

22 декабря 2007 года

**внимательно** слушаем:

- от чего мы можем умереть
- как мы дышим
  - роль сил поверхностного натяжения
  - как можно бороться с атипичной пневмонией
- как дышат водолазы
- учимся дышать, как рыбы

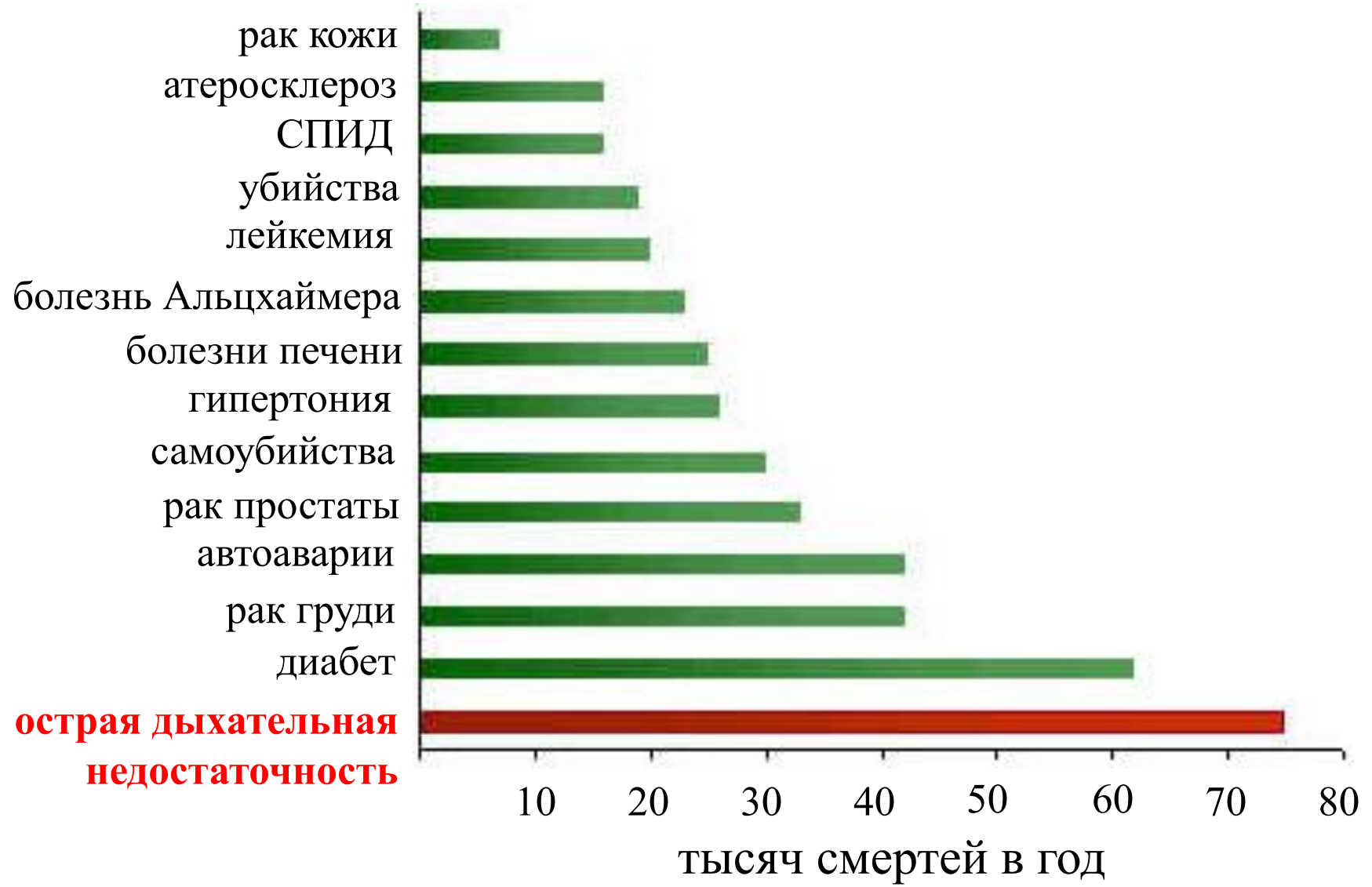
# Вопросы для повторения

- Как отличаются силы, действующие на молекулы в глубине жидкости и на её поверхности?
- Как пытаются изменить величину поверхности силы поверхностного натяжения?
- Как зависит сила поверхностного натяжения от «полярности» молекул жидкости?
- Как используют силы поверхностного натяжения для изготовления ружейной дроби?
- Какой должна стать вода, чтобы лучше отмыть грязь?
- Почему мыло (детергент) уменьшает поверхностное натяжение водного раствора?
- Как мыло удаляет жир?
- Почему бельё полощут в холодной воде?
- Почему мыло плохо «моет» в жёсткой воде?

## Вопросы для повторения

- Какие примеси в воде особенно опасны?
- Из чего состоят одноразовые кассеты портативных фильтров воды?
- Как получают активированный уголь и какие его свойства?
- От чего нельзя избавиться с помощью портативных фильтров воды?
- Почему хлорируют воду?
- Откуда в воде образуется красный осадок?
- Что такое ультрафильтрация?

# Смертность от различных заболеваний



**острая дыхательная недостаточность-основная причина смерти**

# Атипичная пневмония или Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)

- инкубационный период, 2 - 10 дней.
- признаки инфекции - высокая температура ( $> 38^{\circ}\text{C}$ ), озноб, головная и мышечная боль.
- сухой кашель, развивающийся через 3-7 дней, часто приводит к гипоксемии (уменьшенному содержанию кислорода в крови). Около 10-20 % больных задыхаются, и их может спасти только искусственная вентиляция лёгких.
- смертность от SARS во время последней эпидемии составила 11%.

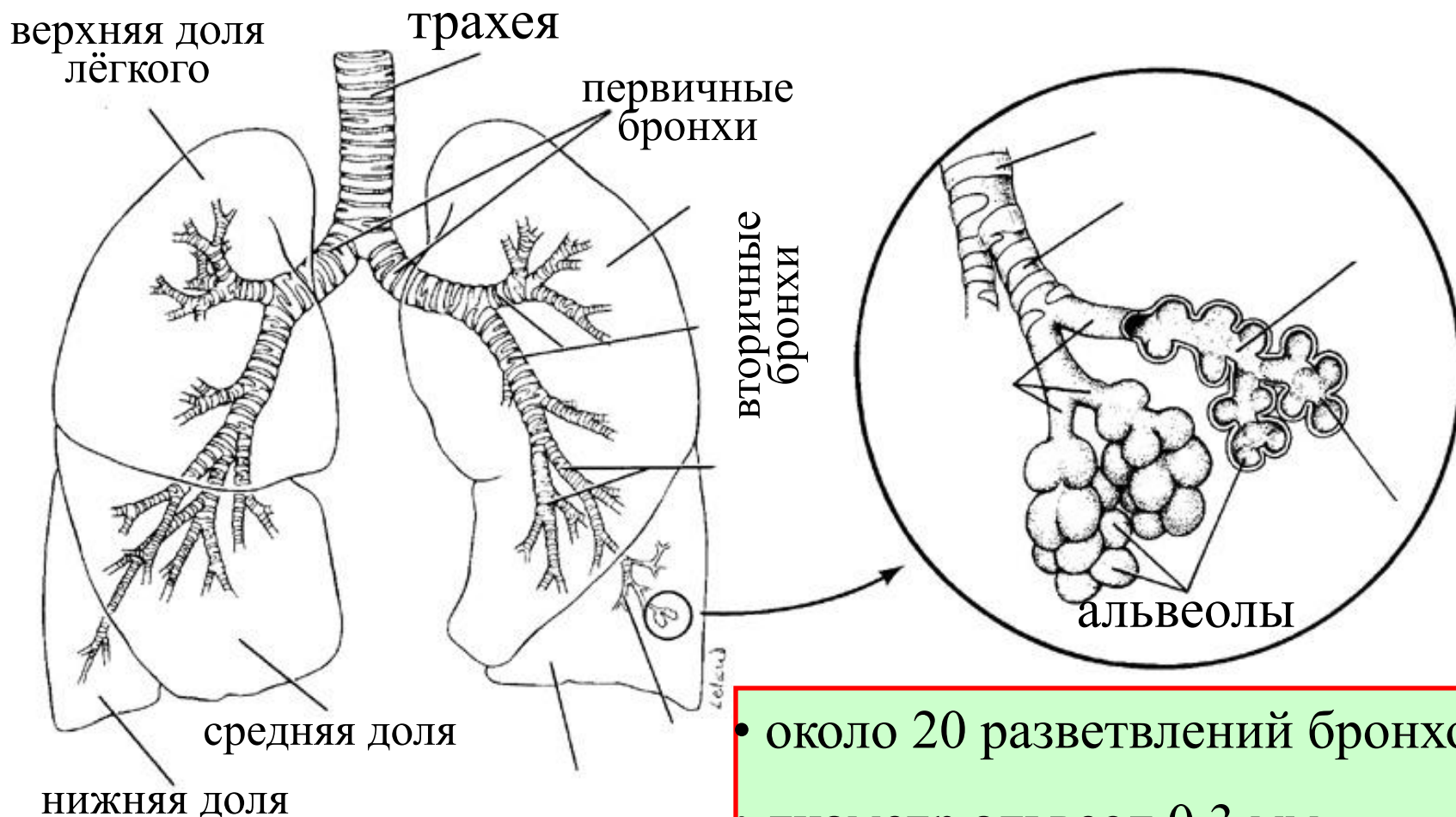
**Почему нам становится тяжело дышать?  
Как устроены лёгкие?**

# Строение лёгких



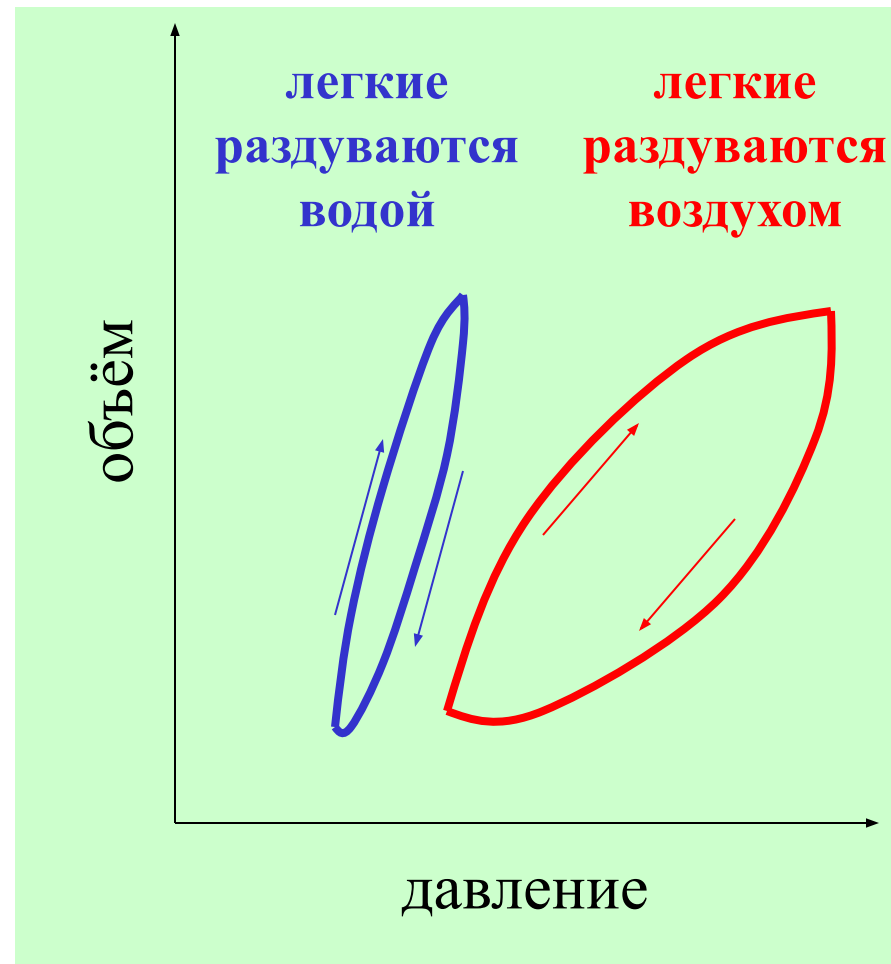
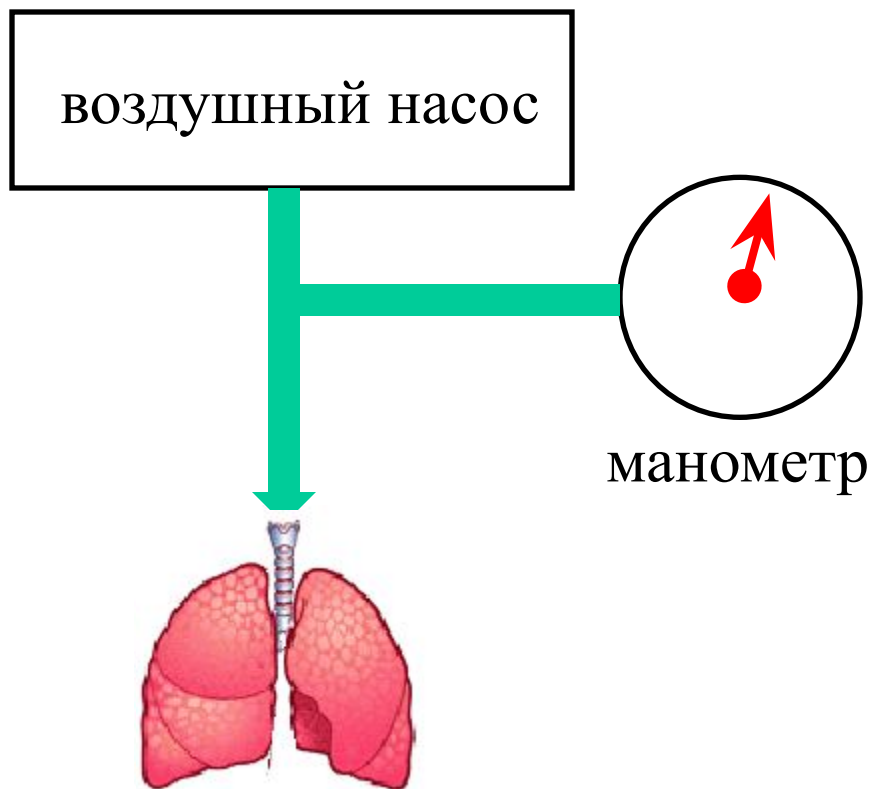
Снимок грудной клетки, сделанный в рентгеновских лучах, после того, как человек вдохнул воздух, содержащий газ (какой?), задерживающие X-лучи

# Строение лёгких



- около 20 разветвлений бронхов
- диаметр альвеол 0,3 мм
- 300 млн альвеол

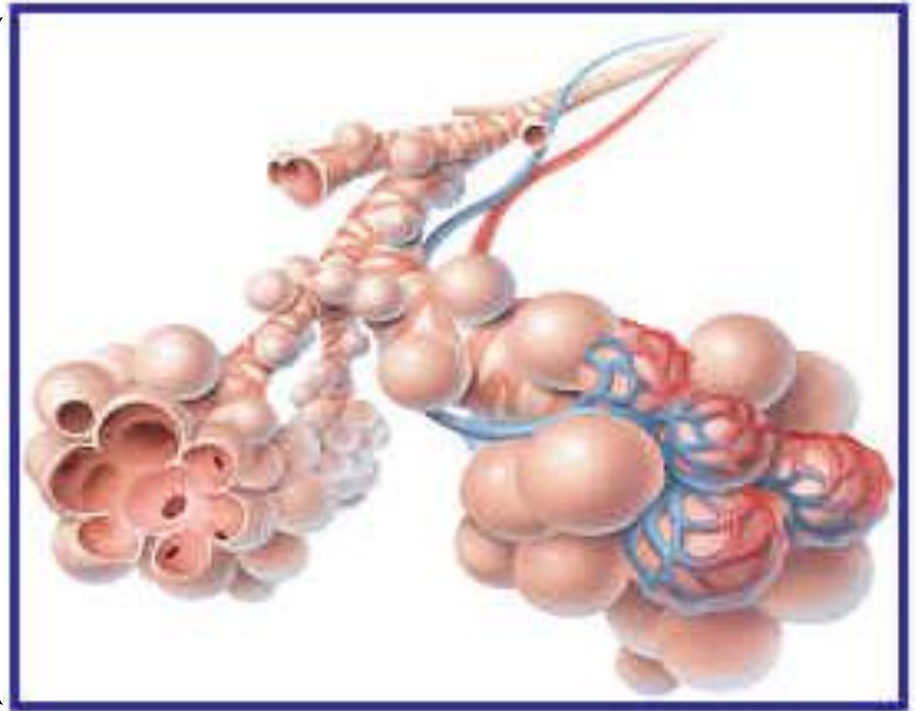
# Дыхание и поверхностное натяжение



В 1929 г. швейцарский ученый Карл фон Нииргард показал, что давление, необходимое для раздувания легких, можно значительно уменьшить, если заполнить легкие физиологическим раствором солевым раствором, близким по своему составу к межклеточной жидкости. Этот факт был продемонстрирован им на установке, изображенной на рисунке



# Как поверхностное натяжение **МЕШАЕТ** нам дышать



- для того, чтобы легче раздувать альвеолы плёнка жидкости на их внутренней поверхности должна иметь низкое поверхностное натяжение
- специальные клетки в альвеолах вырабатывают “мыльные” молекулы (сурфоктанты), но при инфекционных заболеваниях их синтез нарушается и тогда...

# Когда поверхностное натяжение растёт

здоров



болен



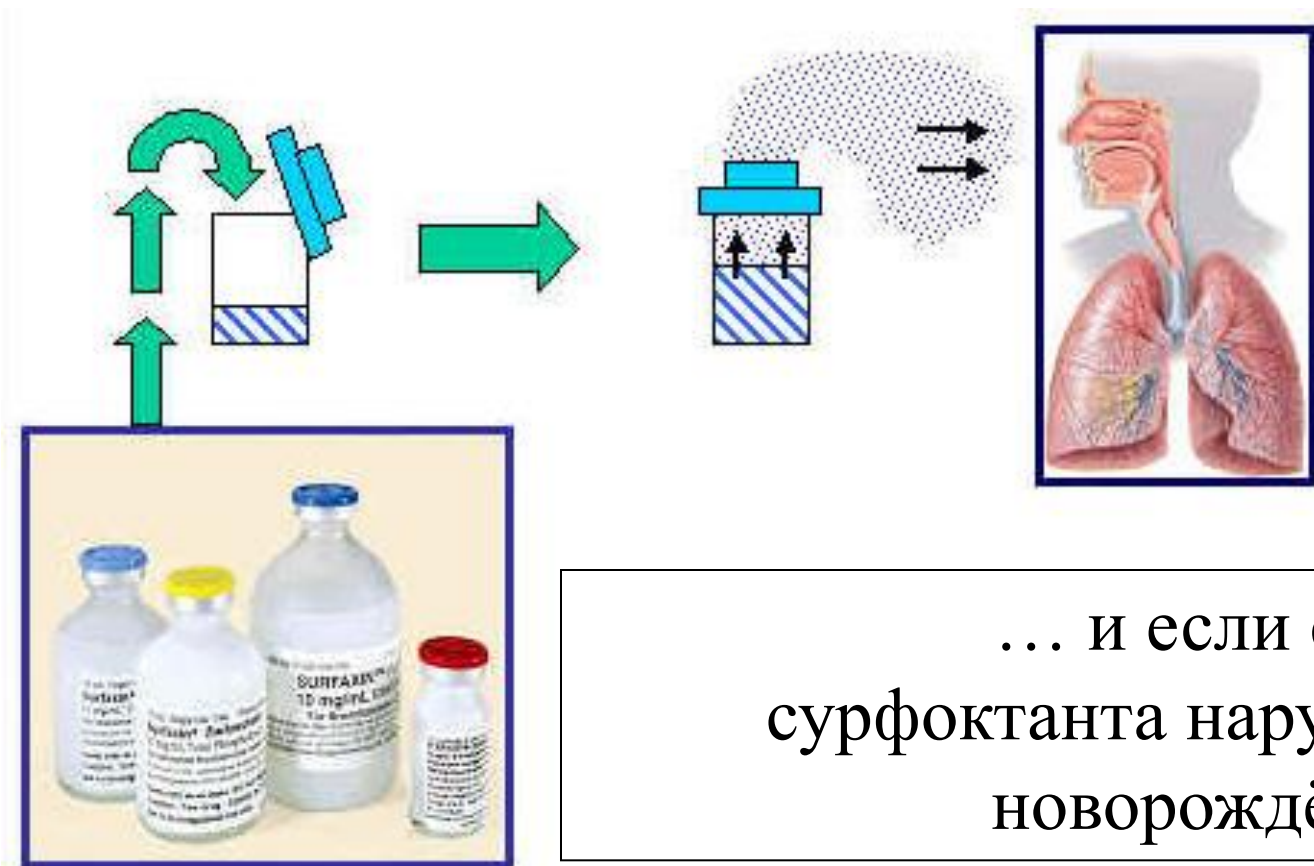
поверхностное натяжение  
внутриальвеолярной жидкости  
мало:

- альвеолы расправлены,
- кислород заходит внутрь и переходит в кровь

поверхностное натяжение  
внутриальвеолярной жидкости  
велико:

- альвеолы сплющиваются и заполняются жидкостью,
- кислород не заходит внутрь и не переходит в кровь

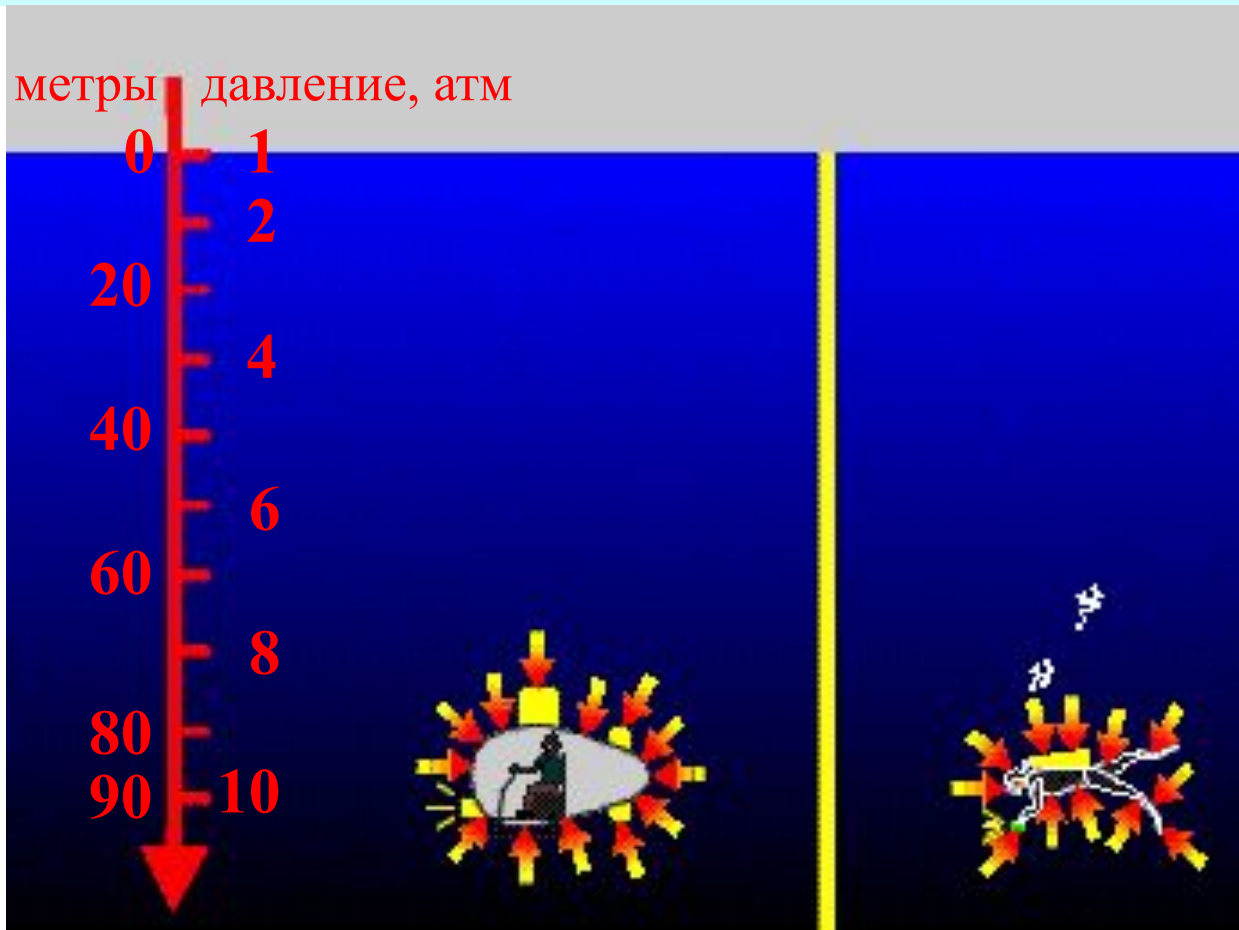
Острую дыхательную недостаточность,  
включая **АТИПИЧНУЮ ПНЕВМОНИЮ** (SARS),  
можно лечить, вдыхая искусственный сурфактант



# Как дышать под водой?



# Под водой можно дышать только *сжатым* ВОЗДУХОМ



1 атм = 100 кПа

Но дыхание сжатым воздухом часто приводит к кессонной болезни. **ПОЧЕМУ?**

# История кессонной болезни

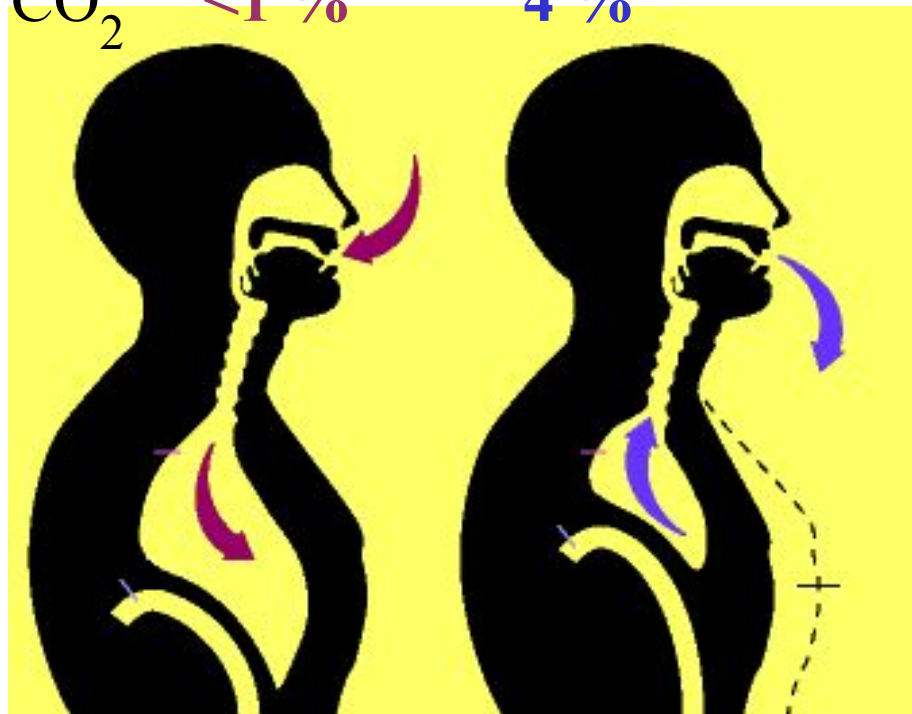
Люди никогда бы не болели кессонной болезнью, по крайней мере, она называлась бы по-другому, если бы не изобрели воздушный насос. Воздушный насос позволял выгонять воду из кессонов (колоколов), опущенных в реку, и таким образом образовывать рабочие места для создания и ремонта опор мостов (**у доски**). 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

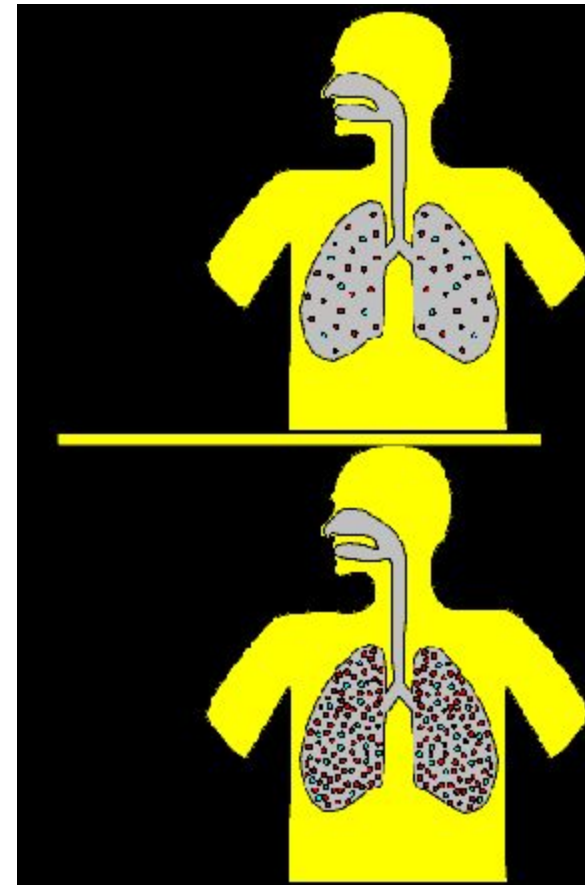
## Насыщение лёгких газами у аквалангиста

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

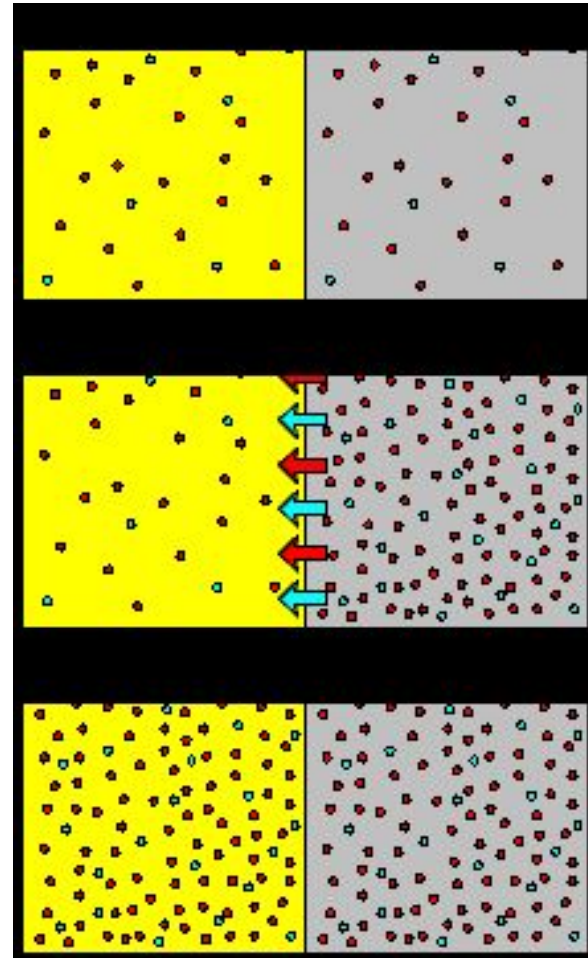
Насыщение тканей газами происходит *медленно*

на уровне моря

1-ая минута дыхания под  
высоким давлением

насыщение тканей газами  
через 10 минут

ткани      легкие

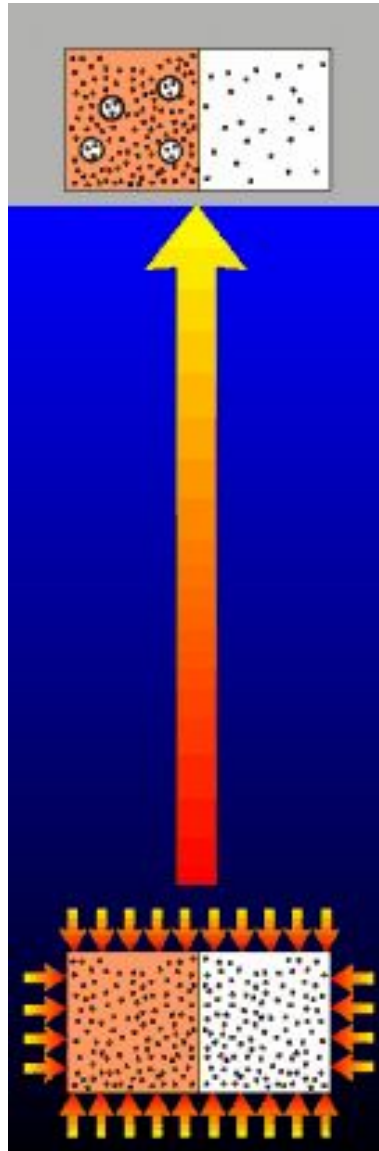


- азот
- кислород

# 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?

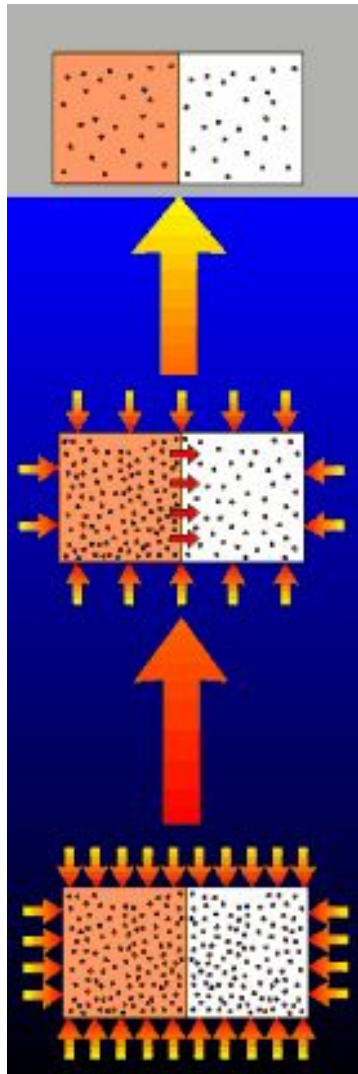
# Как избежать кессонную болезнь

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



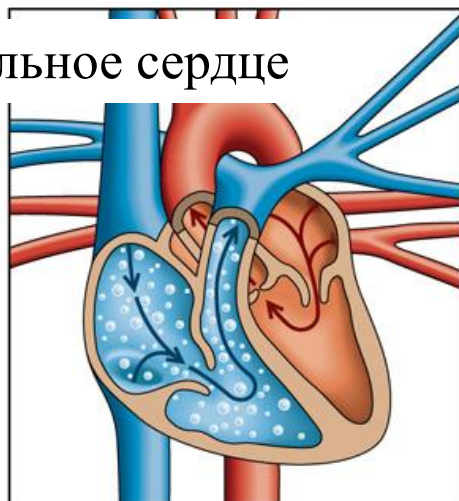
Гипербарическая  
(декомпрессионная)  
камера

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?*

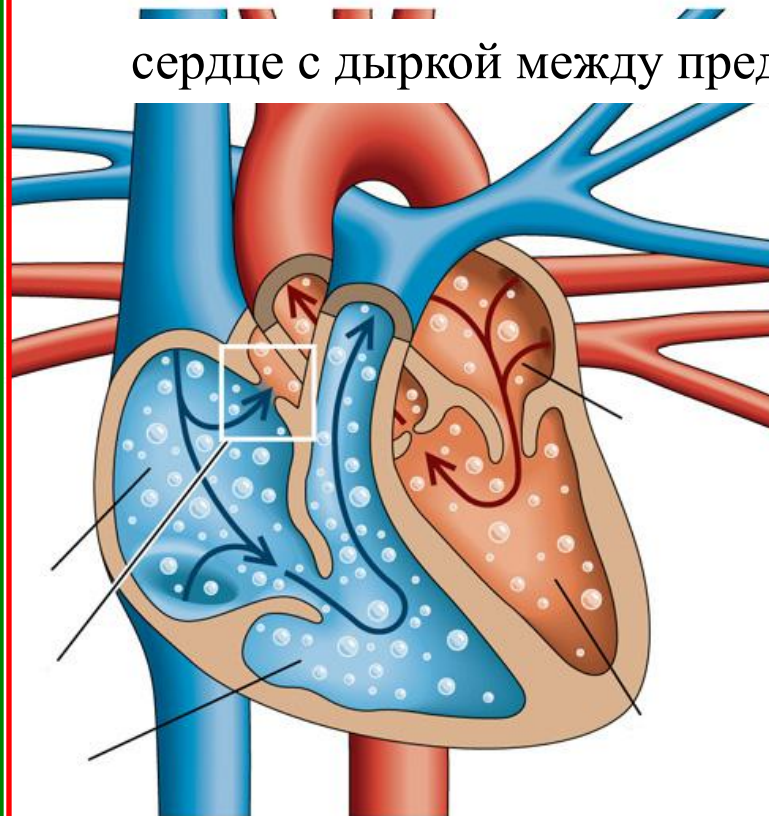
# Опасность кессонной болезни для людей с дефектом межпредсердной перегородки (10 %)

нормальное сердце



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

сердце с дыркой между предсердиями



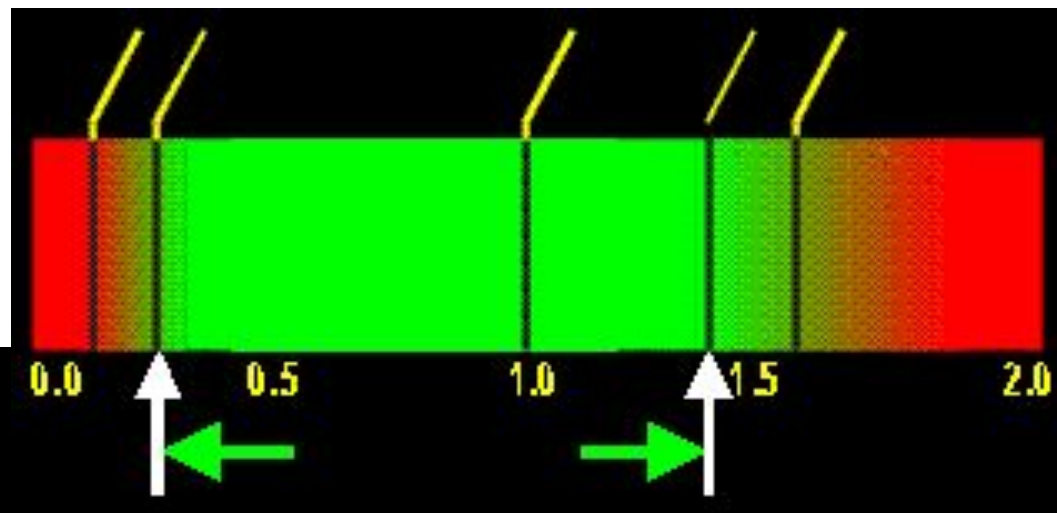
пузырьки газа застревают в тонких  
капиллярах мозга, приводя к  
серьёзным осложнениям

# 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

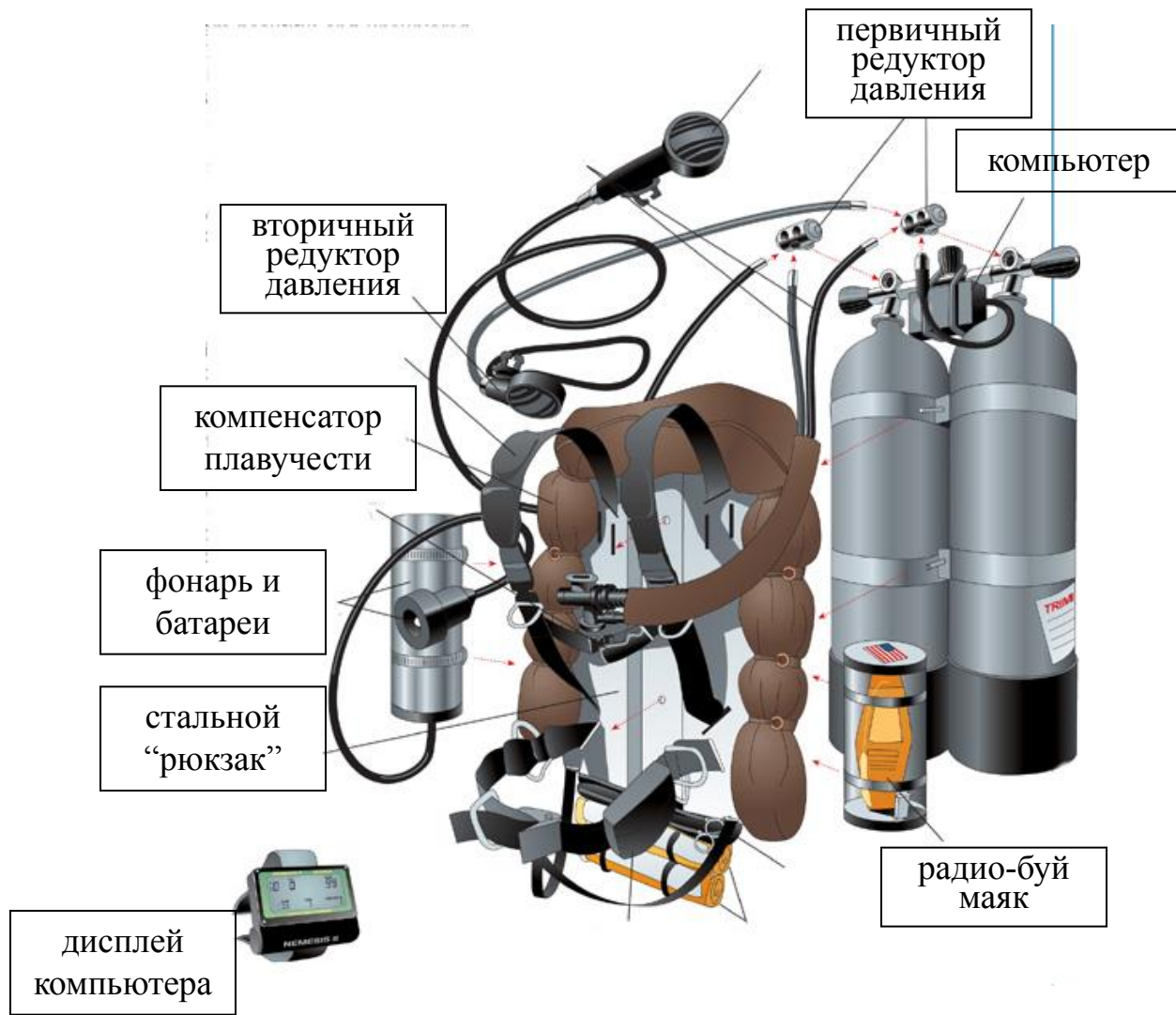
Вывод 2: в составе газовых смесей надо заменить азот на **ГЕЛИЙ**, так как он:

- (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:

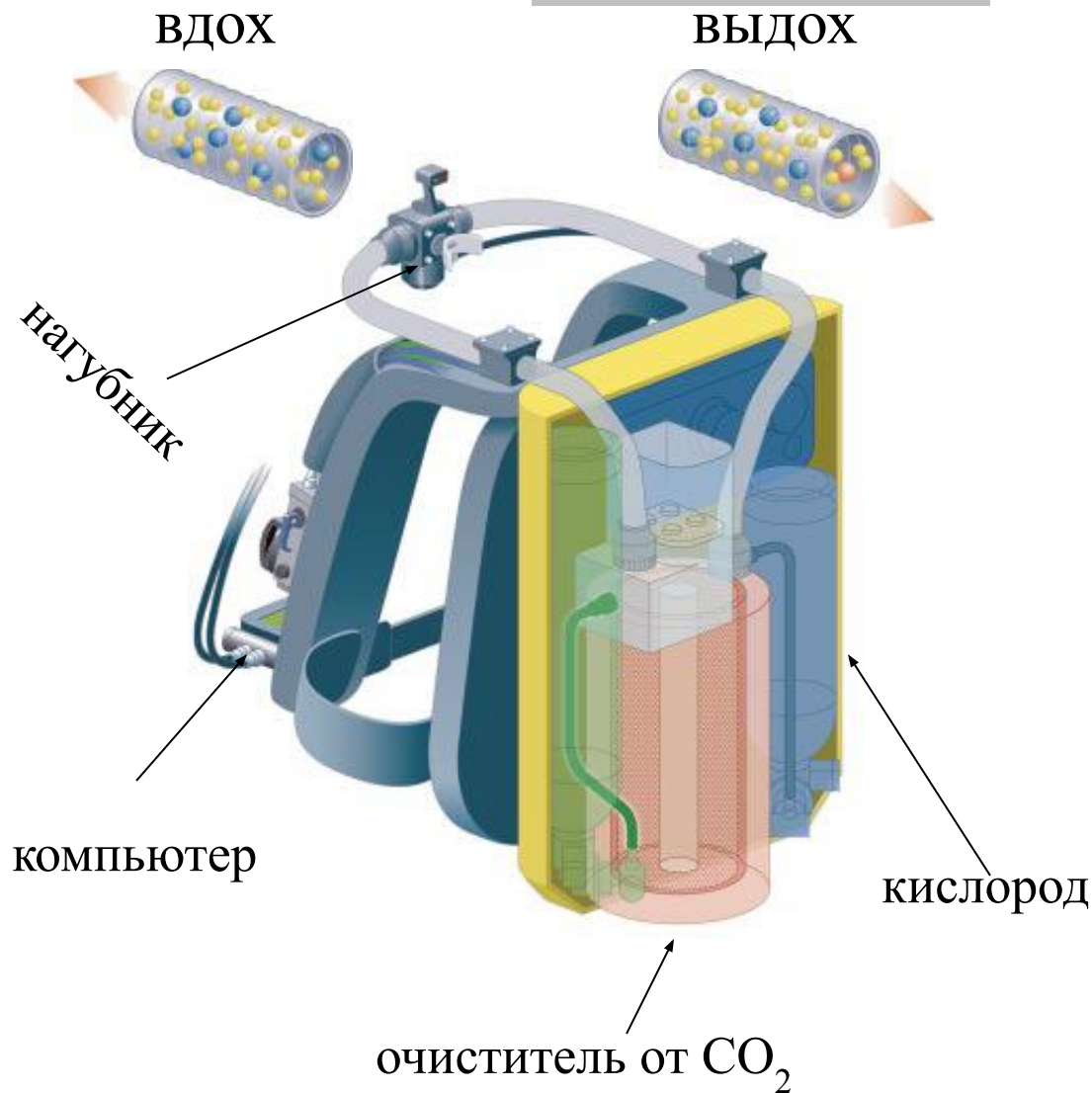
- на глубине 90 метров одного баллона хватает на 10-12 минут,
- а на глубине 1-2 метра того же баллона хватит на 120 минут

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 %  
CO<sub>2</sub>, 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?