



NITROX DIVER

Copyright IDU 2018 r.

WWW.IDU-GLOBAL.COM

Оглавление

Введение.....	3
Преимущества смесей Nitrox:.....	3
Недостатки смесей Nitrox:	3
Газы	4
Кислород.....	4
Азот.....	5
Газовые смеси.....	5
Воздух.....	5
Nitrox.....	6
Trimix.....	6
Физика и газовые законы в дайвинге	7
Давление.....	7
Атмосферное давление	7
Давление водяного столба — гидростатическое давление.....	7
Абсолютное давление	8
Закон парциальных давлений.	8
Физиология.....	10
Гипероксия.....	10
Кислородная интоксикация центральной нервной системы.....	10
Факторы, повышающие риск кислородной интоксикации ЦНС	12
Общая кислородная интоксикация организма	12
Гипоксия.....	14
Технология производства смесей Nitrox.	16
Метод использования газовой мембраны для приготовления смесей Nitrox.....	16
Метод прямого непрерывного смешивания газов	16
Метод парциального смешивания газов.....	17
Планирование погружений на смесях Nitrox.....	18
Подбор смеси Nitrox для погружения.....	18
Планирование погружений на смесях Nitrox	18
Использование дайвинг компьютеров для контроля и планирования погружений на смесях Nitrox.....	19
Требования к оборудованию при использовании смесей Nitrox.....	20
Кислородная очистка	20
Кислородная совместимость.....	20
Кислородный сервис.....	20
Требования к регуляторам	20
Требования к баллонам.....	21
Анализ газов	21
Маркировка баллонов	22
Учет использования газовых смесей	22
Приложения.....	24

Введение

Найтрокс (Nitrox, Enriched Air Nitrox, EAN) — это название газовых смесей с повышенным содержанием кислорода для подводных погружений.

Использование смесей Nitrox для любительских погружений было предложено в начале 90-х годов сотрудниками NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), которые применяли их в ходе своей работы и хорошо знали о всех преимуществах, которые дают данные смеси. Таблицы для учета и планирования погружений, разработанные этой организацией, используются и в настоящее время.

Преимущества смесей Nitrox:

- Позволяет увеличить время погружения, в течение которого возможно всплытие без прохождения декомпрессионных процедур.
- Снижает нагрузку на организм, связанную с процессами насыщения и насыщения тканей азотом, что проявляется в виде снижения усталости дайвера. Особенно хорошо этот эффект проявляется при совершении серии погружений.
- Позволяет сократить поверхностный интервал между погружениями, по сравнению с использованием воздуха для аналогичных погружений.
- Улучшение общего состояния здоровья. В ряде исследований по лечебной оксигенации организма человека выявлено, что "в ответ на растворение кислорода в плазме крови во время сеанса, организм вырабатывает большое количество антиоксидантов – веществ отвечающих за нормальное функционирование клеток, органов и тканей человека, отвечающих за продолжительность жизни человека, наравне с генами хромосом".

Недостатки смесей Nitrox:

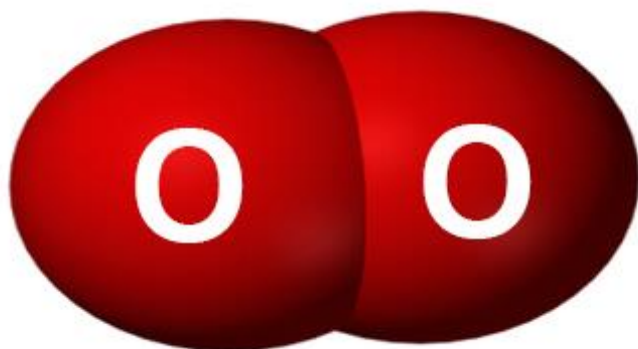
- Увеличение кислородной нагрузки на организм, что ведет к увеличению риска возникновения кислородной интоксикации.
- Необходим строгий контроль глубины погружения, связанный с увеличением парциального давления кислорода в смеси.
- Необходимость использования специального оборудования для приготовления и анализа смесей.
- Необходимость кислородного сервиса оборудования в некоторых случаях.
- Увеличение риска воспламенения, по причине более высокого содержания уровня кислорода в смеси.

Использование смесей Nitrox особенно рекомендовано для людей пожилого возраста, для страдающих низким или высоким кровяным давлением, ожирением или обезвоживанием организма.

International Divers Union настоятельно рекомендует всем дайверам использовать смеси Nitrox для совершения своих погружений. Повышение уровня безопасности и снижение риска нанести вред своему здоровью являются очевидными причинами для этой рекомендации.

Газы

Кислород

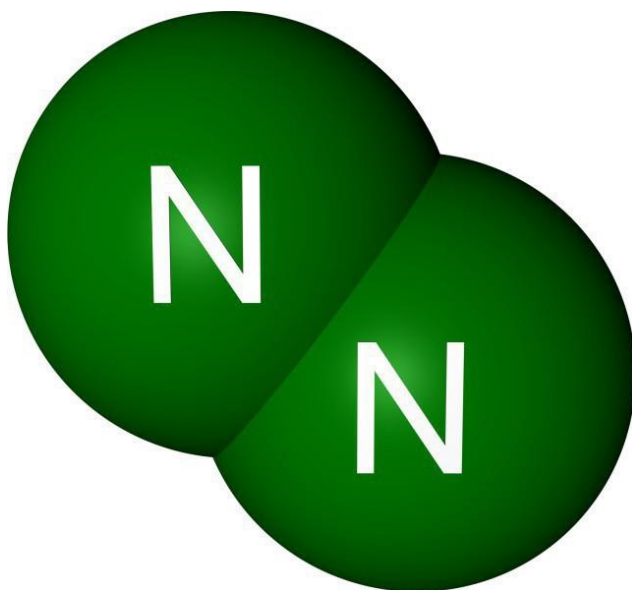


Кислород — 8-й элемент периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева обозначается символом **O** (лат. *Oxygenium*). Кислород — химически активный элемент. Простое вещество кислород при нормальных условиях — газ без цвета, вкуса и запаха, молекула которого состоит из двух атомов кислорода 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 CO₂. 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.

Азот



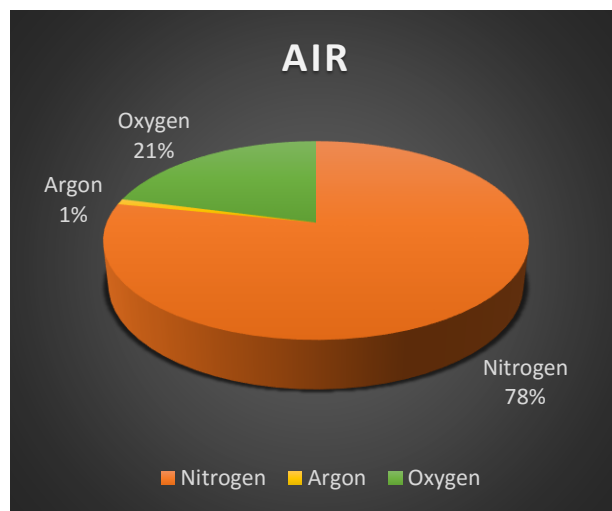
Азот — 7-й элемент периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева обозначается символом N (лат. Nitrogenium). Химическая формула - **N₂**. Простое вещество азот — двухатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Один из самых распространённых элементов на Земле. Название «азот», что означает «безжизненный», 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.

Газовые смеси.

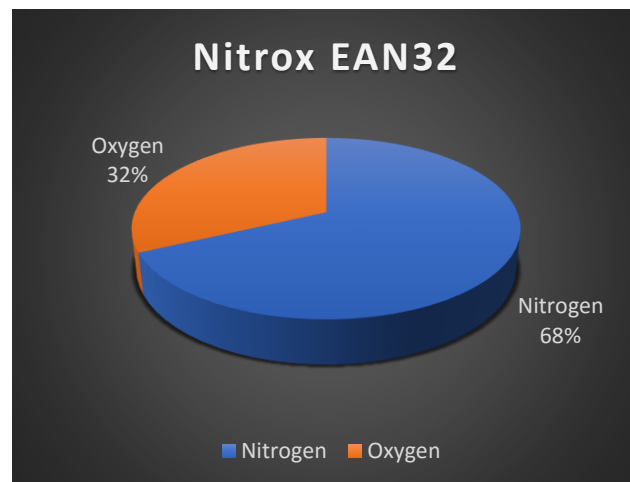
Воздух

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 CO). Воздух содержит в себе приблизительно 78.2% азота, 20.8% кислорода и других газов, среди которых больше всего аргона, на который приходится примерно 0.9% от состава воздуха. 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. Воздух — наиболее известная газовая смесь, с которой мы сталкиваемся все время, так как дышим ей.



Nitrox

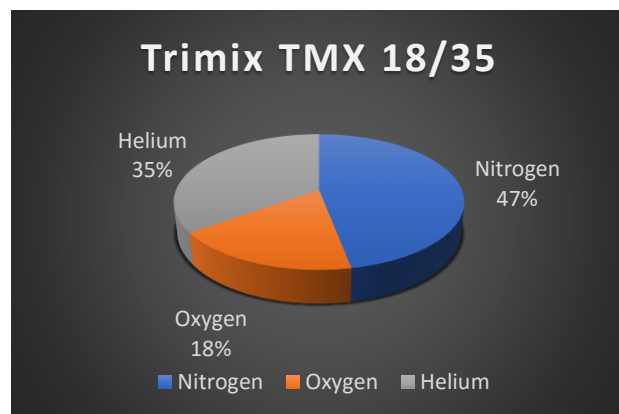
Найтрокс (Nitrox) – газовая смесь азота и кислорода. Воздух тоже приближенно можно назвать найтроксом, так как на 99% он состоит именно из этих газов. Название Nitrox происходит от названий газов, входящих в эту смесь: азота (**NIT**rogen) и кислорода (**OX**xygen). Под этим термином, в дайвинге, принято понимать смеси, в которых содержание кислорода превышает 21%. Содержание кислорода в смесях, используемых в рекреационном (любительском) дайвинге ограничено 40%.



NITROX - содержание O² - 22-40% (любительский дайвинг)

Trimix

Газовые смеси, состоящие из азота, кислорода и гелия называются Тримикс (Trimix). Смеси тримикс используются для погружений в сложных условиях, такие как: очень холодная вода, плохая видимость, отсутствие света, надголовные пространства (пещеры, затонувшие корабли), глубоководные погружения и т.п. Эти смеси позволяют снизить действие азотного наркоза на дайвера во время тяжелых погружений. Обозначать данные смеси принято так: TMX18/35, где первая цифра обозначает процентное содержание кислорода в смеси, а вторая цифра обозначает процентное содержание гелия. Подробнее об этих смесях вы можете узнать на технических курсах IDU.



Физика и газовые законы в дайвинге

Давление

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

Единица измерения давления — 1 паскаль ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$).

$$P = F / S,$$

где P — Давление, F — Сила, S — Площадь

Давление характеризует силу, приходящуюся на каждую единицу площади её приложения.

Атмосферное давление

Давление атмосферного воздуха, производимое на любое тело на поверхности земли, называется атмосферным давлением. Оно вызвано притяжением воздуха, из которого состоит атмосфера, к Земле.

Впервые величину атмосферного давления экспериментально определил итальянский математик и физик Эванджелиста Торричелли в 1634 году.



Опыт Торричелли выглядел так: запаянную с одного конца трубку длиной 1 метр наполнили ртутью и, закрыв пальцем, чтобы ртуть не вылилась раньше времени, перевернув, опустили в широкую чашу с ртутью. После того как трубку открыли, часть ртути из неё вылилась и в её верхней части образовалось безвоздушное пространство — так называемая «торричеллиева пустота». При этом высота столба ртути в трубке оказалась равной примерно 760 мм, если отсчитывать её от уровня ртути в чаше. Это объясняется тем, что атмосферное давление давит на жидкость в чаше сверху вниз, и через неё, по закону Паскаля, давит на жидкость в жёсткой пробирке снизу вверх. Сама жидкость имеет массу, поэтому притягивается гравитацией вниз. Две силы должны быть равны, поэтому в пробирке останется такое количество жидкости, которое создаёт давление, равное внешнему атмосферному. Для каждого типа жидкости, в зависимости от её плотности ρ , будет своя высота столба, равная

$$H = P/g$$

где P — атмосферное давление, g — ускорение свободного падения. Так, для ртути из оригинального опыта высота столба, уравнивающего стандартное атмосферное давление, равна 760 мм, для воды — около 10 м. Это означает, что водяной столб высотой в 10 м создает давление равное атмосферному.

Давление водяного столба — гидростатическое давление

Давление жидкости на дно, стенки сосуда или погруженное в эту жидкость тело называют гидростатическим давлением. Оно прямо пропорционально плотности и высоте слоя жидкости. Закон Паскаля:

Давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений во всех направлениях.

Величина гидростатического давления напрямую зависит от плотности жидкости и описывается формулой:

$$P = \rho gh$$

где P - давление, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, h – высота столба жидкости.

Водяной столб высотой 10 метров оказывает давление примерно равное атмосферному.

Абсолютное давление

Давление, которое действует на дайвера, складывается из двух величин: атмосферное давление и давление водяного столба (гидростатическое давление воды). Такое давление называют абсолютным.

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

$$P_{\text{абсолютное}} = D_{\text{глубина}} / 10 + 1$$

Когда речь идёт о давлении, действующем на дайвера, всегда имеется в виду абсолютное давление. Давление на глубине 20 метров составит:

$$P = 20 / 10 + 1 = 3 \text{ АТА}$$

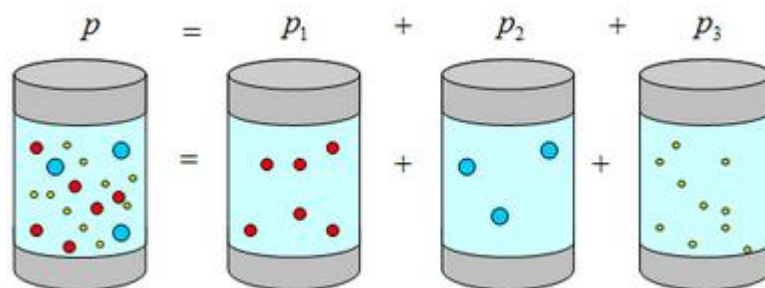
Большинство травм и заболеваний в дайвинге связаны с воздействием на человека повышенного давления.

Закон парциальных давлений.

Закон Дальтона:

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

$$P = PP_1 + PP_2 + PP_3 + \dots + PP_n$$



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

Парциальное давление газа — это давление, создаваемое каждым отдельным газом входящим в газовую смесь.

Расчет парциального давления газа:

$$pP_{\text{газа}} = F_{\text{фракция газа}} \times P_{\text{абсолютное}}$$

$$F_{\text{фракция газа}} = \% \text{ содержания газа} / 100$$

p_r — парциальное давление газа в смеси, $P_{абсолютное}$ — абсолютное давление, % содержание — процентное содержание газа в газовой смеси. Визуально эту формулу можно выразить в виде «кристалла Дальтона»

Например:

Парциальное давление азота на поверхности:

$$p_{PN_2} = 0.78 \times 1 = 0.78 \text{ ATA}$$

Парциальное давление кислорода на глубине 40 метров морской воды:

$$P = 40 / 10 + 1 = 5 \text{ ATA}$$

$$p_{PO_2} = 0.21 \times 5 = 1.05 \text{ ATA}$$

Парциальные давления газов в смеси EAN 32 на глубине 20 м:

$$P = 20 / 10 + 1 = 3 \text{ ATA}$$

$$F_{O_2} = 32 / 100 = 0.32$$

$$F_{N_2} = 68 / 100 = 0.68$$

$$P_{PO_2} = 0.32 \times 3 = 0.96 \text{ ATA}$$

$$P_{PN_2} = 0.68 \times 3 = 2.04 \text{ ATA}$$

$$P = P_{PO_2} + P_{PN_2} = 0.96 + 2.04 = 3 \text{ ATA}$$

Физиология

Гипероксия

Кислород при высоких значениях парциального давления оказывает на наш организм токсическое воздействие. Дыша на поверхности обычным воздухом или смесью Nitrox, мы не можем ощутить этого, но при спуске под воду это воздействие нужно учитывать.

Гипероксия (hyperoxia) — отравление, возникающее вследствие дыхания кислородосодержащими газовыми смесями (воздухом, нитроксом) при повышенном давлении.

Рекомендованное парциальное давление кислорода для дыхательных смесей, используемых в дайвинге:

pPO₂ от 0.20 до 1.40 ATA

Максимально допустимое парциальное давление кислорода для дыхательных смесей, используемых в дайвинге:

pPO_{2max} = 1.60 ATA

Гипероксия может проявляться в двух формах кислородной интоксикации: кислородная интоксикация ЦНС (центральной нервной системы) и общая кислородная интоксикация организма (легочная форма).

Кислородная интоксикация центральной нервной системы

Отравление кислородом, ведущее к поражению центральной нервной системы, принято называть кислородной интоксикацией ЦНС.

Симптомы кислородной интоксикации ЦНС

- Головокружение и тошнота
- Состояние тревоги
- Дезориентация
- Слуховые галлюцинации
- Нарушения зрения: туннельное зрение, ухудшение периферического зрения, возможно возникновение других симптомов, таких как «затуманенное» зрение (пелена перед глазами).

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

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

Последовательность проявления и сила симптомов не может быть спрогнозирована. Судороги могут начаться без предвестников.

Судорожная форма возникает при повышенном парциальном давлении кислорода (более 1,6 бар) в дыхательной смеси.

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

PO₂	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.

Пример: Дайвер совершает погружение на глубину 40 метров на 25 минут, используя воздух в качестве дыхательной смеси. Рассчитать % интоксикации ЦНС дайвера через 120 минут и через 200 мин после выхода на поверхность.

$$pPO_2 = 5 * 0.21 = 1.05 \text{ ата,}$$

в таблице такое значение отсутствует, поэтому мы берем ближайшее большее значение, чтобы наши вычисления были более консервативными.

$$\% \text{ЦНС после погружения} = 0,42\% * 25 \text{ мин} = 10,5\%$$

Поверхностный интервал 120 минут,

$$\tau = 120 / 90 = 1,333 = 1 \text{ (округляем до ближайшего целого)}$$

$$\% \text{ЦНС} = \% \text{ЦНС после погружения} / (\tau * 2) = 10,5 / 2 = 5,25\%$$

Поверхностный интервал 200 минут,

$$\tau = 200 / 90 = 2,222 = 2$$

$$\% \text{ЦНС} = 10,5 / 4 = 2,625\%$$

Факторы, повышающие риск кислородной интоксикации ЦНС

- Лекарственные препараты (сосудосуживающие и др.)
- Высокая физическая нагрузка, усталость
- Тяжелые условия погружения (плохая видимость, надголовные среды, холодная вода)
- Стресс, состояние тревоги, страха

При наличии одного или нескольких из вышеперечисленных факторов пороги возникновения кислородного отравления могут снижаться, т.е. отравление может возникнуть и при более низком парциальном давлении кислорода. Это факт надо учитывать при планировании погружений в сложных условиях.

При дыхании газовой смесью с парциальным давлением кислорода равным 5 атмосферам развивается молниеносное отравление, при котором без стадии предвестников наступает потеря сознания и смерть.

Общая кислородная интоксикация организма

Легочная форма кислородного отравления – это одно из проявлений кислородной интоксикации на организм человека. Легочная форма отравления возникает при относительно длительном воздействии повышенного парциального давления кислорода (1.3–1.6 бар и более) и характеризуется преимущественным поражением дыхательных путей и легких. 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 произойдет 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.

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

PO ₂	РАЗОВЫЙ ЛИМИТ		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

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.

Симптомы общего токсического воздействия кислорода на организм

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

Единицей измерения общей кислородной интоксикации организма принято считать OTU (Oxygen Toxic Unit), которая соответствует 1 минуте дыхания 100% кислородом при нормальном атмосферном давлении. Допустимым пределом дыхания чистым кислородом на поверхности было принято 24 часа, что соответствует 1440 OTU (24 часа * 60 мин * 1 OTU = 1440 OTU)

Максимальный суточный предел для погружения – 850 OTU. Максимально предел для лечения – 1425 OTU.

Для подсчета суточной дозы накопления общей кислородной интоксикации организма нужно использовать таблицу, приведённую ниже.

PO2	ОТУ/мин
0,55	0,15
0,60	0,26
0,65	0,37
0,70	0,47
0,75	0,56
0,80	0,65
0,85	0,74
0,90	0,83
0,95	0,92
1,00	1,00
1,05	1,08

PO2	ОТУ/мин
1,10	1,16
1,15	1,24
1,20	1,32
1,25	1,40
1,30	1,48
1,35	1,55
1,40	1,63
1,45	1,70
1,50	1,78
1,55	1,85
1,60	1,93

Дайверы должны вести учет общей кислородной интоксикации организма, чтобы в случае необходимости прохождения лечения в барокамере знать свой кислородный лимит для лечения. Например, после погружения на EAN40 на глубину 25 метров на 50 минут мы получим 81,5 OTU

$$P = (D/10)+1 = (25/10)+1 = 3,5$$

$$PO_2 = P \cdot FO_2 = 3,5 \cdot 0,4 = 1,40$$

$$OUT = 1,63 \cdot 50 \text{ мин} = 81,5 \text{ OTU}$$

Таким образом, кислородный лимит для лечения после погружения составит:

$$1425 - 81,5 = 1343,5 \text{ OTU}$$

Оказание помощи дайверу с симптомами кислородной интоксикации требует знаний и подготовки. Превышение предельно допустимых глубин для конкретной смеси может привести к возникновению судорожной формы кислородного отравления, а длительное использование найтрокса — к легочной форме. При появлении первых признаков кислородного отравления (стадия предвестников) необходимо немедленно начать подъем на поверхность. Безостановочный подъем его на поверхность приведет к серьезным баротравмам и сосудистой газовой эмболии, что повлечет за собой его смерть. Для подъема дайвера во время конвульсий нужно соблюдать 2 условия:

- Не совершать подъем во время фазы конвульсий, т.к. в этот момент у дайвера заблокирована гортань, и расширяющийся газ не может выйти наружу.
- Во время фазы расслабления необходимо удерживать вторую ступень регулятора во рту дайвера предотвращая её выпадение, т.к. дайвер не способен в этот момент удерживать регулятор самостоятельно.

На поверхности необходимо освободить пострадавшего от снаряжения и поместить его в теплое, затемненное и тихое место. В течение суток пострадавший должен находиться под наблюдением врача.

Гипоксия.

Гипоксия — пониженное содержание кислорода в организме или отдельных органах и тканях. Гипоксия возникает при дыхании смесью с низким парциальным давлением кислорода, низким содержании кислорода в 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, мышцы сердца, ткани почек, печени.

Признаки и симптомы гипоксии:

- Потеря концентрации и ясности мышления
- Потеря контроля мелкой моторики
- Растерянность, дезориентация
- Сонливость, слабость, усталость
- Головокружение
- Потеря сознания

Симптомы гипоксии могут возникнуть при дыхании смесью с парциальным давлением кислорода ниже 0.16 АТА. Рекреационные дайверы не используют такие смеси, но если вы решите подняться в горы, то с падением атмосферного давления будет понижаться и парциальное давление кислорода. Вы можете почувствовать признаки «горной болезни», которая и вызвана гипоксией.

Технология производства смесей Nitrox.

Метод использования газовой мембраны для приготовления смесей Nitrox



Одним из наиболее широко распространенных методов приготовления смесей Nitrox для дайвинга является метод использования газовой мембраны. В упрощенном виде, мембрана представляет из себя фильтрующий элемент, который позволяет частично ограничить прохождение через него более крупных молекул азота, не препятствуя прохождению молекул кислорода.

Преимущества:

- Метод не требует наличия чистого кислорода, для приготовления смесей Nitrox, т.к. исходным сырьем является воздух.
- Метод позволяет приготавливать смеси Nitrox с

высокой степени точности.

- Метод не требует постоянного вмешательства оператора в процесс приготовления смеси.
- Приготовление большого количества смесей без особых усилий.

Недостатки:

- Требуется использование дорогостоящего оборудования – мембраны.
- Требуется дополнительная очистка воздуха перед подачей на мембрану.
- Нет возможности приготовления смесей различного состава.

Метод прямого непрерывного смешивания газов

Данный метод приготовления смеси использует конструкцию, которая позволяет обогащать и смешивать воздух с кислородом непосредственно перед подачей его в компрессор. Чистый кислород через регулируемую дюзю подается в емкость для смешивания, куда также поступает воздух. На выходе из емкости установлен газоанализатор, который показывает состав смеси. Регулируя объем подачи кислорода, можно получить желаемую смесь, которая поступит в воздухозаборник компрессора.

Преимущества метода:

- Невысокая стоимость оборудования для приготовления смеси.
- Возможность приготовления различных смесей, но в небольшом диапазоне, с содержанием кислорода не более 40%.
- Простота настройки и регулировки оборудования.
- Приготовление большого количества смесей доступно

Недостатки:

- Требуется постоянный контроль подачи кислорода со стороны оператора
- Требуется наличие чистого кислорода

Метод парциального смешивания газов



Наиболее универсальный метод, позволяющий приготовить смеси с высокой степенью точности. Данный метод требует наличия чистого кислорода и воздушного компрессора, а также устройства перепуска газа с манометром. Для приготовления смесей этим способом требуются баллоны, обязательно прошедшие кислородную очистку. Оператор заполняет баллон, в котором он приготавливает смесь Nitrox, чистый кислород из транспортного баллона в строго определенном количестве. После этого он добавляет в баллон воздух с помощью воздушного компрессора. В результате получается смесь с необходимым содержанием кислорода.

Преимущества:

- Возможность приготовить Nitrox с любым содержанием кислорода.
- Высокоточный метод приготовления смеси.
- Низкая стоимость и компактность дополнительного оборудования.

Недостатки:

- Требуется специальной подготовки баллонов.
- Требуется наличия чистого кислорода.
- Требуется работы высококвалифицированного специалиста – газблендера.
- Несет повышенную опасность в процессе приготовления смеси.
- Нет возможности для приготовления смесей в больших объемах.

Планирование погружений на смесях Nitrox

Подбор смеси Nitrox для погружения

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 поможет правильно подобрать смесь, учитывая влияния факторов, увеличивающих риск кислородной интоксикации.

Рекомендованное парциальное давление кислорода в смесях Nitrox для рекреационных погружений составляет 1.4 ATA, но в случае наличия двух или более факторов увеличивающих риск возникновения кислородной интоксикации ЦНС, рекомендуется уменьшить это значение до 1.3 ATA

Пример:

Необходимо подобрать смесь для погружения в озере. Температура воды 9°C, видимость воды до 15 метров, глубина планируемого погружения 35 метров.

Исходя из того, что у нас есть только один фактор, увеличивающий риск возникновения кислородной интоксикации ЦНС, мы выбираем значение $pO_2 = 1.4$ ATA

$$\text{Давление на глубине 35 м } P = D / 10 + 1 = 35 / 10 + 1 = 4.5 \text{ ATA}$$

$$\text{Фракция кислорода } F_{O_2} = pO_2 / P = 1.4 / 4.5 = 0.311$$

Следовательно, лучшей смесью для подобного погружения будет смесь, содержащая 31% кислорода – **EAN31**

Планирование погружений на смесях Nitrox

Для планирования погружений и повторных погружений на смесях Nitrox вы можете использовать таблицы планирования погружений на воздухе IDU (*смотри приложения*) и значение эквивалентной азотной (воздушной) глубины).

Эквивалентная азотная (воздушная) глубина EAD используется для того, чтобы пересчитать действительную глубину погружения в азотный эквивалент воздушной глубины. По причине пониженного содержания азота в смесях Nitrox, дайвер получает меньшее насыщение тканей азотом, что с точки зрения декомпрессии эквивалентно тому, что он погрузился на меньшую глубину на воздухе.

Формула для вычисления EAD:

$$EAD = \left(\frac{FN_2}{0.79} \right) * (D+10) - 10$$

где FN_2 – фракция азота в смеси Nitrox, а D – глубина погружения.

Пример: рассчитаем EAD для погружения на смеси EAN 32 на глубину 30 метров.

$$FN_2 = 1 - 0.32 = 0.68$$

$$EAD = (0.68/0.79) * (30+10) - 10 = 24.43 \text{ м}$$

Следовательно, для расчёта группы по азоту после совершения погружения и группы по азоту после поверхностного интервала мы будем считать, что наше погружение проводится на глубину 25 метров.

Максимальная глубина использования - MOD

Для любой смеси Nitrox дайвер должен обязательно рассчитать максимальную глубину использования – MOD. Этот расчет жизненно необходим дайверу, чтобы избежать риск кислородной интоксикации ЦНС вследствие превышения максимально разрешенного значения pPO_2 при погружении. MOD означает максимальную глубину на которой данной смесью Nitrox можно дышать. MOD рассчитывается исходя из максимального значения pPO_2 для дайверов, равному 1.6 ATA. После проведения анализа газа и расчёта, MOD должен быть нанесен на наклейку для маркировки баллона и записан в журнал учета использования смесей Nitrox.

Пример: проведя анализ газа в баллоне вы установили, что смесь содержит 37% кислорода. MOD для EAN 37 равен.

$$MOD = ((pPO_2 \text{ max} / FO_2) - 1) \times 10$$

$$MOD = ((1.6 / 0.37) - 1) \times 10 = 33.2 \text{ м}$$

Полученный результат говорит, что максимальная глубина, на которой мы можем использовать эту смесь равна 33 м. Учитывая, что рекомендованное значение pPO_2 для дайверов равно 1.4 ATA, мы можем вычислить рекомендованную, безопасную глубину для этой смеси по той-же формуле.

$$D = ((1.4 / 0.37) - 1) \times 10 = 27.8 \text{ м}$$

Исходя из этого дайвер должен планировать свое погружение на глубину не более 28 м, при этом зная, что в случае непредвиденной ситуации он может использовать эту смесь на глубине до 33 м, но не более.

При планировании погружений на смесях Nitrox необходимо учитывать не только величину парциального давления кислорода, которая ограничивает глубину наших погружений, но также время погружений и величину парциального давления кислорода, при котором совершаются погружения. Необходимо проводить расчеты кислородной интоксикации ЦНС и общей кислородной интоксикации организма. Особенно это важно при проведении серии погружений.

Использование дайвинг компьютеров для контроля и планирования погружений на смесях Nitrox



Использование таблиц для учета и планирования погружений на смесях Nitrox является важным навыком. К сожалению, этот метод является не очень точным, т.к. не подходит для большинства рекреационных погружений, которые не предполагают точное выполнение плана и постоянной глубины погружения. Рекреационные погружения, обычно, проходят по сложному профилю, которой трудно учесть, при планировании по таблицам. Дайвинг компьютеры как раз и предназначены для преодоления этой проблемы.

Перед использованием компьютера для дайвинга при погружениях на смесях Nitrox вам следует убедиться, что данная модель компьютера имеет возможность это делать и имеет специальный режим, позволяющий устанавливать значение процентного содержания кислорода в используемой вами смеси Nitrox. Практически все современные компьютеры для дайвинга имеют такой режим.

До начала погружения вам нужно переключить компьютер в режим Nitrox и установить значение процентного содержания кислорода в смеси, которое вы получили после проведения анализа. Это необходимо делать перед каждым погружением, если процентное содержание смеси меняется или не соответствует тому, что установлено на компьютере. Если вы не проведете эту процедуру, то ваш компьютер будет отображать и рассчитывать неверные данные, что сразу делает его бесполезным инструментом, дальнейшее использование которого может привести к ущербу для здоровья дайвера. Некоторые модели компьютеров требуют установки величины парциального давления кислорода, которое используется для аварийной сигнализации при превышении этого параметра и для упрощения процесса планирования погружений.

Все современные компьютеры для дайвинга имеют режим планирования погружений. Это очень важная функция, т.к. компьютер имеет и использует всю информацию о ваших предыдущих погружениях, уровне остаточного азотного насыщения и уровне кислородной интоксикации. Компьютер использует эту информацию при планировании повторных погружений и отображения предыдущей информации на дисплее с подачей предупреждающих сигналов о достижении пределов и опасности.

Требования к оборудованию при использовании смесей Nitrox

Кислородная очистка

Процедура удаления веществ, которые могут вызвать воспламенение при контакте с кислородом при высоких давлениях называют кислородной очисткой. Эта процедура включает в себя промывку оборудования специальными составами, которые удаляют все вещества, которые могут воспламениться при контакте с кислородом при высоком давлении, в первую очередь это вещества с высоким содержанием углерода и силиконовые смазки.

Кислородная совместимость

Под этим понятием подразумевается, что детали, компоненты или смазочные материалы, используемые в оборудовании, способны работать в условиях контакта с кислородом под высоким давлением. Эти материалы кислородоустойчивы и имеют низкий уровень воспламенения.

Кислородный сервис

Термин «кислородный сервис» - означает, что оборудование или его части пригодны для использования в кислородных средах, т.е. это оборудование прошло кислородную очистку и содержит в себе материалы пригодные для использования при контакте с кислородом при высоких давлениях. Фактически этим термином обозначают, что оборудование прошло специальную подготовку и обслуживание, все детали и смазки, которые могут иметь контакт с кислородом высокого давления заменены на кислородосовместимые, оборудование прошло кислородную очистку.

Требования к регуляторам

При использовании смесей Nitrox с содержанием кислорода до 40% кислородный сервис для регуляторов не требуется, однако если дайвер рассчитывает постоянно использовать свой регулятор для погружения на смесях Nitrox, прохождение кислородного сервиса вполне оправдано, т.к. может продлить срок работы деталей оборудования.

Требования к баллонам



Кислородный сервис не требуется для баллонов, при использовании забивки методами непрерывного смешивания и методом забивки с использованием газовой мембраны, т.к. в этом случае в баллон попадает уже готовая смесь Nitrox.

При забивке баллонов методом парциального смешивания газов кислородный сервис является обязательным, т.к. контакт с чистым кислородом может вызвать воспламенение и взрыв баллона.

Баллоны для использования смесей Nitrox не требуют специальной проверки и должны проходить визуальный и гидростатический тест согласно законодательству страны их использования.

Баллоны для использования смесей Nitrox должны иметь обязательную маркировку, согласно правилам эксплуатации баллонов в стране их использования.

Nitrox Diver IDU должен самостоятельно наносить маркировку на баллоны со смесью Nitrox, которые собирается использовать, согласно правилам и рекомендациям данного курса.

Анализ газов



Сертифицированный Nitrox Diver IDU должен самостоятельно провести анализ газовой смеси в баллоне, который он собирается использовать, не смотря на наличие маркировки, сертификатов и любых иных заявлений со стороны, предоставившей данные баллоны.

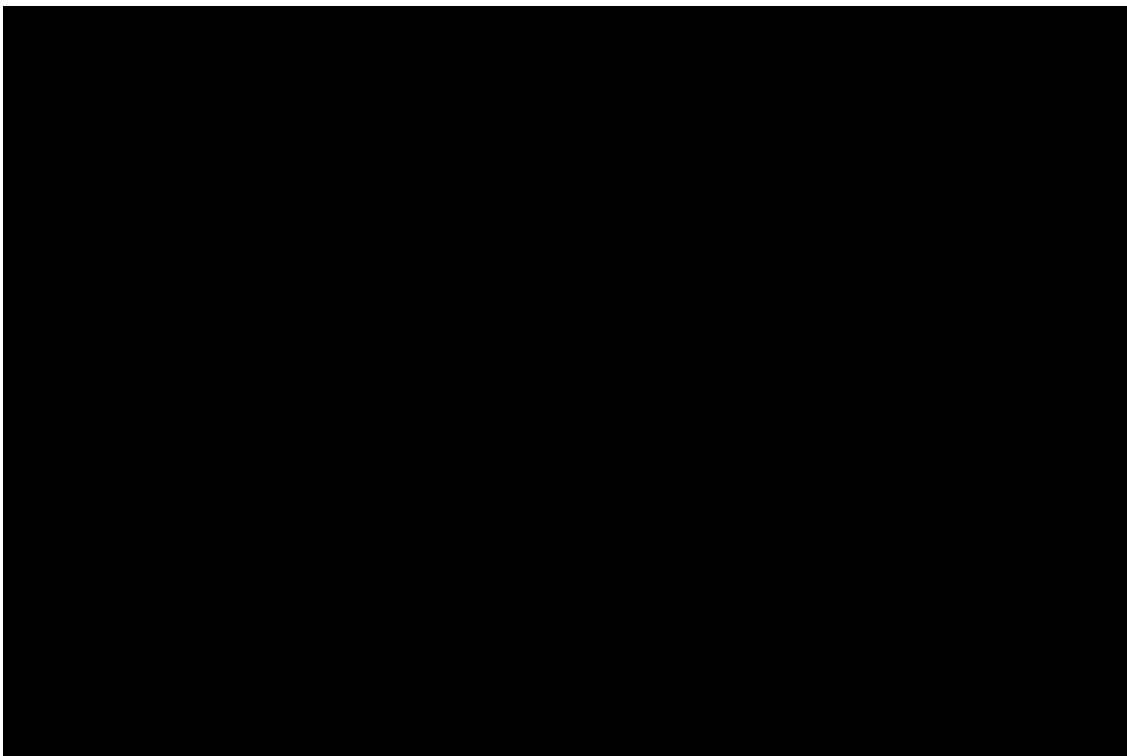
Анализ смесей необходимо производить с помощью специального газоанализатора, способного измерять содержание кислорода в смеси.

Газоанализатор необходимо калибровать непосредственно перед его использованием, если калибровка необходима.

Газоанализатор можно откалибровать, используя воздух, установив показания содержания кислорода в пределах 20,8 – 21 %

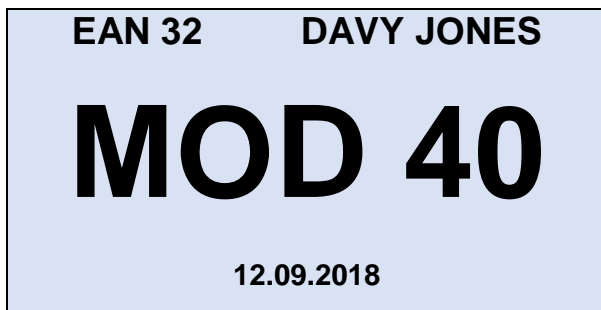
Газоанализатор можно откалибровать, используя чистый кислород, установив показания содержания кислорода в пределах 99 – 100 %

Анализ газов производится по инструкции к газоанализатору. Примеры работы с газоанализатором вы можете посмотреть в учебном видео.



<https://www.youtube.com/watch?v=KdtuyJR2GWE>

Маркировка баллонов



Для маркировки баллонов со смесью Nitrox дайвер IDU должен использовать следующий образец. Маркировка наносится в виде наклейки около вентиля баллона. На ней должны быть указаны следующие данные:

- Имя дайвера.
 - Обозначение смеси, полученное в результате анализа.
- MOD – максимально возможная глубина использования смеси ($pPO_2 = 1.6 \text{ ATA}$).
 - Дата проведения анализа смеси.

Данная наклейка наносится дополнительно к уже имеющимся на баллоне стандартным наклейкам, либо все необходимые данные, перечисленные выше наносятся на стандартную наклейку, если это допустимо.

Учет использования газовых смесей

Дайвер, прошедший курс обучения на курсе Nitrox Diver должен заполнить журнал учета использования смесей Nitrox. В некоторых странах это обязательное требование, которое оговорено в местном законодательстве. Даже если местное законодательство этого не требует, данное правило поможет избежать возможных ошибок и может помочь в спорных ситуациях при взаимоотношениях со стороной оказывающей услуги по прокату баллонов и приготовлению газов. В журнал учета использования смесей Nitrox необходимо вносить:

- Имя дайвера.
- Серийный номер баллона.
- Данные анализа газа, предоставленные поставщиком.
- Данные анализа газа, полученные дайвером в ходе замера.
- MOD смеси.
- Дату анализа.
- Подпись дайвера, внесшего данные в журнал.

The logo for NITROX is displayed within a rectangular frame. It features a central yellow horizontal band with the word "NITROX" in a bold, green, serif typeface. This central band is bordered above and below by solid green horizontal bars of equal thickness.

NITROX

Приложения

Air Dive Tables IDU / Таблицы планирования погружений IDU																
Dive Time, min / Время, мин	Depth, m / Глубина, м															
	12	15	18	21	24	27	30	33	36	40						
	5															
	15	10	10	5	5	5	5									
	25	15	15	10	10	10	7	5	5	5						
	30	25	20	15	15	12	10	10	10	8						
	40	30	25	20	20	15	15	13	12	10						
	50	40	30	30	25	20	20	15	15							
	70	50	40	35	30	25	22	20								
	80	60	50	40	35	30	25									
100	70	55	45	40												
110	80	60	50													
130	90															
150	100															
170																