



ФРЭНСИС ЭШКРОФТ

НА ГРАНИ  
ВОЗМОЖНОГО  
НАУКА ВЫЖИВАНИЯ

АНФ

Фрэнсис Эшкрофт

**На грани возможного:  
Наука выживания**

«Альпина Диджитал»

2000

**Эшкрофт Ф.**

На грани возможного: Наука выживания / Ф. Эшкрофт —  
«Альпина Диджитал», 2000

ISBN 978-5-9614-4604-3

Одна из самых выдающихся женщин-ученых мира Фрэнсис Эшкрофт поднималась на Килиманджаро и погружалась с аквалангом, прошла что-то вроде «крещения огнем» в горячей японской купальне и даже спасла жизнь человеку, оказавшемуся в ледяной воде. Ее книга не только увлекательное чтение и научное сочинение, но и практическое руководство по выживанию. И вполне возможно, она поможет вам в минуты высшего напряжения сил – идет ли речь о спорте, об аттракционе или о борьбе за жизнь.

ISBN 978-5-9614-4604-3

© Эшкрофт Ф., 2000  
© Альпина Диджитал, 2000

# Содержание

Благодарности	6
Введение	8
На вершину Килиманджаро	12
1. Жизнь на вершине	14
Первые упоминания о горной болезни	18
Подъем на Эверест	22
Падение барометрического давления	25
Чем опасна неожиданная разгерметизация	28
Острая горная болезнь	30
Вдох-выдох	34
Конец ознакомительного фрагмента.	37
Комментарии	

# Фрэнсис Эшкрофт

## На грани возможного: Наука выживания

Переводчик *М. Десятова*

Редактор *Н. Лауфер*

Руководитель проекта *И. Серёгина*

Корректор *М. Миловидова*

Компьютерная верстка *А. Фоминов*

Дизайн обложки *Ю. Буга*

Фото на обложке: *Luis Trenker, in a still from the film Der Heilige Berg (1926). Photograph by Arnold Frank (Sammlung Puttnies).*

© Frances Ashcroft, 2000

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2016

**Эшкрофт А.**

На грани возможного: Наука выживания / Фрэнсис Эшкрофт; Пер. с англ. – 4-е изд. – М.: Альпина нон-фикшн, 2016.

ISBN 978-5-9614-4604-3

*Все права защищены. Произведение предназначено исключительно для частного использования. Никакая часть электронного экземпляра данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для публичного или коллективного использования без письменного разрешения владельца авторских прав. За нарушение авторских прав законодательством предусмотрена выплата компенсации правообладателя в размере до 5 млн. рублей (ст. 49 ЗОАП), а также уголовная ответственность в виде лишения свободы на срок до 6 лет (ст. 146 УК РФ).*

\* \* \*

*Моим родителям – Джону и Кэтрин*

*Мы не оставим исканий,  
И поиски кончатся там,  
Где начали их; оглянемся,  
Как будто здесь мы впервые.*

*Т. Элиот. Литтл Гиддинг<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Перевод С. Степанова. – Прим. пер.

## Благодарности

История появления этой книги не совсем обычна. В 1998 г. фонд Wellcome Trust объявил конкурс для ученых-биологов, предлагая премию тому, кто согласится на время отвлечься от научной работы и написать книгу для массового читателя. Отрываться от работы я не собиралась, поглощенная интереснейшим исследованием, но писательский труд меня всегда увлекал, и дух соревнования был как раз тем стимулом, которого мне не хватало. Я изводила друзей и коллег, мучаясь над выбором темы. Шли месяцы. До подачи заявки оставалось три недели, а я еще ничего не написала – слишком уж много было интересных тем и слишком мало свободного времени. А потом случилось так, что я заночевала у подруги, и она, к моему удивлению, показала мне готовую заявку на конкурс Wellcome Trust (план книги и пример главы), сообщив, что решила поучаствовать, заразившись моим энтузиазмом. Я потеряла дар речи... Едва добравшись до дома, я села писать заявку, выбрав в качестве темы различные механизмы адаптации, позволяющие человеку существовать и выживать в экстремальных условиях, поскольку именно эту область физиологии я в свое время освещала в лекциях. Конкурс я в итоге так и не выиграла, зато получила от Филиппа Гвин-Джонса и Тоби Мунди заказ на книгу. Плод моих трудов перед вами.

Однако без масштабной поддержки эта книга никогда не появилась бы. Я крайне благодарна всем тем, кто читал черновые варианты и выявлял возможные неточности. Этот тяжелый труд мужественно взяли на себя мои родители, мой брат Чарльз, Фиона Гриббл и Стефан Трэпп. Остальные читали отдельные главы или подглавки, помогая бесценными замечаниями по содержанию и стилю. Я хочу поблагодарить Джуди Армитидж, Хилари Браун, Джона Кларка, Джонатана Дина, Кита Доррингтона, Клайва Эллори, Дона и Мэри Грибблов, Эйба Газа, Альберта Харрисона, Майкла Хорсли, Салли Красне, Энн Лингард, Филиппу Джонс, Кэти Моррис, Дэвида Паттерсона, Питера Роббинса, Дэвида Роджерса, Дженет и Кена Стори, Збигнева Шидло, Майкла Викерса, Мартина Уэллса, Грэма Уилсона и Гэри Йеллена. Кроме них мне помогали и многие другие. Спасибо Сандре Муни, Дэвиду Флауэрс и Дэвиду Ирвину из British Airways, которые уделили мне несколько часов своего времени, делясь знаниями из области авиационной медицины и (вместе с Дэвидом Бартлеттом) бесценными сведениями о воздействии космической радиации. Спасибо Роджеру Блэку, отвечавшему на бесчисленные наивные вопросы о спорте. Эдит Холл, снабдившей меня материалами о древнегреческих ныряльщиках, Жильдасу Луссуарну, помогавшему переводить с французского, Лоренсу Уотерсу, снабжавшему нас фотографиями. Джастин Уарк терпеливо просвещал меня в области элементарной физики, а Джуди Армитидж развеивала мои заблуждения в микробиологии. Хилари Браун, Кит Доррингтон, Эйб Гас, Майкл Хорсли, Дэвид Паттерсон, Питер Роббинс, Дженет и Кен Стори, а также Майкл Уэллс следили, чтобы я ничего не напутала в физиологии. Мама собирала подходящие газетные вырезки, брат служил неисчерпаемым источником интересных историй. Всем им огромное спасибо. Как сказала Исабель Альенде в предисловии к «Афродите», «заимствовать у одного автора – это плагиат, заимствовать сразу у многих – это научное исследование». Поэтому я хочу поблагодарить свои многочисленные источники за информацию и вдохновение, а также за особо удачные фразы, передающие запутанный смысл в нескольких словах.

Отдельное спасибо Питеру Аткинсу, который помог довести книгу до конца, заявив, что у меня не хватит усидчивости ее дописать. (Он знал, что я непременно поступлю наперекор.) Спасибо Саре Рэндольф – она сподвигла меня на труд и поддерживала, когда казалось, что я буду писать эту книгу вечно. Я благодарна Wellcome Trust за то, что они вдохновляют представителей науки на создание книг для массового читателя, – и, разумеется, за финансирование моих научных исследований.

Я ни за что не написала бы эту книгу без помощи Дженни Гриффитс, копировавшей бесконечные статьи и раскапывавшей малоизвестные книги в недрах Бодлианской библиотеки. Спасибо Кэти Моррис за помощь с дизайном обложки, Сюзан Коллинз за подбор прекраснейших иллюстраций, Теренсу Кейвену за общий дизайн книги и Джанет Лоу – за отличную редакторскую работу. Отдельная и самая огромная благодарность моим замечательным издателям Филиппу Гвин-Джонсу и Джорджине Лейкок из Harper Collins, а также Говарду Бойеру из издательства Калифорнийского университета за постоянную поддержку и мудрые советы.

## Введение

В ноябре 1999 г. мир оглушила новость об авиакатастрофе, в которой погибли чемпион США по гольфу Пейн Стюарт и еще четверо гольфистов. Взлетев из Орlando, Флорида, и поднявшись на высоту 11 300 м, их «Лир Джет» потерял связь с диспетчерами. Испугавшись, что самолет может упасть на населенные районы, власти США подняли в воздух два истребителя ВВС – чтобы в случае крайней необходимости сбить самолет. По сообщению пилотов истребителей, на борту самолета не наблюдалось признаков жизни и окна обледенели изнутри – явное свидетельство разгерметизации и того, что температура в салоне сравнялась с температурой за бортом. Самолет продолжал лететь на автопилоте, пока не кончилось горючее и он не рухнул на землю в Южной Дакоте – с погибшими задолго до того от нехватки кислорода пассажирами. Это не первая трагедия подобного рода и вряд ли последняя, поскольку на такой высоте кислорода для дыхания недостаточно и разгерметизация приводит к трагическим последствиям.

Эта печальная история в очередной раз демонстрирует, как часто люди ходят по краю, не всегда, впрочем, отдавая себе в этом отчет. Мы летаем по всему миру на опасной для жизни высоте, плаваем по ледяным морям, на отдыхе ныряем с аквалангом, рискуя заработать кессонную болезнь, или селимся в таком климате, где зимой можно не дожить до утра, оставшись на ночь без теплого крова. Не стоит думать, что экстремальные условия – удел немногочисленных искателей приключений. С развитием технического прогресса мы тоже имеем все шансы испытать их на себе. Однако без надлежащей защиты и мер предосторожности шутки с экстремальными условиями плохи. Ежегодно жертвами холода, жары или горной болезни становятся тысячи самых обыкновенных людей.

Впрочем, вопреки (а возможно, и благодаря) опасности экстремальные условия всегда манили человека. На глазах 800 млн человек в 59 странах Нил Армстронг ступил на поверхность Луны. Мы не перестаем восхищаться подвигами полярников, альпинистов и других покорителей неведомых земель. Мы заочно переживаем опасность вместе с ними, и чем сложнее им было ускользнуть от смерти, тем больше это будоражит наше воображение. Даже трагический исход вызывает мрачное упоение. Душераздирающая история об альпинисте, который погиб на склоне, отрезанный непогодой, но сумел по сотовому телефону передать последнее «прости» жене, трогает куда больше, чем гибель сотен людей от наводнения или землетрясения.

Морозные зимы, ледяная вода и испепеляющая жара сопровождали человека с древнейших времен, однако с появлением в конце XIX – начале XX в. воздушных шаров, аэропланов, подводных лодок, глубоководных погружений, развитием полярных и высокогорных исследований возникли новые опасности, борьба с которыми потребовала более глубокого изучения физиологии человека. Для представителей многих профессий (например, водолазов-глубоководников или астронавтов) риск – неотъемлемая часть работы. Другие подвергают свою жизнь опасности ради удовольствия. Мужчины – а теперь все чаще и женщины – ищут новые способы испытать себя. Нам не хватает опасности и смертельного риска в повседневной жизни, и мы добираем это на стороне, ища приключений. Вместо того чтобы валяться на пляже, многие отправляются за адреналином на горные склоны, куда не ступала нога человека, в походы по высокогорьям Анд, ныряют с аквалангом, прыгают с «тарзанкой» и летают на парашютах. То, что в наше время эти экстремальные занятия относительно безопасны, – общая заслуга физиологов, интересовавшихся возможностями человеческого организма, и смельчаков, рвавшихся расширить границы этих возможностей.

В этой книге мы рассмотрим физиологические реакции организма на экстремальные условия и попытаемся определить границы выживаемости. Вы узнаете, что случится с человеком, очутившимся в морозильной камере, провалившимся под лед или заблудившимся в



пустыне. Отчего так происходит, что опытный альпинист может взойти на Эверест без кислородного оборудования, однако при разгерметизации самолета на той же высоте все пассажиры через несколько секунд потеряют сознание. Почему астронавту, вернувшемуся на Землю, трудно удержаться на ногах, и по какой причине водолазы-глубоководники страдают болезнями костей. Эти и другие загадки заставили физиологов немало поломать голову – как в буквальном, так и в переносном смысле.

Как сказал древнегреческий философ Гераклит, «война есть отец всего и царь всего». Его наблюдение как нельзя более справедливо для физиологии экстремальных условий, в которые нередко попадают военные. Относительно недавно отгремели войны на морозных Балканах, в палящем зное кувейтской пустыни и на высокогорных перевалах между Индией и Пакистаном. Многие данные о воздействии жары, холода, высоты и давления на человеческий организм были получены случайно или целенаправленно в ходе военных операций. Не стоит забывать и о том, что в космос человека привела, в первую очередь, «холодная война», а не исследования чисто научного характера.

Заслуга спорта – гуманной, в отличие от войны, формы соперничества между разными странами – в развитии интереса к работе человеческого организма тоже велика. За последние годы физиология спорта стала отдельной научной дисциплиной. Физкультурой в той или иной форме занимается каждый, хотя бы в виде редкой пробежки за отходящим автобусом. Однако даже при регулярных тренировках скорость нашего бега ограничена, а интенсивная нагрузка чревата побочными эффектами. Этот своеобразный, но тоже достаточно экстремальный вид человеческой деятельности рассматривается в главе 5.

Научные исследования физиологии человека базируются на контролируемом эксперименте. Поскольку потенциальная опасность и пределы выживаемости не всегда достаточно хорошо изучены, на начальных стадиях часто используются животные – чтобы определить характер возможной угрозы и наметить безопасные для человека пределы. Однако на конечной стадии человека заменить уже нечем, поэтому физиологи часто экспериментировали – и экспериментируют – на себе. Некоторые привлекали для участия даже собственных детей. По признанию знаменитого ученого Джона Холдейна, он служил отцу подопытным кроликом с четырех лет (впрочем, это не отвратило его от науки, и он пошел по стопам отца, сделав блестящую научную карьеру в области физиологии).

Ученые неслучайно экспериментируют на себе и своих коллегах. Прочувствовать самому всегда легче, нежели пытаться понять из чужого описания. Кроме того (особенно раньше), эксперименты были опасными и непредсказуемыми, поэтому многие ученые шли на риск, предпочитая не подвергать опасности добровольцев. Да и на поиски добровольца тоже требовалось время. Профессия физиолога требовала особого мужества, а также сноровки и научной любознательности. Сидеть в тесной стальной камере, заполненной чистым кислородом под возрастающим давлением, понимая, что вот-вот начнутся судороги, которые могут оставить тебя калек на всю жизнь, но не зная, когда именно они начнутся, – занятие не из приятных. Однако, как мы увидим в главе 2, эти эксперименты помогли обезопасить работу водолазов-глубоководников.

Люди могут по-разному реагировать на физиологический стресс, и по их поведению в привычной обстановке невозможно предугадать, как они поведут себя в экстремальных условиях: горная болезнь может сразить сурового спецназовца и не тронуть хрупкую напарницу. Поэтому приходится привлекать для участия в экспериментах как можно больше добровольцев – пусть для научного понимания физиологических процессов это не столь существенно, зато важно с точки зрения прикладных аспектов. К сожалению, опыты не всегда проводились только на добровольцах. В ряде печальных случаев участниками эксперимента люди становились и против воли. Фашисты ставили опыты на заключенных Дахау, русские (предположительно) – на военнопленных, японцы – на маньчжурах, а правительства западных стран

вплоть до недавнего времени использовали осужденных преступников. Последних теоретически можно считать и добровольцами, однако выбор между приведением приговора в исполнение и освобождением при условии участия в потенциально опасном эксперименте нельзя считать свободным. Кроме того, участников иногда просто не информировали в должной степени о возможных рисках. И не во всех подобных экспериментах тестировалось влияние химических препаратов или радиации – некоторые были посвящены реакциям человека на экстремальные условия. Поэтому, как мы еще увидим, не все так гладко с физиологическими исследованиями: у них есть и обратная сторона.

Без экспериментов над людьми по-прежнему не обойтись, поскольку постоянно приходится испытывать новые типы гидрокостюмов для погружения в холодную воду, и космические скафандры тоже нуждаются в доработке. Однако теперь безопасность участников находится под строжайшим контролем и допустимые пределы воздействия, полученные как случайно, так и путем эксперимента, тщательно документируются.

Физиология как наука обладает несомненным прикладным значением, однако многими учеными (возможно, даже большинством) движет, в первую очередь, любопытство, киплинговская «шестерка слуг» – «Как и Почему, Кто, Что, Когда и Где». В итоге жизнь физиолога, как и любого естествоиспытателя, состоит из ликования и отчаяния – ликования, когда подтверждается выношенная гипотеза, и отчаяния, когда по техническим причинам проваливается эксперимент и животрепещущий вопрос остается без ответа. Первого, надо сказать, всегда не хватает, а второго чересчур много. Однако разгадать научную загадку, сложить головоломку, обнаружить неизвестный прежде факт – это невероятно захватывающе. Восторг открытия – ни с чем не сравнимое ощущение. Только ради него можно пережить бесконечные часы ожидания результатов.

Восторги кабинетных ученых способны оценить немногие, однако триумф покорителя горной вершины или гордость победителя марафона понятны почти всем. Некоторым физиологам повезло испытать радость как интеллектуальной, так и физической победы. Те, кто пытается разобраться в функционировании человеческого организма, часто сами отправляются в экстремальные условия – в горы, в морские глубины, полярные льды и даже в космос. Добытые ими знания бесценны, поскольку, как расскажет эта книга, физиология – не просто сухая наука, она может пригодиться и в повседневной жизни. В битве за выживание на грани возможного нам не обойтись без знания физиологии – «логики жизни».



Вид на Килиманджаро из национального парка Амбосели, Кения

## На вершину Килиманджаро

Килиманджаро – одна из красивейших гор в мире – находится в Танзании, недалеко от границы с Кенией. Ее идеальный вулканический конус возносится над африканскими равнинами на высоту 5895 м. У подножия раскинулся национальный парк Амбосели с несметными стадами антилоп и слонов. Вершину увенчивает ошеломительной красоты снежная шапка. Несмотря на большую высоту, добраться до этих снегов под силу даже не самому опытному туристу – подъем от подножия до вершины занимает меньше трех с половиной дней. И тем не менее легкость эта обманчива, а быстрый подъем таит в себе опасность для не слишком осторожного путешественника.

Рано утром мы отправились в путь через тропический лес. В нем было влажно и душно, словно в парной, пахло тропиками, как в оранжерее ботанического сада. Мягкая и влажная лесная подстилка заглушала шаги. Высоко над головой верещали, качаясь на лианах, обезьяны. Весь день тропа петляла по темному густому лесу, и подъем совершенно не ощущался. Только ближе к вечеру мы вышли из-под лесного полога к небольшой треугольной хижине, прилепившейся к склону в глубине луга, похожего на альпийский. Солнце нырнуло за горизонт, и ночь спустилась почти мгновенно – как-никак Килиманджаро стоит на экваторе.

На следующий день мы поднялись примерно до 3700 м, пройдя зону высокогорных лугов с их уникальной растительностью, встречающейся на этих высотах только в Африке и Южной Америке. Тянулись к небу стволы гигантской сенеции, родственницы нашего травянистого крестовника. Вдоль тропы несли вахту огромные лобелии, похожие на исполинские синие свечи. Разреженный воздух пьянил, вселяя уверенность, что горная болезнь меня миновала.

Следующее утро выдалось очень холодным. Покинув растительную зону, мы взойшли на каменистую седловину между двумя пиками Килиманджаро. По правую руку возвышался Мавензи, по левую – наша главная цель, Кибо. Несмотря на малую крутизну подъема, я почему-то очень устала. Путь через седловину казался долгим, а до жестяных вагончиков у подножия последнего отрезка пути, подъема на гигантский, покрытый пеплом конус, – просто бесконечным.

Третью ночь, холодную и неудобную, мы провели на высоте 4600 м. Уснуть было невозможно. Стоило закрыть глаза, как голова начинала болеть и кружиться. Несмотря на отсутствие аппетита, я силой запихнула в себя чуть теплую еду и тепловатый чай (на этой высоте вода закипает при 80° С), понимая, что завтра понадобятся силы на восхождение. К головной боли добавилась тошнота. Я прислушивалась к прерывистому дыханию своих спутников – паузы были такими долгими, что хотелось растолкать спящих и убедиться, что они живы. Время тянулось медленно, я лежала дрожа.

Встали мы в два часа ночи, чтобы еще затемно начать долгое восхождение на вершину, подавшись на уговоры проводника посмотреть, как занимается рассвет над пиком Мавензи. Теперь я понимаю, что им двигали куда более прозаические мотивы – карабкаясь в темноте, мы не подозревали, насколько непосильная задача нам предстоит. Тропинка змеилась по 1200-метровому конусу, покрытому до самого кратера мелким серым пеплом и щебнем. Даже на уровне моря карабкаться по песчаным дюнам нелегко, а на такой высоте – это просто пытка. Три мучительных шага вперед – два назад. В ботинках скрипел мелкий острый песок. Ноги подкашивались и не слушались, меня качало из стороны в сторону, еще больше сводя на нет все усилия. Один из моих спутников упал, не в силах идти дальше. Никогда не знаешь, кого свалит горная болезнь. Самый сильный и выносливый из нас глотал воздух, как выброшенная на берег рыба, и путь его теперь лежал только вниз. Мы продолжили подъем, карабкаясь вслед за проводником, который освещал путь фонарем, качающимся у бедра. Продвигались мы с трудом. Задышавшись, я останавливалась через каждые несколько шагов, и остановки все

увеличивались. Только благодаря усилию воли и ослиному упрямству я преодолела последние несколько сотен футов и повалилась на кромку кратера. Череп будто кинжалами пронзили, перед глазами плясали черные точки.

В голове пронеслась череда картинок. Вот я сижу в пыльной кембриджской аудитории, расчерченной полосами солнечного света, и слушаю лекцию о горной болезни. Что там говорит лектор? Что-то очень важное, но перед глазами плывут и змеятся цветные полосы. Воздух задрожал, и по краю льдины, дрейфующей в кратере Килиманджаро, прошел снежный барс. Он сверкнул на меня желтыми глазами и дернул хвостом. Я посмотрела в другую сторону – там всходило солнце, заливая небо нежно-розовым и оранжевым цветом, золотя кромки тонких облаков. На фоне этого боттичеллиевского неба чернел пик Мавензи. Я села на ободок кратера Кибо, подставив голову холодному ветру, и поняла, что галлюцинации – это предупреждение. Мозг медленно отключается из-за кислородного голодания. Давно пора было уходить, а я упустила момент.

Шатаясь как пьяная, я поползла вниз по крутому склону, испугавшись, что получу отек головного мозга, но еще больше боясь оступить и полететь кувырком вниз. С каждым шагом я все больше оживала, чувствуя приток кислорода. Я заскользила по щебенке, как на лыжах, объезжая валуны и скалы. Спуск по склону, по которому мы ползли вверх пять с лишним мучительных часов, занял всего тридцать минут.

Мне повезло. Неделей раньше горная болезнь унесла на этом маршруте жизни двух путешественников. Я отделалась легко, пострадав исключительно от собственной неосторожности. Мы слишком быстро взобрались на большую высоту – 5895 м за три с половиной дня. Если заоблачные высоты подвластны простым смертным, это еще не повод с ними шутить.

## 1. Жизнь на вершине

*Людей и гор союз – залог великих дел.*  
*Уильям Блейк. Gnostic Verses I*





Гора Эверест



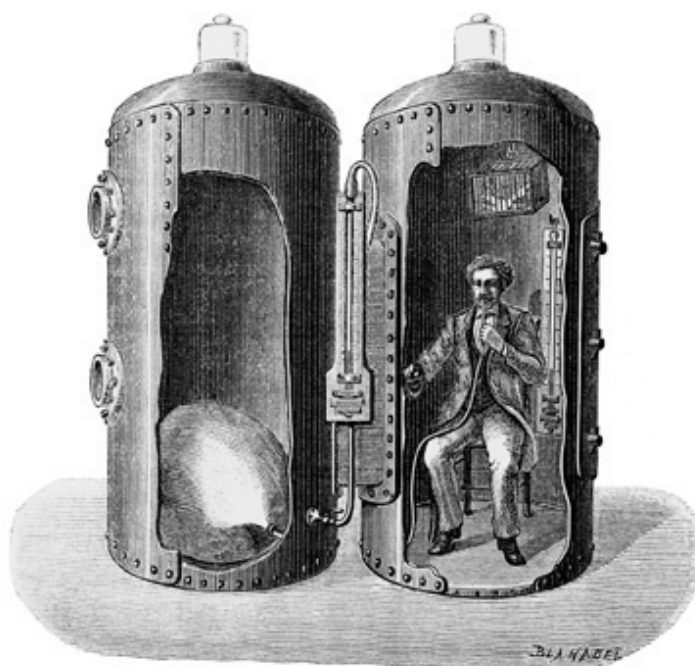
Высота горы Эверест составляет 8848 м (29 029 футов). Это самая высокая гора в мире. Если мгновенно перенестись с уровня моря на ее вершину, человек потеряет сознание и впадет в кому из-за недостатка кислорода. Тем не менее в 1978 г. двум австрийским альпинистам, Петеру Хабелеру и Райнхольду Месснеру, удалось совершить бескислородное восхождение на Эверест, а десять лет спустя их подвиг повторили уже больше 25 человек. Как удалось им всем совершить, казалось бы, невыполнимое? Из этой главы мы узнаем, как велись поиски ответа на эту загадку. Она познакомит нас с радостью открытий, с невыполнимыми подвигами на грани человеческих возможностей и с колоритными участниками этих подвигов.

Горы столетиями завораживали и манили своей неприступностью. Прекрасные и недостижимые, они считались чертогами небожителей. Греческие боги обитали на горе Олимп, самой высокой вершине Греции; индийцы селили своих богов в Гималаях; в Андах найдены свидетельства древних человеческих жертвоприношений. Даже в наши дни у многих народов горы считаются священными – Тенцинг Норгей после первого удачного восхождения закопал на вершине Эвереста в дар обитающим там божествам шоколад и печенье. Горы овеяны мифами и легендами, их пики и расселины населяют не только боги, но и таинственные чудовища вроде гималайского йети или южночилийского трауко, питающегося человеческой кровью. Даже в их названиях есть что-то от заклинаний: «Чимборасо, Котопакси, вы украли мою душу!»<sup>[1]</sup> И все равно, вопреки (а может, благодаря) всем этим легендам горы продолжали притягивать людей – духовным обновлением, таинственными кладами, возможностью сбежать от гнета,

исследовать новые земли или, более прозаично, открыть путь в соседнюю долину, а иногда, как сказал Джордж Мэллори, просто «потому что они есть»<sup>[2]</sup>.

Из этого следует, что с горной болезнью люди тоже знакомы не одну сотню лет. Причины ее возникновения оставались для древних загадкой, в ней видели кару богов (отнимающих у человека рассудок) либо связывали с отравлением ядовитыми парами растений. Тем самым горы в представлении европейцев делались еще таинственнее и опаснее. Однако где-то ко второй половине XIX века альпинизм стал развиваться как спорт, и люди, борясь со стихиями и соревнуясь друг с другом, стремились во что бы то ни стало достичь заветных вершин. Физиологи проявляли все больший интерес к воздействию высокогорных условий на человеческий организм, все глубже проникая в их тайну, и эти исследования во многом способствовали успеху первых покорителей Эвереста. При этом ученых не раз поражала способность альпинистов расширять очерченные врачами границы возможного.

Поль Бер (1833–1886) повсеместно признан отцом высокогорной физиологии и авиационной медицины. Ученик выдающегося французского физиолога Клода Бернара, он сконструировал декомпрессионную камеру достаточных размеров, чтобы там мог свободно размещаться испытуемый, и имитировал в своей лаборатории в Сорбонне условия высокогорья. В своей знаменитой монографии «Барометрическое давление» он доказывает, что пагубное воздействие высоты вызвано именно нехваткой кислорода. Кроме того, он первым показал, что кессонная болезнь (высотные боли) возникает из-за образования пузырьков в крови (см. гл. 2)



«Большие высоты» начинаются с 3000 м над уровнем моря. Цифра эта на самом деле взята практически с потолка. Немало жителей Земли – около 15 млн человек – обитают в горных районах даже выше этой отметки, особенно в Андах, Гималаях и на Эфиопском нагорье. Другие приезжают в высокогорные районы кататься на лыжах или ходят по горам в туристические походы. Самое высокогорное постоянное поселение на Земле – шахтерский поселок, расположенный на горе Ауканкильча в Андах, на отметке 5340 м. И хотя сами серные копи находятся на высоте 5800 м, шахтеры предпочитают каждый день преодолевать лишние 460 м подъема в гору, чем устраиваться там на ночлег. Индия, охраняя свою границу с Китаем, не один месяц держала войска на высоте 5490 м, но выше человек, по всей видимости, уже не способен находиться в течение долгого времени, поскольку жизнь на такой высоте чревата различными опасностями. Главная из них – пониженное содержание кислорода в воздухе, однако холод, обезвоживание и активное солнечное излучение тоже нелегко переносить.

Разреженность воздуха на больших высотах означает пониженное содержание кислорода, что представляет серьезную проблему для большинства организмов (в том числе и человека), нуждающихся в постоянном снабжении клеток кислородом. Сжигая кислород вместе с углеводами, клетки вырабатывают энергию. Клетки, производящие больше работы, например,



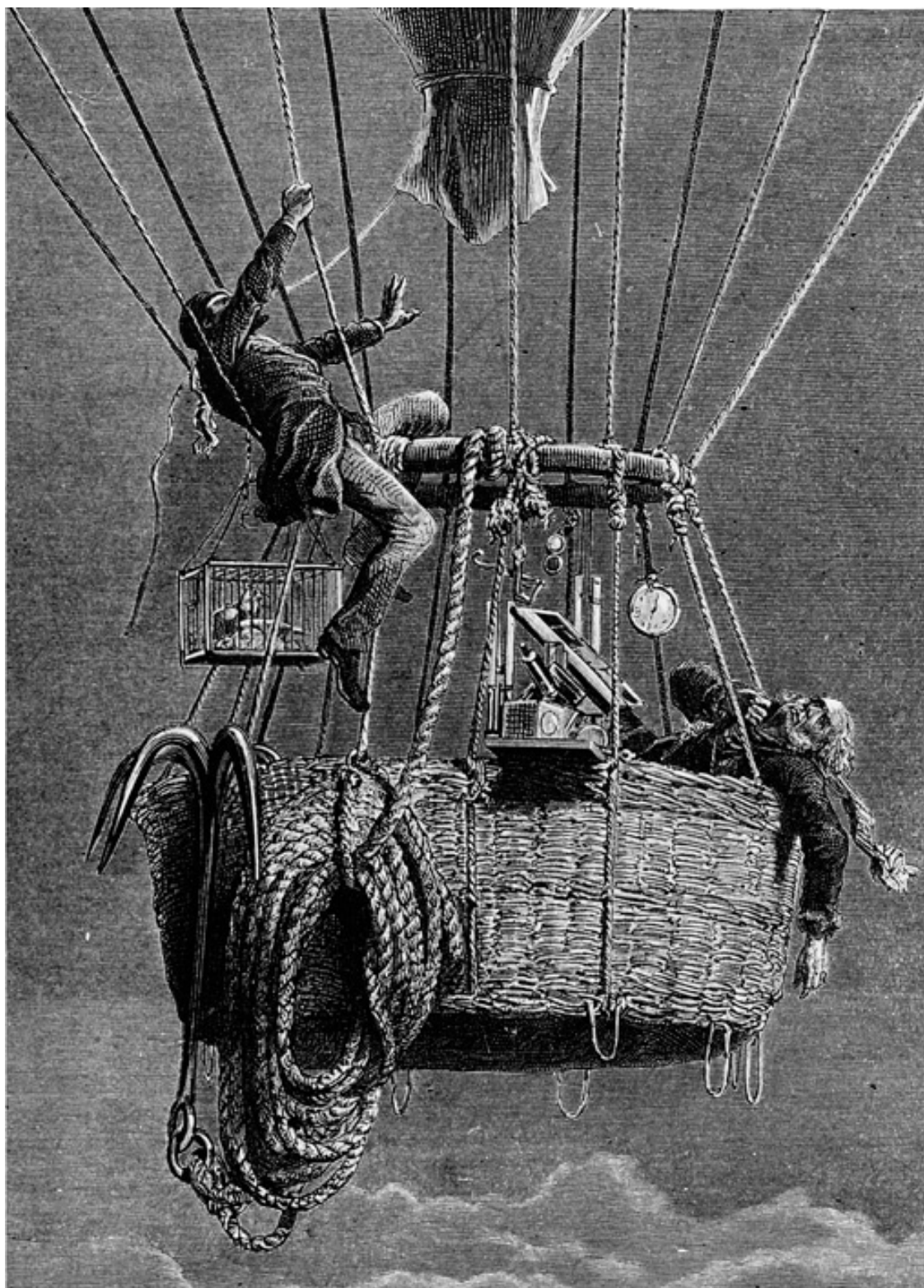
мышечные, потребляют, соответственно, больше кислорода, а физическая активность только увеличивает их запросы. После того, как в 1775 г. открыли кислород (см. гл. 7), его благотворное влияние перестало быть тайной. Однако лишь сотню лет спустя француз Поль Бер выяснил, что именно кислородная недостаточность (гипоксия) является основной причиной горной болезни. Широкое признание его открытие получило еще позже.

## Первые упоминания о горной болезни

Первыми воздействие высоты задокументировали китайцы в древней хронике Ханьшу, описывая поход из Китая в афганские земли в 37–32 гг. до н. э.: «Снова при переходе через Большую Болиголовную гору, Малую Болиголовную гору, Красные земли и Лихорадочный склон людей охватывает жар, бледность, нападает головная боль и тошнота. Ослы и скот страдают не меньше». Согласно предположению знаменитого синоведа Джозефа Нидэма, древние китайцы воспринимали подобное явление как знак придерживаться исконных границ государства. Точно так же греки, обнаружив, что на вершине Олимпа (около 2900 м) становится трудно дышать, объявили ее чертогом небожителей, недоступным для простых смертных.

В числе первых четко изложить симптомы острой горной болезни удалось в 1590 г. отцу Хосе де Акоста, испанскому миссионеру-иезуиту, который, переходя через Анды, провел некоторое время на высокогорном плато, известном как Альтиплано. На высоком перевале Парикака (4800 м) болезнь сразила многих его спутников. Он и сам «испытал такой неожиданный и сокрушающий приступ, что чуть не упал без чувств», а также пришел к выводу, что «воздух здесь столь тонок и рассеян, что его не хватает для дыхания». Кроме того, на перевале и по всему горному хребту отмечались «странные недомогания, причем на одних участках больше, чем на других, и чаще у тех, кто поднимался с моря, а не с плато». Из этого замечания следует, что отец Акоста сознавал: человек, успевший адаптироваться к условиям высокогорья, проведя какое-то время на горном плато, таком, например, как Альтиплано, менее подвержен горной болезни, чем те, кто поднимается непосредственно с уровня моря. Однако ученые сомневаются, что миссионер имел в виду именно это, поскольку оригинальный испанский текст, возможно, был переведен неправильно.

Зато местное население, инки, прекрасно знали и о воздействии высоты, и о том, что акклиматизация происходит постепенно. Наблюдая массовую гибель жителей равнин после резкого подъема на высоту для работы, например, в копиях, они держали два войска – одно акклиматизированное на высокогорье, а второе – внизу, для сражений на равнинах. Спасаясь от конкистадоров, инки поднимались все выше и выше в горы, затрудняя преследователям задачу. И хотя испанцы в конце концов основали город Потоси на отметке 4000 м, он был, скорее, приграничным фортом, откуда женщин и скот пришлось возвращать на уровень моря для рождения и взращивания потомства на протяжении первого года жизни. На плодовитости местных женщин и выживаемости их младенцев высота не отражалась, тогда как отпрыски испанцев гибли при рождении или в первые две недели жизни. Первый младенец испанского происхождения, которому удалось выжить на высоте, родился лишь через 53 года после основания города, появившись на свет под Рождество 1598 г., и это чудо приписали святому Николаю Толентинскому. К сожалению, ни один из шести «осененных чудом» детей не дожил до зрелых лет. Однако уже через два-три поколения выносливость младенцев повысилась, возможно, также за счет смешанных браков испанцев с коренным населением. Скот и лошади, впрочем, по-прежнему страдали массовым бесплодием, и в конце концов испанцы предпочли перенести столицу в Лиму. Младенческая горная болезнь встречается и в наши дни, например, у китайских колонистов, переселяющихся из низовий на склоны Тибета.



Знаменитый полет на воздушном шаре из Вулверхемптона, совершенный Джеймсом Глейшером и Генри Коксуэллом. Литография изображает их в высшей точке подъема — на высоте около 11 000 м. Глейшер без сознания свешивается за борт корзины. Коксуэлл, у которого от холода и гипоксии отнялись руки, пытается зубами дернуть за шнур водородного клапана. На голубях (в клетке, подвешенной за кольцо) высотная болезнь никоим образом не сказывается

Литография, изображающая А.-Т. Сивеля, Гастона Тиссандье и Ж.-Ю. Кроче-Спинелли на шаре «Зенит». Сивель (слева) собирается обрезать веревки мешков с балластом, чтобы поднять шар выше. Тиссандье (посередине) смотрит на барометр. Кроче-Спинелли держит загубник полосатого кислородного баллона, содержащего воздушную смесь с 72-процентным содержанием кислорода.

Шар поднялся в небо 15 апреля 1875 г. с площадки газового завода «Ла-Вильет» в предместье Парижа и достиг высоты 7500 м. В этот момент Сивель, как показано на литографии, спросил товарищей, подниматься ли выше, и, получив согласие, сбросил балласт. Шар быстро вознесся до 8600 м. Все трое воздухоплавателей оказались парализованы и потеряли сознание еще до того, как почувствовали нехватку кислорода. Тиссандье и Кроче-Спинелли ненадолго приходили в себя, однако с помутившимся от гипоксии рассудком снова сбрасывали балласт, только усугубляя свое положение, поскольку шар поднимался все выше. Когда Тиссандье в конце концов очнулся, шар стремительно несся к земле с высоты 6000 м, но оба товарища были уже мертвы.



Как отмечали еще инки, горной болезни меньше подвержены те, кто приспосабливается к высотным условиям постепенно. Драматический и зачастую трагический исход резкого подъема на большую высоту первыми испытали ранние воздухоплаватели. Первый полет был осуществлен в 1783 г. Жаном-Франсуа Пилатром де Розье и маркизом д'Арландом на воздушном шаре, изготовленном братьями Этьеном и Жозефом Монгольфье. В том же году другой француз, Жак Шарль, сконструировал шар, наполняемый водородом, и поднялся на высоту 1800 м, не испытывая никаких признаков недомогания. Однако воздушные шары способны достигать и более высоких пределов, и там опасность дает о себе знать куда острее.

Симптомы горной болезни при воздухоплавании описаны в знаменитой статье метеоролога Джеймса Глейшера, который сопровождал Генри Коксуэлла в полете из Вулверхемптона в 1862 г. За час они поднялись на высоту, соответствующую по их барометру 247 мм рт. ст., то есть около 8850 м. Подъем на этом не закончился, однако точную высоту зафиксировать уже не удавалось, поскольку Глейшер перестал различать показания барометра, а возможно, их точность снизилась, поэтому не исключено, что конечная высота составила менее заявленных 11 000 м. Глейшер в подробностях описывает, как у него отнимались руки и ноги, он не мог разглядеть циферблат часов и своего спутника, язык не слушался его и наступила временная слепота. В итоге он потерял сознание. К счастью, Коксуэлл остался более дееспособным и смог опустить шар, хоть и с трудом, постепенно выпуская водород. Поскольку руки у него тоже отнялись, веревку клапана пришлось дергать зубами. В процессе спуска Глейшер пришел в себя и даже сумел продолжить записи с отметки в 8000 м, что свидетельствует о том, как быстро человек оправляется после тяжелого приступа гипоксии.

Первые несчастные случаи последовали несколькими годами позже, в 1875 г., когда трое французских ученых, Сивель, Тиссандье и Кроче-Спинелли, поднялись выше 8000 м на воздушном шаре под названием «Зенит». У них были при себе запасы кислорода, однако столь скудные, что воздухоплаватели договорились не использовать их без крайней необходимости <sup>[3]</sup>. К несчастью, излишняя самоуверенность и вызванная острой кислородной недостаточностью эйфория привели к тому, что кислородом так и не воспользовались – все трое потеряли сознание. Выжил лишь Тиссандье. Позже он рассказывал, что пытался глотнуть кислорода из баллона, но не мог пошевелить руками. О своих ощущениях он писал так: «Страданий не испытываешь, напротив, ощущаешь ликование, наполнясь искрящимся светом. Проникаешься полным равнодушием и перестаешь видеть опасность положения».

## Подъем на Эверест

С расцветом альпинизма о проявлениях горной болезни стало известно больше и эта проблема стала исследоваться глубже. К середине 1920-х было установлено, что человек может подняться на высоту 8000 м и пробыть там несколько дней при условии, что до этого он не одну неделю проведет на промежуточных высотах, постепенно акклиматизируясь. При таком же давлении, смоделированном в декомпрессионной камере, человек терял сознание через несколько минут.

Участники британской экспедиции 1953 г. на Эверест под руководством сэра (впоследствии лорда) Ханта отлично понимали необходимость акклиматизации. Долгий переход от Катманду до Кхумбу, расположенного у подножия Эвереста, продолжался несколько недель и обеспечил необходимый адаптационный период, поскольку большая часть маршрута пролегает на высоте 1800 м, изредка поднимаясь до 3600. Еще четыре недели ушли на акклиматизацию в районе Кхумбу (4000 м), и только потом начался штурм склона. Кроме того, группа взяла за правило становиться лагерем на высоте, где можно спокойно есть и спать, а затем спускаться на несколько дней для отдыха и восстановления сил на предыдущий уровень. Вслед за ними так поступает и большинство современных экспедиций, и, как мы еще увидим, для этого существуют веские физиологические основания.

Кроме того, в этой экспедиции впервые широко применялись дополнительные источники кислорода. Раньше кислородом пользовались неохотно – альпинисты не слишком доверяли новому и слишком громоздкому снаряжению. Выше отметки в 6500 м участники экспедиции на Эверест стали пользоваться кислородными баллонами во время сна (1 л в минуту) и при восхождении (4 л в минуту). Однако, несмотря на такую поддержку, высота все равно давала о себе знать постепенным ухудшением самочувствия и потерей веса. Иногда, как подробно описывает Хант, дееспособность падала катастрофически:

«Наш подъем становился все медленнее, все изнурительнее. Каждый шаг давался с трудом и требовал напряжения воли. После нескольких медленных, как на похоронах, шагов нужен был отдых, чтобы набраться сил. По причине, обнаруженной мною лишь впоследствии, я дышал уже с трудом и широко открытым ртом ловил воздух <...> Казалось, мои легкие сейчас разорвутся. Со стонами я боролся за каждый глоток воздуха, теряя при этом ужасном и жестоком испытании всякое самообладание»<sup>2</sup>.

Причина подобных мучений была выявлена позже. Как оказалось, трубка, соединяющая респиратор Ханта с кислородным баллоном, полностью забилась льдом, поэтому кислород не проходил, и Хант, таща на себе тяжеленный прибор, не получал он него никакой пользы. Тем не менее в своем отчете об экспедиции Хант пишет: «Среди нашего многочисленного снаряжения я должен особенно отметить кислородную аппаратуру. <...> Главную роль в достижении успеха сыграли, по-моему, кислородные аппараты. Не будь мы снабжены высококачественной кислородной аппаратурой, нам, без сомнения, не удалось бы достичь вершины».

Вест о покорении Эвереста 29 мая 1953 г. Эдмундом Хиллари и шерпом Тенцингом Норгеем достигла Лондона 2 июня, как раз ко дню коронации Ее Величества королевы Елизаветы. Объявленная через громкоговорители по всему пути следования королевского кортежа, она вызвала всеобщее ликование. Находившиеся в базовом лагере члены экспедиции, услышав новость о своем подвиге по общенациональному радио AIR, очень удивились, поскольку

---

<sup>2</sup> Здесь и далее в этой главе цитаты из книги Дж. Ханта «Восхождение на Эверест» в переводе Ю. Б. Гиппенрейтер, Ю. М. Широкова, Б. А. Гарфа.

репортер *Times* Джеймс Моррис покинул лагерь с материалом для статьи буквально накануне, 30 мая.



Эдмунд Хиллари и Тенцинг Норгей после первого успешного восхождения на Эверест 29 мая 1953 г.

После успешного использования кислородных аппаратов при штурме Эвереста сложилось мнение, что выжить на вершине без дополнительного кислорода невозможно. Гриффит Пью, физиолог в составе первой экспедиции, покорившей Эверест, утверждал, что «лишь исключительному человеку под силу подняться выше 8200 м без дополнительного кислорода». Его выводы подтверждались трагическими случаями, когда лучшие альпинисты, теряя равновесие от изнеможения, вызванного гипоксией, разбивались насмерть. Однако упорство и настойчивость альпинистов, как нередко случалось в высокогорной физиологии, опровергли неутешительные выводы физиологов. В 1978 г. Петер Хабелер и Райнхольд Месснер совершили бескислородное восхождение на Эверест. Впоследствии их подвиг повторили и другие, в том числе в 1988 г. первая среди покорителей Эвереста женщина, Лидия Брейди (правда, она штурмовала Эверест в одиночку, поэтому некому было подтвердить, что она действительно достигла вершины).

Все эти примеры свидетельствуют, что нужно различать физиологические последствия резкого подъема на высоту (например, при полете на воздушном шаре или при разгерметизации самолета) и постепенного восхождения, типичного для неспешного штурма горной вер-

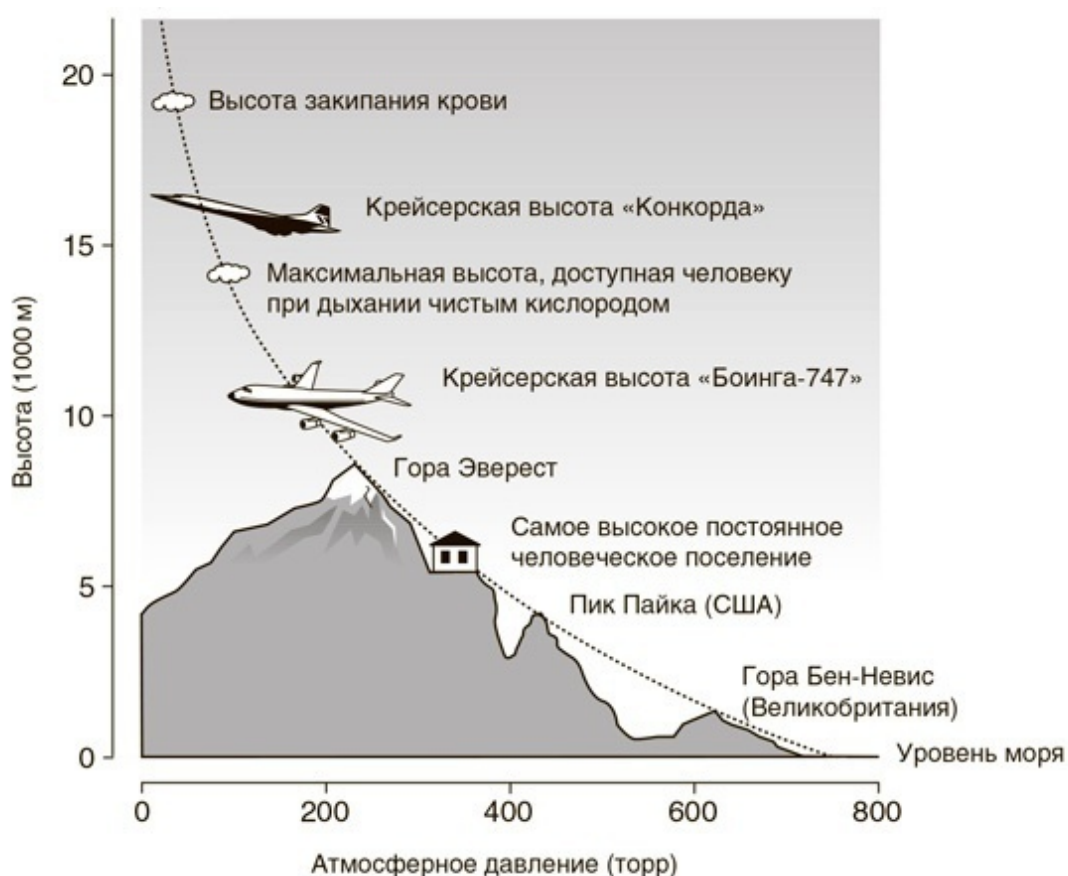
шины, когда отводится достаточно времени на акклиматизацию. Отдельным, третьим аспектом следует рассматривать последствия долговременного проживания на большой высоте.



## Падение барометрического давления

Первым наличие веса у воздуха обнаружил Эванджелиста Торричелли. В 1644 г. он писал коллеге: «Мы живем на самом дне океана, состоящего из воздуха, который, согласно неоспоримым экспериментальным данным, имеет вес». Торричелли, ученику Галилея, также принадлежит честь создания первого ртутного барометра для измерения атмосферного давления (давления, создаваемого весом самого воздуха).

Уменьшение плотности воздуха по мере набора высоты означает уменьшение атмосферного давления. Впервые это продемонстрировал Блез Паскаль в своем «Великом эксперименте» на горе Пюи-де-Дом. Проще говоря, чем выше мы поднимаемся, тем меньше давление, поскольку сокращается величина давящего на нас атмосферного столба.



Влияние высоты на атмосферное давление и на частичное давление кислорода в воздухе. Падение атмосферного давления по мере набора высоты происходит нелинейно, поскольку воздух обладает свойством сжатия и сдавливается верхними слоями. Поэтому, чем ближе к земле, тем быстрее увеличивается давление

До самого недавнего времени атмосферное давление измерялось в торрах — единицах, названных в честь Торричелли. Теперь в официальном обращении торры вытесняет другая единица, получившая, как ни парадоксально, свое имя в честь француза Паскаля. Однако поскольку в ранних работах использовались торры и физиологи по-прежнему оперируют именно ими, я тоже последую их примеру.

На уровне моря атмосферное (или барометрическое) давление составляет около 760 торр (миллиметров ртутного столба). Воздух состоит на 21 % из кислорода, на 0,04 % из углекис-

лого газа<sup>[4]</sup>, остальное приходится большей частью на азот. Поэтому на уровне моря давление кислорода (так называемое парциальное или частичное) равно 159 торрам (21 % от 760 торр). На вершине Эвереста доля кислорода в воздухе остается такой же, но поскольку барометрическое давление падает примерно до 250 торр, парциальное давление кислорода падает соответственно. Кроме того, парциальное давление кислорода в легких снижается еще сильнее, чем в атмосфере. Этот удивительный факт объясняется тем, что в организме содержится большое количество водяного пара. Его присутствие в альвеолах (легочные пузырьки, где происходит газообмен между легкими и кровью) сокращает объемы кислорода, что на высоте как нельзя более ощутимо.

Блез Паскаль (1623–1662) первым продемонстрировал в ходе научного эксперимента, что давление падает по мере набора высоты. Паскаль не стал проводить свой эксперимент лично, убедив вместо этого своего зятя в компании местных сановников подняться с барометром на гору Пюи-де-Дом в центральной Франции и проверить, будет ли падать давление. Второй прибор — в качестве контрольного — был оставлен в Клермоне под присмотром святого отца Шастена (человека «сколь возможно благочестивого»). Изменения наблюдались только на том барометре, который подняли на вершину



На любой высоте воздух в легких пропитан водяным паром, образующимся в организме. Особенно хорошо это видно на холоде, когда в результате выдоха возникает облачко пара. Парциальное давление этих паров – 47 торр. Это значит, что при атмосферном давлении в 47 торр, соответствующем высоте в 19 200 м, легкие целиком заполнятся паром, не оставляя места для кислорода и других газов. Таким образом, доля давления газа в легких, приходящаяся на водяной пар, возрастает по мере набора высоты – с 6 % на уровне моря до 19 % на вершине Эвереста.

Присутствие пара в альвеолах объясняет, почему парциальное давление кислорода в этих воздушных пузырьках ниже, чем в атмосфере (кроме того, кислород постоянно расходуется на нужды организма). Этим же фактором определяется физический предел высоты, которой может достичь человек, даже дыша чистым кислородом. Нижняя граница барометрического давления, при котором поддерживается нормальная концентрация кислорода в легких (100 торр), при дыхании чистым кислородом соответствует примерно 10 400 м, что равно высоте полета большинства пассажирских лайнеров. На большей высоте выжить тоже можно, поскольку при учащенном дыхании выпускается больше углекислого газа и освобождается место под кислород. Однако уже на высоте 12 200–13 700 м кислорода вырабатывается недостаточно, и человек теряет сознание. Выше 18 900 м при температуре тела кровь «закипает», т. е. фактически испаряется. Тем самым объясняется, почему для подобных высот и косми-

ческих путешествий необходим герметичный скафандр или капсула с автономной системой подачи воздуха (см. гл. 6).

## Чем опасна неожиданная разгерметизация

«В случае внезапной разгерметизации кислородные маски выпадают автоматически». В последние 25 лет популярность авиаперелетов неуклонно растет, поэтому фраза эта знакома практически каждому, хотя, к счастью, мало кому пришлось применить это знание на практике. Большинство пассажирских перелетов совершаются на высоте около 10 400 м. Если на этой высоте выбить стекло, мы услышим громкий хлопок вырывающегося из кабины воздуха – внутреннее давление уравнивается с внешним. Непристегнутые предметы и людей вытянет за борт, а кабина наполнится мелкой водяной взвесью, поскольку температура тоже сравняется с наружной и в воздухе сконденсируется водяной пар. Поэтому кислородную маску важно надеть мгновенно, ведь уровень кислорода в легких моментально упадет, и в течение 30 секунд вы потеряете сознание. «Полезное» время, за которое пилоту придется предпринимать какие-то действия, и того меньше – 15 секунд. Одного капитана воздушного судна погубило то, что он не успел надеть кислородную маску, наклонившись за упавшими очками. К счастью, второй пилот оказался расторопнее.

Парциальное давление кислорода в легких на высоте 10 400 м при дыхании несжатым воздухом составляет около 20 торр – это слишком мало для жизни. При дыхании чистым кислородом оно возрастает до 95 торр. Этого хватит, чтобы выжить, если вы будете сидеть смирно, не тратя энергии, поэтому экипаж учат в подобных ситуациях сидеть спокойно, пока самолет не опустится на более приемлемую высоту (а кроме того, еще и потому, что снижение в таких случаях проводят резкое, чтобы опуститься побыстрее).

Падение дееспособности на больших высотах погубило немало людей в начале Второй мировой войны. Если на высоте 5500 м хвостовой стрелок бомбардировщика, дышавший воздухом в своей пулеметной турели, чувствовал себя вполне бодрым, то при попытке перебраться в головную часть многие теряли сознание. Это происходит потому, что работающие мышцы потребляют больше кислорода, чем организм может получить из разреженного воздуха, и оставшегося кислорода не хватает на обеспечение нужд мозга. Однако в спокойном сидячем положении можно подняться в негерметизированной кабине, не теряя сознания, до 7000 м, что, надо отметить, значительно уступает высоте Эвереста.

Куда коварнее внезапной разгерметизации медленное падение давления в кабине, поскольку постепенное снижение содержания кислорода в воздухе замечается не сразу. Пилот, не подозревая об опасности, может не успеть предпринять необходимые шаги. Как подробно описывали первые воздухоплаватели, кислородное голодание вызывает эйфорию, рассеянность и неверную оценку обстановки. В итоге наступает мышечная слабость, потеря сознания, затем кома и смерть. Все это вызвано неспособностью организма достаточно быстро реагировать на снижение доли кислорода в воздухе на больших высотах.

Официальный предел для полета в негерметизированной кабине без кислорода – 3000 м, хотя кислородом пользуются начиная с 2400 м, для перестраховки. В салонах пассажирских самолетов создается давление, соответствующее высоте 1500–2400 м над уровнем моря, поскольку, чтобы обеспечить более высокое давление, пришлось бы значительно увеличивать вес фюзеляжа и тратить слишком много мощности двигателей на наддув. Кроме того, в этом нет необходимости, поскольку на такой высоте парциальное давление кислорода достаточно для нормального насыщения им крови. Однако страдающие легочными или сердечными заболеваниями могут не справиться с понижением уровня кислорода, и им потребуется в полете кислородный баллон. Именно из-за перепадов давления (когда внутреннее давление в кабине приводится в соответствие с внешним) у нас закладывает уши при взлете и посадке на уровне моря (подробнее об этом см. гл. 2).

В отличие от пассажирских самолетов, многие истребители не герметизируют или герметизируют слабо, создавая давление, соответствующее 7600 м над уровнем моря, поскольку более сильная герметизация потребует увеличения веса и лишит истребитель маневренности. Поэтому летчикам приходится надевать плотно прилегающую маску и дышать смесью воздуха с чистым кислородом. Смесью регулируется автоматически в зависимости от высоты, снабжая летчика кислородом в достаточном количестве, не вызывающем кислородного опьянения (см. гл. 2). Выше 11 500 м подается под давлением чистый кислород. Дышать сжатым воздухом непривычно – в отличие от нормального дыхания, когда вдох представляет собой активный процесс, а выдох происходит при расслаблении мышц грудной клетки, сжатый воздух заполняет легкие сам, а вот выдыхать его приходится с усилием. Поэтому такое дыхание – достаточно трудоемкий процесс. Кроме того, при слишком сильном «наддуве» легкие может разорвать – как ту лягушку в эзоповой басне, что пыжилась, пока не лопнула. Однако если на стенки грудной клетки будет обеспечено давление извне, легкие могут выдержать больший «наддув», поэтому пилоты истребителей облачаются в специальный костюм. По сути, это плотно облегающий комбинезон, который при низком давлении накачивается воздухом в районе грудной клетки и живота. Его используют военные летчики, поднимающиеся выше 12 000 м, чтобы спастись в случае полной разгерметизации (если, например, корпус истребителя пробьет шрапнелью). Аналогичный костюм надевала Джуди Леден, когда в 1996 г. спускалась на дельтаплане с воздушного шара, поднявшегося на высоту 12 000 м над Иорданской пустыней, тем самым побив мировой рекорд высоты для дельтапланеристов.

Гражданские самолеты конструируются таким образом, чтобы в случае разгерметизации окна воздух выходил не так быстро и давление падало постепенно (именно поэтому иллюминаторы на «Конкордах» такие маленькие). Однако если снаряд попадет в истребитель или летчику придется катапультироваться, разгерметизация произойдет в считанные секунды. Поэтому летчиков учат правильно выдыхать в процессе разгерметизации, чтобы легкие не разорвало от резкого притока воздуха. Кроме того, им грозит «кессонная болезнь», возникающая, когда растворенные в крови и тканях организма газы при низком давлении выделяются из раствора в виде пузырьков. Ощущения и опасность при разгерметизации на большой высоте сходны с опасностью, подстерегающей ныряльщиков, всплывающих с глубины на поверхность (более подробно об этом см. в гл. 2).

В отличие от большинства пассажирских самолетов, «Конкорд» летает в эшелоне 15 000–18 000 м. Даже при дыхании чистым кислородом под давлением эта высота сильно превышает достаточный для выживания порог (составляющий около 14 000 м). Как мы уже знаем, из-за низкого барометрического давления на таких высотах легкие просто не вмещают необходимое количество кислорода. Кроме того, этот эшелон близок к высоте в 18 900 м, на которой кровь и прочие жидкости организма начинают «закипать» при температуре тела. Поэтому внезапная разгерметизация кабины «Конкорда», скорее всего, приведет к летальному исходу, но многие пассажиры даже не догадываются об этом, пребывая в счастливом неведении.

## Острая горная болезнь

Если разгерметизация самолета – чрезвычайная ситуация, в которой довелось побывать очень немногим, то воздействие горной болезни, учитывая растущую популярность и доступность экстремального туризма, испытало на себе гораздо большее количество людей. Поход к подножию Эвереста стал массовым туристическим маршрутом, восхождение к базовому лагерю уже совершили тысячи неопытных любителей, а на склонах горы регулярно проводится марафонский забег. В Андах каждый год не меньшее число туристов проходят Тропой инков, ведущей от Куско к древнему городу Мачу-Пикчу по головокружительным перевалам на высоте 4500 м. Поскольку до Анд можно добраться и напрямую – поездом или самолетом, горная болезнь там не редкость. Тем, кто прибывает самолетом в Ла-Пас, столицу Боливии, расположенную на отметке 3500 м над уровнем моря, настоятельно рекомендуют не перенапрягаться в первые дни, и все равно каждый год несколько бизнесменов умирает от сердечного приступа или тромбоза, вызванного высокогорными условиями.

Симптомы горной болезни обычно отмечаются у жителей равнин при подъеме на высоту более 3000 м, однако со временем большинство людей адаптируется. Но выше 4800–6000 м (уровень самых высокогорных поселений в Андах и Гималаях) акклиматизации уже не происходит и дееспособность постепенно ухудшается. Даже для самых акклиматизированных подъем выше 7900 м чреват серьезными опасностями. Альпинисты называют этот уровень «мертвой зоной», поскольку длительное пребывание на такой высоте вызывает стремительное ухудшение здоровья. Именно поэтому базовый лагерь разбивается на более низкой отметке, а оттуда совершается марш-бросок на вершину, с расчетом побыть выше 7900 м как можно меньше.

Горная болезнь развивается в течение 8–48 часов после быстрого подъема на большую высоту. Начинается она с легкого головокружения, часто эйфории, человек будто пьянеет от разреженного воздуха. Однако через несколько часов эйфория спадает и наваливается непонятная усталость. Идти, хоть и с трудом, еще как-то удастся, о беге не может быть и речи. Перед глазами плывет, человек теряет равновесие. Заснуть тяжело, ночью постоянно просыпаешься, испытывая при этом неприятное ощущение, будто тебя душат. К этому добавляется сильная головная боль, потеря аппетита, тошнота и даже рвота. Нередки кровоизлияния в капиллярных сосудах сетчатки глаза (впрочем, потом капилляры без последствий заживают).

У большинства людей эти неприятные симптомы пропадают через несколько дней. Однако иногда горная болезнь может привести к отеку легких (скоплению в них жидкости). В некоторых случаях развивается отек мозга – больной испытывает при этом головную боль, потерю равновесия, сильное желание лечь и ничего не делать. После этого быстро наступает кома и смерть. Кислород может облегчить состояние как при горной болезни, так и при отеках мозга и легких, но единственное по-настоящему действенное лекарство – спуститься с опасной высоты. Заплатить проводнику, чтобы он отнес вас выше в горы, как поступали некоторые туристы в Гималаях, – самая что ни на есть фатальная ошибка.

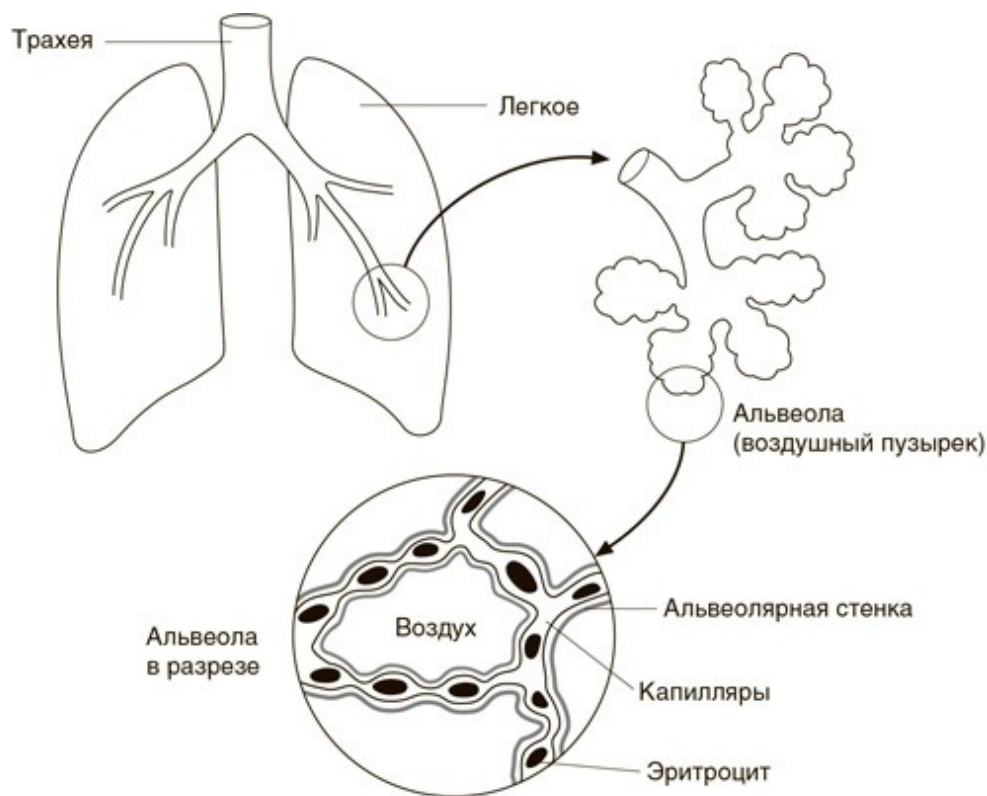
Красочное описание горной болезни составил на основе собственного опыта Эдвард Уимпер. Он и двое его проводников, Жан-Антуан и Луи Каррель, испытали на себе пагубное воздействие разреженного воздуха на высоте 5000 м при восхождении на Чимборасо в 1879 г.

«Где-то через час я обнаружил, что вместе с обоими братьями Каррелями лежу на спине, будто нокаутированный, не в силах пошевелиться. Мы поняли, что враг не дремлет и что мы переживаем первый приступ горной болезни. У нас начался жар, головная боль, не хватало воздуха, как следует вдохнуть удавалось только ртом. От этого сразу же пересыхало горло. <...> Даже

участившееся дыхание казалось недостаточным, мы то и дело судорожно хватали воздух ртом, будто рыбы, выброшенные на берег».

Около 40 % туристов, поднимаясь в пешеходных походах выше 4000 м, подвергаются в той или иной степени воздействию горной болезни, хотя и менее суровому, чем у Уимпера и братьев Каррелей. Предсказать, кто падет ее жертвой, крайне сложно, поскольку она не зависит от физической подготовки и может скрутить парашютиста-разрядника, совершенно не тронув его хрупкую бабушку. Причины острой формы горной болезни еще не до конца изучены, однако в числе важных факторов приводятся снижение содержания кислорода в крови и уменьшение кислотности крови (см. ниже). Некоторые ученые полагают, что в совокупности эти факторы вызывают перераспределение жидкостей в организме и ведут к слабо выраженному отеку мозга. Предположение подтверждается измерениями мозгового кровотока, проведенными на высоте 5300 м.

Отек легких, когда легкие переполняются жидкостью, возникает вследствие реакции кровеносных сосудов легких на снижение уровня кислорода на больших высотах. На уровне моря низкое содержание кислорода в отдельном легочном пузырьке (альвеоле) обычно означает, что приток воздуха затруднен. Ввиду невозможности провести кровь через эту альвеолу прилегающий кровеносный сосуд сжимается, перекрывая кровоток и перенаправляя его в другую, лучше вентилируемую область. К сожалению, сосуды не различают снижение уровня кислорода в альвеолах из-за блокирования дыхательных путей и спада парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Поэтому на большой высоте они сокращаются в любом случае. Однако одни сосуды более чувствительны к перепадам уровня кислорода, чем другие, поэтому сосудистый спазм происходит неравномерно. В результате усиливается кровоток в свободных капиллярах, приводя к повышению кровяного давления в легких. Из капилляров выделяется жидкость, которая затем скапливается в альвеолах или между ними. Примерно то же самое происходит, когда отверстия в душевой лейке забиваются известковым налетом – напор воды в свободных отверстиях неизменно возрастает. Поскольку через гиперчувствительные (а значит, сократившиеся) капилляры жидкость не проходит, отек происходит неравномерно – как точно подметил один эксперт, «отекавшее легкое похоже на мешок с пушечными ядрами».



Легкие пронизаны сетью ветвящихся трубок, становящихся с каждым ветвлением все тоньше и тоньше и заканчивающихся мельчайшими пузырьками, альвеолами. В каждом легком около 150 млн альвеол. Их стенки оплетены вязью тончайших кровеносных сосудов (капилляров), чтобы кровоток в стенках альвеол шел непрерывным потоком. Именно там происходит газообмен между воздухом в альвеолах и кровью в капиллярах. Общая площадь поверхности альвеол огромна — около 70 кв. м., то есть размером примерно с теннисный корт

Жидкость в альвеолах препятствует газообмену. Дыхание становится затрудненным, в нижних сегментах легких слышатся хрипы — это, судя по всему, переливается во время дыхания жидкость. Если отек вовремя не устранить, больной просто «утонет» в жидкости, скапливающейся в легких. Отек легких грозит прежде всего тем, кто, стремительно поднявшись на высоту 3000 м, сразу же подвергает организм большим физическим нагрузкам. Если подниматься постепенно и выждать некоторое время в покое, вероятность отека практически исключена.

Для альпинистов и тех, кто постоянно живет и работает на большой высоте, дееспособность — крайне важный фактор. И разумеется, чем больше человек трудится (чем быстрее поднимается), тем больше ему необходимо кислорода. У равнинных жителей работоспособность с высотой стремительно падает: на отметке 7000 м она составляет едва ли 40 % от показателей на уровне моря. Без кислорода темп восхождения существенно замедляется: в 1952 г. у Раймонда Ламберта и Тенцинга Норгея ушло пять с половиной часов на прохождение 200 м по Южному седлу Эвереста, а на вершине горы Райнхольд Месснер с Петером Хабелером через каждые несколько шагов падали в снег от изнеможения, поэтому последние 100 м они преодолевали больше часа.

«Через каждые несколько шагов мы обессиленно повисаем на ледорубах, судорожно разевая рот, отводя необходимый для мышц воздух. <...> На высоте 8800 м мы уже не можем держаться на ногах во время передышек. Мы



падаем на колени, цепляясь за ледорубы. <...> Через каждые десять-пятнадцать шагов валимся в снег отдохнуть, затем ползем дальше».

Похожие затруднения не прошедший акклиматизацию человек испытывает и на более низких высотах, тогда как постоянные обитатели этих высот снижением работоспособности не страдают. Прибывая в Ла-Пас самолетом, путешественники ощущают мгновенный упадок сил из-за разреженного воздуха, тогда как местные, к изумлению (и зависти) гостей, бегают в тех же условиях марафоны.

## Вдох-выдох

Попадая на большую высоту, вы прежде всего замечаете, как учащается дыхание<sup>[5]</sup>. Это резкая и непосредственная реакция организма на уменьшение парциального давления кислорода в воздухе, обеспечивающая приток большего количества кислорода к тканям. Вызывается она хеморецепторами (каротидными тельцами), находящимися в сонных артериях, которые, чувствуя понижение уровня кислорода в крови, дают дыхательному центру мозга сигнал участить дыхание. Каротидные тельца расположены в стратегически важных точках, поскольку они отслеживают содержание кислорода в крови, поступающей в мозг<sup>[6]</sup>. Механизм, с помощью которого они распознают перепады уровня содержания кислорода, до сих пор является предметом научных споров.

Поначалу дыхание учащается незначительно – не более чем в 1,65 раза по сравнению с частотой на уровне моря, даже на высоте 6000 м. Это происходит потому, что гипервентиляция легких не только повышает потребление кислорода, но и вызывает больший расход  $\text{CO}_2$  на выдохе. Углекислый газ образуется в организме в весьма значительных количествах как побочный продукт обмена веществ. В растворе он дает угольную кислоту, и объем выдыхаемого человеком газа приравнивается к 12,5 л угольной кислоты в промышленной концентрации (точнее, 12,5 моля ионов водорода) в сутки. Производимый в тканях углекислый газ переносится клетками крови в легкие и оттуда выделяется в воздух. Таким образом, его концентрация в альвеолах варьируется в зависимости от частоты дыхания: при учащенном дыхании углекислого газа выбрасывается больше, тем самым уменьшается его содержание в альвеолах и крови.

Углекислый газ выступает мощным регулятором дыхания (воздействуя на еще одну группу хеморецепторов, расположенных в мозге), и если его содержание в крови падает, дыхание затрудняется. Можете проверить сами, и вы обнаружите, что способны задержать дыхание на более долгий промежуток времени, если до этого сделаете серию частых выдохов. (Только не переусердствуйте – если дышать так больше минуты, может закружиться голова.) Дело в том, что задержка дыхания регулируется не столько потребностью в кислороде, сколько возрастанием процента углекислого газа в крови. Когда он достигает критической отметки, организму требуется вдох. Гипервентиляция перед задержкой дыхания удаляет из организма избыток  $\text{CO}_2$  и позволяет отсрочить момент, когда он снова накопится до предела, побуждающего сделать вдох. Противоположное воздействие кислорода и углекислого газа на организм объясняет, почему на высотах ниже 3000 м никаких изменений в характере дыхания не происходит.

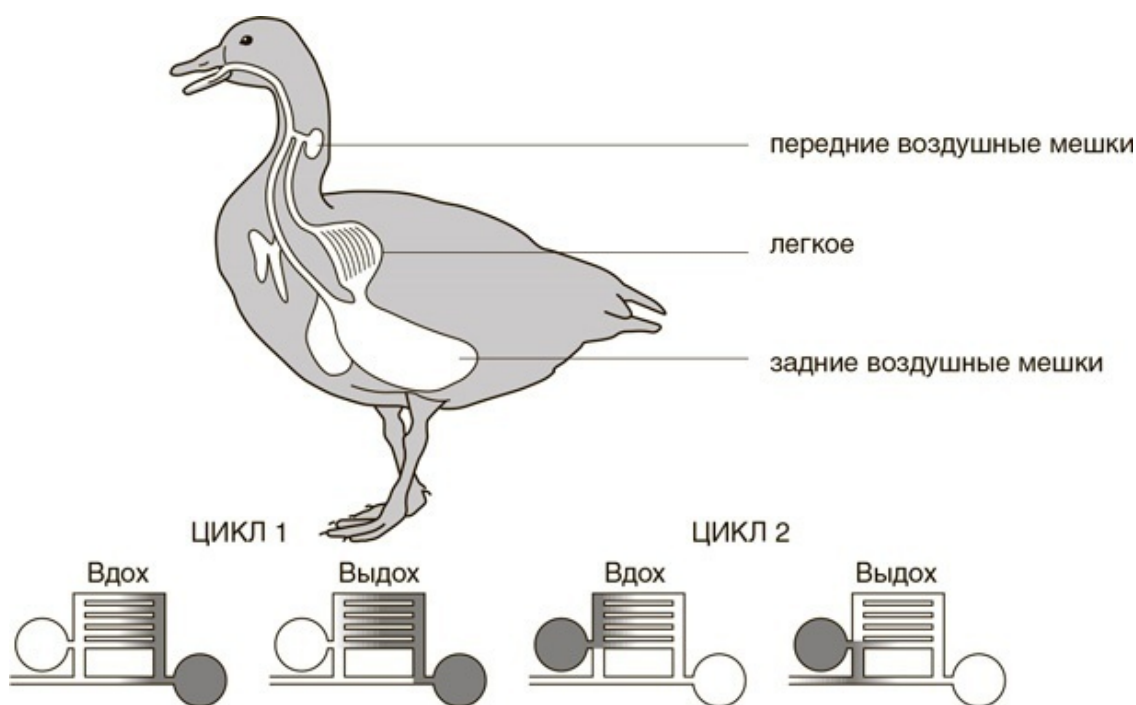
## Птицы высокого полета

На вершине Эвереста человек выживет без кислорода, только если он достаточно вынослив и дал организму время адаптироваться. Однако даже в этом случае он будет передвигаться медленно и с трудом. В отличие от человека, птицы – например, горный гусь (*Anser indicus*), переваливают через Гималаи на той же или большей высоте во время ежегодных миграций. Более того, они могут менее чем за день подняться с уровня моря на высоту 9000 м, не оставляя времени на акклиматизацию. Даже простой домовый воробей на высоте 6000 м будет активен и бодр, тогда как человек впадет в угнетенное состояние. Чем же объясняется эта невероятная способность птиц справляться с низким содержанием кислорода?

Во-первых, легкие у птицы устроены иначе, чем у человека, поэтому способны забирать больше кислорода из вдыхаемого воздуха и отдавать

больше углекислого газа. Легкие у птицы маленькие и компактные, однако они сообщаются с обширными воздушными мешками, которые заполняют пространство между внутренними органами и уходят своими ветвлениями в кости черепа и скелета. Эти воздушные мешки нужны не как дыхательные поверхности, а, скорее, как хранилище. Газообмен происходит в тончайших трубочках, соединяющих передние и задние воздушные мешки, – эти трубочки и есть легкие.

Полное прохождение воздуха через легкие птицы осуществляется за два вдоха. Сперва воздух заполняет задние воздушные мешки. За время выдоха и следующего вдоха этот воздух перегоняется в передние мешки, и в процессе оттуда извлекается кислород. На следующем выдохе воздух выталкивается из передних мешков наружу. В результате воздух постоянно циркулирует по дыхательным поверхностям, что позволяет птице извлекать больше кислорода, чем млекопитающим, у которых воздух не «течет» по дыхательным поверхностям, а загоняется в тупики альвеол, откуда кислород медленно просачивается в кровь.



По Шмидту-Нильсону, 1995 г.

Еще один фактор, позволяющий птицам летать на большой высоте, – пониженная, по сравнению с млекопитающими, чувствительность к падению концентрации  $\text{CO}_2$  в крови и сопутствующему повышению кислотности крови. Поэтому учащенное дыхание у них сохраняется даже при падении уровня  $\text{CO}_2$  в крови. Кроме того, сердце у птиц перекачивает за один удар больше крови, чем у млекопитающего сопоставимых размеров, а гемоглобин у птиц, обитающих на больших высотах, связывает кислород куда активнее, также повышая объем кислорода, извлекаемого из воздуха.

Переключение с кислородной регуляции дыхания на углекислотную не всегда протекает гладко и может приводить к «скачкам» и перепадам, как бывает в плохо отрегулированной отопительной системе. При этом человек то дышит, то не дышит, пугаясь сам и пугая тех, кто рядом. Чаще всего это происходит ночью. Объясняются такие перепады тем, что учащен-

ное дыхание, вызванное низким содержанием кислорода в воздухе, приводит к повышенному сбрасыванию углекислого газа легкими, и дыхание останавливается. Затем в течение какого-то времени углекислый газ снова накапливается в крови, снимая блокировку, и одновременно возрастает потребность в кислороде. Задержку дыхания прерывает резкое заглывание воздуха – иногда настолько резкое, что человек просыпается, и весь цикл идет по следующему кругу. Эти постоянные пробуждения очень затрудняют существование на высоте, поэтому у альпинистов выработался принцип: «Лезь повыше, спи пониже».

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.

## Комментарии

1.

У. Дж. Тернер (1889–1946), Romance

2.

Знаменитый ответ Мэллори на вопрос: «Почему вы решили подняться на Эверест?»

3.

О кислородном голодании их предупредил Поль Бер, однако его письмо пришло слишком поздно, поскольку дата подъема на шаре была уже назначена. Путешественники решили отправляться в путь как есть.

4.

Точное содержание углекислого газа в атмосфере всегда было предметом споров. В начале XX в. его определяли и как 0,04, и как 0,033 %, а Дж. Холдейн ставил эксперименты на крыше Физиологической лаборатории в Оксфорде, пытаясь установить точное содержание. В наши дни задача состоит в том, чтобы выяснить, повышается ли уровень CO<sub>2</sub> в атмосфере за счет использования ископаемого топлива. При этом содержание углекислого газа на разных участках планеты не одинаково. При температурах ниже –70° С, как в Антарктиде, CO<sub>2</sub> замерзает, и его концентрация падает до нуля. Еще острее этот феномен проявляется на Марсе, атмосфера которого почти полностью состоит из углекислого газа, поэтому зимой, когда он замерзает, делается более разреженной, а весной, когда плотный газ испаряется, приходит в прежнее состояние.

5.

В научных терминах частота дыхания называется вентиляцией – это объем воздуха, проходящего через легкие в течение минуты. В среднем человек поглощает около 0,5 л воздуха на каждом вдохе и делает около 12 вдохов в минуту. Таким образом, объем вентиляции его легких равен 6 л в минуту. Максимальный предел вентиляции составляет около 150 л в минуту (но на такое способны лишь натренированные спортсмены).

6.

Строго говоря, каротидные тельца измеряют парциальное давление кислорода в крови. В физиологии для описания концентрации кислорода в крови существует ряд точных терминов. «Парциальное давление кислорода в крови» означает парциальное давление растворенного газа. «Содержание кислорода» – общее количество кислорода в крови – примерно равно кислороду, связанному с молекулами гемоглобина (поскольку количество именно растворенного кислорода ничтожно мало). Таким образом, содержание кислорода зависит от количества эритроцитов и увеличивается при повышении гематокрита. «Насыщение кислородом» означает процент молекул гемоглобина, присоединивших кислород.