллонами требуют использование обеих рук. Данные устройства сложно удерживать, параллельно выполняя работу рукой, удерживающей фонарь. Данный недостаток может быть устранен путем использования фонарей с ручкой Гудмана. Существует мягкая и жесткая ручка Гудмана. Она может использоваться как с моноблочными, так и с канистровыми фонарями.

До недавнего времени в техническом дайвинге в качестве основного света использовались практически всегда канистровые фонари. В настоящее время вследствие интенсивного развития новых типов аккумуляторов и светодиодных источников света становится актуальным использование моноблочных решений.

Канистровый фонарь состоит из канистры с источниками питания (обычно крепится на поясной стропе) и световой головки с ручкой Гудмана, которые между собой связаны кабелем (кордом). Это позволяет снизить размеры и массу головки, увеличить емкость батарей (из-за размеров канистры), а также позволяет не потерять фонарь в случае выпадения из рук.

Запасные фонари (их количество определяется условиями погружения) обычно крепятся на грудном D- кольце с помощью карабина. Профиль фонаря должен быть невысоким, чтобы находится близко к груди, а корпус устройства должен быть закреплен на ремне при помощи резиновых или неопреновых колец. Запасные фонари должны иметь время работы аналогичное основному источнику света. Яркость и параметры луча запасных фонарей должны отвечать основным требованиям погружения. Для запасных фонарей рекомендуется использовать щелочные батареи, а не аккумуляторы

#### Размещение снаряжения

Решения касательно размещения снаряжения должны основываться на доступности и легкости его использования. Никакое учебное пособие не может описать оптимальную конфигурацию для каждого вида подводной деятельности и технических погружений, в частности. В данном

учебнике кратко рассмотрены основные виды и принципы использования базовых элементов технического снаряжения.

#### Заключение

Данный раздел - разъяснил вам и показал, какое снаряжение вам понадобится для совершения технических погружений, его отличие от снаряжения которое вы использовали во время своих рекреационных погружений, как конфигурировать ваше техническое снаряжение, для того что бы ваши погружения проходили максимально удобно и безопасно.

Всегда помните, что самым важным элементом снаряжения для технического дайвинга является ваша голова, возможность думать, анализировать и принимать решения.

Теперь вы готовы отработать на практике все процедуры подготовки и конфигурирования вашего снаряжения для технического дайвинга с вашим техническим инструктором.

# Газы и дыхательные газовые смеси. Характеристика газов и их роль в жизнедеятельности дайвера

#### Кислород

Кислород — 8-й элемент периодической системы химических элементов Д. И. Менделева обозначается символом **O** (лат. Oxygenium). Кислород — химически активный элемент. Простое вещество кислород при нормальных условиях — газ без цвета, вкуса и запаха, молекула которого состоит из двух атомов кислорода и химической формулой **O2**.

Кислород отвечает за процесс выработки энергии в организме человека. В наших клетках, только благодаря кислороду, происходит оксигенация — превращение питательных веществ (жиров и липидов) в энергию клетки. При снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом уровне снижается его уровень в крови, снижается активность организма на клеточном уровне. Известно, что более 20% кислорода потребляет головной мозг, соответственно, при падении уровня кислорода страдают самочувствие, работоспособность, общий тонус, иммунитет. Важно также знать, что именно кислород помогает выводить из организма токсины. Вы наверняка видели, что при оказании человеку помощи после аварии или человеку в тяжелом состоянии медики применяют кислородные маски, чтобы поднять сопротивляемость организма и повысить его шансы на выживание.

Кислородное отравление может возникнуть при дыхании чистым кислородом или при дыхании газовыми смесями с повышенным парциальным давлением кислорода. Отравление кислородом обусловлено как величиной парциального давления, так и временем воздействия (временем экспозиции). Избыточное воздействие, получаемое при дыхании кислородом с повышенным парциальным давлением, вызывает увеличение количества окисленного гемоглобина в крови и снижение количества восстановленного гемоглобина. И, поскольку именно восстановленный гемоглобин выводит углекислый газ, его задержка в тканях приводит к гиперкапнии — отравлению СО2. В конечном счёте происходит сдвиг кислотно-щелочного баланса организма в сторону увеличения анионов кислот. У пострадавшего снижается частота дыхания и сердечных сокращений, уменьшается сила сердечных сокращений, падает скорость кровотока и артериальное давление, происходит сужение сосудов. Проявления токсического действия кислорода на специфические органы включают: поражение легких (до отёка легких), снижение поступления кислорода к тканям.

Принято различать две формы кислородной интоксикации: кислородная интоксикация ЦНС (центральной нервной системы) и общая кислородная интоксикация организма.

#### Азот

Азот — 7-й элемент периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева обозначается символом N (лат. Nitrogenium). Химическая формула - N2. Простое вещество азот — двухатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Один из самых распространённых элементов на Земле. Название «азот», что означает «безжизненный», предложил в 1787 году Антуан Лавуазье. В то время уже было известно, что азот не поддерживает ни горения, ни дыхания. Сам по себе атмосферный азот достаточно инертен, поэтому не оказывает выраженного влияния на организм человека. Тем не менее, при повышенном давлении его влияние может стать весьма ощутимым. Азота в воздухе содержится приблизительно 78%. При нормальном атмосферном давлении азот является условно инертным газом, т.е. он никак не задействован в обменных процессах организма. Однако при увеличении давления окружающей среды парциальное давление азота будет возрастать и, согласно закону Генри, будет возрастать его растворимость в жидкостях. Применительно к дайвингу, возрастание давления окружающей среды вызывает увеличение растворения азота в крови и тканях организма. Количество растворенного азота будет зависеть от глубины погружения (величины давления) и от времени пребывания на этой

глубине. Вдыхание воздушно-газовой смеси с повышенным парциальным давлением азота может вызвать такие патологические состояния, как азотный наркоз и декомпрессионная болезнь.

#### Углекислый газ

Диоксид углерода или двуокись углерода (также углекислый газ, углекислота, оксид углерода, угольный ангидрид) — бесцветный газ (в нормальных условиях) без запаха, с химической формулой **CO2**. В атмосферном воздухе содержится в виде примеси (0.03%). В человеческом организме образуется как конечный продукт окислительных процессов.

В человеческом организме существуют физико-химические и физиологические механизмы поддержания СО2 на постоянном уровне. Постоянство парциального давления СО2 обеспечивается влиянием на дыхательный центр, расположенный в мозге, периферических хеморецепторов, расположенных в сонной артерии и аорте, а также центрального хеморецептора, расположенного в продолговатом мозге. Дыхательный центр очень чувствителен к повышению количества СО2 в крови. Даже небольшое повышение СО2 в альвеолярном воздухе (на 0,2%) ведет к возрастанию легочной вентиляции почти вдвое. Т.е. возникает целый комплекс ответных реакций, направленных на ликвидацию повышенного содержания СО2 в крови.

#### Угарный газ

Монооксид углерода (угарный газ, окись углерода) — бесцветный чрезвычайно токсичный газ без вкуса и запаха, легче воздуха (при нормальных условиях). Химическая формула — **CO**. Угарный газ попадает в атмосферный воздух в составе выхлопных газов из двигателей внутреннего сгорания и сигаретного дыма. Выхлопные газы представляют собой смесь целого ряда вредных веществ, среди которых СО является самым токсичным компонентом неполного сгорания углесодержащих веществ. Угарный газ может появиться в дыхательной смеси при заправке баллонов воздухом, содержащим угарный газ (источники - неисправный фильтр в компрессоре или неправильное расположение заборной трубы). Если обычная загазованность на улице не дает отравления, то при погружении парциальное давление угарного газа, а следовательно, и его воздействие на организм, увеличится в несколько раз, пропорционально глубине погружения.

Угарный газ в 300 раз активнее и в 200 раз прочнее связывается с гемоглобином крови, чем кислород, именно поэтому угарный газ настолько опасен для здоровья человека. Вдыхание угарного газа вызывает резкое кислородное голодание организма, поскольку гемоглобин, блокированный угарным газом, не доставляет кислород тканям. В первую очередь кислородное голодание сказывается на функции головного мозга.

#### Гелий

Гелий — второй элемент периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева с атомным номером 2. Возглавляет группу инертных газов в периодической системе. Обозначается символом **Не** (лат. Helium). Простое вещество гелий — инертный одноатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Гелий — один из наиболее распространённых элементов во Вселенной, он занимает второе место после водорода. Также гелий является вторым по лёгкости (после водорода) химическим веществом. Гелий добывается из природного газа процессом низкотемпературного разделения — так называемой фракционной перегонкой. Гелий считался метаболически индифферентным газом, поэтому в дайвинге его используют для снижение наркотического воздействия на дайвера в качестве компонента дыхательных смесей. Это можно считать основным преимуществом гелия. При использовании дыхательных смесей, содержащих гелий, было обнаружено, что и у гелия есть свои недостатки.

Во-первых, стандартные декомпрессионные таблицы, существовавшие ранее нельзя использовать для расчета декомпрессии, т.к. гелий проникает в ткани организма гораздо быстрее, чем азот. Скорость насыщения тканей гелием в 2.5 раза превышает скорость насыщения тканей азотом. Это означает, что инертный газ гелий покидает тело тоже с большей скоростью. Такая особенность привела к тому, что дайверы вынуждены делать более продолжительные и глубоководные остановки для декомпрессии. (По последним исследованиям, факт необходимости изменений графика декомпрессии поставлен

под сомнение, но никаких изменений в алгоритмы, созданные для расчета декомпрессии гелийсодержащих смесей не вносилось.)

Во-вторых, гелий обладает высокой теплопроводностью и при дыхании им дайвер значительно больше подвержен риску переохлаждения, особенно, если использовал эти смеси для поддува «сухого» костюма.

В-третьих, гелий имеет очень высокую стоимость, и его добыча ведется очень малым количеством компаний. Далеко не в любой точке мира можно найти этот газ и заказать дыхательные смеси с ним.

В-четвертых, есть еще и нервный синдром высокого давления НСВД (HPNS). Он проявляется на глубинах свыше 130 метров в форме тремора и судорог конечностей. Появление синдрома зависит от общего физического и психологического состояния дайвера на момент погружения. Физиологам точно не известен механизм развития НСВД. В настоящее время полагают, что гелий под воздействием давления влияет на биохимические процессы, происходящие в нервной системе. Исследования показывают, что гелий воздействует на разные части периферической нервной системы несколькими способами. Но пока остается неизвестным, какой из механизмов является ведущим. Возможно, в развитии НСВД принимают участие несколько факторов. Исследователи также выявили, что чем больше скорость погружения (увеличения давления), тем ярче выражены симптомы НСВД. Несмотря на то, что нам так до конца и не известно, что вызывает НСВД, существует несколько способов уменьшения его воздействия. Чаще всего для этого в газовую смесь добавляют азот (или, в некоторых случаях, водород). Этот метод довольно эффективен, так как слабый газовый наркоз снижает действие НСВД. Другой способ снижения воздействия гелия на нервную систему — уменьшение скорости спуска на глубину и совершение во время спуска остановок, похожих на декомпрессионные остановки, совершаемые при всплытии.

#### Аргон

Аргон (Ar) - 18-й элемент периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева. Чаще всего аргон используется при подводном плавании не в составе дыхательной смеси, а как газ для поддува гидрокостюма «сухого» типа. Низкая теплопроводность и невысокая цена позволяют его использование в качестве недорогого изолятора «сухого» костюма.

Аргон, как составной компонент дыхательной смеси, оказывает сильное наркотическое воздействие, т.к. благодаря большой атомарной массе хорошо растворяется в жировых тканях. Наркотический эффект от него настолько велик, что именно этот газ использовался в экспериментах по изучению влияния газов на наркоз у дайверов. Проводились также другие эксперименты, в которых аргон был включен в состав дыхательной смеси. Один из таких экспериментов подразумевал введение минимального количества аргона в дыхательную смесь, чтобы компенсировать HPNS (нервный синдром высокого давления) на экстремальных глубинах.

#### Давление

#### Понятие давления

Большинство теоретических и практических аспектов дайвинга так или иначе связаны с давлением. Прежде чем говорить о законах, давайте определим, что такое «давление».

Среднее давление — физическая величина, равная отношению силы к площади поверхности, перпендикулярно которой эта сила действует.

Единица измерения давления — 1 паскаль (1 Па = 1 H/m2).

P = F / S, где

Р — Давление, F — Сила, S — Площадь

Если сила, приложенная к поверхности, равномерно распределена по этой поверхности, среднее давление называют просто давлением. Давление характеризует силу, приходящуюся на каждую единицу площади её приложения.

#### Давление, воздействующее на аквалангиста

Давление, которое действует на подводного пловца, складывается из двух величин: атмосферное давление и давление водяного столба (гидростатическое давление воды).

Атмосферное давление.

Высота атмосферного столба над Землей составляет около 150 км.

Давление атмосферного воздуха на все тела, в нём находящиеся, называется атмосферным давлением. Его существование объясняется притяжением атмосферного воздуха к Земле.

Значение атмосферного давления впервые экспериментально определил в 1634 году итальянский математик и физик Эванджелиста Торричелли.

Опыт Торричелли заключался в следующем. Стеклянную трубку высотой около 1 метра, запаянную с одного конца, заполняют ртутью. Закрыв другое отверстие, трубку переворачивают и опускают в чашку с ртутью. После чего отверстие открывают. Часть ртути выливается из трубки в сосуд, а в трубке остается столб ртути определенной высоты (над ним в трубке образуется безвоздушное пространство — вакуум или торричеллиева пустота). Причём высота ртутного столба сохраняется неизменной и при наклонном положении трубки. Этот опыт показывает, что давление столба ртути уравновешивает давление атмосферы. Т.е. давление, создаваемое столбом ртути в трубке, равно атмосферному давлению. Атмосферное давление, уравновешиваемое столбом ртути высотой, равной 760 мм при 0°С, считается нормальным. Значение этого давления называют нормальной или физической атмосферой и обозначают 1 атм. Высота ртутного столба и, следовательно, величина атмосферного давления зависит от погодных условий и от высоты над уровнем моря. По мере подъема над поверхностью Земли атмосферное давление понижается приблизительно на 1 мм рт. ст. на каждые 10 метров подъема. Понижение давления сопровождается уменьшением плотности атмосферы.

#### Единицы измерения давления и их соотношение

Паскаль (обозначение: Па, Ра) — единица измерения давления (механического напряжения) в системе СИ.

1 паскаль равен давлению, вызываемому силой в 1 ньютон (Н), равномерно распределенной по поверхности площадью 1м2, расположенной перпендикулярно силе. Единица названа в честь французского физика и математика Блеза Паскаля.

1 ньютон— это сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с2 в направлении её действия.

Миллиметр ртутного столба (мм рт.ст., mm Hg) — внесистемная единица измерения давления, равная 101 325 / 760 ≈ 133,322 368 4 Па; иногда называется «торр» (русское обозначение — торр, международное — Torr) в честь Еванджелисты Торричелли.

Стандартная атмосфера, или физическая атмосфера (атм, atm) — внесистемная единица измерения давления, в точности равная 101 325 Па и равна 760 мм рт ст.

Техническая атмосфера (сокращённо обозначается ат, at) — внесистемная единица измерения давления, равная давлению, производимому силой 1 кгс, равномерно распределённой по плоской поверхности площадью 1 см2. В техническом жаргоне часто используют синоним килограмм, подразумевая силу давления.

Бар (греч.  $\beta$ арос — тяжесть) — внесистемная единица измерения давления, равная 105 H/м2 (ГОСТ 7664-61) или 106 дин/см2 (в системе СГС).

Psi (lb.p.sq.in.) — внесистемная единица измерения давления фунт- сила на квадратный дюйм (англ. pound-force per square inch, lbf/in2). В основном употребляется в США, численно равна 6 894,75729 Па.

Давление водяного столба — гидростатическое давление.

Давление покоящейся жидкости на дно, стенки сосуда или погруженное в эту жидкость тело (аквалангист) называют гидростатическим давлением. Оно прямо пропорционально плотности и высоте слоя жидкости. Блез Паскаль эмпирически установил закон, названный в его честь законом Паскаля.

Давление в жидкости или газе передается во всех направлениях одинаково и не зависит от ориентации площадки, на которую оно действует.

Формула расчета гидростатического давления:

$$P = \rho gh$$

где  $\rho$  — плотность жидкости, h — высота столба жидкости, g — ускорение свободного падения

Используя эту формулу, можно рассчитать, что давление 10 метров водяного столба морской воды или давление 10,3 м водяного столба пресной воды равняется 1АТ.

1 атм =  $\rho$ ртути x 9,8 x 760 мм рт ст =  $\rho$ воды x 9,8 x hводы

Пресная вода

13395,1 x 9,8 x 760 =1 x 9,8 x h, H = 10,3 метров

Морская вода

 $13395,1 \times 9,8 \times 760 = 1,03 \times 9,8 \times h$ , H = 10 метров

Ниже представлены формулы для расчёта гидростатического давления воды, действующего на подводного пловца:

Ргидростат. = глубина / 10 для морской воды

Ргидростат. = глубина / 10,3 для пресной воды

Абсолютное давление (АТА)

Абсолютное давление или давление внешней (окружающей) среды равно сумме атмосферного давления и давления водяного столба (гидростатического давления воды).

Рабсолютное = глубина / 10 + 1 для морской воды

Рабсолютное = глубина / 10,3 + 1 для пресной воды

Когда речь идёт о давлении, действующем на аквалангиста, всегда имеется в виду абсолютное давление.

## Большинство травм и заболеваний в дайвинге связаны с воздействием на человека повышенного давления.

Газовые законы

Состояние газа описывается четырьмя параметрами. Это давление (P), объем (V), масса (m) и температура (T).

Взаимосвязь между этими параметрами выражают газовые законы.

Газовые законы — законы термодинамических процессов, протекающих в системе с неизменным количеством вещества при постоянном значении одного из параметров: закон Шарля, закон Гей-Люссака, закон Бойля-Мариотта, а также закон Авогадро, закон Дальтона.

Следует заметить, что эти законы применимы для идеальных газов.

**Идеальный газ** — это условная модель газа, в которой:

- между молекулами отсутствуют силы взаимного притяжения;
- сами молекулы принимаются за материальные точки;
- взаимодействие между молекулами сводится к их абсолютно упругим ударам.

Хотя воздух не является идеальным газом, но с некоторыми допущениями эти законы дают объяснение многим эффектам, связанным с погружением под воду.

#### Закон Бойля-Мариотта

#### Взаимосвязь Давление - Объем.

Один из основных законов физики, знакомый нам ещё по курсу DIVER. Закон был установлен по опытным данным английским учёным Р. Бойлем (1662) и, независимо от него, французским учёным Э. Мариоттом (1676).

Для данной массы газа M, при постоянной температуре T, произведение давления на объём есть величина постоянная.

Во сколько раз увеличилось давление, во столько раз уменьшился объем газа (расчет величины абсолютного давления см. выше). Закон Бойля-Мариотта дает объяснение таким явлениям, как уменьшение плавучести с увеличением глубины, обжим маски и сухого гидрокостюма, закладывания ушей при погружении, различные баротравмы.

#### Взаимосвязь Давление-Плотность.

Во сколько раз возрастает давление, во столько же раз возрастает плотность газа (количество молекул на единицу объёма). Таким образом, мы получаем ответ на вопрос, почему с увеличением глубины возрастает расход воздуха. Объем лёгких под водой при дыхании из акваланга остается таким же, как и на поверхности, только воздух подается аквалангисту под давлением. Чем глубже находится аквалангист, тем большее количество молекул газов, входящих в воздушную смесь, поступает в лёгкие за один вдох. Таким образом, расход воздуха аквалангистом будет увеличиваться пропорционально увеличению давления.

#### Законы Шарля и Гей-Люссака

Взаимосвязь Давление-Температура, Закон Шарля

Для данной массы газа М при постоянном объеме V изменение давления Р прямо пропорционально изменению абсолютной температуры Т.

#### M = const, V = const

Таким образом, при увеличении температуры давление в замкнутом жёстком контейнере (например, баллоны акваланга) будет возрастать и, наоборот, при уменьшении температуры падать. При использовании для расчета формулы необходимо учитывать, что значения давления и температуры должны стоять в абсолютных величинах.

Используемые в быту температурные шкалы — как Цельсия, так и Фаренгейта (используется, в основном, в США), — не являются абсолютными и поэтому неудобны при проведении экспериментов в условиях, когда температура опускается ниже точки замерзания воды и выражается отрицательным числом. Для таких случаев были введены абсолютные шкалы температур.

#### Абсолютная шкала температур

Температурная шкала, в которой начало отсчёта ведётся от абсолютного нуля, называется абсолютной термодинамической шкалой или шкалой Кельвина. Температура по ней измеряется в Кельвинах (К). Один Кельвин равен одному градусу Цельсия.

Точка замерзания воды (0°С) при стандартном атмосферном давлении соответствует 273,15 К. Число градусов Цельсия и Кельвина между точками замерзания и кипения воды одинаково и равно 100. Градусы Цельсия переводятся в Кельвины по формуле:

инертные газы.

$$K = ^{\circ}C + 273,15$$

Для простоты расчетов чаще пользуются приблизительным переводом.

$$T(K) = t^{\circ}C + 273$$

Чтобы получить абсолютное значение давления, к манометрическому давлению (давление в баллоне) необходимо прибавить единицу (атмосферное давление).

#### Р = Ризбыточное + 1

Закон Шарля объясняет, почему не рекомендуется нагревать заполненные баллоны акваланга и почему давление в баллоне падает при погружении в холодной воде.

#### Закон Гей-Люссака.

Взаимосвязь объём-температура.

Для данной массы газа M при постоянном давлении P изменение объёма прямо пропорционально изменению абсолютной температуры.

$$V1 / T1 = V2 / T2, V1 / V2 = T1 / T2$$

M = const, P = const

При перемещении герметичного гибкого контейнера из комнатной температуры на мороз его объём уменьшится, а давление в нём останется неизменным.

#### Газовые смеси

Находясь под водой, аквалангист дышит воздухом, подаваемым ему под давлением окружающей среды. Воздух не является однородным газом, а представляет собой газовую смесь, которая состоит из кислорода, азота, углекислого газа, инертных газов, водяных паров, загрязнений и примесей (угарный газ СО). На диаграмме представлено соотношение газов, входящих в воздушную смесь. Из оставшихся газов в смеси больше всего Аргона. Когда мы говорим о давлении воздуха, имеется в виду суммарное

давление газовой смеси. При этом каждый газ, входящий в воздушную смесь, будет оказывать давление пропорционально своему процентному содержанию.

#### Закон парциальных давлений. Закон Дальтона

Давление смеси газов равно сумме парциальных давлений газов, входящих в эту смесь.

Где P- абсолютное давление газовой смеси, состоящей из n-компонентов; PPn - парциальное давление n-го компонента. Отсюда вытекает понятие парциального давления газа в смеси:

Парциальное давление — давление, которое имел бы газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объём, равный объёму смеси при той же температуре.

Расчет парциального давления газа:

#### рр = % содержание/ 100 х Рабсолютное

рр — парциальное давление газа в смеси, Рабсолютное — абсолютное давление, % содержание — процентное содержание газа в газовой смеси

Примеры расчетов

Парциальное давление азота на поверхности:

$$pp N2 = 78 / 100 \times 1 = 0.78 ata$$

Парциальное давление кислорода на глубине 40 метров морской воды:

#### Растворимость газов. Закон Генри

Более двухсот лет назад английские ученые-физики Генри и Дальтон определили способность газа растворяться в жидкости. Как вы помните из курса DIVER, растворение газа в жидкости — это явление проникновения молекул газа между молекулами жидкости.

#### Закон Генри:

#### Растворимость газа в жидкости прямо пропорциональна его парциальному давлению.

Чем выше парциальное давление газа, тем лучше он будет растворяться в жидкости. Человеческий организм приблизительно на 70% состоит из жидкости, и при повышении внешнего давления газы, входящие в дыхательную смесь, начинают активнее растворяться в тканях.

Чем выше абсолютное давление, действующее на человека, тем выше и парциальные давления газов, входящих в дыхательную смесь, и тем большее влияние каждый газ этой смеси будет оказывать на человеческий организм.

Все газы, входящие в состав воздуха, имеют свои пороговые значения парциальных давлений, когда они начинают оказывать на нас вредное воздействие. В приведенной ниже таблице показан рост парциальных давлений с увеличением глубины погружения.

Для упрощения расчетов содержание N2 = 79%, O2 = 21%

$$0 \text{ M} \text{ Pa6c} = 1 = (0.79 + 0.21) \times 1 = 0.79 + 0.21$$

10 M Pa6c= 
$$2 = (0.79 + 0.21) \times 2 = 1.58 + 0.42$$

$$20 \text{ M Pa6c} = 3 = (0.79 + 0.21) \times 3 = 2.37 + 0.63$$

$$30 \text{ M Pa6c} = 4 = (0.79 + 0.21) \times 4 = 3.16 + 0.84$$

40 M Pa6c= 
$$5 = (0.79 + 0.21) \times 5 = 3.95 + 1.05$$

С увеличением глубины погружения увеличивается абсолютное давление, следовательно, увеличиваются и парциальные давления газов, входящих в смесь. При этом процентное содержание газов в смеси остается неизменным.

#### Понятия насыщенный, ненасыщенный, перенасыщенный

Согласно закону Генри, при повышении внешнего давления среды повышается растворимость газа в жидкости (проникновение молекул газа между молекулами жидкости). Газ, растворившийся в жидкости, тоже оказывает давление. Давление, производимое определенным газом, растворённым в жидкости, носит название упругости газа.

Если давление газа, находящегося в контакте с жидкостью (давление окружающей среды), равно упругости газа (давление газа, растворенного в жидкости), жидкость находится в состоянии равновесия или насыщена.

Пока аквалангист находится на поверхности, давление газов, растворенных в его тканях, равно давлению окружающей среды.

Если давление газа, находящегося в контакте с жидкостью (давление окружающей среды), больше упругости газа, жидкость находится в ненасыщенном состоянии.

Во время погружения аквалангиста под воду давление газов в его тканях ниже давления газовой смеси, которой он дышит.

Если давление газа, находящегося в контакте с жидкостью, меньше упругости газа, жидкость находится в перенасыщенном состоянии.

При выходе аквалангиста на поверхность сразу после погружения давление газов в его тканях выше давления окружающей среды.

Состояния ненасыщенности или перенасыщенности будут наблюдаться до тех пор, пока давление газа, находящегося в контакте с жидкостью, не сравняется с упругостью газа, и жидкость не перейдет в состояние равновесия.

### Физиология.

Дыхание газовыми смесями при повышенном давлении т.е. повышенная плотность дыхательных смесей, приводит к изменению механики дыхания, увеличению сопротивления дыханию, повышению работы дыхания, снижению вентиляции легких при физических нагрузках и задержке выведения двуокиси углерода (СО2) из организма, повышению нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Эти изменения под влиянием плотности сопровождаются повышением потребления кислорода организмом. Это дополнительное потребление кислорода направлено в основном на обеспечение повышенной работы дыхательной мускулатуры. А при тяжелой физической нагрузке, когда работа дыхания приближается к максимуму, весь дополнительно потребляемый кислород направлен на обеспечение вентиляции легких, а не на обеспечение выполнения полезной работы. Это происходит как при работе под водой, так и в сухих условиях барокамеры.

#### Барогипертензия

Барогипертензия или барогипертензионный синдром — патологическое состояние дайвера, которое возникает из-за дыхания в условиях избыточного давления в воздухоносных путях, что ведёт к возрастанию кровеносного и внутричерепного давления.

Использование подводного снаряжения всегда ведёт к повышенному сопротивлению дыхания изза целого ряда причин: механических сил трения в дыхательных клапанах, аэродинамического сопротивления газовой смеси, гидростатической разности уровней, на которых расположена дыхательная аппаратура и грудная клетка пловца и т. д. В дополнение к этому, возрастание аэродинамического сопротивления дыханию происходит с увеличением глубины погружения изза снижения давления в баллонах и повышения плотности дыхательной смеси. Следствием этого является повышенное давление в воздухоносных путях.

Повышение внешнего давления оказывает разностороннее влияние на течение дыхательных процессов. Как правило, грудная клетка пловца расширяется, диафрагма опускается, объём лёгочных альвеол возрастает, вдох укорачивается и облегчается, а на выдох, наоборот, затягивается и усложняется. С растяжением лёгких их капилляры суживаются и растягиваются, что приводит к росту сопротивления кровотоку в малом круге кровообращения от сердца к мозгу, в правом желудочке и венозном русле. Следствием этого становятся перебои с кровоснабжением органов, тканей, особенно головного мозга.

Сильная головная боль, першение в горле, носовые кровотечения, чувство пульсации в висках, учащение пульса, мелкие высыпания на коже шеи и груди, сопровождающиеся легким зудом и кровоизлияние в белки глаз через 3-4 часа после погружения — типичные симптомы при барогипертензии. Часто причиной заболевания являются действия самих дайверов. Пытаясь экономить дыхательную смесь, они намеренно снижают частоту дыхания, увеличивая паузу между вдохом и выдохом на максимально возможное время. Глубокий вдох и усилия по сдерживанию позывов для вдоха-выдоха приводят к затруднению кровотока в легких осложняет возврат крови к голове. Это вызывает застойные явления в головном мозге, обуславливает пропотевание жидкой части крови через сосудистую стенку в ткани. Появляется опасность околососудистых отеков и кровоизлияний, повышается внутричерепное давление, набухает мозговая ткань (отек мозга), а также расстраивается циркуляция спинномозговой жидкости. Кроме этого, нарушается оксигенация (насыщение кислородом) крови в легких, развивается гипоксия организма.

Хорошо известным фактом является то, что дополнительное сопротивление дыханию около 200-250 мм рт. ст. переносится с трудом, при его возрастании до 350-400 мм рт. ст. дыхательные процессы возможны не дольше 10-15 минут, а при дополнительном сопротивлении 1000 мм рт. ст. начинают возникать острые проявления дыхательной недостаточности.

Среди типичных факторов, способствующих развитию барогипертензионного синдрома, называют:

- общее переохлаждение организма (ведет к спазму периферических кровеносных сосудов органов грудной полости и головы),
- низкий уровень физической подготовки,
- значительные физические нагрузки под водой,
- «экономный» режим дыхания с длительной задержкой выдоха
- сильные напряжения для выравнивания давления в воздушных полостях
- неправильная регулировка настроек регулятора, увеличивающая усилие на вдох,
- пережатие поверхностных вен шеи слишком узкой шейной манжетой сухого костюма
- стрессовые состояния

#### Оказание помощи

- прекратить погружения
- остановить носовое кровотечение (если оно есть) с помощью тампонов с перекисью водорода
- дать анальгетик при головной боли, уложить дайвера в горизонтальное положение в комфортные условия
- при проявлении тяжелых симптомов (бледное, иногда отечное лицо, синюшный цвет слизистых рта, губ, подавленность, заторможенность психики, усиливающиеся головные боли при напряжении, кашле, чихании, часто сопровождающиеся тошнотой и рвотой, общая слабость, одышка, тяжесть в сердце) необходимая срочная медицинская помощь в стационаре

#### Гипоксия (кислородное голодание)

Пониженное содержание кислорода в организме или отдельных органах и тканях. Гипоксия возникает при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе, крови (гипоксемия) или тканях (при нарушениях тканевого дыхания). Если сила или длительность гипоксического воздействия превышают адаптационные возможности организма, органа или ткани — в них развиваются необратимые изменения. Наиболее чувствительны к кислородной недостаточности центральная нервная система, мышца сердца, ткани почек, печени. Без нарушения функционирования мозговая ткань выдерживает всего 4 секунды острой гипоксии, уже спустя 8-12 секунд возможна потеря сознания, через 20-30 секунд исчезает активность коры головного мозга и человек впадает в кому. Если не наладить обеспечение кислородом на протяжении 4-5 минут, то головной мозг умрет. Потому очень важно иметь представление о том, что такое гипоксия головного мозга, об основных причинах, которые к этому приводят, чтобы вовремя предотвратить тяжелые последствия.

Наиболее общими признаками являются следующие:

- Увеличение частоты и глубины дыхания, возникновение одышки
- Увеличение частоты сердечных сокращений
- Головокружение
- Потеря сознания
- Кома
- Нарушение функции органов и систем организма

Можно выделить несколько видов гипоксии:

- Гипоксическая (экзогенная) при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе (низкое атмосферное давление, закрытые помещения, высокогорье);
- Дыхательная (респираторная) при нарушении транспорта кислорода из атмосферы в кровь (дыхательная недостаточность);
- Гемическая (кровяная) при снижении кислородной ёмкости крови (анемия; инактивация гемоглобина угарным газом или окислителями);
- Циркуляторная при недостаточности кровообращения (сердца либо сосудов), сопровождается повышением артериовенозной разницы по кислороду;
- Тканевая (гистотоксическая) при нарушении использования кислорода тканями (пример: цианиды блокируют цитохромоксидазу фермент дыхательной цепи митохондрий);
- Перегрузочная вследствие чрезмерной функциональной нагрузки на орган или ткань (в мышцах при тяжёлой работе, в нервной ткани во время эпилептического приступа);
- Смешанная любая тяжелая/длительная гипоксия приобретает тканевой компонент (гипоксия  $\rightarrow$  ацидоз  $\rightarrow$  блокада гликолиза  $\rightarrow$  отсутствие субстрата для окисления  $\rightarrow$  блокада окисления  $\rightarrow$  тканевая гипоксия).
- Техногенная возникает при постоянном пребывании в среде с повышенным содержанием вредных выбросов

Причиной гипоксии во время погружений на ССR может стать неисправность автоматического клапана подачи кислорода, закрытый баллон кислорода или потеря кислорода из него. Это может привести к смерти дайвера, т.к. потеря сознания от гипоксии приведет к его утоплению. Очень важно во время погружения вести постоянный контроль за значением парциального значения кислорода в смеси дыхательного контура.

#### Гипероксия

Повышенное содержание (давление) кислорода в тканях организма вследствие увеличения его содержания во вдыхаемом воздухе, легких и крови. Характеризуется развитием комплекса физиологических реакций и патологических нарушений. Начальные реакции организма при гипероксии имеют приспособительное значение. Происходит снижение частоты дыхания и сердечного ритма, снижение объема легочной вентиляции, систолического и минутного объема сердца, сужение сосудов сетчатки глаза и головного мозга, депонирование крови в паренхиматозных органах, уменьшение объема циркулирующей крови и т. д. Все это направлено на ограничение чрезмерного повышения рО2 в тканях (особенно в головном мозге), на поддержание оптимального кислородного режима в мозговых центрах. В формировании этих реакций большая роль принадлежит снижению функциональной активности хеморецепторов рефлексогенных сосудистых зон под влиянием высоких уровней рО2 в артериальной крови.

Факторы, усугубляющие гипероксию:

- Перегревание или переохлаждение
- Физическая активность
- Индивидуальная чувствительность
- Содержание вредных газов в дыхательной смеси, в том числе углекислого
- Накопление в организме углекислоты

**Гипероксия ведет к двум проблемам – кислородной интоксикации ЦНС и общей кислородной интоксикации организма.** Как вы уже знаете из предыдущих курсов, интоксикация ЦНС, известная как эффект Поля Берта (Paul Bert), приносит наибольший риск для дайвера во время погружений и её симптомы должны быть хорошо известны каждому техническому дайверу.

#### Кислородная интоксикация ЦНС

Очень часто для запоминания симптомов интоксикации ЦНС применяют акроним **CONVENTID** 

- CONvulsion (Судороги)
- Visual (Нарушения зрения)
- Ears (Нарушения слуха)
- Nausea (Тошнота)
- Twitching (Подергивание)
- Irritability (Раздражительность)
- Dizziness (Головокружение)

После проведения многочисленных исследований так и не были выявлены зависимости наступления тех или иных симптомов. И как вы понимаете, наиболее критическое состояние дайвера — это конвульсии, во время которых дайвер не может контролировать свой организм, наступает ларингоспазм, дайвер перестает дышать. Очень часто дайвер перекусывает или теряет загубник дыхательного аппарата во время конвульсий. Подъем пострадавшего на поверхность в этом случае связан с рядом больших проблем. Во-первых, из-за ларингоспазма дайвера нельзя поднимать к поверхности во избежание получения им серьезных баротравм легких (артериальной газовой эмболии), что может привнести еще больше проблем в процедуру его спасения и нанести больший урон организму. Во-вторых, дайвер не может контролировать свои действия, да и не способен на какие-либо осознанные действия в принципе. Спасателю придется все делать за него, контролируя его плавучесть, обеспечивать поступление воздуха в организм во время наступления фаз релаксации между фазами судорог, не давая выплюнуть или потерять загубник. Все это должно привести вас к пониманию, насколько опасна гипероксия и насколько важно ее избегать. Кислородная интоксикация ЦНС имеет свойство накопления. Скорость накопления напрямую зависит от парциального давления кислорода во вдыхаемой смеси. Не пренебрегайте учетом кислородной интоксикации организма во избежание серьезных проблем вплоть до вашей гибели.

# Таблица накопления кислородной интоксикации ЦНС в зависимости от величины парциального давления кислорода

PO <sub>2</sub>	CNS % в мин
0,6	0,14
0,7	0,18
0,8	0,22
0,9	0,28
1,0	0,33
1,1	0,42
1,2	0,47
1,3	0,56
1,4	0,65
1,5	0,83
1,6	2,22
1,7	10.00
1,8	50.00

Максимальный лимит накопления кислородной интоксикации (кислородной нагрузки) ЦНС не должен превышать 80% за одно погружение или серию погружений.

Снижение нагрузки ЦНС на поверхности можно рассчитать, принимая утверждение, что каждые 90 минут проведенные на поверхности при дыхании воздухом, кислородная нагрузка ЦНС

снижается на 50%. Если же интервал в 90 минут не был выдержан полностью, то подразумевается, что снижение кислородной нагрузки на ЦНС не произошло.

При погружениях на CCR, дайвер проводит большую часть времени погружения при более высоких значениях pPO2, чем на открытом цикле дыхания, что следует учитывать при планировании погружений с использованием CCR.

#### Общая кислородная интоксикация организма

Легочная форма кислородной интоксикации, так же известная как эффект Lorrain Smith, связана с парциальным давлением кислорода и временем воздействия, только, в отличии от интоксикации ЦНС, наиболее ярко проявляется в легких дайвера. В этом случае вследствие раздражающего действия кислорода на верхние дыхательные пути появляются сухость в горле, отек слизистой оболочки носа, ощущаемая как «заложенность» носа. Затем появляется усиливающийся сухой кашель, сопровождающийся чувством жжения за грудиной. Температура тела повышается. Также может наблюдаться онемение кончиков пальцев рук, ног и кончика носа. В случае прекращения вдыхания обогащенной кислородом смеси, выраженность симптомов уменьшается в течение 2–4 часов. Окончательное выздоровление произойдёт в течение 2–4 суток. Длительное дыхание кислородом при повышенном парциальном давлении оказывает воздействие не только на легкие, страдает весь организм. При переизбытке кислорода растет число свободнорадикальных метаболитов, тех самых страшных «свободных радикалов», которые обладают высокой активностью, действуя в качестве окислителей, способных повредить биологические мембраны клеток.

#### Симптомы общего токсического воздействия кислорода на организм

- Сухость в горле
- Сухой кашель
- Жжение и дискомфортные ощущения в груди
- Тяжелое дыхание, возрастающее сопротивление дыханию
- Одышка

Так же, как и кислородная интоксикация ЦНС, общая кислородная интоксикация требует учета. Для этого вы должны воспользоваться таблицами NOAA приведёнными ниже.

## NOAA: Таблица соответствий кислородных лимитов времени погружений парциальному давлению кислорода.

PO <sub>2</sub>	РАЗОВЫЙ Л	пимит	СУТОЧНЫЙ ЛИМИТ	
ATA	минуты	Часы	минуты	часы
1.6	45	0.75	150	2.30
1.5	120	2.00	180	3.00
1.4	150	2.30	180	3.00
1.3	180	3.00	210	3.30
1.2	210	3.30	210	4.00
1.1	240	4.00	270	4.30
1.0	300	5.00	300	5.00
0.9	360	6.00	360	6.00
0.8	450	7.30	450	7.30
0.7	570	9.30	570	9.30
0.6	720	12.00	720	12.00

#### Накопление общей кислородной интоксикации OUT/мин

PO2	ОТU/мин	PO2	OTU/мин
0,55	0,15	1,10	1,16
0,60	0,26	1,15	1,24
0,65	0,37	1,20	1,32
0,70	0,47	1,25	1,40
0,75	0,56	1,30	1,48
0,80	0,65	1,35	1,55
0,85	0,74	1,40	1,63
0,90	0,83	1,45	1,70
0,95	0,92	1,50	1,78
1,00	1,00	1,55	1,85
1,05	1,08	1,60	1,93

Если вы превысили разовый кислородный лимит погружения, NOAA рекомендует сделать интервал между погружениями на поверхности минимум 2 часа. Если превышен суточный кислородный лимит погружений, необходим интервал минимум 12 часов.

При погружениях на ССR, дайвер проводит большую часть времени погружения при повышенном pPO2, что ведет к большей кислородной нагрузке, чем на открытом цикле дыхания, поэтому накопление общей кислородной интоксикации идет быстрее, что нужно учитывать при планировании погружений на ССR.

#### Азотный наркоз - газовый наркоз.

Азотным наркозом, или азотным отравлением, называют комплекс нарушений функций центральной нервной системы, который может возникнуть у дайверов при погружениях на глубины свыше 30 метров. Первое сообщение о необычном воздействии сжатого воздуха на организм человека появилось в 1820 году. Швейцарский врач Колладон (Jean-Daniel Colladon) отметил необычно возбужденное состояние водолазов, напоминающее опьянение. Значительно позднее было установлено, что именно азот, который считался метаболически индифферентным газом, при повышенном давлении вызывает реакции, похожие на реакцию организма на алкоголь. Но такое состояние не является основным признаком азотного наркоза, спектр его проявлений достаточно широк. Наиболее распространенными проявлениями влияния азота на нервную систему является заторможенность, снижение реакции, потеря концентрации внимания, ухудшение моторики. Желающим испытать на себе действие азотного наркоза нужно помнить, что состояние эйфории может и не наступить, эффект может быть противоположным и выглядеть как повышенная тревожность и чувство страха, а вот проблемы со снижением внимания, концентрации и ухудшение моторики движений могут привести к несчастному случаю под водой. Техническому дайверу необходима способность быстро и адекватно оценивать ситуацию и реагировать на нее.

Другие газы точно также растворяются в тканях и тоже имеют определенный наркотический эффект. По теории, которая основывается на закономерности, выявленной Г.Мейером (1899) и Е.Овертоном (1901), всякое вещество, инертное в химическом отношении, но растворимое в жирах и липидах, является наркотиком. Долгое время азот рассматривали как единственный газ, оказывающий наркотическое воздействие. Основной причиной возникновения симптомов газового наркоза является снижение скорости передачи импульсов между нейронами, это связано с газовым насыщением клеточных мембран. В лабораторных условиях растворимость газов в липидах (обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества, содержатся во всех живых клетках в том числе в клетках головного мозга и нервной системы, будучи одним из основных компонентов биологических мембран, липиды влияют на проницаемость клеток и участвуют в передаче нервного импульса) проводили с использованием оливкового масла. Так для основных вдыхаемых газов были получены следующие значения для азота – 0.07 г/л, кислорода – 0.11 г/л, углекислого газа -1.34 г/л, гелия -0.015 г/л. Следовательно, не совсем корректно называть наркотическое влияние, оказываемое газовой смесью на организм азотным наркозом, термин газовый наркоз будет более корректен. Если учитывать, что наркотический эффект гелия достаточно ничтожен, то с кислородом не все так однозначно. Кислород имеет атомарную массу 15,99 а.е.м., что даже немного больше, чем у азота (14,0 а.е.м.), следовательно, он должен иметь даже большую растворимость в липидах, чем азот.

Еще одним неучтенным фактором воздействия является CO2 — углекислый газ, который вырабатывает организм в процессе жизнедеятельности. Способность избыточного количества CO2 усугублять воздействие газового наркоза было обнаружено достаточно давно, Case и Holdane описали этот феномен в 1941 г., но он был «открыт вновь» в 1963 г. Lanphier при трагических обстоятельствах. Эксперимент проводился в «сухой» камере под абсолютным давлением сжатого воздуха 7,8 кгс/см2 при умеренной физической нагрузке (шло испытание нового велоэргометра), с использованием дыхательной системы, обеспечивающей приблизительно только половину дыхательной потребности испытуемого. Наркоз быстро вызвал у Lanphier развитие комы. Очень выраженная одышка, предшествующая потере сознания, сменилась ощущением невыносимой тревоги в момент прекращения физической нагрузки и возвращения сознания. Если бы этот случай произошел под водой, выживание вряд ли было возможным.

Наркотическое воздействие различных газов на организм человека продолжают исследовать, достаточно сложно объективно оценить степень этого воздействия, учитывая, что нет достаточно точных критериев оценки, да и индивидуальные особенности организма выступают фактором не позволяющим сделать однозначных выводов.

При уменьшении избыточного давления смеси и соответствия снижения величины парциальных давлений отдельных газов, наркотическое воздействие газовой смеси достаточно быстро исчезает, но оно не пропадает моментально, следовательно, даже если вы переключились на смесь с меньшим содержанием азота (как основного газа, оказывающего наркотическое воздействие) или начали всплытие, эффект наркоза будет какое-то время продолжаться.

Для снижения азотного наркоза при погружениях на глубины более 40 метров рекомендуется применение смеси с содержанием гелия. Этот газ имеет малый размер молекул и хуже растворяется в липидах и, следовательно, обладает низким наркотическим воздействием на ЦНС.

# ДКБ - Декомпрессионная болезнь

Декомпрессионная болезнь — это комплекс патологических явлений в организме, связанных с наличием свободных газовых пузырьков в крови и тканях, которые вызывают раздражение нервной системы, нарушение нормального кровообращения, а иногда и механическое повреждение клеток органов и тканей. Декомпрессионной болезнь называют потому, что она возникает в процессе декомпрессии, т.е. перехода человека из области повышенного давления в область с более низким давлением — всплытия. Создается обратный градиент диффузии газа из тканей организма. Количество пузырьков газа, выделяющихся из тканей в кровеносную систему дайвера при всплытии, имеет ключевое значение. Оно зависит от разности давлений между растворенным газом в тканях и давления окружающей среды (вдыхаемого газа). Наши легкие способны обеспечить выход только определенного количества микропузырьков, если их будет намного больше, то они не успевают выходить наружу, а так как градиент давлений растет, в следсвии всплытия дайвера, то микропузырьки начинают увеличиваться в размерах, к ним присоединяется все больше растворенного газа, что порождает эффект снежного кома. Затем к пузырям прикрепляются тромбоциты, а следом и другие кровяные тельца. Так формируются локальные сгустки крови (тромбы), делающие её неравномерно вязкой и способные даже закупорить небольшие сосуды. Тем временем пузыри, прикрепленные к внутренним стенкам сосудов, частично разрушают их и отрываются вместе с их кусочками, дополняющими «баррикады» в русле кровотока. Прорыв стенок сосудов ведет к кровоизлиянию в окружающие ткани, кровоток замедляется, нарушается кровоснабжение жизненно важных органов.

Внесосудистая форма ДКБ возникает в тех случаях, когда формирующиеся в тканях, суставах и сухожилиях микропузырьки притягивают азот, выделяющийся из тканей во время подъёма, но не могут попасть в кровь из-за её блокады (т. н. «эффект бутылочного горлышка»). Гидрофильные ткани суставов и связок особенно подвержены аккумуляции вне сосудистых газовых пузырей. Именно этот тип ДКБ и вызывает боли в суставах — классический симптом декомпрессионной болезни. Растущие пузыри давят на мышечные волокна и нервные окончания, что ведет к серьёзным повреждениям внутренних органов.

ДКБ принято разделять на 2 типа.

К признакам **ДКБ I типа** относят любые болевые проявления и симптомы, которые не несут непосредственной угрозы жизни дайвера. Кожные высыпания в виде пятен различной окраски от светло-розовой до синюшной («мраморность кожи»), нерезкие боли в мышцах, суставах, костях. Этот тип ДКБ можно охарактеризовать словами- «только боль». **ДКБ II типа** часто называют цереброспинальной формой ДКБ, и она затрагивает центральную нервную систему, систему дыхания и кровообращения. Этот тип ДКБ более опасен и несет непосредственную угрозу жизни дайвера. Если рассматривать эту градацию с точки зрения современных исследований, то она окажется не совсем верной, т.к. признаки и симптомы ДКБ обоих типов могут проявляться одновременно, и ДКБ I типа может постепенно переходить в ДКБ II типа, по cent это прогресс одного и того-же процесса.

Из предыдущих курсов вы знаете об алгоритмах декомпрессии, на чем они построены и как работают. Технический дайвер должен знать факторы, увеличивающие риск ДКБ:

- избыточный вес (в жировой ткани растворяется больше азота, для его выведения требуется больше времени);
- пожилой возраст (кровеносная и дыхательная системы функционируют менее эффективно);
- обезвоживание организма в результате приема мочегонных средств (кровь медленнее циркулирует, и поэтому замедляется процесс выведения азота);
- повреждения и болезни (нарушения кровообращения разного рода, например, ишемическая болезнь сердца);
- употребление алкоголя до или после погружения;
- загрязненный воздух в баллоне;
- погружения в холодной воде (замедление скорости кровообращения);

- активная физическая деятельность (усиление кровообращения вызывает усиление поглощения азота);
- полёт на самолете в течение суток после погружения;
- погружения в высокогорных условиях.

Но еще более важно знать симптомы и признаки ДКБ, чтобы вовремя диагностировать проблему и начать незамедлительное оказание помощи пострадавшему.

### Симптомы декомпрессионной болезни

Легкая степень тяжести декомпрессионной болезни может проявиться в период от 1 до 6 часов и более после погружения.

Для этой стадии характерны:

- изменение кожной чувствительности мурашки, покалывание;
- кожный зуд;
- подкожная эмфизема (проникновение газа под кожу);
- кожные высыпания в виде пятен различной окраски от светло-розовой до синюшной («мраморность кожи»);
- нерезкие боли в мышцах, суставах, костях; нерезкие боли по ходу нервов (боли носят ноющий, тянущий, рвущий или сверлящий характер, усиливаются при активных и пассивных движениях).

Средняя и тяжелая форма декомпрессионной болезни проявляются в период от 10 до 60 минут после погружения. Характеризуются появлением не только местного, но и общего поражения организма: нарушения деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также поражением центральной нервной системы.

Проявления среднетяжелой формы декомпрессионной болезни:

- выраженные приступообразные боли в мышцах и суставах, резко усиливающиеся при движениях;
- онемение конечностей, потеря чувствительности участков человека
- учащение сердцебиения;
- повышение артериального давления;
- затруднение дыхания;
- могут возникать боли в животе;
- кратковременные нарушения зрения (двоение, «сетка перед глазами»);
- кратковременные нарушения слуха.

Проявления тяжелой формы кессонной болезни:

- выраженные расстройства центральной нервной системы парезы и параличи, потеря сознания, судороги;
- нарушения дыхания и сердцебиения;
- нарушение функций внутреннего уха (вестибулярный аппарат) головокружение, тошнота, рвота.

Также вы должны знать и понимать, какую помощь и как вы можете оказать в случае ДКБ. Не стоит забывать, что во время оказания помощи необходимо также собрать сведения о пострадавшем (наличие страховки, аллергий, хронических заболеваний, прием лекарственных препаратов) и его погружении (глубина, время, газы, соответствие погружения плану).

### Первая помощь

При подозрении на декомпрессионное заболевание необходимо:

- уложить пострадавшего, обеспечить комфортные условия;
- обеспечить дыхание чистым кислородом;

- обеспечить гидратацию организма, дать теплые изотонические напитки типа «Регидрон», если нет в наличии, то его можно приготовить своими силами:
  - о 1 литр кипяченой воды комнатной температуры,
  - 1 ч. ложка пищевой соды,
  - 1 ст. ложка соли,
  - o 2 ст. ложки сахара
- вызвать врача;
- если пострадавший в сознании, необходимо опросить его (имя, возраст, наличие страховки, профиль погружения, наличие хронических заболеваний, принимаемые медицинские препараты, наличие и причины аллергии);
- сделать полевую 5-минутную проверку;
- следить за дыханием и сердцебиением;
- при необходимости начать сердечно-легочную реанимацию;
- транспортировать в лечебное учреждение (барокамеру).

Умение диагностировать ДКБ и оказать первую помощь при ее признаках – обязательный навык для технического дайвера уровня TECH-2.

# Неврологический (Нервный) синдром высокого давления (HPNS)

Неврологический (Нервный) синдром высокого давления (HPNS) - проблема, которая испытывается на более глубоких погружениях. Рекреационные дайверы никогда не испытают ее, но продвинутые технические дайверы все чаще выполняют погружения, где эта проблема реальна.

Наркотический эффект более легких газов соотносится с их растворимостью в липидах. Исходя из этого, было подсчитано, что гелий не должен быть наркотическим до глубины около 425 м. В 1965 году проводились погружения в барокамерах до 180-240 м со скоростью спуска 6-30 м/мин. Когда испытуемые достигли глубины, то были относительно недееспособными, но в отличие от наркоза, проблема заключалась в треморе, головокружении, тошноте, а иногда и рвоте. Также, в отличие от наркоза, мыслительные способности сохранялись почти на прежнем уровне, и улучшились до нормы с течением времени, проведенным на глубине. Это были первые подтвержденные случаи, когда проявление HPNS зафиксировали на таких мелких глубинах.

Исследования на животных показали, что если давление увеличивать, то развиваются миоклонические рывки, затем клонические припадки, тонизирующие припадки, кома и, наконец, смерть. Инертный газовый наркоз — это, как правило, депрессия функции мозга, в то время как HPNS, по-видимому, обусловлена возбуждением мозга.

Восприимчивость к HPNS связана со сложностью и развитостью нервной системы, люди более восприимчивы, чем животные. Было относительно быстро определено, что глубина возникновения HPNS и тяжесть признаков и симптомов были связаны со скоростью сжатия. Чем быстрее скорость сжатия (скорость погружения), тем меньше глубина появления симптомов и тем более тяжелые последствия это имеет.

В то время, как газовый наркоз соотносят с растворимостью газов в липидах и связан с набуханием клеточных мембран, то HPNS связан со сжатием клеточных мембран и, возможно, является простым эффектом давления (вода сжимается до 4% при достаточном давлении). HPNS и наркоз, по-видимому, связаны с противоположными воздействиями на клеточные мембраны.

В начале 1970-х годов Питер Беннетт (Peter Bennett) предположил, что добавление азота в гелиокс (Heliox) может предотвратить HPNS. В барокамерах проводилась серия погружений, и в конечном итоге было установлено, что добавление примерно 5% азота привело к резкому сокращению признаков и симптомов HPNS с небольшим или вообще отсутствием наркоза. Одно из погружений в 1982 году достигло глубины 686 м, когда дайверы испытывали симптомы HPNS, но были способны функционировать. Однако скорость сжатия в данных испытания была решающим фактором. Отдельные исследования показали, что дайверы могут погрузиться до 640 м на геликоксе и оставаться работоспособными при условии, что скорость спуска была достаточно медленной - 10 дней. Тем не менее, они испытывали умеренно-серьезные признаки и симптомы HPNS. Оптимальный результат был получен при подходе, который включал в себя как очень медленную скорость сжатия (чем глубже, тем медленнее), так и добавление азота в дыхательную смесь в диапазоне 5% от объема. В более поздних исследованиях изучалось использование водорода вместо азота. Водород менее наркотический, чем азот, поэтому необходимо было использовать более высокий процент его концентрации в смеси. Водород имеет намного меньший размер молекул. На больших глубинах и давлениях газ становится настолько плотным, что дыхание - тяжелая работа. Водородом намного легче дышать, чем азотом. Одна из проблем заключается в том, что смесь водорода и кислорода взрывоопасна, поэтому его можно использовать только на больших глубинах, где процент кислорода становится достаточно низким, чтобы уменьшить или исключить риск взрыва (менее 6 процентов кислорода). В 1992 году было совершено погружение с использованием смеси с содержанием 49% водорода 701 м. Это исследование показало, что водород столь же эффективен, как и азот, в снижении признаков и симптомов HPNS и имеет дополнительное преимущество в сокращении усилий на дыхание.

Несмотря на все проведенные исследования, мы все еще очень мало знаем, что на самом деле вызывает HPNS (это также относится к азотному наркозу). Инертные газы под давлением и давление

само по себе приводят к изменениям во многих функциях мозга, изменяют уровни нескольких химических веществ, иногда увеличивая их в одной области мозга при одновременном снижении их в другом! Было высказано предположение, что гелий может действовать непосредственно на ионные каналы. Нужно будет провести гораздо больше исследований, прежде чем мы полностью поймем причины газового наркоза и HPNS.

## Гиперкапния.

Повышение уровня углекислого газа в крови называется **гиперкапния** является серьезной проблемой для ССR дайверов. Гиперкапния может возникнуть как при проскоке CO2 мимо гранул поглотителя при плохой упаковке картриджа скраббера или при превышении рекомендованного производителем времени его использования. Нормальным считается содержание 0,5% CO2 во вдыхаемой смеси, что соответствует pPCO2 = 0.005 ATA/ При достижении содержания CO2 в смеси 2%, дайвер будет испытывать головную боль (pPCO2 = 0.02 ATA), а при 10% содержания CO2 (pPCO2 = 0.1 ATA) у дайвера пропадает ясность мышления, путается сознание и может наступить потеря сознания, сто приведет к утоплению. Отравление CO2, при использовании аппаратов с закрытой схемой дыхания, могут возникнуть из-за мелкого, поверхностного дыхания, которое не дает адекватной циркуляции газа в дыхательном контуре, из-за увеличения «мертвого» пространства при использовании полнолицевых масок. Влияние также оказывают и тяжелые физические нагрузки под водой. Плохой практикой является так называемое дыхание «через раз» с целью экономии воздуха.

#### Симптомы:

- чувство дискомфорта (нехватки воздуха);
- волнение:
- учащенное дыхание;
- головокружение;
- головная боль;
- спутанное сознание;
- потеря сознания.

В случае появления подобных симптомов рекомендуется немедленно приключиться на дыхание из регулятора открытого цикла (Bailout), после чего начинать контролируемое всплытие, выполняя все обязательные остановки.

### Гипокапния.

Снижение уровня углекислой кислоты в крови называется **гипокапния** и чаще всего возникает при избыточно учащенном дыхании (гипервентиляция). Это приводит к развитию газового (респираторного) алкалоза — это нарушение регуляции кислотно-щелочного равновесия. Возникает вследствие гипервентиляции лёгких, приводящей к избыточному выведению CO2 из организма и падению парциального напряжения двуокиси углерода в артериальной крови ниже 35 мм рт. ст., то есть к гипокапнии. Гипокапния опасна тем, что приводит к снижению мозгового кровообращения за счет сужения сосудов, как следствие мышечные судороги и головокружение. Занижая уровень углекислого газа, мы нарушаем ритм дыхания, сигнал на вдох не поступает вовремя и в результате падение уровня кислорода ниже критического приведет к потере сознания.

## Отравление угарным газом

При легкой форме отравления выхлопными газами появляется слабость, головокружение, головная боль, шум в ушах, пульсация в височных артериях, мелькание перед глазами, сердцебиение, иногда тошнота. При отравлении средней тяжести все эти симптомы усиливаются. При тяжелой форме отравления происходит потеря сознания в результате остановки дыхания (при высокой концентрации угарного газа во вдыхаемом воздухе).

# Первая помощь

При первых признаках отравления необходимо поднять пострадавшего на поверхность и по возможности дать подышать чистым кислородом, т.к. даже при нормальном давлении дыхание чистым кислородом ускоряет расщепление соединения СО с гемоглобином в 20 раз. Можно дать пострадавшему адсорбенты (полифепан, активированный уголь, лигносорб) и обеспечить обильное питье.

Отравление угарным газом — острое патологическое состояние является опасным для жизни и здоровья, и без квалифицированной медицинской помощи может привести к летальному исходу.

Для исключения опасности отравления угарным газом необходимо заправлять баллоны только в специализированных дайв-центрах, в сертифицированных заправочных станциях и воздерживаться от курения в течение 10–12 часов до погружения.

# Травмы и заболевания, связанные с давлением

### Реакция организма на механическое изменение давления

Тело человека большею частью состоит из воды, поэтому ткани организма являются несжимаемыми. При погружении изменение давления ощущается только в воздушных полостях тела, в подмасочном и подкостюмном пространствах (при использовании сухого гидрокостюма) из-за сжатия воздуха (см. закон Бойля), находящегося в этих пространствах.

## Баротравмы и сжатия

Баротравма — травма, полученная от воздействия на ткани организма разницы наружного и внутреннего давления. С точки зрения получения баротравмы наиболее опасными глубинами являются глубины от 0 до 10 метров при погружении и от 10 до 0 при всплытии. В этом диапазоне происходит самый большой перепад давления. На 10 метров глубины давление увеличивается или уменьшается в два раза, при прохождении следующих 10 метров — с 10 метров до 20 метров — изменение давления будет уже всего в 0.75 раза.

### Баротравма легких

Баротравма легких характеризуется сдавливанием или разрывом лёгочной ткани, приводящим к нарушению функции дыхания. При разрыве лёгочной ткани газ из альвеол поступает в ткань легкого, кровеносное русло, плевральную полость или в область средостения и подкожную клетчатку груди. Баротравма легких может возникнуть при задержке дыхания на всплытии, или из-за закупорки бронхов при погружениях с бронхитами или воспалением легких.

### Разновидности баротравмы лёгких:

Баротравматическая артериальная газовая эмболия

Проникновение пузырьков воздуха в кровь через поврежденные сосуды легких.

### Признаки и симптомы:

- сильные боли в груди;
- слабость;
- одышка;
- головокружение;
- выраженная адинамия;
- цианоз (синюшность) лица;
- невнятная речь;
- нередко возникает потеря сознания;
- дыхание частое, поверхностное, выдох болезненный, мучительный кашель, выделяется пенистая мокрота с примесью крови.

### Баротравматический пневмоторакс

(от греч.  $\pi v \in \psi \mu \alpha - \mu \gamma v = 0$  и  $\theta \psi \rho \alpha \kappa \alpha \gamma - \mu \gamma \gamma v = 0$  грудная клетка) — скопление воздуха в плевральной полости иззаразрыва ткани легкого, приводящее к расстройству дыхания и кровообращения.

### Признаки и симптомы:

- колющая боль в грудной клетке на стороне разрыва легкого, отдающая в лопатку, плечо или живот:
- нарастающая одышка, затруднение дыхания;
- холодный пот;
- иногда сухой кашель;
- пострадавший принимает вынужденное полусидячее или сидячее положение, подавлен;
- синюшность лица быстро нарастает;
- дыхание частое и поверхностное;
- сердцебиение резко учащено;

• развитие симптомов шока.

## Баротравматическая эмфизема

(эмфизема средостения и подкожная эмфизема) — характеризуется наличием газа в соединительнотканных образованиях средостения и под кожей груди, подключичной и яремной ямок, шеи и лица.

### Признаки и симптомы:

- при небольшом количестве газа состояние удовлетворительное;
- по мере накопления газа состояние ухудшается;
- боли и неприятные ощущения в груди;
- затрудненное дыхание;
- учащенный пульс;
- изменение формы шеи и черт лица;
- характерный хрустящий звук при надавливании на пузырь;
- резкое ухудшение состояния из-за смещения органов средостения и сдавливания крупных вен.

Надо отметить, что признаки и симптомы баротравмы легких могут меняться в зависимости от того, где скопился воздух. Однако, независимо от тяжести, состояние представляет серьезную угрозу для жизни человека. Одновременно может проявиться более одного из вышеуказанных признаков. Баротравма легких независимо от клинической формы рассматривается как тяжелое заболевание. Помощь пострадавшему должна быть оказана в возможно более короткий срок.

### Первая помощь при баротравмах легких:

- обеспечить полный покой;
- по возможности дать подышать кислородом;
- подготовиться к проведению сердечно-легочной реанимации (СЛР) в случае необходимости;
- как можно скорее доставить в лечебное учреждение, где имеется барокамера;
- при транспортировке пострадавшего с подозрением на эмболию его укладывают на носилки животом вниз, повернув голову набок.

Рекомендуется немного приподнять носилки со стороны ног, это уменьшит вероятность попадания газовых пузырьков в сосуды сердца и головного мозга

### Баротравма среднего уха

Баротравма уха чаще возникает во время повышения давления (на спуске под воду). В этих условиях возрастающее давление, действующее на наружную поверхность барабанной перепонки, не в полной мере компенсируется давлением на внутреннюю её поверхность, и происходит прогибание перепонки в сторону среднего уха. Чем больше разница давлений, тем больше его травмирующее воздействие. При всплытии расширяющийся воздух обычно беспрепятственно выходит в носоглотку через евстахиеву трубу. Симптомы баротравмы уха зависят от степени тяжести.

При легкой степени баротравмы уха пострадавший жалуется на:

- заложенность в ушах;
- неприятные ощущения «надавливания» на барабанную перепонку;
- незначительное ухудшение слуха.

Симптомы обычно проходят через несколько часов после прекращения погружения.

При средней степени тяжести баротравмы уха пострадавший жалуется на:

- острую боль в ухе (болевые ощущения могут сохраняться 1-2 дня);
- существенное ухудшение слуха;
- посторонний шум в ушах.

При тяжелой степени баротравмы уха — разрыве барабанной перепонки

• возникает некоторое стихание возникшей острой боли, появляется ощущение тепла в поражённом ухе вследствие кровоизлияния. В наружном слуховом проходе появляется небольшое количество крови. Возможно возникновение сильного головокружения из-за попадания холодной воды в область среднего уха.

### Первая помощь

При баротравме уха легкой и средней степени необходимо:

- наружный слуховой проход закрыть сухим ватным тампоном;
- на область больного уха наложить согревающий компресс;
- пострадавшему нельзя сморкаться, так как это ведет к повышению давления в носоглотке и возможному проникновению инфекции по слуховым трубам в полость среднего уха;
- по назначению врача применяют обезболивающие средства.

В случае возникновения тяжелой баротравмы, сопровождающейся разрывом барабанной перепонки:

- с соблюдением правил асептики необходимо обработать наружный слуховой проход, в него вводится смоченная 70% спиртом стерильная марлевая турунда;
- на больное ухо накладывается согревающий компресс;
- после оказания помощи пострадавший должен быть направлен на консультацию к отоларингологу (ЛОР-врачу).

### Баротравма внутреннего уха

Баротравма внутреннего уха — разрыв круглого окна — может произойти при слишком сильной продувке ушей методом Вальсальва.

#### Симптомы:

- сильное головокружение;
- тошнота и рвота;
- шум в ушах;
- нарушение равновесия;
- ухудшение слуха;
- сильное потоотделение;
- побледнение кожных покровов.

Первая помощь при баротравме внутреннего уха состоит в том, что необходимо уложить пострадавшего и вызвать врача.

# Проблемы, возникающие при простудных заболеваниях и аллергии

Отек слизистых оболочек при простуде или аллергии может приводить к перекрытию евстахиевых труб, что не позволяет выравнивать давление в области среднего уха. Даже если евстахиевы трубы не блокируются, продувка в этом случае приводит к попаданию в среднее ухо слизи из носоглотки и возникновению воспаления в среднем ухе.

## Обратный блок

Иногда, чтобы не пропускать погружения из-за насморка, дайверы используют различные лекарственные препараты. Время действия примененных до погружения противоотечных средств (капли, мази, аэрозоли) может закончиться во время погружения, отек слизистых возобновится, и евстахиева труба снова станет непроходимой для воздуха. Тогда при всплытии расширяющийся воздух не сможет переместиться из среднего уха в носоглотку. При этом возникает резкая боль и возможна баротравма уха. Баротравма среднего уха, которую дайвер может получить при подъеме, когда расширяющийся воздух в силу определенных причин (насморк) не может беспрепятственно выйти из области среднего уха и барабанная перепонка выгибается наружу, получила название обратного блока.

## Баротравма синусов

Давление в придаточных пазухах носа выравнивается автоматически при проведении процедуры продувания, т.к. все пазухи связаны с полостью носа отверстиями и каналами. Полость рта, носа, ушей и пазух является единым воздушным пространством. При простуде или аллергии слизистые покровы каналов и отверстий, связывающих пазухи с носовой полостью, набухают, нарушается сообщение между ними, выравнивание давления становится невозможным. Возникает сдавливание пазух повышенным наружным давлением воды, что приводит к возникновению боли в области синусов, в скулах. В этом случае необходимо прекратить погружение во избежание баротравмы синусов. Сжатие пазух или синусов при погружении с насморком любого происхождения приводит к заполнению пазух кровью и другими жидкостями организма (невозможность выровнять давление воздуха приводит к выравниванию давления за счёт выпотевающих из тканей организма жидкостей).

### Симптомы и признаки:

- острая боль в глазах;
- сильная головная боль;
- резкая зубная боль.

При всплытии расширяющийся воздух выталкивает кровь из синусов в нос, и дайвер всплывает с кровью в маске.

### Первая помощь

Обычно баротравма синусов не считается серьёзной травмой и проходит самостоятельно. Медицинское вмешательство требуется, только если боль не стихает или усиливается.

## Баротравма зуба

Баротравма зуба может возникнуть при спуске или при подъёме при наличии полостей в зубах (кариес).

Симптомы — боль в области зуба, которая может отдавать в область гайморовых пазух. Баротравма зуба больше является диагностикой, нежели травмой. Если на спуске или подъёме болит зуб, вам необходимо посетить стоматолога.

### Баротравма кишечника

Баротравма кишечника встречается крайне редко. Она связана с наличием избыточного количества воздуха в полости кишечника. Основные симптомы — неприятные ощущения и дискомфорт в области кишечника при всплытии из-за расширяющихся газов.

## Обжим маски

Подмасочное пространство — искусственно созданная воздушная полость. Обжим маски может возникнуть при слишком быстром спуске, если дайвер не выравнивает давление в подмасочном пространстве (выдох носом под маску).

### Симптомы:

- при легкой форме возникает покраснение в месте прилегания маски к лицу (характерный красный круг на лице);
- при тяжелой форме обжима появляется боль в глазах, кровоизлияния в оболочки глаз, вокруг глаз появляются синяки.

### Первая помощь

Если пострадавший жалуется на боль, необходимо дать ему обезболивающие препараты (анальгин и др.). Обжим маски обычно не требует медицинского вмешательства. Последствия обжима проходят самостоятельно, правда, на это требуется время. При тяжелых случаях рекомендуется обследование у офтальмолога.

## Обжим сухого гидрокостюма

Во время погружения при использовании сухого гидрокостюма необходимо своевременно подавать воздух в подкостюмное пространство. В противном случае с увеличением давления костюм начинает сильно обжимать тело аквалангиста, затрудняя движение, дыхание. Возможно появление кровоподтеков по местам образования складок гидрокостюма.

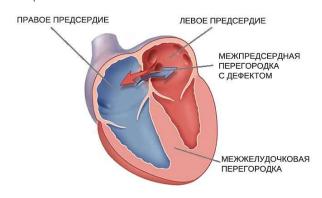
# Синокаротидный рефлекс

Еще один аспект, связанный с использованием сухого гидрокостюма, на который нужно обратить внимание, — это возможность возникновения проблем из-за слишком тугой шейной манжеты. В результате воздействия на каротидный синус слишком тугого шейного обтюратора сухого гидрокостюма или частей мокрого гидрокостюма, сдавливающих шею, может произойти потеря сознания. Причина этого — синокаротидный рефлекс. Синокаротидный рефлекс — замедление пульса и дыхания, снижение артериального давления при надавливании на общую сонную артерию. При длительном надавливании человек теряет сознание из-за уменьшенного снабжения мозга кровью. Каротидный синус или сонный синус — расширенная часть сонной артерии в месте разделения её на наружную и внутреннюю. В каротидном синусе расположены рецепторы, реагирующие на повышение давления. При их возбуждении расширяются кровеносные сосуды, падает артериальное давление, замедляется сердечный ритм.

Симптомы активации синокаротидного рефлекса:

- общий дискомфорт;
- головокружение, потеря сознания.

# Открытое Овальное Окно и технический дайвинг



Овальное окно представляет собой отверстие в межпредсердной перегородке между левым и правым предсердиями (верхние камеры) сердца и существует у всех до рождения, но чаще всего закрывается вскоре после него. Овальное окно позволяет крови обойти легкие, т.к. они не используются пока плод растет в матке. Физиологически овальное окно должно закрыться естественным образом вскоре после рождения, но иногда это не происходит (по разным данным примерно от 3 до 25 %

взрослого населения). Такое состояние называют «Открытое Овальное Окно» (ООО, Patent foramen ovale, PFO), при этом с помощью ультразвукового исследования определяется небольшой поток крови через это отверстие. Иногда обычное УЗИ сердца не дает четкого подтверждения о наличии ООО и для визуализации сброса крови между предсердиями необходимо провести УЗИ сердца с пузырьковым контрастированием (Bubble Test).

Так что же происходит с дайвером, если у него есть ООО. Как известно, насыщение и рассыщение инертных газов (азот, гелий) – один из ключевых процессов, которые накладывают ограничения на человека во время погружения. Если ткани организма насыщены газами выше критической, безопасной нормы, то при всплытии на поверхность дайвер получает декомпрессионное заболевание (ДКБ). Не будем сейчас говорить о пределах насыщения и формах ДКБ, все это вы должны знать на уровне пройденных вами курсов. Наша цель разобраться, что же происходит с дайвером, у которого овальное окно не закрыто полностью. Газообмен в организме посредством крови происходит в легких. При ООО часть крови через это отверстие, минуя легкие, возвращается обратно к органам и тканям, не пройдя через легкие и не выведя наружу те пузырьки газа, которые транспортировались с помощью кровотока. Все алгоритмы декомпрессии рассчитаны на организм без ООО и соответственно не учитывают то количество не выведенного газа, которое не попало в легкие. Соответственно человек с ООО используя стандартные алгоритмы получает ДКБ. Возникает вопрос, раз уж у нас до 25% населения могут иметь ООО, то почему случаи ДКБ у дайверов достаточно редки? Все дело в том, что в основе рекреационного дайвинга заложен принцип, что максимальное насыщение тканей организма при погружении не должно превышать критического значения, следовательно, не может привести к ДКБ. У технических дайверов, совершающих глубокие и длительные погружения, это значение превышается, прямое всплытие на поверхность становится невозможным и требует совершения декомпрессионных остановок для вывода части инертных газов из тканей организма во избежание ДКБ. Для этого разработаны специальные алгоритмы и процедуры, которые как раз и не работают с людьми, у которых есть ООО.









В обычной жизни ООО никак не влияет на жизнедеятельность и состояние организма при типичных нагрузках. Многие даже не подозревают, что оно у них есть. Но, если вы решили начать свой путь в технический дайвинг, то настоятельно рекомендую вам — пройдите обследование на наличии ООО. При этом отнеситесь к этой процедуре очень ответственно. Так, при обследовании в стандартных условиях, наличие ООО выявляется не всегда и требуется исследование, проведенное после физической нагрузки. Не пожалейте времени на подобное обследование, чтобы потом не потратится на лечение ДКБ.

Что же делать, если ООО у вас диагностировано? По словам докторов-барологов, лучший вариант - сделать операцию по закрытию окна.

# Диабет и технический дайвинг

Статистика по количеству больных диабетом не радует. Это хроническое заболевание поражает все большее количество людей. Дайвинг при диабете возможен, есть даже рекомендации компании DAN по занятию дайвингом с диабетом, в них сказано, что дайвинг с обязательной декомпрессией, погружения в надголовные среды, длительные погружения, погружения в сложных (тяжелых) условиях при наличии диабета запрещены. Как видите, под запретом все технические погружения и этому есть причины. Не многие знают, что наибольшую опасность представляет не высокий "сахар" в крови у человека с диабетом, а наоборот, крайне низкие показатели, так как именно это состояние может привести к почти молниеносной потере сознания, коме и в итоге, в условиях погружения к смерти. Признаки гипогликемии:

- Головная боль
- Чувство голода
- Головокружение
- Сонливость
- Холодный пот
- Мышечная дрожь

Далее развивается потеря сознания и судороги, что при отсутствии помощи, приведет к утоплению и смерти.

Почему риск развития гипогликемии у дайверов очень высок? Вот список некоторых причин:

- Высокие физические нагрузки (технический дайвинг требует значительных затрат энергии)
- Переохлаждение (длительное пребывание под водой, низкая температура воды на большой глубине)
- Отказ от пищи перед погружением (дайверы стараются не питаться перед дайвом, в организме недостаточно углеводов)

Эти составляющие и складываются в ступени, приводящие к трагедии. Никакое планирование, никакой напиток, с большим содержанием углеводов, взятый с собой под воду, никакие сигналы напарнику о своем самочувствии не могут гарантировать вам сохранение жизни при наличии декообязательств и надголовной среды. Если у вас диабет, то занятия техническим дайвингом не для вас.

# Стресс

Стресс — это состояние нервного напряжения. Его возникновение связано с тем, что человек считает предъявляемые ему требования невыполнимыми или трудно выполнимыми.

Неправильно понимать «стресс» как отражение только неприятности, горя и других сильных негативных эмоций. Факторами, вызывающими стресс, могут стать большая радость, триумф победителя и прочие сильные позитивные эмоции. При этом причины, вызывающие стресс, могут быть как реальными, так и надуманными. Однако, следует понимать, что состояние нервного напряжения, которое они вызывают, и в том, и в другом случае будет абсолютно реально.

Комплекс реакций, которые возникают у человека в состоянии стресса, условно делится на три фазы:

- фаза тревоги;
- фаза устойчивости или приспособления;
- фаза истощения.

Как правило, в практике погружений мы сталкиваемся с первой фазой.

# Психологические и физические факторы, вызывающие стресс

Психологическими факторами, способствующими появлению состояния стресса, являются:

- деятельность в условиях определенного риска;
- необходимость быстрого принятия решения в условиях резко меняющейся окружающей обстановки;
- необходимость мгновенно реагировать на опасность;
- работа в условиях психологического давления;
- недостаточное количество информации о предстоящей деятельности.

Физическими факторами, способствующими появлению состояния стресса у дайвера, могут стать:

- резко некомфортная температура окружающей среды;
- морская болезнь;
- травма;
- недостаточная освещенность и видимость;
- надголовная среда, замкнутое пространство;
- дискомфорт, вызванный неподходящим снаряжением;
- физическая усталость;

Наличие стресса у дайвера характеризуется следующими признаками:

- невозможностью сосредоточиться,
- частыми ошибками, неспособность грамотно выполнять работу, неловкость в действиях,
- быстро возникающей усталостью, изменение темпа плавания, застывание на месте,
- повышенной возбудимостью и неспособностью успокоиться,
- заторможенность при общении (коммуникации), возможна реакция в виде апатии и безразличия,
- напряженность, бегающий или испуганный взгляд,
- утяжеленное дыхание,
- непрерывные сверки показаний датчиков и приборов.

Опасность стресса для дайвера заключается в увеличении риска возникновения внештатной ситуации, уменьшении способности к самоспасению, увеличению риска погружения в результате потери члена команды, а также в том, что реакции дайвера на происходящие события перестают быть адекватными и могут причинить вред партнерам по погружению.

Различают два основных типа реакции на стрессовое состояние.

Первый тип — реакция «ухода от проблем». Человек вместо того, чтобы искать пути решения возникшей проблемы, пытается не замечать ее или воспринимать как незначительную. Этот тип реакции опасен возможными импульсивными эмоциональными всплесками (истерика), которые могут последовать за довольно длительным периодом спокойствия.

Второй тип — реакция готовности справляться с ситуацией. В этом случае рекомендации спасателя будут приняты к сведению, проблема будет осознана и проанализирована, стрессовое состояние перейдет в фазу адаптации. За такого дайвера можно особенно не беспокоиться.

# Если вы не контролируете стресс, он может привести к панике. А паника - это настоящая угроза вашей жизни!

## Стрессовые состояния в техническом дайвинге

Стресс играет немаловажную роль в наших действиях и нашей реакции на многогранные проявления жизненных ситуаций. Под водой наша реакция на стрессовую ситуацию с легкостью проводит грань между восхитительным погружением и катастрофой. Стресс это явление, которое если оставить его без внимания, приводит к паническому состоянию, и заканчивается несчастным случаем. Технические дайверы, по роду своей деятельности, подвергаются большинству известных психологам видов стресса. И в этой главе мы их определим и приведем также некоторые примеры.

Погружение в пещеры и проникновения на затонувшие корабли не дает нам возможности прямого выхода на открытое пространство, отсутствие света, необходимость принятия решений по какому пути нужно двигаться, все это является потенциальным источником стресса.

Фактор времени. Во время технического погружения дайвер постоянно отслеживает несколько параметров от которых зависит его жизнь: глубину погружения, остаток газов в баллонах, расстояние от точки выхода. Все эти параметры напрямую связаны со временем, чем глубже дайвер находится, тем дольше он будет всплывать и потратит больше времени на обязательные декомпрессионные остановки, тем больше газа ему понадобится, тем большее расстояние ему придется преодолеть, и на все это нужно время. Необходимость постоянного контроля и осознание степени риска в случае нехватки времени является одной из причин стресса. С приобретением большего опыта, влияние этого фактора постепенно уменьшается, он не исчезает вовсе. Если план погружения будет нарушен по любым причинам, стресс возрастает даже у очень опытных дайверов.

Еще одним примером проявления фактора времени является ситуация, когда дайвер не успевает собрать и проверить свое снаряжение вместе с остальными членами группы. Причин тому может быть множество и не обязательно это будет отсутствие опыта или общая неорганизованность дайвера, но стремление не отстать от остальных и осознание, что времени на проверку своего снаряжения не хватает, приводит к сомнениям в его работоспособности, что тоже является стрессом.

### Дайвинг, который начинается плохо, обычно кончается еще хуже.

Фактор удаленности от точки выхода — еще одна разновидность фактора времени. При погружениях на затонувшие корабли или в пещеры, когда прямое всплытие на поверхность не возможно, дайвер беспокоится о том, что ему нужно обязательно преодолеть некое расстояние для того, чтобы была возможность всплыть. Даже при тщательном планировании это обстоятельство оказывает давление на психологическое состояние дайвера, хотя на самом деле риск явно переоценен и причин для беспокойства нет. Существуют многочисленные примеры того, что дайверы впадали из-за этого в паническое состояние до такой степени, что забывали о базовых правилах безопасности погружения.

**Ограниченность свободы движения** (прохождение узостей, замкнутое пространство, невозможность прямого всплытия на поверхность) является явным источником стресса. Мысль об этом обычно непрерывно вертится где-то у вас в мозгу и выходит на первый план, когда возникают еще какие-либо дополнительные источники стресса.

**Перегруженность задачами** при погружении ведет к стрессу. Если количество задач слишком большое, или требуется одновременно выполнять несколько действий, плюс наложение ответственности перед напарниками по погружению за результаты этих действий выводит дайвера из состояния комфортного психического равновесия, он начинает делать ошибки и осознание этого еще более усиливает стресс. По мере приобретения опыта технических погружений с постепенным увеличением сложности и числа выполняемых задач, приходит уверенность и повышается стрессоустойчивость, но как только появляется внеплановая задача, уровень стресса опять возрастает.

**Неправильное дыхание** влечет за собой стресс, а стресс, в свою очередь, ведет к нарушению ритма и глубины дыхания, что только усложняет первоначальную стрессовую ситуацию. Порочный круг замкнулся и если не принять решительных действий, ситуация быстро станет критической и может привести к серьезным последствиям, вплоть до летального исхода.

**Дезориентация** — одна из главных проблем погружений в замкнутом пространстве, при плохой видимости из за низкой прозрачности воды, или при погружении на большие глубины, куда солнечный свет не проникает. В подводных пещерах или на затонувших кораблях дайвер обычно сталкивается с целым лабиринтом ходов или коридоров. Регулярная необходимость принятия решения о маршруте движения является фактором стресса. А во время глубоководного погружения на исправление «навигационных» ошибок у вас остается мало времени.

## Помощь дайверу, находящемуся в стрессовом напряжении

В первую очередь каждый технический дайвер должен самостоятельно научиться контролировать уровень стресса и бороться с ним, если его уровень переходит за зону комфорта. Первым и самым необходимым действием в случае стресса является прекращение любой деятельности. Остановитесь, сделайте глубокий медленный выдох, потом медленный вдох. Сосредоточьтесь на своем дыхании и повторите процедуру не менее 3-х раз. Это один из лучших способов купировать стресс и не дать ему перерасти в панику.

### Помните, что стресс лучше предотвратить чем бороться с ним.

Хорошим способом предотвращения стресса являются регулярные тренировки. Регулярная отработка навыков работы в аварийных ситуациях и доведение своих действий до полного автоматизма значительно повышают вашу уверенность и снижают уровень стресса при погружении.

Регулярные физические упражнения добавят вам уверенности в своих силах, помогут контролировать свое дыхание и повысят способность переносить повышенные нагрузки без выхода из зоны комфорта. Это очень важный фактор подготовки технического дайвера, который также снижает уровень стресса во время погружений.

При оказании помощи напарнику по погружению, находящемуся в состоянии повышенного стресса следует:

- попытаться деликатно выяснить, чем вызвано состояние стресса: страхом за свою безопасность, неуверенностью в себе, плохим физическим состоянием дайвера или внешними факторами (холод, плохая видимость, потеря ориентации, неполадки с оборудованием)
- по возможности устранить фактор, вызывающий стресс успокоить человека, подбодрить его или рекомендовать прервать погружение либо отказаться от него, если стресс проявляется еще на поверхности.

Внимание к состоянию партнера, участливые вопросы и рекомендации по дальнейшим действиям помогут дайверу самому осознать происходящее и обдумать пути решения возникшей проблемы.

# Основные декомпрессионные модели

При совершении технических погружений дайверы используют определенные процедуры. Совершая декомпрессионные погружения, технический дайвер не может всплыть на поверхность в любой момент времени, так как это нанесет вред его здоровью в виде декомпрессионной болезни (ДКБ). Чтобы избежать этого, дайвер должен совершать ряд обязательных декомпрессионных остановок на различных глубинах. Для определения глубины и длительности остановок существует несколько алгоритмов, называемых декомпрессионными моделями.

## Модель Халдейна

Этот алгоритм был создан шотландским физиологом Джоном Халдейном и опубликован в 1912 году. Он предложил математические методы расчета количества инертного газа в ткани на каждой стадии погружения. Согласно модели Халдейна каждая из тканей организма насыщается инертным газом с различной скоростью. За основу было взято время полунасыщения ткани азотом, т.к. в то время воздух использовался как единственная дыхательная смесь. Время полунасыщения ткани - время, за которое давление растворенного азота в идеальной группе тканей изменяется на 50% по сравнению с изначальным в сторону его уравнивания с давлением окружающей среды на определенной глубине. Т.е., например, давление в ткани со временем полунасыщения 20 минут на глубине 40 метров достигнет 2,5 ата за 20 минут, еще через 20 минут оно составит 3,75 ата, а еще через 20 мин уже 4,375 ата. Используя соответствующие поправки для тканей, которые поглощают и выводят инертный газ быстрее (быстрые ткани) и медленнее (медленные ткани), Халдейн мог (теоретически) следить за поглощением и выведением инертного газа разными тканями в ходе процессов компрессии и декомпрессии. Что более важно, с помощью этих математических моделей он мог предсказать, на каких глубинах в тех или иных теоретических тканях тела наступит максимально допустимая разница между давлением газа в тканях и наружным давлением инертного газом. После серии экспериментов, было обозначено максимальное перенасыщение тканей, так называемое TR (tissue ratio) равное 2:1. То есть, согласно Халдейну, дайвер, находившийся на 10 метровой глубине достаточно долго для того, чтобы достигнуть равновесного состояния между концентрацией инертного газа в его тканях и парциальным давлением газа в альвеолах легких (то есть состояния полного насыщения), мог мгновенно подняться на поверхность без каких-либо симптомов декомпрессионного заболевания. В данный момент в это верится с трудом. Профиль подъема, опирающийся на эти принципы, вынуждал аквалангиста всплывать к поверхности настолько близко, насколько это было возможно без превышения TR. Остановка производилась на той глубине, где достигалось соответствующее TR. Дайвер сначала поднимался близко к поверхности, а потом делал длинные остановки на небольших глубинах. Эта теория декомпрессии не учитывала того, что газовые пузырьки могут образовываться на глубине, когда значения TR не превышаются. Иными словами, подобные теории принципиально не рассматривали возможность выделения пузырьков газа из тканей дайвера до тех пор, пока он не превысит соответствующее значение ТR. Для коммерческого применения результатов своей работы Халдейн должен был сделать графики декомпрессии безопасными и эффективными (т.е. максимально быстрыми, но безопасными). Он доказал, что всплытие с достижением максимальной переносимо переносимого значения ТR, но без его превышения, оптимизирует градиент движения растворенного газа между тканью и легкими, позволяя достигнуть наилучшей возможной скорости выведения инертного газа.

## Основные постулаты модели:

- Ткани поглощают и выводят инертный газ с экспоненциальной скоростью, причем движущей силой является разница давлений между внешним давлением вдыхаемого инертного газа и давлением инертного газа, растворенного в тканях.
- Существует множество (дословно: сплошной спектр) групп тканей тела, имеющих различные скорости насыщения и рассыщения.
- Определённая группа тканей поглощает и выводит инертный газ с одинаковой скоростью.
- Спектр групп тканей можно аппроксимировать путем выбора конечного числа групп тканей из этого спектра.

## Неохалдейновские модели, алгоритм Бульмана

Вплоть до 60-х годов 20 века халдейновская теория претерпевала лишь незначительные изменения (например, увеличение числа групп тканей). В середине 60-х годов Роберт Воркмэн (Robert Workman), выполняя декомпрессионные исследования по заказу ВМФ США, пришел к ряду любопытных заключений. К этому времени уже было известно, что кислород не является фактором, оказывающим влияние на возникновение ДКБ. Приняв это во внимание, Воркмэн пересчитал ТR Халдейна – согласно Воркмэну это отношение выглядит как парциальное напряжение азота в тканях отнесенное к окружающему давлению и максимальное безопасное значение его равно 1,58:1, а затем и вовсе предположил, что значение допустимого перенасыщения варьирует в зависимости от типа групп тканей и глубины погружения. Экспериментальные данные показали, что «быстрые» (то есть обладающие малыми временами полунасыщения) группы тканей способны вынести больший избыток инертного газа, чем «медленные» (характеризующиеся большими временами полунасыщения), а также для всех групп тканей коэффициент допустимого перенасыщения падает по мере возрастания глубины (давления). В дальнейшем, Воркмэн отказывается от устаревшего представления перенасыщения и вводит особую функцию – М-оценку (М от англ. maximum), характеризующую максимально допустимое парциальное напряжение инертного газа (то, при котором не происходит образование пузырьков) для определенной группы тканей на определенной глубине. М-оценка определяет глубину, на которой дайвер должен совершить обязательную остановку, чтобы снизить напряжение инертного газа в процессе его десатурации (вывода газа). Эту глубину принято называть – виртуальный потолок.

Над исследованиями в области декомпрессии в дальнейшем работали многие ученые, но наиболее значимой стала работа профессора Альберта Бульманна, опубликованная в 1983 году в книге «Декомпрессия — Декомпрессионная болезнь». Этот труд представляет собой продолжение исследований Халдейна и Воркмэна но, по сути, это первая работа в которой наиболее полно представлены материалы по декомпрессионным вычислениям. Именно поэтому алгоритм Бульманна является базовым для большинства компьютеров для дайвинга и программ-планировщиков.

Отличием алгоритма Бульмана от работ Воркмэна является метод подсчета М-оценок. У Воркмэна этот критерий основывался на гидростатическом давлении, а у Бульманна - на абсолютном. Взяв как основу более ранние разработки создателей классической теории декомпрессии, а также собственные исследования, Бульманн представил две серии алгоритмов, ZH-L12 (1983 год) и ZH-L16 (1990 год).

Таблица насыщения групп тканей A. Bühlmann

Группа тканей	Время полунасыщения (азот)	Время полунасыщения (гелий)
	Минуты	минуты
1	4,0	1,5
2	8,0	3,0
3	12,5	4,7
4	18,5	7,0
5	27,0	10,2
6	38,3	14,5
7	54,3	20,5
8	77,0	29,1
9	109,0	41,1
10	146,0	55,1
11	187,0	70,6
12	239,0	90,2
13	305,0	115,1
14	390,0	147,2
15	498,0	187,9
16	635,0	239,6

Алгоритм ZH-L16 со временем был доработан до версий В и С, так как испытания показали недостаточное соответствие теоретических M-оценок с эмпирическими значениями в диапазоне «средних» тканей. Алгоритм ZH-L16В был более консервативен и использовался при составлении таблиц декомпрессии, алгоритм С используется до сих пор как основа для написания программного обеспечения для декомпрессиметров (компьютеров для дайвинга).

# Метод глубоких остановок и микропузырьковые модели

Со временем практика показала, что и работы Бульманна не идеальны, и что не всегда дайверы использующие его таблицы декомпрессии выходили на поверхность без признаков ДКБ.

### Метод Пайла

Ричард Пайл (Richard Pyle), морской биолог и дайвер с Гавайских островов, регулярно ныряя на глубины более 60 метров, периодически испытывал симптомы декомпрессионного заболевания, пользуясь для прохождения декомпрессии таблицами Бульманна. Анализируя свой опыт, он обнаружил, что симптомы кессонной болезни никогда не возникали, если Пайл возвращался на поверхность с пойманными образцами рыб. Проанализировав свои действия, он обнаружил, что поднимаясь к поверхности с живой рыбой и стараясь сохранить ее неповрежденной, он периодически останавливался и выпускал избыток газа из плавательного пузыря при помощи полой иглы. Процедура начинала проводится на глубинах, превышающих глубину первой декомпрессионной остановки по Бульманну. Если следовать логике алгоритма, это должно было только добавить дополнительное время для декомпрессии, но самочувствие биолога было намного лучше, если он проделывал эти процедуры, что говорило о несовершенстве таблиц Бульманна. Ричард Пайл модифицировал профиль всплытия и добавил в него глубокие остановки, которые он рассчитывал по следующему принципу. За основу брался профиль, полученный из декомпрессионных таблиц Бульманна. Первая глубокая остановка, продолжительностью 1-2 минуты, делалась на половине пути от точки всплытия до первой декоостановке по Бульманну. Далее за точку отсчета бралась глубина текущей глубокой остановки и на половине пути до первой декоостановки по Бульманну делалась следующая остановка, и так до тех пор, пока расстояние между глубокой остановкой и первой дэкоостановкой по Бульманну не будет меньше или равно 10 м.

Опытные дайверы использовали глубокие остановки, хотя это и шло в разрез с теорией декомпрессии, существовавшей на тот момент. Механизм их действия оставался необъясненным до появления микропузырьковых или двухфазовых (то есть учитывающих существование как растворенного, так и свободного газа в тканях, в форме микропузырьков, одновременно) моделей.

## Varying Permeability Model

(VPM) изначально разработанная Давидом Юнтом (David Yount) появилась в ходе лабораторных экспериментов. Исследования показали, что образование пузырьков в ходе декомпрессии происходит вблизи так называемых газовых зародышей (микропузырьков), всегда присутствующих в тканях, которые заметно облегчают преодоление энергетического барьера на образование пузырька, т.к. для этого требуется меньше энергии и рост пузырька начинается не с нулевой точки.

Во время компрессии размер пузырька уменьшается до тех пор, пока это энергетически выгодно, при дальнейшем увеличении давления, часть молекул поверхностной оболочки пузырька выталкивается в так называемый резервный слой. При этом, чем быстрее мы минуем зону проницаемости (соответствует глубине в 72м), тем менее насыщенным (т.е. содержащим меньшее количество молекул инертного газа) пузырек попадет в ткани. При дальнейшем увеличении глубины количество молекул в микропузырьке больше не повышается, т.к. диффузия отсутствует и размер пузырька уменьшается только за счет выталкивания молекул внешней оболочки. Если давления стабильно, радиус зародыша остается неизменным. При последующей декомпрессии газовый зародыш восстанавливает свои размеры не полностью. После корректно проведенной декомпрессии дайвер возвращается на поверхность с микропузырьками в тканях, имеющими уменьшенные по сравнению с начальными размеры!

Теория VPM утверждает, что микропузырьки ни при каких условиях не исчезают и не появляются в ходе погружения. При этом также сохраняется первоначальное их распределение по размерам.

Упрощенно, согласно гипотезе критического объема VPM существует определенный объем свободной газовой фазы в тканях, соответствующий определенному количеству пузырьков, которые организм способен выводить через альвеолы легких без возникновения симптомов ДКБ. Этот объем не зависит от поверхностного натяжения, градиента пересыщения и т.д. Выведение большего количества пузырьков из тканей в определенный период времени считается небезопасным. Условие корректной декомпрессии – общее количество пузырьков в тканях должен в течение всего всплытия быть меньше или равным критическому значению.

Первые декомпрессионные остановки по VPM выполняются ниже глубины остановок по Бульманну, а количество глубоких остановок больше, чем при применении метода Пайла. Сейчас используют вариант алгоритма VPM-B/E, который более консервативен в мелкой части погружения и объединяющий в себе микропузырьковую и бульманновскую модели.

# Ratio Deco (Deco on the Fly)

Согласно алгоритму Ratio Deco график декомпрессии, переходя от глубоких остановок к более мелким, должен быть составлен так, чтобы время, проведенное на каждой остановке или группе остановок, было в два раза больше, чем время, проведенное на предыдущей остановке или группе остановок. Например, если у нас несколько остановок на определенном сегменте декомпрессии, то каждый последующий сегмент с меньшей глубиной должен быть в два раза длиннее предыдущего. Допустим, мы имеем по две декомпрессионные остановки через три метра на каждом сегменте декомпрессии. Применяя данный подход к стандартным декомпрессионным газам, мы обнаруживаем, что каждый используемый газ, как правило, охватывает пять остановок со средним значением РРО2, равным 1,2 атм, исключая кислород, который охватывает примерно вдвое меньшее число остановок со средним значением РРО2, равным 1,6 атм.

- Сегмент 1. Самый глубокий сегмент. И нам необходимо провести на этом сегменте в общей сложности 2 минуты. Иными словами, по минуте на каждой из двух остановок через каждые 3 метра, что и обеспечит нам общее время на этом сегменте, равное 2 минутам.
- Сегмент 2. В этом случае общее время на данном сегменте будет равно 4 минутам (в два раза больше, чем на предыдущем, более глубоком сегменте). Это время необходимо разделить между двумя остановками через каждые 3 метра, то есть по 2 минуты на каждой остановке.
- Сегмент 3. Здесь общее время должно составлять 8 минут (в два раза больше, чем на сегменте 2) и быть распределено между двумя остановками через каждые 3 метра, что соответствует 4 минутам на остановку.
- Сегмент 4. Общее время на данном сегменте должно составлять 16 минут (в два раза больше, чем на сегменте 3) и быть распределено между двумя остановками через каждые 3 метра, что соответствует 8 минутам на остановку.
- Сегмент 5. По идее длительность остановок на данном сегменте должна составлять 32 минуты, поделенные между двумя остановками. Но если до выхода на поверхность у нас осталась всего одна остановка (3 метра), тогда для сохранения общего характера графика следует сделать одну остановку длительностью 16 минут.

Изучим график декомпрессии для погружения на 120 м. В случае правильного подъема декомпрессионные остановки начинаются на гораздо большей глубине, чем при вычислении по модели Бульмана. Наш первый сегмент декомпрессии будет охватывать диапазон глубин 90 м - 75 м со временем, допустим, 5 минут, тогда второй сегмент будет охватывать 72 м - 60 м со временем 10 минут, третий сегмент: 57 м - 39 м со временем 20 минут, четвертый сегмент: 36 м - 24 м со временем 40 минут, пятый сегмент: 21 м - 9 м со временем 80 минут, и шестой сегмент: от 6 м до поверхности (на данный сегмент будет приходиться только половина остановок) со временем также 80 минут.

Газ	Диапазон глубин, м	Кол-во остановок	Комментарии
12/60	90 - 75	6	Редко используется
15/55	72 - 60	5	Редко используется
21/35	57 - 39	7	Редко используется
35/30	36 - 24	5	
EAN50	21 - 9	5	
Oxigen	6 - 0	2,5	Ост. на 6 м + медленный подъем

Следует отметить значительное отличие данного графика от графика по стандартной модели Бульмана, согласно которой первая остановка имеет место на глубине 36 м. Таким образом, значения времени декомпрессии выглядят следующим образом:

- время на кислороде равно времени на EAN50
- время на EAN50 равно удвоенному времени на газе 36 м;
- время на газе 36м равно удвоенному времени на газе 57 м;
- время на газе 57м равно удвоенному времени на газе 72 м;

• время на газе 72м равно удвоенному времени на газе 90 м.

Для того, чтобы составить план декомпрессии, согласно этого алгоритма, для начала нужно определить время декомпрессии на кислороде. Время, которое нам необходимо провести на кислородном сегменте декомпрессии, определяется, исходя из донного времени и средней глубины, после чего необходимо произвести расчет времени для каждого из более глубоких сегментов декомпрессии. Например:

- В сегменте погружений на 45 м время на кислороде = 0,5 \* донное время.
- В сегменте погружений на 66 м время на кислороде = 1,0 \* донное время
- В сегменте погружений на 81 м время на кислороде = 1,2 \* донное время
- В сегменте погружений на 90 м время на кислороде = 1,5 \* донное время
- В сегменте погружений на 105 м время на кислороде = 2,2 \* донное время
- В сегменте погружений на 120 м время на кислороде = 3,0 \* донное время

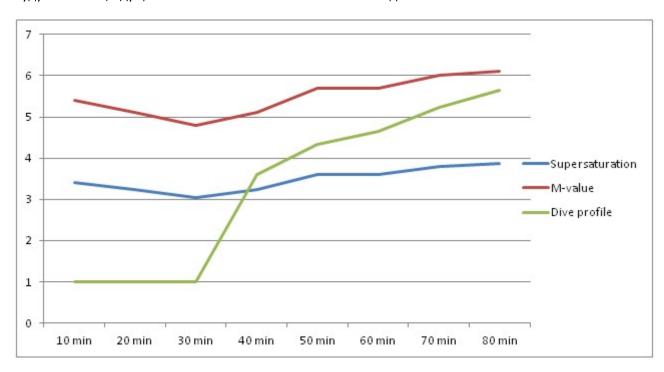
Зная время остановок сегмента на кислороде, можно посчитать время для остальных сегментов и составить график декомпрессии.

Возьмем погружение на 65 метров на 20 минут донного времени. Сегмент на кислороде составит 20 минут, сегмент 9 - 21 м на EAN50 составит 20 минут, сегмент 24 - 36м составит 10 минут, сегмент 39 - 57 м составит 5 минут. Полученный план, при линейном распределении остановок, будет выглядеть следующим образом:

Глубина	Время остановки	Общее время
65	20	20
51	1	21
48	1	22
45	1	23
42	1	24
39	1	25
36	2	27
33	2	29
30	2	31
27	2	33
24	2	35
21	4	39
18	4	43
15	4	47
12	4	51
9	4	55
6	20	75

# Градиент фактор (Gradient Factors)

Этот алгоритм также основан на алгоритме Бульмана и является ее модификацией. Для понимания работы этого алгоритма нам нужно знать, что такое значение М и что такое точка суперсатурации ткани. Значение М описано в алгоритме Бульмана и определяет максимальное напряжение газа в группе тканей. Точка суперсатурации определяет такую глубину, на которой значение давления инертного газа в оцениваемой группе тканей равно величине внешнего давления этого газа. В этой точке не происходит как насыщения тканей так и их рассыщения. Обозначается градиент фактор следующим образом: GF 20/80. Первая цифра обозначает нижний градиент фактор, вторая — высокий. Цифра 20 означает, что первая остановка будет на двадцати процентах теоретического расстояния от точки суперсатурации до значения М-value. Цифра 80 означает, что компьютер не выпустит вас до тех пор, пока давление инертного газа во всех ваших тканях не будет ниже 80% от значения М, т.е. фактически до критического напряжения газа в тканях остается 20%. Все промежуточные остановки будут на линии, идущей от 20% к 80%. Схематически это выглядит так:



Преимущество этого алгоритма в его гибкости и возможности настроек консерватизма, поскольку градиент фактор – это величина не постоянная и пользователь может менять его значения. Если установить GF 100/100, это будет алгоритм Бульмана в чистом виде, без каких-либо глубоких остановок. Мы всплываем по M-value. GF 0/0 – время декомпрессии стремится к бесконечности. В диапазоне от 0 до 100 мы можем настроить необходимый нам уровень консерватизма. Чем меньше первая цифра, низкий градиент фактор – тем глубже первая глубокая, или как ее еще называют, микропузырьковая остановка, меньше нагрузка на быстрые ткани, ведь именно они первыми достигнут точки суперсатурации при всплытии. При этом мы получаем дополнительное насыщение для медленных тканей, т.к. они в этот момент еще находятся в зоне насыщения, что потребует дополнительного времени на их рассыщение на более мелких остановках. Чем меньше вторая цифра, высокий градиент фактор, тем дольше компьютер продержит дайвера на мелких остановках. Высокий градиент фактор для лучшего понимания можно сравнить с привычным уровнем консерватизма. Уровень консерватизма будет равен разнице между 100 и величиной высокого градиент фактора, т.е. для GF 30/75 уровень консерватизма равен 25%. На данный момент большинство компьютеров для технического дайвинга используют именно этот алгоритм для расчета декомпрессии. Во многих компьютерах стандартными установками является GF 30/80.

# Планирование декомпрессионных погружений

### Цели

Задачей данного раздела является ознакомить и научить основным этапам и правилам планирования декомпрессионных погружений, заложить понимание основ газ менеджмента и подбора газов в техническом дайвинге, а также работе с декомпрессионным програмным обеспечением.

После, вы на практике отработаете все полученные знания и приобретаете все навыки планирования технических погружений.

### Введение

Типовое техническое погружение не допускает всплытия на поверхность в произвольный момент без вреда (риска) жизни и здоровью. Причиной является наличие декомпрессионных обязательств или необходимость выхода из надголовной среды. Поэтому в отличие от рекреационного техническое погружение обычно не может быть завершено по причине окончания газа или спонтанного желания дайвера. Например, для выхода из затонувшего корабля необходимо определить резервы газа на обратный путь, всплытие и декомпрессию (при необходимости). Даже технические погружения в открытой воде требуют строгого планирования. В частности необходимо рассчитать запасы газов не только на возврат к поверхности, но и все остановки, необходимые по принятой декомпрессионной модели, а также резервы газа с учетом членов команды.

В связи с тем, что погружения осуществляются в условиях, отличных от идеальных, в ряде случаев независимо от желания дайвера может произойти отклонение от плана. В худшем случае глубина и донное время может несколько превысить базовый план. Для решения подобных проблем существует аварийный план. Исходя из названия, следует понимать, что использование аварийного плана допустимо только при невозможности завершить погружение согласно основному плану.

Основной и аварийный планы погружения должны быть и доведены до сведения всех членов команды дайверов. Обсудив и согласовав план погружения, необходимо придерживаться его выполнения. Не стоит менять цели погружения и время на дне, во время погружения, без крайней необходимости.

В данном разделе Вы изучите все основные моменты, которые должны быть включены в основной и аварийный планы погружения. Вы научитесь подбирать декомпрессионную смесь. Вы изучите процедуры выбора и расчета необходимых объемов газов. Вы также научитесь использовать программное обеспечение для планирования декомпрессионных погружений.

# Постановка целей погружения Определение условий погружения

Процесс планирования погружения начинается с определения целей, которые вы желаете достичь во время погружения. Вы должны определить, какие задачи будут выполнены, какие глубины достигнуты, какое время это займет, какие ожидаются условия окружающей среды, распределить функции между членами команды.

При изучении места погружения (дайв сайта) необходимо тщательно проанализировать опасности и факторы, способные усложнить дайв. Для открытой воды особое внимание следует уделить течениям, видимости, температуре воды, наличию судоходства. В условиях низкой видимости и/или сильных течений обязательно необходимо оценить возможность зацепа за различные препятствия. Необходимо помнить, что безопасность должна превышать остальные показатели погружения.

Изучение дайв сайта позволяет не только оценить безопасность, но и учесть перечисленные выше факторы для выбора газов и расчета их количества, определения оптимального снаряжения и специфики командной работы.

Цели погружения должны согласовываться с уровнем подготовки дайверов. При распределение ролей в команде необходимо ориентироваться на опыт и сертификацию ее членов. Для большинства погружения уровень команды определяется подготовкой наиболее слабого звена. Если желаемая цель требует более высокой квалификации, ее необходимо пересмотреть в сторону упрощения.

# Подбор дыхательных смесей для погружения

# Подбор донной смеси

Донная смесь - это газовая смесь, используемая для дыхания в наиболее глубокой части погружения. Донная смесь также используется для спуска (или его завершающего участка), всплытия (или его начального участка), а также может использоваться для декомпрессии. Донная смесь подбирается, исходя из безопасных и комфортных условий погружения. Точки переключения на/с донной смеси определяются в ходе составления плана.

Для корректного подбора газа требуется информация об условиях погружения. Желательно получить точную и полную информацию о глубине предстоящего погружения, температуре воды на поверхности и в донной части, глубине нахождения термоклина, видимости и течениях. Общее время планируемого погружения также является важным фактором. Эта информация требуется для подбора газовых смесей.

Одним из наиболее важных факторов выбора газовой смеси (особенно донной смеси) является ее азотная наркотичность. Термин эквивалентная наркотическая глубина (END) используется в техническом дайвинге как способ оценки наркотического эффекта дыхательной газовой смеси. Значение END обозначает, что данная смесь имеет такой же наркотический эффект, как и воздух на глубине равной значению END.

Необходимо учитывать при расчете наркотичности газовой смеси и кислородную составляющую. Кислород, хоть и не является инертным газом, но точно также участвует в процессе насыщения тканей. Согласно исследованиям Мейера-Овертона, кислород даже более наркотичен чем азот, но для простоты расчетов, учитывая, что часть кислорода используется организмом в процессе жизнедеятельности, наркотичность кислорода приравнивают к наркотичности азота. Для условий комфортных, с температурой воды не ниже 20°С, при хорошей видимости и отсутствии сильных течений, удачным решением будет смесь с END, равной 40м.

Если вычислить парциальное давление азота на глубине 40 м, то мы получим значение

Ранее мы изучили, что кислород при превышении определенного парциального давления становится смертельно опасным. Большинство обучающих агентств и организация DAN, рекомендуют использовать смеси с парциальным давлением кислорода не выше 1,4 АТА для донной части погружения при вышеуказанных условиях.

Итак, мы получили максимальные рекомендованные парциальные давления для донных смесей.

PO2 ≤ 1.4 ATA
PN2 < 3.95 ATA

Для декомпрессионных смесей допускается использование парциального давления до 1.6 АТА Исходя из максимальной глубины погружения мы можем определить состав нашей смеси. Для примера рассмотрим погружения на 40 м и на 50 м с донным временем до 15 минут.

Расчет для 40 м:

$$P = (40/10) + 1 = 5 ATA$$

Так как количество инертных (для человека) газов в смеси напрямую влияет на время дальнейшей декомпрессии, мы стараемся свести его к минимуму. Для этого следует максимально увеличить количество кислорода в смеси.

**FO2 = 1.4/5 = 0.28** следовательно, фракция кислорода в нашей смеси составит 28%.

Теперь вычисляем фракцию(и) остальных газов. Исходя из P = 5 ATA при END = 40 м

5 - 1.4 = 3.6 ATA, что меньше максимально допустимого PN2 = 3.95

Исходя из того, что глубина погружения 40 м, что равно максимальному END, вводить в смесь дополнительный инертный газ для уменьшения наркотической составляющей смеси не требуется, следовательно, мы выбираем найтрокс EAN28.

Расчет для 50 м:

$$P = (50/10) + 1 = 6 ATA$$

Фракция кислорода в нашей смеси должна быть

**FO2 = 1.4/6 = 0.2333**, округляем в меньшую сторону и получаем 0,23 или 23%

Т.к. мы приняли за основу, что END нашей смеси равно 40 м а давление на 40 м составляет 5 АТА, то

$$6 - 5 = 1 ATA$$

Эта часть давления у нас «лишняя», следовательно, нам понадобится вводить еще один инертный газ в смесь, а именно – гелий.

Исходя из этого высчитываем

FHe = 
$$1/6 = 0.16666 \approx 0,16$$
 или  $16\%$ 

Мы получаем смесь, которую принято называть BestMix (лучшая смесь) в виде тримикса (Tmx) 23/16.

Все эти расчеты справедливы для легких условий погружения с небольшой экспозицией в донной части. При более сложных условиях, а именно: холодная вода, плохая видимость или надголовные среды, течения, а также при длительных экспозициях значения парциальных давлений газов в смеси и эквивалентной наркотической глубины, примененные нами ранее, не являются приемлемыми. Как известно все вышеперечисленные факторы повышают как риск интоксикации ЦНС, так и влияют на повышение действия газового наркоза. Следовательно, нам необходимо уменьшить все расчетные значения для снижения факторов риска. Для подобных условий принято принимать:

PO2 ≤ 1.3 ATA

**PN2 ≤ 3,16 ATA** 

END = 30m, r.e. pacчетное P = 4 ATA

Такую смесь принято называть оптимальной смесью, т.к. она подходит как для погружений в сложных, так и в комфортных условиях.

Расчет для 40м:

$$P = (40/10) + 1 = 5 ATA$$

FO2 = 1.3/5 = 0.26 или 26%

$$FN2 = (4-1.3)/5 = 0.54$$
 или  $54\%$ 

Мы видим, что исходя из таких ограничений нам необходимо добавить гелий в эту смесь.

Следовательно, нам нужен тримикс ТМХ 26/20

Рассчитаем смесь для глубины в 50 м при END = 30 м

P = (50/10) + 1 = 6 ATA

**FO2 = 1.3/6 = 0,216 ≈ 0,21** (округляем в меньшую сторону) = 21% кислорода в смеси

FN2 = (4-1.3)/6 = 0.45 или 45% азота в смеси.

Оставшаяся часть приходится на гелий

$$100\% - 21\% - 45\% = 34\%$$

Следовательно, получаем смесь ТМХ 21/34

## Подбор декомпрессионной смеси

Декомпрессионная смесь - это газовая смесь, используемая для декомпрессии, в которой количество инертных (для человека) газов меньше, чем в донной смеси.

Для газов, которые хранятся и используются, в этапных (стейджевых) баллонах, рекомендуется более высокая фракция кислорода, в связи с более высокой эффективностью выведения инертных газов из тела дайвера. Дайвер делает переключение в этапный (стейджевый) баллон по прибытию на первую запланированную декомпрессионную остановку и продолжает дышать этим газом до самого выхода на поверхность. Наибольшей популярностью, как декомпрессионные газа, пользуются смеси EAN50, EAN80, 100% кислород.

Максимальное pPO2 для декомпрессионных смесей выше, чем для донных смесей и составляет 1,6 ATA.

Необходимо помнить, что дышать смесью на глубине большей ее максимальной рабочей глубины (MOD) смертельно опасно. Прежде чем совершить переключение на декомпрессионный газ, следует удостовериться, что текущая глубина не превышает MOD данной смеси, что у вас стабильная нейтральная плавучесть и вы удерживаете глубину остановки.

Формула вычисления максимальной рабочей глубины:

# MOD = PO2/FO2

Для примера, давайте рассчитаем максимальную рабочую глубину для классических декомпрессионных газов:

MOD EAN50 = 1.6/0.5 = (3.2 ATA-1)\*10 = 22 метра

MOD EAN80 = 1.6/0.8 = (2 ATA-1)\*10 = 10 метров

MOD 100% кислород = 1.6/1 = (1,6 ATA-1)\*10 = 6 метров

### Запрещено дышать смесью глубже ее максимальной рабочей глубины!

# Расчет потребления газа на поверхности (SAC rate)

Каждый дайвер должен знать свой расход дыхательной смеси, чтобы определить необходимый объем газов для безопасного погружения. Рассмотрим методику расчета. Отметим, что расход газа в различных условиях плавания (глубина, течения, скорость передвижения и т.п.) будет различным. Чем больше физическая нагрузка, тем больше СО2 выделяется и мы чаше дышим. Поэтому для определения SAC rate требуется произвести несколько замеров в различных условиях:

- малая нагрузка (дрифт по течению, медленное передвижение);
- средняя нагрузка (плавание без течения в среднем темпе);
- большая нагрузка (плавание против течения или быстрый темп плавания).

Во всех этих случаях нам нужно произвести замеры нашего потребления дыхательной смеси. Погружаемся на заранее запланированную глубину (10 метров будет хорошей расчетной глубиной) и даем баллону время, что бы его температура уравновесилась с температурой окружающей среды. Записываем стартовое давление в баллоне. Далее, стараясь максимально придерживаться запланированной глубины, начинаем медленное и легкое передвижение. Делаем это упражнение не менее 5 минут. По окончанию отведенного времени производим записи следующих показателей – время, давление в баллоне, глубина.

Затем мы делаем это же упражнение, но уже в состоянии средней нагрузки. Также записываем все данные (начальное и конечное давления в баллоне, глубина, время).

Также мы делаем это же упражнение, в состоянии большой нагрузки (при отсутствии течения, можно упереться в препятствие и грести). Также записываем все данные (начальное и конечное давления в баллоне, глубина, время).

### Теперь запишем наши полученные данные:

Легкая нагрузка	Средняя нагрузка	Большая нагрузка
10 метров	10 метров	10 метров
5минут	5 минут	5 минут
Нач. давл 210	Нач. давл 190	Нач. давл 170
Кон. давл 195	Кон. давл 175	Кон. давл 110

Израсходованное давление, на каждом участке упражнения составляет:

156ap 256ap 606ap

Теперь умножаем каждый показатель на емкость баллона (пример 12 литров):

15бар\*12л = 180л 25бар\*12л = 300л 60бар\*12л = 720л

Затем делим полученные данные на время в минутах каждого участка:

И, наконец то, делим значение литров в минуту на абсолютное давление на каждом участке. В итоге мы получим значение скорости расхода воздуха на поверхности:

 $36\pi/muh/26ap = 18\pi/m$   $60\pi/muh/26ap = 30\pi/m$   $144\pi/muh/26ap = 72\pi/m$ 

Как мы видим, расход воздуха повышается с возрастанием физической нагрузки дайвера. Это стоит учитывать при планировании наших декомпрессионных погружений и брать во внимание переменчивость условий окружающей среды, то есть не всегда опираться на расход воздуха в легкой нагрузке.

Время от времени, дайверу требуется заново перепроверять свои данные по расходу газа. Они меняются в зависимости от многих факторов, день от дня, от погружения к погружению, однако являются опорной точкой для планирования ваших декомпрессионных погружений.

# Управление запасом газа (Газ менеджмент)

Рекреационные дайвера обычно планируют потребление газа таким образом, что они вернутся на поверхность по меньшей мере с 50 барами газа в баллоне. Технические дайверы должны использовать другой подход к управлению газом. Отличительной особенностью является факт, что технический дайвер в критической ситуации должен уметь обеспечить себя всем необходимым (в том числе газами) в одиночку. Также необходимо учитывать, что на решение проблемы в техническом дайвинге может потребоваться значительное (по меркам погружения) время. Эти факторы необходимо учитывать в газ менеджменте. Одним из наиболее консервативных методов является правило третей.

## Правило третей

Правило управление запасами дыхательной смеси, используемое в техническом дайвинге и дайвинге в надголовные среды: одна треть используется для спуска и перемещения в донной фазе, вторая треть - для всплытия или возврата к точке всплытия и еще одна треть сохраняется в качестве резерва для аварийных процедур. То есть, при нормальных обстоятельствах, не более 2/3 запаса газа используется во время погружения, а 1/3 остается неиспользованной.

Давление разворота можно высчитать, разделив начальное давление на три, после чего нужно вычесть полученную величину от значения начального давления. Следовательно, используя правило третей, дайвер должен повернуть назад в тот момент, когда израсходовал 1/3 своего газа. Для примера возьмем, что технический дайвер имеет 210 бар донного газа. Следовательно 210 бар /3 = 70 бар, и 210 бар - 70 бар = 140 бар, именно это является точкой, когда дайверу следует начать всплытие. Вторая треть газа предназначена на обратный путь и всплытие. Просто всплывая, когда вторая треть была использована, дайвер начнет использовать последнюю треть. Эта треть является «неприкосновенным запасом» для использования в чрезвычайном случае!

## Правило минимального запаса газа

Также технические дайвера могут пользоваться правилом минимального запаса газа. Для начала нам необходимо знать значение поверхностного расхода воздуха SAC (surface air consumption) каждого участника погружения. Своё значение каждый технический дайвер должен вычислить заранее и хорошо его знать. В группе всегда выявляется участник с наибольшим расходом, и расчеты для всей команды рекомендуется выполнять с использованием его SAC.

Составляем план погружений исходя из использования группой правила запаса газов для донной смеси (правило ⅓ или ⅙), для декосмесей, SAC и объема имеющихся баллонов.

Рассмотрим расчет для погружения на 50 м с реальным донным временем 14 минут, используя план составленный на планировщике (I DECO PRO PLANNER) для одиночного погружения с использованием GF 30/85. Газы выберем исходя из значения END 30 м. Донная смесь — TMX 20/30. В качестве декомпрессионного газа возьмем EAN50.

Планировщик выдает нам следующий план:

Глубина	Время	Общее время	
0	4	4	
50	14	18	
24	1	21	
21	1	22	
18	1	23	
15	1	24	
12	1	25	
9	3	28	
6	5	33	
3	8	41	

Все это погружение у нас разбито на несколько этапов:

- Этап погружения
- Донная часть
- Этап всплытия до первой остановки
- Этап всплытия до декомпрессионной остановки со сменой газа
- Этап всплытия с последней декомпрессионной остановки на поверхность.

Основным фактором безопасного погружения является возможность всплыть на поверхность живым и здоровым. Для этого нам необходимо знать минимально необходимый запас газа на всплытие, учитывая, что мы оказываем помощь своему напарнику, делясь газом с ним. Сразу обозначим, что точно определить такое значение затруднительно. На этого есть много причин. Во первых, если ваш напарник оказался в ситуации ООG (out of gas, без газа), то он явно находится в стрессе и его потребление газа возрастает. На сколько — ответить на такой вопрос очень трудно, т.к. уровень стресса может быть разный и предугадать и замерить его очень трудно. Более того, вы тоже будете испытывать стресс от аварийной ситуации и ваше потребление тоже вырастет. Исходя из этого, любой наш расчет будет не совсем точен, но в любом случае он жизненно необходим. Для примерного определения SAC в стрессовой ситуации мы рекомендуем замерить его при большой нагрузке. Как правило величина SAC возрастает минимум в 2 раза. Возьмем за аксиому, что аварийная ситуация случилась в самом конце донной части погружения, на последней минуте. Для распознания и решения ситуации нам потребуется времени до 1 мин, которое мы проведем на дне.

$$V$$
газа =  $T*P*(RMV$ дайвер1+ $RMV$ дайвер2)\*2,

где Т – время а Р – абсолютное давление.

Далее определяем расход на всплытие до первой декомпрессионной остановки с теми же параметрами. Рассчитываем среднюю глубину всплытия и находим абсолютное давление на этой глубине. К значению донной глубины мы прибавляем значение глубины первой остановки и делим полученную сумму на 2, тем самым находя среднюю глубину. После чего вычисляем давление на этой глубине.

$$D = (50+30)/2 = 40 \text{ m}; P = (40/10) + 1 = 5 \text{ ATA}$$

Время на всплытие (3 мин) рассчитываем исходя из рекомендованного значения скорости всплытия 10 м/мин.

$$V$$
газа = 3 мин\*5\*(18+18) \*2 = 1080 литра

Далее рассчитываем количество газа на, которое будет потрачено на остановке на 24 м и количество газа требующееся на всплытие до остановки на 21 м.

# (средняя глубина между 24 и 21 метров = 22,5 м, скорость всплытия стандартная 10 м/мин)

Итого, потребуется минимальный газовый резерв в 1991 литр для безопасного всплытия с партнером в аварийной ситуации.

Далее, мы должны определить количество смеси необходимое для этапа спуска (принимая, что мы тратим 1 минуту на bubble check и 3 минуты на спуск со скоростью 20 м/мин, но для простоты вычислений можем использовать консервативный вариант, принимая равномерное погружение со скоростью 15 м/мин) рассчитываем среднюю глубину и определяем давление на ней.

Теперь, используя SAC, рассчитываем количество потраченного газа в литрах

Исходя из полученных данных, нам придется либо корректировать время донной части погружения, либо менять конфигурацию баллонов в сторону увеличения при нехватке запасов газа.

Для донной части нам потребуется:

$$18*14*6 = 1512$$
 литров.

Итоговый объем необходимого газа:

Конфигурация баллонов, при условии, что наш компрессор способен забить баллоны до 210 бар, температура воды ниже температуры окружающего воздуха на 5 градусов, а температура баллона после забивки на 12 градусов выше температуры воздуха, что даст нам в итоге давление в 200 бар:

3758/200=18,79 литра, т.е. нам подходит алюминиевая спарка 2\*11,2 или стальная спарка 2\*12 л.

Для более корректного планирования необходимо учесть, что остаточное давление в баллонах не должно быть менее 15 бар, поэтому эту величину нужно сразу вычесть из расчетов. Т.е., если манометр показывает 200 бар, то для расчетов мы используем значение в 185 бар. Исходя из этого 3758/185= 20,31 литра, следовательно, даже с 15 бар резерва нам будет достаточно и алюминиевой спарки 2\*11,2 литра и, тем более, стальной 2\*12 литра.

В случае, если мы испытываем недостаток газа, нам придется корректировать наш план в сторону уменьшения донной части погружения и пересчитывать газовый запас исходя из полученного нового плана.

Для декомпрессионного газа мы применяем ту же методику расчета для каждого этапа всплытия и для каждой остановки и удваиваем полученную величину. Рассчитывать на то, что мы будем делиться декомпрессионным газом с напарником проходя декомпрессию, не требуется, так как на деко баллоне у нас только одна 2-я ступень регулятора, а совместное дыхание потребует задержки в то время, когда будет дышать ваш напарник, что не лучшим образом отразиться на процессе вывода инертных газов из тканей и приведет к нарушению процесса рассыщения, что может привести к ДКБ. В случае потери декомпрессионного газа ваш напарник должен перейти на всплытие по аварийному плану, который он должен составить на этот случай. После окончания ваших декообязательств, вы можете поделиться остатками газа (а это 50% от имевшегося у вас запаса) с напарником, передав ему баллон с этой смесью.

21	1	25	18*1*3.1 = 55.8
18	1	26	18*1*2.8 = 50.4
15	1	28	18*1*2.5 = 45
12	1	31	18*1*2.2 = 39,6
9	3	35	18*3*1.9 = 102,6
6	5	42	18*5*1.6 = 144
3	8	54	18*8*1.3 = 187,2

На всплытие с 21 м до поверхности мы потратим 3 мин (2 минуты на участке с 21м до 3м и 1 минуту для всплытия на поверхность). Не будем усложнять расчеты и примем среднюю глубину всплытия 10.5 метра.

## 18\*3\*2.05 = 110.7 литров.

Итого, необходимо **735.3 литра \* 2 = 1470.6 литра EAN50**. Для этого объема газа отлично подходит стандартный алюминиевый баллон S80 с объемом 11.2 литра.

Исходя из наших вычислений, мы приходим к выводу, что для совершения погружения с такими условиями нам необходима спарка из двух баллонов S80 или 12л баллонов с TMX 20/30 и алюминиевый стейджS80 (11,2л) с EAN50. Мы можем применить вторую декомпрессионную смесь (EAN80 или Oxygen) для уменьшения времени декомпрессии, но эффект от этого будет незначителен при данных вводных условиях.

# Планирование декомпрессионных погружений с помощью специализированного программного обеспечения

До того, как компьютеры вошли в нашу повседневную жизнь, все расчеты и планирования осуществлялись с помощью декомпрессионных таблиц. Сейчас же, развитие компьютерных технологий предоставило широкий выбор программного обеспечения, которое позволяет выполнять планирование погружений любой степени сложности. В практической части курса, вы сможете обсудить со своим инструктором, какая из программ, предоставленных на рынке, больше подойдет для ваших декомпрессионных погружений.

Напоминаем Вам, что не один алгоритм, созданный на данный момент, не гарантирует вам 100 % защиты от рисков ДКБ.

Рекомендуем для использования планировщик, DiveProMe+, сделанный Алексеем Власовым. Он бесплатен для использования, работает на любом браузере (в том числе и в офф-лайн режиме), и очень информативен. http://scan3d.ru/DiveMePro+/

## Заключение

Данный раздел раскрывает базовые аспекты планирования технических погружений. Содержит основные принципы планирования. Представляет отдельные методики. Показывает необходимость планирования в техническом дайвинге.

Всегда помните, что самым важным правилом в техническом дайвинге является:

# Планируй погружение и ныряй по плану!

Теперь Вы готовы отработать на практике все процедуры подготовки и планирования для технического дайвинга, с вашим техническим инструктором.

## Организация технических погружений и командная работа.

Выполнение технических погружений требует четкой организации процесса по причине повышенного риска для жизни дайвера. Грамотное планирование и командная работа — залог безопасности технического дайвинга.

К организации процесса погружений относятся:

- Сбор наиболее полной и достоверной информации о месте и цели погружения
- Планирование доставки оборудования и дайверов
- Планирование необходимого технического оснащения для совершения погружения (спусковые концы, декостанция и т.п.)
- Планирование наличия необходимого снаряжения для дайверов, запасного снаряжения и ремонтных комплектов
- Планирование запасов газов для погружения, аварийных запасов и кислорода для оказания первой помощи на поверхности
- Прокладка маршрута погружения, определение лимитов времени и глубины
- Распределение задач между участниками погружения
- Организация работы команды поддержки и спасения
- Проверка оборудования, газов и планов действия на случай чрезвычайных ситуаций.

Чтобы техническое погружение было безопасно необходимо проделать большую работу.

#### Командная работа

Одно из правил технического дайвинга гласит: «Для выполнения большинства операций требуется три руки», как вы поняли это шутка, но в этой шутке есть определенный смысл. Наличие хорошего напарника по погружению и умение работать в команде — ключ к безопасным погружениям.

Технический дайвер должен быть самодостаточным, это один из принципов подготовки. Истоком этого принципа являются три условия:

- Только я могу думать за себя.
- Только я могу дышать за себя.
- Только я могу плыть за себя.

Исходя из этих условий мы получаем требования к техническому дайверу. Самодостаточный дайвер должен:

- Самостоятельно справляться со всем своим оборудованием
- Самостоятельно справляться с условиями погружения
- Самостоятельно решать все проблемы возникшие со своим оборудованием
- Не создавать проблем для своих напарников

При этом самодостаточность дайвера не означает, что он совершает все погружения в режиме соло, не заботясь о своих напарниках. Зачастую понимание важности командной работы приходит только тогда, когда что-то пошло не так и дайверу самому понадобилась помощь. Технический дайвинг - командный вид дайвинга. Коммуникация и взаимодействие с напарниками, распределение задач и обязанностей, оказание помощи в аварийных ситуациях – залог успешного погружения. Основываясь на том, что технические погружения, это командные погружения каждый дайвер должен:

- Принимать участие в организации и планировании погружения
- Понимать и принимать свою роль в команде
- Выполнять все условия и процедуры оговоренные для данного погружения

- Соответствовать уровню подготовки для данного погружения
- Иметь необходимое снаряжение, одинаковое или схожее со снаряжением группы
- Ясно понимать цели погружения и реалистичный способ их достижения

Группа составляется исходя из поставленной задачи на погружение и уровня дайверов принимающих в нем участие. Базовый размер группы — два дайвера. Если количество участников больше, то группа разбивается на базовые пары и (или) тройки.

- Каждая пара (тройка) имеет свою задачу во время погружения и может безопасно совершить его без участия других членов группы.
- Задачи и цели у каждой пары (тройки) могут отличаться, но все они согласуются с общей целью группы.
- Каждая пара (тройка) участвует в выполнении общего плана погружения и должна быть готова оказать помощь другим участникам погружения.

# Процедура взаимопроверки дайверов перед началом погружения и проверка снаряжения в воде.

Во время прохождения ваших первых курсов дайвера, инструктор показывал вам процедуру взаимопроверки напарников перед началом погружения (Buddy check) и объяснял вам, почему важно всегда ее проводить до входа в воду. Технические дайверы используют гораздо большее количество снаряжения, поэтому такая взаимопроверка становится еще более важной для совершения безопасного погружения. В отличии от рекреационных дайверов, технические дайверы проводят все процедуры проверки самостоятельно, придерживаясь определенной последовательности и схемы.

Процедура проверки проводится между напарниками. Лидер пары (тройки) в слух проговаривает последовательно все действия, напарники проводят проверку своего снаряжения согласно этим пунктам и сообщают о результатах в ответ.

- Проверить план погружения, его наличие на слейте или блокноте
- Проверить наличие, работоспособность и настройку компьютеров и боттомтаймеров, сообщить результаты напарнику
- Проверить вторые ступени всех регуляторов на работоспособность (при закрытых баллонах и отсутствии давления в регуляторе вдох из второй ступени не возможен, что означает целостность мембраны и обратного клапана, открываем вентиль и проверяем работоспособность делая 1-2 вдоха)
- Проверить вентили всех баллонов (вентили спарки должны быть открыты, вентили баллонов с декогазами закрыты, регуляторы находятся под давлением), проверить давление в баллонах, сообщить напарнику, где и какой газ у вас расположен
- Проверить трассировку всех шлангов, шланг правой стойки (длинный шланг) должен быть свободен, для возможности оказания помощи напарнику, расправить его и убедится, что он доступен, после чего заправить на место
- Проверить инфлятор и клапаны компенсатора плавучести
- Проверить клапаны поддува и сброса сухого костюма и подсоединение шланга поддува сухого костюма
- Проверить работоспособность и крепление фонарей, назвать их местоположение своему напарнику
- Проверить наличие катушек, шпулек, маркеров и сигнальных буев и назвать их месторасположение
- Проверить все остальное снаряжение (подводные буксировщики, фото и видео аппаратуру и т.п.) и сообщить о работоспособности

После выполнения этих процедур дайверы могут начать погружение. После входа в воду необходимо проверить снаряжение на наличие протечек газа. Эта процедура называется **bubble check** и может проводится на поверхности воды, на глубине 5 метров от поверхности или около дна, в зависимости от условий погружения.

В спокойных условиях, если погружение осуществляется с берега, процедуру можно провести почти на поверхности воды, слегка погружая своего напарника под воду, напарник проверяет все снаряжение на наличие утечки газа и сообщает о результате проверки проверяемому, после чего второй напарник повторяет процедуру по отношению к нему.

При погружении с лодки или дайвбота при отсутствии течения или слабом течении, процедуру можно провести на глубине 5 метров, чтобы избежать попадания под гребные винты. Напарники зависают друг на против друга и по очереди вращаются вдоль вертикальной оси отслеживая возможные утечки газа.

При погружении с лодки или бота в условиях, когда течение может унести дайверов от объекта погружения и при невозможности установить спусковой конец, процедура проверки проводится на глубине около дна или около объекта, который является целью погружения.

# Аварийные ситуации при технических погружениях.

Аварийный ситуации могут возникнуть во время совершения любых погружений, технический дайвинг не исключение. Условия технических погружений, и в первую очередь невозможность прямого, безостановочного всплытия на поверхность, накладывают свои требования на действия дайвера во время их возникновения. Хорошо подготовленный технический дайвер, выполняющий все правила и процедуры совершения технических погружений, не должен допускать возможности возникновения аварийных ситуаций. Но, как уже выше упоминалось, закон Мерфи в дайвинге работает и если какоелибо снаряжение может отказать в принципе, то оно откажет, рано или поздно, если потеря газа возможна, то есть вероятность, что она произойдет. Технический дайвер должен быть готов к этому и знать алгоритмы действий в данных ситуациях.

Три основных аварийных ситуации, которые могут возникнуть во время технического погружения:

- отказ (поломка) снаряжения,
- потеря газа,
- пропущенные декоостановки

#### Отказ или поломка снаряжения.

Если технический дайвер заботится о своем снаряжении, совершает плановое обслуживание и ремонт, выполняет обязательную предстартовую проверку снаряжения перед погружением, вероятность его отказа крайне мала, но тем не менее, возможна. Т.к. мы имеем подвижные части в регуляторах, блоках инфлятора и клапанах нашего снаряжение, то утечка газа, разрыв уплотнительного О-ринга становится вероятной ситуацией. Как правило такие проблемы решаются перекрытием газа от источника к месту утечки. Т.е. если у вас произошла утечка из места соединения регулятора с вентилем баллона или регулятора и шлангоа, то в случае с донным газом, вы просто перекрываете соответствующий вентиль и переходите на запасной регулятор, в случае с декомпрессионным газом вы можете следовать процедуре дыхания из баллона с открыванием вентиля для фазы вдоха и последующим закрыванием его в фазе выдоха.

В случае утечки газа из пульта инфлятора, можно перейти на дублирующую систему контроля плавучести (дублирующая камера крыла или сухой костюм) и перекрыть подачу газа к инфлятору, отсоединив шланг поддува.

В любом случае, после обнаружения аварии дайвер должен подать сигнал своим напарникам и начать совместное всплытие с выполнением всех обязательных дэкоостановок.

#### Потеря газа.

Эта авария может произойти не только в случае поломки снаряжения, но также по вине невнимательности дайвера. Например, если дайвер погружается в условиях сильного течения или использует подводный буксировщик, то давление тока воды на мембрану второй ступени запасного регулятора или регулятора стейджа с дэкогазом, в случае если он не закрыл вентиль после его проверки в воде, может привести к частичной или полной потере газа, которую трудно обнаружить вовремя. В зависимости от того, какой газ был потерян действия дайвера будут различаться.

В случае полной потери донного газа и невозможности использовать декомпрессионный газ на глубине обнаружения проблемы, дайвер должен воспользоваться донным газом своего напарника, показав ему знак проблемы и выполнив процедуру по газшерингу, начав совместное всплытие. При достижении глубины, на которой возможно и запланировано переключение на дэкогаз, следует переключиться на него и выполнить все декоостановки по плану.

В случае потери дэкомпрессионного газа дайвер должен подать сигнал проблемы напарнику и начать совместное всплытие с выполнением декоостановок используя донный газ и аварийный план на случай потери декосмеси. При правильном планировании погружения это не составит проблем. Случай потери обоих газов мы не рассматриваем, т.к. вероятность поломки одновременно всех

регуляторов ничтожна, а возникновение такой ситуации по вине дайвера и его напарника говорит о том, что они не имеют соответствующей подготовки для данного погружения и не должны его совершать в принципе.

#### Пропущенные декомпрессионные остановки.

Ситуация, в которой дайвер пропустил обязательные декомпрессионные остановки может произойти только по его вине. Либо он допустил ошибки при планировании погружения, либо был не готов к совершению погружения такого уровня сложности. Если бы дайвер собрал полную информацию о месте и условиях погружения, правильно рассчитал график погружения и запасы газов, то пропустить декоостановки он не может. Если это все же произошло, то существует ряд процедур, которые вы можете выполнить. Вы сразу должны понимать, что ни одна из приведенных методик не дает вам 100% вероятности избежать ДКБ.

**Первый метод** наиболее распространен и рекомендуется большинством обучающих ассоциаций. В случае пропуска дэкоостановок дайвер должен, при выходе на поверхность, начать дыхание чистым кислородом. При этом рекомендуется принять горизонтальное положение, избегать каких-либо физических нагрузок и обеспечить хорошую гидротацию организма, используя изотонические напитки.

Второй метод используется реже, он применяется военными пловцами ВМФ США. Этот метод гласит:

- Если дайвер всплыл с глубины не более 6 м, хорошо себя чувствует, у него не наблюдается симптомов ДКБ и может вернуться в воду за время до 1 минуты, то ему следует вернуться на глубину пропущенной декоостановки и просто увеличить время декомпрессионной остановки на 1 минуту.
- Если дайвер всплыл с глубины не более 6 м, хорошо себя чувствует, у него не наблюдается симптомов ДКБ, и он не может вернуться в воду за время до 1 минуты, то ему следует вернуться на глубину пропущенной декоостановки и увеличить время декомпрессионных остановок в 1,5 раза.
- Если дайвер всплыл с глубины более 6 м, хорошо себя чувствует, у него не наблюдается симптомов ДКБ, он должен вернуться на глубину пропущенной декоостановки и выполнить все декоостановки до глубины 12 м по графику, время остановок на глубине от 12 м и выше следует увеличить в 1,5 раза.
- Если дайвер всплыл на поверхность и у него присутствуют признаки ДКБ, то он не может вернуться в воду, ему следует обеспечить дыхание чистым кислородом и срочно доставить в барокамеру для оказания помощи и лечения.

Посещение барокамеры для обследования обязательно и для тех дайверов, которые воспользовались первым методом или первыми тремя пунктами второго метода. То, что дайвер не испытывает явных симптомов ДКБ в данный момент не означает, что они не проявятся позже, обследование баромедиком необходимо.

Существует только один способ, дающий 100% гарантию избежать ДКБ — не нырять, но он нам не подходит. Тщательно готовьтесь к своим погружениям, не забывайте поддерживать свои навыки и физическую форму на хорошем уровне, отрабатывайте работу в команде с напарником и действия в аварийных ситуациях. Все это залог безопасных технических погружений.

# Технические погружения уровня ТЕСН-2 и ТЕСН-3

В предыдущих главах были описаны те знания и навыки, которые необходимы аквалангисту при совершении абсолютно любых технических декомпрессионных погружений на глубины до 51 метра (уровень IDU TECH 1 TRIMIX DIVER). Но для совершения погружений на бОльшие глубины аквалангисту необходимо обладать рядом дополнительных знаний и навыков, о которых и пойдет речь в данной главе.

### Подбор газовой смеси для погружений уровня ТЕСН-2

Погружения уровня IDU TECH-2 DIVER предполгают погружения на глубины до 54 метров с использованием воздуха в качестве донного газа.

PPO2 = 6.4\*0.21 = 1.344 ATA

END = 54 M

Однако, следует помнить, что данный уровень погружений не является оптимальным, так как уровень газового (азотного) наркоза во время их совершения превышает рекомендованные ограничения в 40 м

Погружения подобного типа возможно выполнять только в достаточно комфортных условиях (температурных и других) и в том случае, если смеси Trimix не доступны в регионе совершения погружений.

Подбор газовой смеси для донной части погружения уровней IDU TECH-2 TRIMIX и TECH-3 TRIMIX.

Содержание кислорода в донной смеси для дайверов уровня IDU TECH-2 TRIMIX DIVER не должно быть ниже 18%, так как при более низком содержании кислорода смесь будет гипоксической, и вы не сможете дышать ей на поверхности.

Смеси с содержанием кислорода менее 18% используются дайве-

рами, только начиная с уровня IDU TECH-3 TRIMIX DIVER. В этом случае погружение начинается не на донной смеси, что позволяет избежать гипоксии.

Правила подбора и расчеты были рассмотрены в предыдущих главах этого учебника. Здесь стоит добавить только, что нередко аквалангисты используют стандартные смеси газов и на них строят все свои расчеты.

Вот список этих смесей и глубин, на которых их применяют:

- 0-30m EAN 32
- 33-45m TMX 21/35 45-60m TMX 18/45 60-75m TMX 15/55
- 75-90м TMX 12/65
- 90-110m TMX 10/70

Причины использования подобных стандартных смесей достаточно просты. Во-первых, эти газы соответствуют нормам наркотического воздействия смеси (END = 30), считая, что кислород оказывает наркотическое воздействие на организм. Во-вторых, эти смеси достаточно просто приготовить, используя гелий и EAN 32 (он очень распространен в странах с развитой дайвиндустрией и его можно свободно найти на станциях заправки и самостоятельно приготовить смесь, если у вас есть соответствующая квалификация).

Какую смесь выбрать для погружения каждый дайвер волен решать сам, если его не ограничивают какие-либо правила или выбор его напарников.

Подходите к выбору смеси очень ответственно! Помните, экономия или отсутствие знаний в этом вопросе может привести к вашей гибели.

#### Изобарическая контрдиффузия биологически инертных газов.

Изобарическая контрдиффузия – явление, возникающее при диффузии двух газов с различными проникающими способностями и приводящее к повышению суммарного напряжения в диффузионном барьере.

Представьте, что с одной стороны диффузной мембраны, через которую происходит газовый обмен, у нас расположен инертный газ в свободном состоянии с высокой проникающей способностью, например гелий, а с другой стороны находятся «быстрые» ткани с хорошим кровоснабжением в состоянии насыщения другим инертным газом, с меньшей проникающей способностью, например азотом. Оба газа стремятся проникнуть через мембрану, так как с противоположной стороны давление этих газов меньше. В результате встречной диффузии давление в мембране может превысить давление окружающей среды, то есть мембрана будет перенасыщена. Такая ситуация может вызвать превышение М-значений для тканей мембраны и вызвать образование газовых пузырьков, что может привести к ДКБ этой ткани.

В дайвинге возможны три вида изобарической контрдиффузии:

1. Поверхностная контрдиффузия - возникает в ситуации, когда дайвер переключается с тримикса на декомпрессионный найтрокс, а его тело при этом находится в атмосфере тримикса, который использовался для поддува сухого костюма. Кожный покров будет диффузионным барьером между смесью с высоким содержанием «быстрого» гелия и кровеносными сосудами, насыщенными «медленным» азотом.

Подобная ситуация может привести к кожной форме ДКБ. Это одна из причин, почему не стоит поддувать сухой костюм тримиксом.

2. Контрдиффузия глубоких тканей - происходит при переходе с «тяжелой» смеси (воздух, найтрокс) на легкую (тримикс), то есть дайвер переключается с воздуха/найтрокса после достаточного насыщения на тримикс/гелиокс. При этом можно получить достаточно серьезную ДКБ.

В реальности такая ситуация почти невозможна, так как такое переключение происходит при условии, когда насыщение тканей еще мало (с тревел газа на донный газ), либо при айр-брейках (переход с декомпрессионного газа на донную смесь с содержанием гелия для уменьшения риска кислородной интоксикации ЦНС) при длительной декомпрессии. Во последнем случае мы уже достаточно рассытили ткани и риск ДКБ будет невелик, но им не стоит пренебрегать. Лучше для этого использовать смеси найтрокс с невысоким содержанием кислорода, либо тревел газ с невысоким содержанием гелия.

Наибольшую опасность в данной модели представляет переход с воздуха, который длительное время использовали, как тревел газ (при этом достигли достаточно высокого насыщения), на тримикс в донной части погружения.

3. Контрдиффузия в области внутреннего уха – при совершении дайвером глубокого тримиксного погружения после продувки ушей в полости среднего уха находится тримикс. Если данный дайвер переключается на воздух, то в результате контрдиффузии азота и гелия может пройзоти аудиовестибулярная форма ДКБ, выражающаяся в сильном головокружении, дезориентации, тошноте и т.п. Это наиболее опасное последствие неправильного подбора смесей для погружения, так как дайвер становится частично или полностью недееспособным во время одного из сложнейших этапов погружения.

Не следует резко понижать содержание гелия при смене смесей, учитывая то, что на всплытии ткани и без того перенасыщены. Постепенное снижение процента содержания гелия является хорошей практикой.

Точных исследований и рекомендованных алгоритмов уменьшения гелия в дыхательных смесях на данный момент не разработано, поэтому мы не можем дать точные рекомендации на этот счет, но мы рекомендуем всегда стараться поддерживать максимально возможное парциальное давление

кислорода во время декомпрессии, используя эффект кислородного окна для частичного нивелирования изменения давления гелия при смене смесей.

#### Планирование декомпрессионных погружений на газовых смесях.

#### Донные смеси

По каким принципам следует подбирать смесь для донной части погружения вы уже знаете. У нас есть несколько параметров, которые следует учитывать: парциальное давление кислорода (не выше 1,4 АТА и уменьшаем, если условия погружения неблагоприятные), газовый наркоз, требующий не превышать суммарное парциальное давление азота и кислорода, и, конечно же, необходимо запланировать достаточное количество донной смеси, чтобы ее хватило для донной части и для подъема до точки переключения, учитывая потерю газа напарником.

#### Этапные смеси (трэвел газ)

При планировании погружений уровня IDU TECH-3 TRIMIX DIVER мы получаем гипоксические смеси (с содержанием кислорода менее 18%) для донной части погружения, следовательно, мы не можем их использовать для дыхания в момент начала погружения, так как получим гипоксию.

Кроме этого, для совершения такого погружения нам понадобилось бы достаточно большое количество донной смеси с учетом минимального газового резерва на всплытие до переключения на первый декомпрессионный газ. Учитывая, что при резком уменьшении количества гелия в смеси и увеличении количества азота при переходе с тримикса на найтрокс, мы можем получить ДКБ среднего уха по причине изобарической контрдиффузии, то возникает потребность в некоем промежуточном газе, который поможет исправить ситуацию.

Нам нужен газ, чтобы безопасно начать погружение, чтобы сэкономить донный газ, и чтобы не допустить изобарической контрдифузии инертных газов.

Такой газ называется этапный газ или трэвел газ (от англ. travel mix (gas)). При его подборе мы учитываем следующие критерии:

- Парциальное давление кислорода не должно превышать 1.6 АТА (мы не проводим на этом газе много времени при максимальном парциальном давлении, а повышенное парциальное давление поможет нам использовать эффект кислородного окна при декомпрессии).
- END смеси не должно превышать максимальный END допустимый для текущих условий погружения.
- «Расстояние» между точками (глубинами) переключения между газами не должно превышать 40 м (например, при погружении на 100 метров и использовании EAN50 и EAN80 в качестве декомпрессионных газов, мы получаем расстояние между донной смесью и первым декогазом равным 79 м (MOD EAN50 = 21 м; 100 м 21 м = 79 м). Следовательно, нам нужен как минимум один этапный газ, который мы будем использовать для подъема с глубины 60 м до 21 м. Его же мы можем использовать для погружения).
- Содержание гелия в этапном газе должно препятствовать возникновению эффекта изобарической контрдиффузии.
- Количество газа должно быть рассчитано по тому же принципу, по которому мы считаем запас декомпрессионных газов.

#### Декомпрессионные смеси

При планировании погружений уровня ТЕСН-2 и ТЕСН-3 очень важным моментом является предусмотрение ситуации потери декомпрессионного газа, ее профилактика и создание аварийного плана на этот случай. Учитывая насыщение тканей и время обязательной декомпрессии, становится понятно, что при потере декомпрессионного газа дайвер не сможет выполнить все декомпрессионные остановки используя донную смесь. Это одна из причин, почему при совершении погружений уровня ТЕСН-2 и ТЕСН-3 рекомендуется всегда брать с собой как минимум два баллона с декогазом.

Еще один фактор для использования второго декогаза — это время декомпрессии и ее эффективность. Как известно, наиболее эффективное использование декогаза происходит при максимально допустимом значении ppO2 в смеси, так как именно в этом случае мы начинаем декомпрессию раньше по времени и заменяем инертный газ в дыхательной смеси, от которого нам нужно избавиться, кислородом.

Кроме того, мы теряем много тепла под водой, а это влияет на систему кровообращения и, соответственно, на эффективность вывода инертных газов. При переохлаждении кровообращение периферии ухудшается, чтобы обеспечить кровоснабжение жизненно важных органов, следовательно, вывод инертных газов на периферии тоже ухудшается, что может стать причиной ДКБ. То есть чем дольше мы находимся под водой, тем выше риск получения ДКБ.

По этим причинам для того, чтобы увеличить эффективность декомпрессии и сократить ее время нам понадобится второй декомпрессионный газ.

Принцип подбора второй декомпрессионной смеси:

- она должна содержать минимальное количество инертного газа (в идеале не содержать вообще);
- при ее применении не должны превышаться максимально допустимые значения интоксикации ЦНС и общей кислородной интоксикации.

При погружениях на уровне TECH-2 на открытом дыхательном цикле лучшим выбором будет использование чистого кислорода в качестве второго декомпрессионного газа.

При совершении погружений с длительной донной экспозицией или на большую глубину, требующих длительного времени декомпрессии на кислороде при высоком парциальном давлении, это правило не работает, так как есть риск превысить максимально рекомендованный уровень кислородной интоксикации ЦНС. Если остановка проходит на 6 м, то PO2 = 1,6 ATA и накопление интоксикации ЦНС идет со скоростью 2,2% в минуту, а значит, чтобы достигнуть значения в 80% нам необходимо всего 36 минут, и это не учитывая накопление ЦНС в предыдущих частях погружения (спуск, донная часть, всплытие и пройденная декомпрессия). Следовательно, необходимо либо уменьшить глубину последней декомпрессионной остановки (если позволяют условия), либо уменьшить количество кислорода в декомпрессионной смеси, чтобы снизить парциальное давление кислорода. Очень часто для погружений уровня ТЕСН-3 в качестве второго декомпрессионного газа используют EAN80. Все это необходимо предусматривать при планировании погружения.

При планировании минимального газового резерва нужно будет рассчитать необходимое количество донного газа для всплытия до точки переключения на первый декогаз с учетом запаса, необходимого для всплытия вашему напарнику в случае потери им донной смеси. Кроме того рассчитать количество декогазов так, чтобы в случае потери одного из них, вы могли полностью выполнить свои декообязательства, используя только один из газов, с учетом необходимого запаса. Вероятность потери обоих декомпрессионных баллонов дайвером и его напарником стремиться к нулю, и не стоит ее рассматривать.

При использовании двух декомпрессионных смесей увеличивается шанс на ошибку при переключении на декогаз. Использование неправильной смеси может привести к кислородной интоксикации ЦНС и, вероятно, к гибели дайвера. Очень важно всегда и полностью выполнять все процедуры во время переключения газов, которые вы будете отрабатывать на практических занятиях с вашим инструктором. Это поможет избежать фатальной ошибки.

#### Составление аварийных планов

Для начала нужно определится, почему основной план нашего погружения может быть нарушен. На уровне ТЕСН-2 и ТЕСН-3 не стоит даже говорить о том, что мы нарушили максимальную глубину погружения или время пребывания на глубине из-за невнимательности и беспечности. Такие нарушения могут быть только причиной неучтенных факторов внешнего влияния. Например, внезапно

возникшее нисходящее или встречное течение, отказ снаряжения, зацеп, потеря или обрыв спускового конца могут стать причинами нарушения основного плана. С учетом этих возможных отказов и пишутся аварийные планы.

На время нашей декомпрессии наиболее сильно может повлиять фактор времени проведенного в донной части погружения. Фактор нарушения глубины не столь сильно влияет, так как, как правило, мы можем достаточно быстро решить проблему с нарушением глубины. Следовательно, первый аварийный план мы готовим с учетом увеличения времени донной части погружения.

В зависимости от условий погружения мы можем заложить от 3 до 5 минут донного времени дополнительно и сделать план погружения, исходя из этих условий. Надо понимать, что это аварийный план, и мы будем использовать его только во внештатной ситуации, поэтому нам не нужно планировать запас газов в этом плане опираясь на правило третей или на правило минимального газового резерва, но, в любом случае, у нас должно быть достаточно газа с учетом увеличения уровня стресса. Для расчета мы увеличиваем наш SAC на 50% в той части, которая превышает наше основное донное время и не забываем, что минимальное давление газа в баллонах не должно упасть ниже 30 бар, то есть на поверхности наш манометр не должен показывать цифру меньше этого значения.

Второй фактор, влияющий на общее время погружения, это потеря одного из газов.

Если мы теряем донный газ, то всплытие начинаем немедленно, а грамотная работа с вентилями спарки позволит нам избежать критических потерь.

Если мы теряем этапный (трэвел) газ, то запас донной смеси может позволить нам заменить потерянный газ на донную смесь во время всплытия, в том случае, если мы вовремя не заметили проблему и не смогли избежать потерь.

Если мы теряем один из декомпрессионных газов, то запасов второго декогаза нам должно хватить на завершение наших декообязательств, следовательно, именно с учетом потери одного из декогазов мы и делаем второй аварийный план.

Конечно, члены нашей команды помогут нам и поделятся своими декогазами, после окончания своих декообязательств, но технический дайвер должен рассчитывать все так, чтобы самостоятельно справиться с проблемой.

Проанализировав расход декомпрессионных газов в нашем основном плане, мы определим, какого газа мы потратим больше всего. Именно этот газ мы и будем считать утерянным. Следовательно, второй наш аварийный план мы рассчитываем с тем условием, чтобы нашего оставшегося декогаза хватило на все время декомпрессии, и при этом баллон не должен остаться пустым - помним про 30 bar обязательного остатка.

Если в первом или втором варианте у нас возникнет дефицит с газовым запасом, то нужно менять основной план, так как он не безопасен, и в случае внештатной ситуации мы не сможем завершить наше погружение безопасно.

#### Командный газ-шеринг

При планировании сложных технических погружений очень часто группа берет с собой аварийный запас газов, который может быть использован в случае аварийной ситуации. Как правило этот запас делится между членами команды, то есть один дайвер несет дополнительный баллон с донной смесью, второй несет дополнительный трэвел газ и/или декомпрессионный газ. Этот метод используют, когда невозможно обеспечить погружение дайверов поддержки.

#### Суппорт-дайверы (дайверы поддержки)

Задачей суппорт-дайверов (от англ. support - поддержка) является подстраховка основной команды дайверов на этапе подъема и декомпрессии. Команда суппорт-дайверов имеет собственный план погружения, который согласован с планом основной команды. Суппорт-дайверы встречают дайверов во время подъема на оговоренной глубине и в оговоренное время, забирают ненужные баллоны и

снаряжение, несут аварийный запас газов (как правило, кроме донной смеси), оказывают физическую и техническую поддержку основной команде дайверов.

В случае авариной ситуации суппорт-дайверы могут стать единственным шансом на спасение основной команды, поэтому от них требуется четкая и слаженная работа.