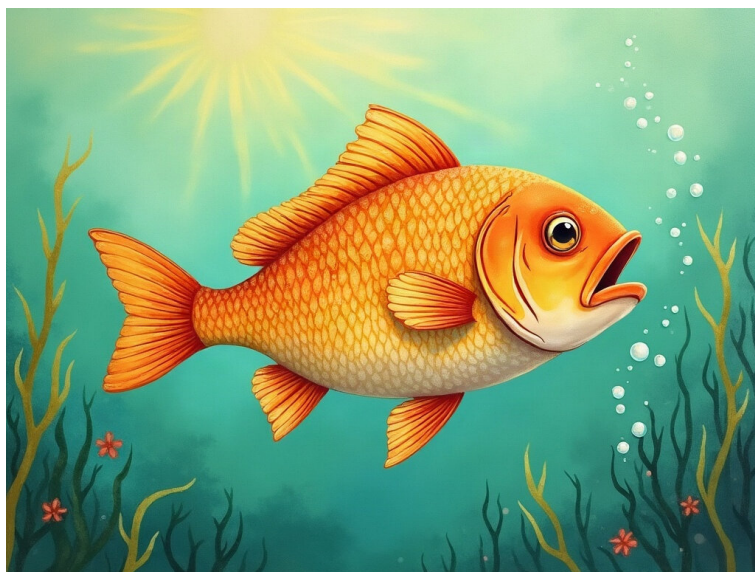




Как достать воздух из воды

Зачем рыбе жабры, почему она задыхается на воздухе и кто из рыб умеет дышать как мы



Животные · 8–12 лет · 9 минут

В воде есть кислород, но его там в тридцать раз меньше, чем в воздухе. Жабры справляются с этой задачей блестяще — и ровно поэтому рыба задыхается на берегу, окружённая воздухом.

Аквариум и пузырьки

Посмотри на рыбу в аквариуме. Она всё время открывает и закрывает рот. Кажется, будто она что-то беззвучно говорит.

На самом деле она дышит. Каждое такое движение — вдох.

И сразу вопрос, который стоит задать: а чем, собственно, дышать под водой? Вода — это H_2O , там есть кислород, но он намертво сцеплен с водородом. Разорвать эту связь рыба не может — на это нужно столько энергии, что никакой еды не хватит.

Значит, рыба достаёт не тот кислород, который в самой воде. Она достаёт кислород, **растворённый** в воде, — тот, что попал туда из воздуха и от водорослей. Точно так же в газировке растворён углекислый газ: он там есть, хотя воды не портит.

Кислорода в воде мало, и его трудно взять

Вот главная трудность рыбьей жизни. В литре воздуха кислорода примерно двести миллилитров. В литре холодной речной воды — около семи миллилитров. В тридцать раз меньше.

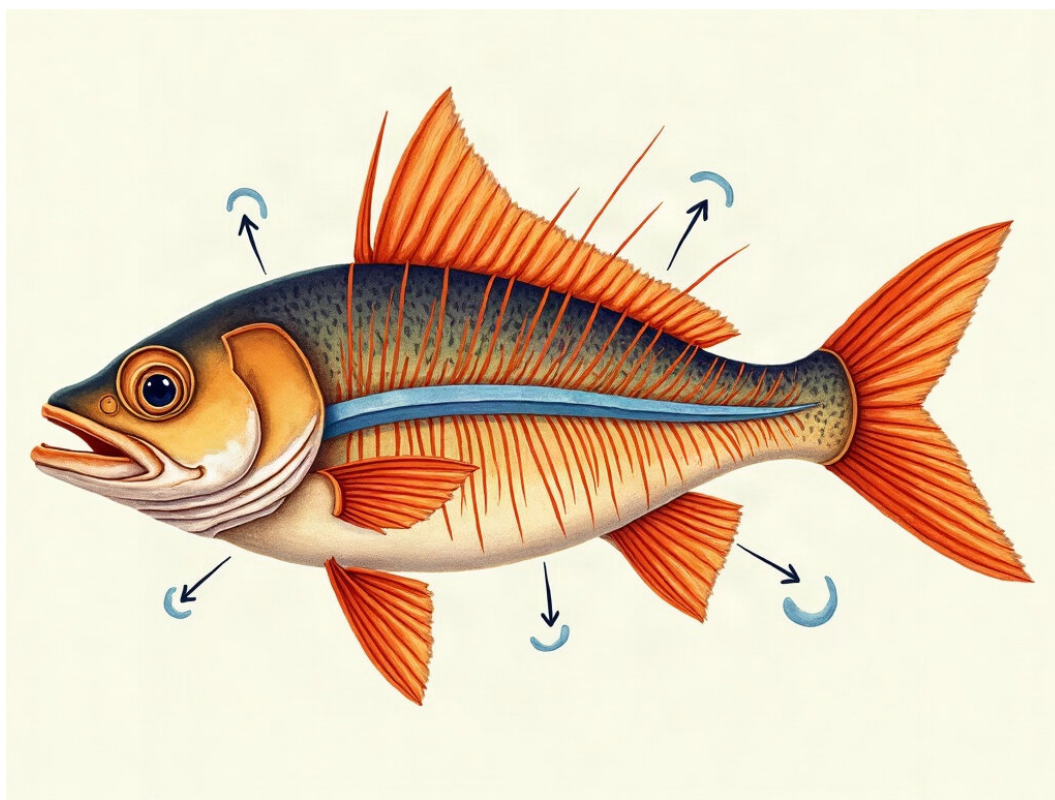
Мало того. Вода в восемьсот раз плотнее воздуха и гораздо тягучее. Прокачивать её через себя тяжело: рыба тратит на дыхание около десятой части всей своей энергии, а человек — меньше двадцатой.

И ещё: чем теплее вода, тем меньше в ней растворяется кислорода. Именно поэтому летом в мелком заросшем пруду рыба поднимается к поверхности и хватается воздухом ртом, а зимой подо льдом случаются заморы — кислород кончается, а нового взяться неоткуда.

Из этих трёх неприятностей и вырос орган, который решает задачу почти идеально.

Жабры: очень много поверхности в маленьком объёме

Открой жаберную крышку у рыбы (лучше — посмотри рисунок) и увидишь несколько красных дуг. На каждой дуге — ряды тонких лепестков, а на каждом лепестке — сотни ещё более мелких пластинок.



Жабра — это стопка нежнейших лепестков, пронизанных кровью

Смысл всей этой бахромы один: **площадь**. Кислород проходит в кровь только через поверхность, значит, поверхности нужно как можно больше. Если расправить жабры крупной рыбы, они займут площадь в десятки раз больше, чем вся её кожа.

Пластины очень тонкие — тоньше волоса. Кровь в них течёт так близко к воде, что кислород просто просачивается сквозь стенку. Никаких насосов, никакой хитрой химии: газ всегда сам переходит оттуда, где его много, туда, где его мало.

Вода в жабры попадает изо рта. Рыба открывает рот, набирает воды, закрывает — и выталкивает воду через жабры наружу, приподняв жаберные крышки. Поток идёт **в одну сторону**, без остановок и без обратного хода.

Это, между прочим, устроено умнее, чем у нас. Мы вдыхаем и выдыхаем через одно и то же отверстие, поэтому в лёгких всегда остаётся порция несвежего воздуха. У рыбы такого нет: вода входит спереди, выходит сбоку, и жабры всегда омывает свежая порция.

Жабры

Орган водного дыхания. Устроен как густая бахрома из тончайших лепестков, пронизанных кровеносными сосудами. Жабры есть не только у рыб: у головоастиков, у раков, у моллюсков, у личинок стрекоз. У акул нет жаберных крышек — вместо них по бокам открытые щели, и многим акулам приходится плыть, чтобы дышать.

Главный секрет: течь навстречу

Теперь самое красивое место, и оно объясняет, почему жабры настолько эффективны.

Кровь в жаберной пластинке течёт **навстречу** воде. Вода идёт в одну сторону, кровь под ней — в противоположную.

Представь, что было бы иначе, — если бы они текли рядом в одну сторону. Тогда богатая кислородом вода встречалась бы с бедной кровью, кислород переходил бы в кровь, и довольно быстро в воде и в крови его стало бы поровну. Обмен остановился бы на середине: больше половины кислорода вода унесла бы обратно.

А при встречном течении всё иначе. Кровь, уже почти полная кислорода, на выходе встречается с самой свежей водой — и берёт ещё. Кровь, ещё пустая, встречается с водой, которая почти всё отдала, — но в этой воде всё равно кислорода больше, чем в пустой крови, и обмен идёт. На всём пути вода чуть богаче крови. Кислород переходит **везде**, а не только в начале.

вода: идёт вправо, кислород отдаёт



кровь: идёт влево, кислород набирает



на каждом участке в воде кислорода чуть больше, чем в крови рядом,
поэтому переход идёт по всей длине, а не только в начале

Вода и кровь текут навстречу друг другу – в этом весь секрет

Такая схема называется противотоком. Она позволяет рыбе забирать до восьмидесяти процентов растворённого кислорода. Для сравнения: наши лёгкие забирают из воздуха примерно четверть.

Инженеры пользуются тем же приёмом в теплообменниках, а природа — ещё и в лапах северных птиц: тёплая кровь по дороге вниз греет холодную, идущую обратно, и чайка спокойно стоит на льду.

Рыба, которая ходит пешком

Илистый прыгун — рыба, живущая на илистых отмелях в мангровых зарослях. Большую часть времени он проводит **вне воды**: ползает на грудных плавниках, взбирается на корни, прыгает и дерётся за территорию. Дышать ему помогает кожа и вода, которую он держит во рту и в жаберных полостях, как водолаз в баллоне. Время от времени прыгун возвращается к луже, чтобы «поменять баллон».

Почему рыба задыхается на воздухе

Парадокс: рыбу вытащили на берег, вокруг неё воздуха сколько угодно, кислорода в тридцать раз больше, чем в воде, — а она задыхается.

Причина в том, что **воду жабры держат расправленными, а воздух — нет.**

В воде лепестки расходятся веером, каждый омывается со всех сторон. На воздухе они слипаются в мокрый ком, как волосы, если вынуть из бассейна. Площадь, ради которой всё и затевалось, пропадает почти полностью. Плюс жабры быстро подсыхают, а через сухую поверхность газ не проходит.

Поэтому пойманную рыбу, которую собираются отпустить, держат в воде и берут мокрыми руками. Каждая минута на воздухе для неё дорога.

Кто научился иначе

Не все рыбы согласились с жабрами.

Двоякодышашие — древняя группа, дожившая до наших дней в Африке, Австралии и Южной Америке. У них есть настоящие лёгкие. Когда река пересыхает, африканский протоптер зарывается в ил, обволакивается слизистым коконом, оставляет трубочку для воздуха и спит до дождей — иногда больше года.

Лабиринтовые — гурами, петушки, которых держат в аквариумах. У них над жабрами есть камера со складчатыми костными пластинками, оплетёнными сосудами. Они поднимаются к поверхности и глотают воздух. Такой рыбе можно жить в мутной луже, где обычная задохнётся, — зато без доступа к поверхности она утонет.

Вьюн глотает воздух ртом и усваивает кислород **кишечником**, а лишнее выпускает с другого конца. Перед грозой, когда давление падает и кислорода в воде становится меньше, вьюн суетится и всплывает — поэтому его когда-то держали дома вместо барометра.

А **угорь** способен дышать кожей и переползает по мокрой траве из одного водоёма в другой.



Двоякодышащие переживают засуху в коконе из ила

Общее правило простое: как только в воде кислорода не хватает, эволюция начинает изобретать способ добраться до воздуха. Ровно так, около 370 миллионов лет назад, из воды и вышли первые четвероногие — наши с тобой очень дальние предки.

Куда девается растворённый газ

1. Налей холодной воды из-под крана в стакан и поставь в тёплой комнате. Через полчаса посмотри: на стенках появятся мелкие пузырьки. Это вышел растворённый воздух — в тёплой воде его помещается меньше.
2. Налей второй стакан и поставь в холодильник. Сравни через час: пузырьков на стенках заметно меньше.
3. Вывод тот же, что для пруда летом: чем теплее вода, тем меньше в ней кислорода. Поэтому рыбе в жару тяжелее, а в аквариуме ставят компрессор — он не «вдувает кислород в рыбу», а перемешивает воду, чтобы она успевала брать воздух с поверхности.

Главное в трёх строчках

- Рыба дышит не водой, а растворённым в ней кислородом, которого в воде примерно в тридцать раз меньше, чем в воздухе.
- Жабры устроены как бахрома ради огромной площади, а кровь в них течёт навстречу воде — противоток позволяет забрать до восьмидесяти процентов кислорода.
- На воздухе жабры слипаются и теряют площадь, поэтому рыба задыхается; те, кому воздух нужен, отрасли лёгкие, лабиринт или дышат кожей и кишечником.

Вопросы для размышления

- Почему рыбе выгоднее прогонять воду сквозь себя в одну сторону, а не вдыхать и выдыхать, как мы?
- Зимой подо льдом рыбе не хватает кислорода, хотя вода холодная и кислорода в ней помещается много. Как это объяснить?
- Лабиринтовая рыба утонет, если не пустить её к поверхности. Что это говорит о том, насколько её жабры ещё справляются сами?