

Кессонная болезнь

История кессонной болезни

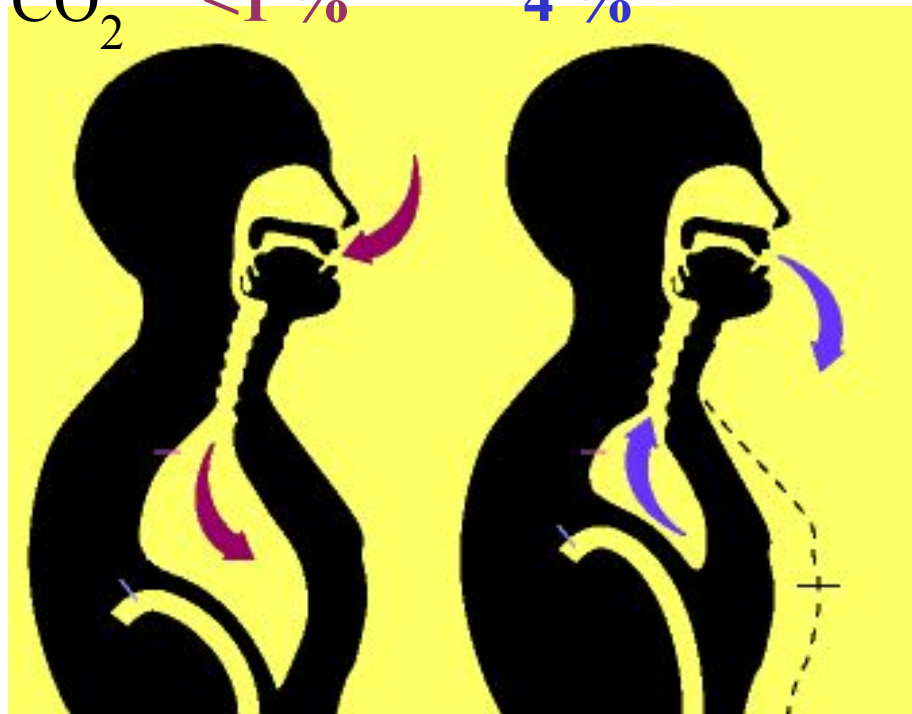
Люди никогда бы не болели кессонной болезнью, по крайней мере, она называлась бы по-другому, если бы не изобрели воздушный насос. Воздушный насос позволял выгонять воду из кессонов (колоколов), опущенных в реку, и таким образом образовывать рабочие места для создания и ремонта опор мостов **(у доски)**. Таким образом в начале 1870 годов создавался мост через Миссиссиппи в городе Сент-Луисе. 600 рабочих, сделавшие своё дело на глубине, находясь под высоким давлением, быстро проходили декомпрессию, но в последствии 119 из них жаловались на боли в суставах, а для многих из них всё оканчивалось очень серьёзно - их разбивал паралич и 14 из них умерли. Характерной чертой рабочих, работавших в кессонах, была “сутулость”, возникшая из-за болезненности в пояснице. Эти мужчины принимали позу дам при дворе правившей тогда королевы Виктории, и окружающие так и прозвали их BENDs.



Причины кессонной болезни

Что мы *вдыхаем* и *выдыхаем*

	<i>Вдох</i>	<i>Выдох</i>
N_2	78 %	78 %
O_2	21 %	17 %
CO_2	<1 %	4 %



ВДОХ

ВЫДОХ

Причины кессонной болезни

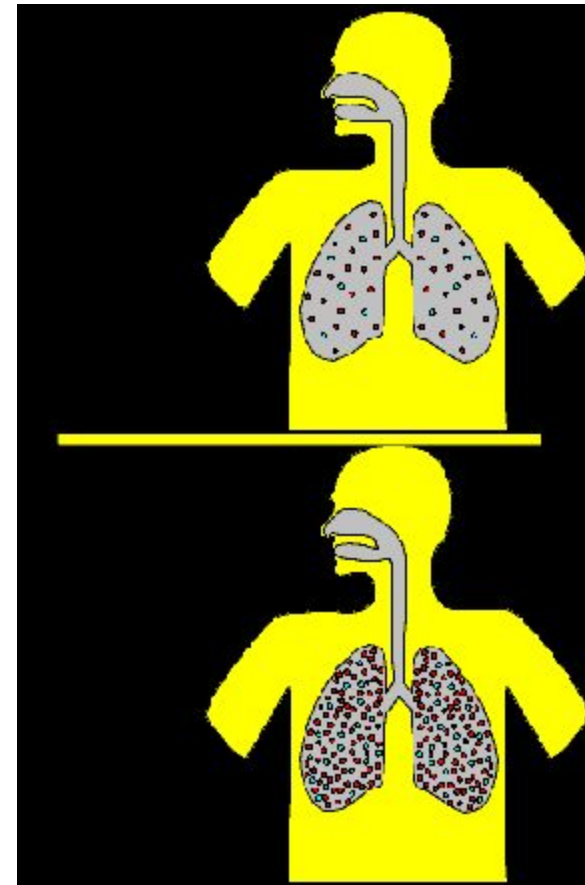
Насыщение лёгких газами у аквалангиста

на уровне моря

- парциальное давление **азота**, 0.8 атм,
- парциальное давление **кислорода**, 0.2 атм

на глубине 30 м

- парциальное давление **азота**, 3.2 атм,
- парциальное давление **кислорода**, 0.8 атм



• азот

• кислород

Причины кессонной болезни

Насыщение тканей газами происходит *медленно*

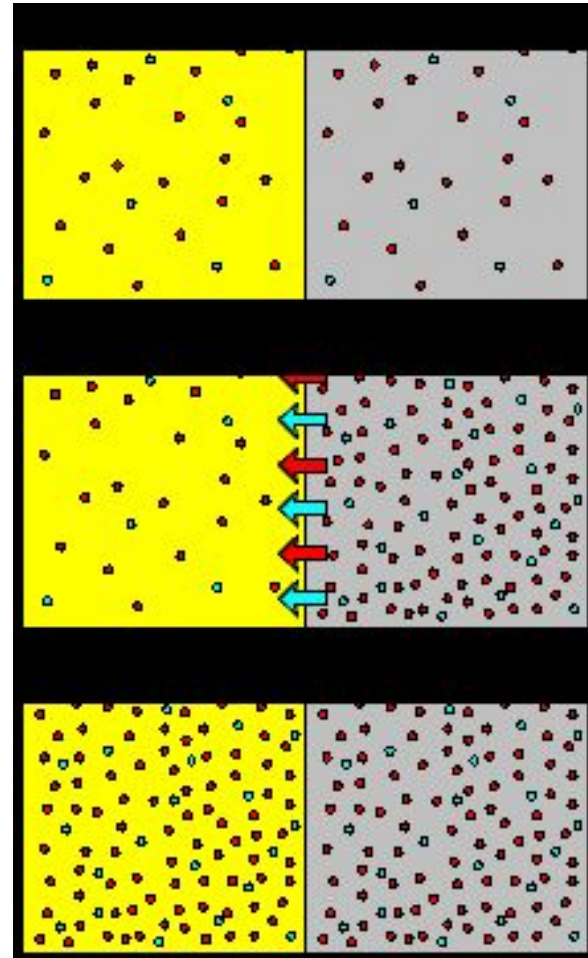
на уровне моря

1-ая минута дыхания под
высоким давлением

насыщение тканей газами
через 10 минут

ткани

легкие



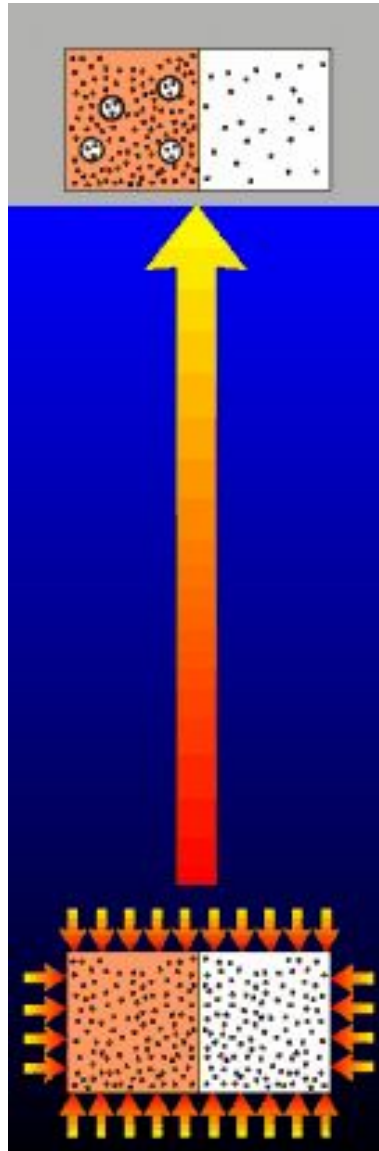
● азот

● кислород

Причины кессонной болезни

ткани

лёгкие



Ткани аквалангиста, всплывающего на поверхность, содержат избыток азота. При этом, концентрация кислорода в тканях гораздо ниже, чем азота потому что:

- (1) кислорода в 4 раза меньше, чем азота и
- (2) кислород усваивается тканями.

В результате происходит то же самое, что с бутылкой газированной воды, когда её открывают - в тканях аквалангиста образуются пузырьки азота. Однако, пузырьки образуются не в кровеносных сосудах, а на границе движущихся тканей (в суставах, например), где существуют т.н. ядра, необходимые для образования пузырьков.

Что такое “хрустеть” суставами?

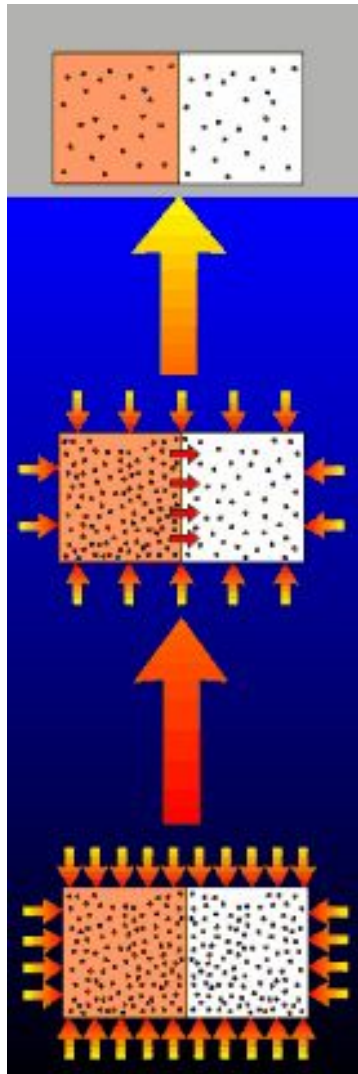
Как избежать кессонную болезнь

Аквалангисты-любители, ныряющие под воду, чтобы отдохнуть, используют для дыхания сжатый обычный воздух, позволяющий находиться под водой не более *10 минут* на глубинах не более *39 метров*. Короткое время пребывания под водой и относительно малые глубины позволяют избежать кессонную болезнь.

Как избежать кессонную болезнь

ткани

лёгкие



3-х минутная остановка на глубине 6 м

Как избежать и лечить кессонную болезнь



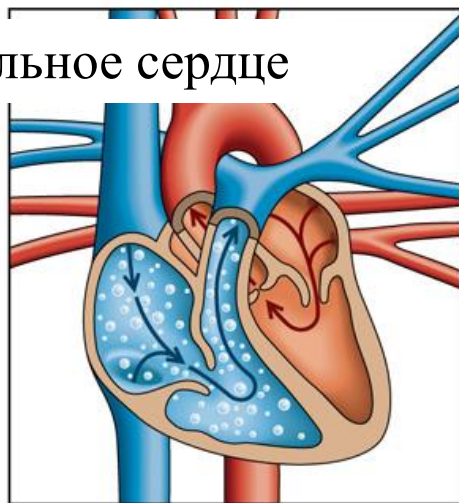
Гипербарическая
(декомпрессионная)
камера

Заболевшего опять помещают в кессон под высокое давление, где он дышит чистым *кислородом (?)*, пока давление медленно понижают, что позволяет уменьшить размер газового пузырька.

Почему лететь на самолёте нельзя сразу после занятий подводным плаванием?

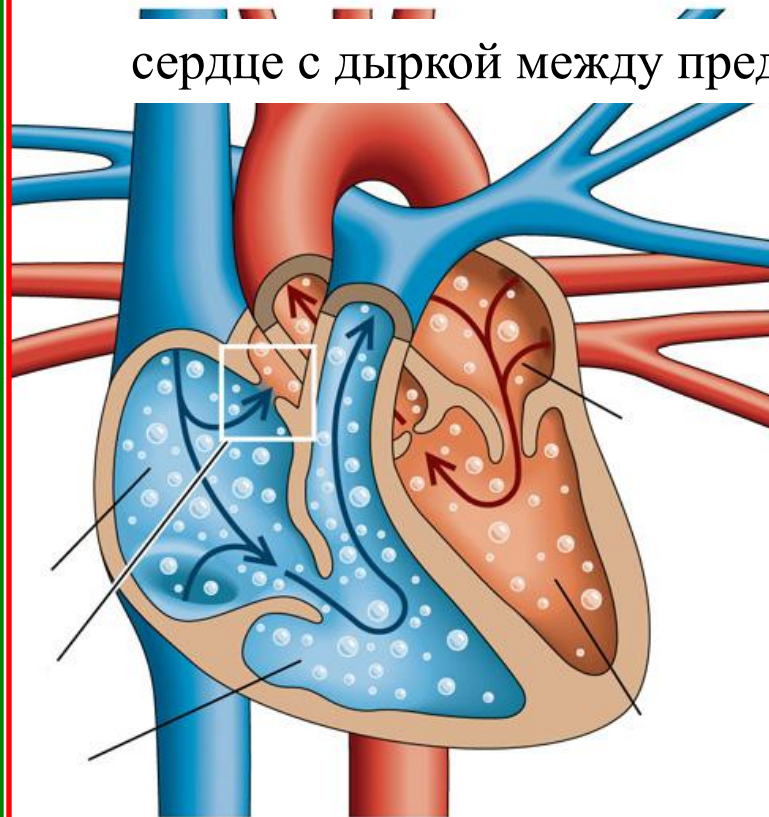
Опасность кессонной болезни для людей с дефектом межпредсердной перегородки (10 %)

нормальное сердце



пузырьки газа
застревают в тонких
капиллярах легких, не
принося большого вреда

сердце с дыркой между предсердиями



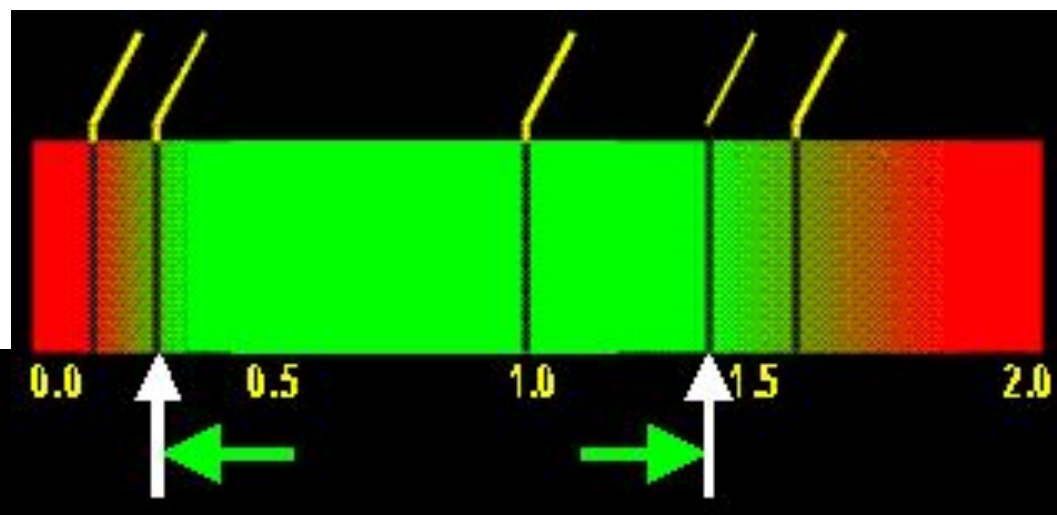
пузырьки газа застревают в тонких
капиллярах мозга, приводя к
серьёзным осложнениям

Как нырнуть на глубину около 100 м

Если просто сжать воздух до 11 атм, то окажется, что парциальное давление кислорода в нём 2,3 атм, а это много, так, как кислород

ТОКСИЧЕН!!!

парциальное давление
кислорода, атм



ГИПОКСИЯ

безопасная
зона

ИНТОКСИКАЦИЯ,
судороги,
паралич

Как нырнуть на глубину около 100 м

Вывод 1:

Хочешь нырять на большую глубину сжимай до нужного давления газовые смеси, содержащие **меньший процент кислорода, чем в атмосфере**

Как быть с азотом?

Почему азот при давлении 5 - 10 атм
(40 - 90 м глубины)

не годится для аквалангистов:

- (1) обладает **наркотическим** действием,
- (2) становится очень **густым (плотным)** и им тяжело дышать

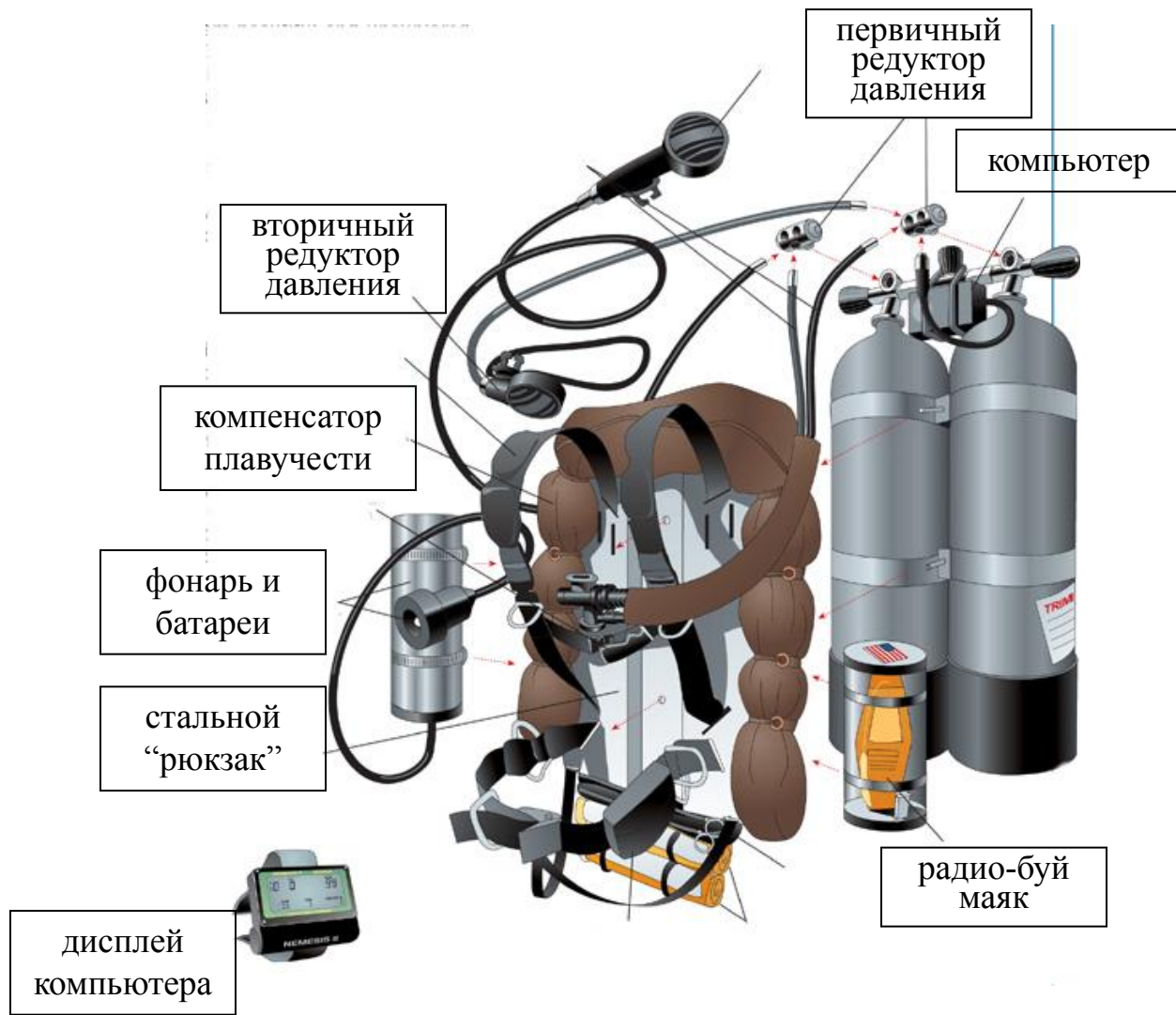
Вывод 2: в составе газовых смесей надо заменить азот на **ГЕЛИЙ**, так как он:

- (1) **не** обладает **наркотическим** действием,
- (2) и имеет плотность в 7 раз меньше, чем азот

Газовые законы для аквалангиста

Чем *глубже* плавает аквалангист, тем *больше* ему требуется баллонов со сжатым воздухом:

- на глубине 90 метров одного баллона хватает на 10-12 минут,
- а на глубине 1-2 метра того же баллона хватит на 120 минут



Для того, чтобы провести полчаса на глубине, например, 80 м, аквалангисту нужно нести с собой 4 баллона с различными газовыми смесями. Два больших баллона со смесью ТРИМИКС (кислород, гелий и азот), которые помещаются за спиной аквалангиста, будут необходимы во время спуска на глубину, 30 мин нахождения там и поднятия до 37 м. После чего начнётся долгая процедура декомпрессии, в течение которой используется уже другая смесь НИТРОХ-2 (36 % кислорода и 64 % азота) и чистый кислород, баллоны с которыми привязаны по бокам. Декомпрессия будет продолжаться часа полтора и будет заключаться в двенадцати 6-8 минутных остановках через каждые три метра подъёма.



Стоимость курса тренировки опускания на глубину, большую 39 метров составляет несколько тысяч долларов, а стоимость костюма и оборудования, которое изображено на рисунке ещё 9000 \$, включая памперсы, так как погружение на такую глубину вместе с периодом декомпрессии может занимать более 2,5 часов. Затраты конечно могут окупаться, когда речь идёт о поднятии, например, сокровищ со дна морей и океанов.

Как не соблюдать газовые законы аквалангиста,

Чем *глубже* плавает аквалангист, тем *больше* ему требуется баллонов со сжатым воздухом:

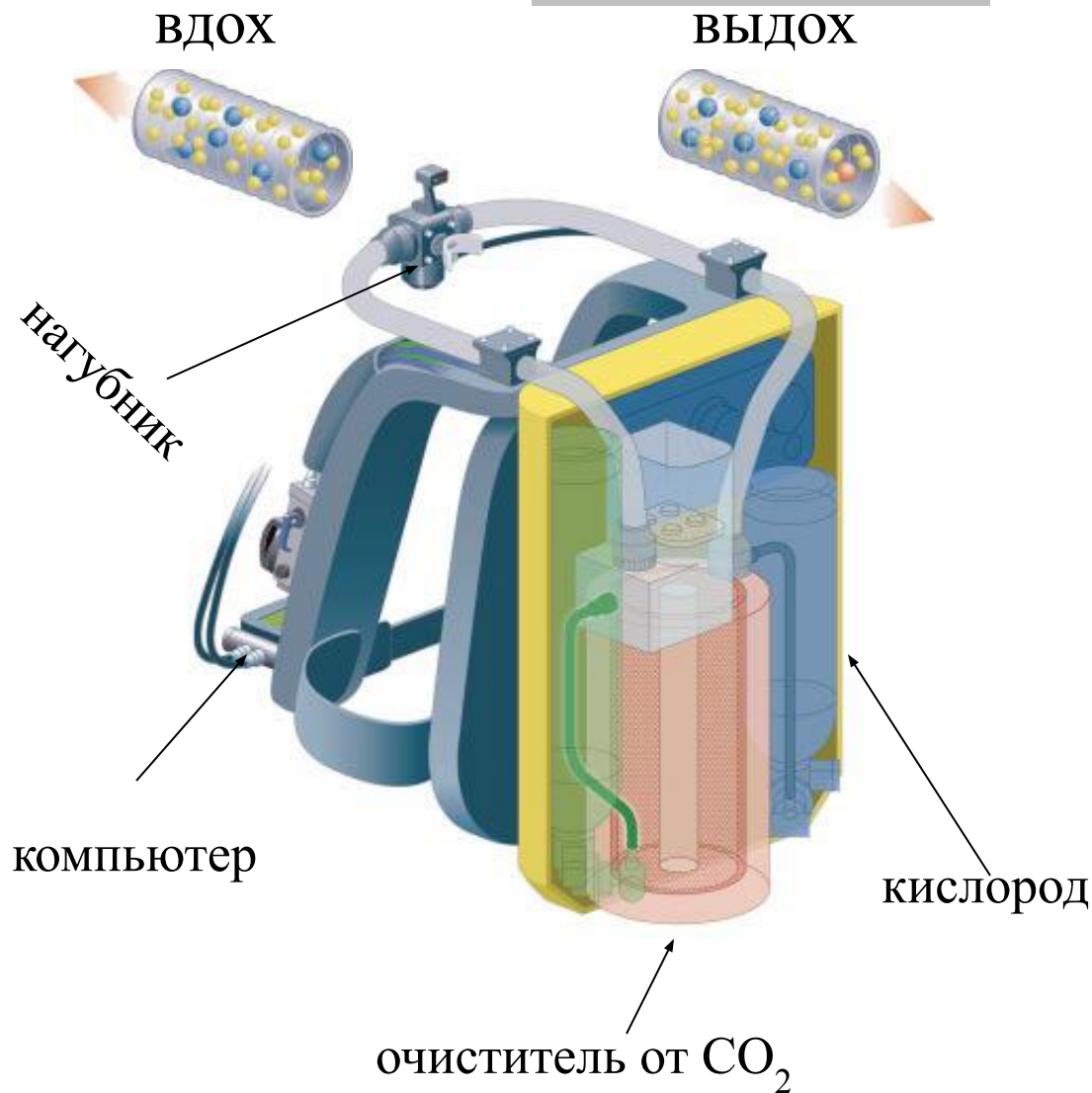
- на глубине 90 метров одного баллона хватает на 10-12 минут,
- а на глубине 1-2 метра того же баллона хватит на 120 минут

А, если не выдыхать в воду, а использовать для дыхания тот воздух, который только-что выдохнул?

Усовершенствованный акваланг (rebreather)

кислород, 15 %
гелий, 85 %

кислород, 14,8 %
CO₂, 0,2 %
гелий, 85 %



Позволяет
увеличить
длительность
пребывания под
водой в 10 раз, так
как регенерирует
дыхательную смесь
- из выдыхаемого
воздуха делает
смесь, пригодную
для дыхания

Места постоянного обитания под водой





Жак-Ив Кусто (1910-1997)

- изобретатель *акваланга* (Aqua-Lung) или
СКУБА (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus)

Как избежать кессонную болезнь?

Почему кессонной болезни **нет у рыб**?

Ответ: потому что они дышат водой.

Может ли человек дышать водой?

Ответ: нет, не может, потому что растворимость кислорода в воде очень мала, $1/20$

А если найти жидкость, которая бы хорошо удерживала в себе кислород?

Перфторуглероды (perfluorocarbons) - жидкости, которыми можно дышать



Перфторуглероды (углеводороды, где водород заменили на фтор) могут содержать до 65 % кислорода, который может быстро выходить из них в ткани с меньшей его концентрацией

Вопросы для повторения:

- Какие опыты поставили, чтобы показать роль сил поверхностного натяжения в дыхании?
- Почему постоянный синтез сурфоктантов помогает нам дышать, и что происходит, когда он прекращается?
- Почему аквалангисты должны дышать под водой сжатым воздухом?
- Почему при спуске на большие глубины водолазы не могут использовать сжатый воздух, а должны приготавливать специальные дыхательные смеси?
- Что такое кессонная болезнь и как её избежать?