

Холден Джон Скотт

Дыхание

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84
Д42

Д42 **Джон Скотт Х.**
Дыхание / Холден Джон Скотт – М.: Книга по Требованию, 2025. – 464 с.

ISBN 978-5-521-29244-8

ISBN 978-5-521-29244-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2025
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2025

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ное будет опущено. Сущность процессов дыхания заключается не только в снабжении тканей кислородом и удалении из них углекислоты, но также в том, что на всех стадиях вышеуказанные процессы, как это будет видно из этой книги, координированы между собой и тесно связаны с другими физиологическими процессами так, как это характерно для каждого организма.

Больше того, структурные элементы, принимающие участие в этих процессах, сохраняются в той же характерной координированной форме в течение всей жизни взрослого организма, причем развитие этих характерных форм начинается еще в зародыше, в котором, однако, эти формы еще нельзя распознать. Чисто физическое и химическое описание не дает представления о координации, регулировании и развитии этих процессов. Мы, однако, не можем пренебрегать этим, так как мы встречаемся с явлениями координации во всех процессах, которые мы пытаемся описывать; их следует также принимать во внимание тогда, когда мы применяем наши знания для целей прогноза, как, например, в практической медицине. Один из способов изложения этих явлений заключается в самом подробном описании химической и физической стороны вопроса, за исключением того, что относится к координации, регулированию и развитию как к явлениям, слишком сложным в настоящее время для научного изложения. Мы можем оставить эмбриологам научное исследование развития особенных или нормальных структур и функций, играющих роль в процессе дыхания; но координация процессов в тех частях организма, которые участвуют в нормальном дыхании, является слишком важным фактором, чтобы о нем можно было не говорить; это еще более относится к вопросу о координации отдельных элементов в процессе нормального дыхания. Поглощение кислорода и выделение углекислоты организмом осуществляются таким образом, что это способствует сохранению определенных структур и функций организма; с другой стороны, сохранение определенных структур способствует нормальной жизнедеятельности организма.

Дыхание, таким образом, является выражением координированных процессов, которые мы называем жизнью. Называя это дыханием, мы ограничиваем эти процессы как проявления жизни от внешне сходных явлений, которые мы интерпретируем как процессы неорганические; то же самое справедливо для других физиологических функций, называемых соответствующими физиологическими терминами.

Концепция о жизни как о явлении, объективно существующем, очень важна в физиологии. При познании факта жизни наши знания делаются более глубокими и полными, чем это возможно при попытке объяснения тех же явлений с чисто физической точки зрения.

Если исходить из теории, что живой организм является не

более чем крайне сложным физическим и химическим механизмом, настолько сложным, что мы до сих пор не можем понять его, то координированная регуляция в организме и воспроизведение зависят от этих неизвестных механизмов, и физиологии остается только считаться с этими фактами как необъяснимыми до настоящего времени. Экспериментальные исследования постоянно открывают новые детали процессов и структур, связанных с явлениями координации в организме; таким образом, эта проблема делается все более значительной. По странному недоразумению при попытке оценить значение этих новых открытий в физиологии часто предполагают, что они помогают физическому и химическому объяснению координации процессов. Такая интерпретация может совершенно отдалить нас от концепции о жизни как о специфическом свойстве описываемых нами явлений.

В действительности нет ни малейшего научного указания на то, что мы сможем когда-либо расстаться в физиологии со специфической концепцией о жизни; и в этой книге понятие о жизни с включающимся сюда понятием о координированной регуляции процессов рассматривается как основа научного изложения. Другими словами, физиология дыхания рассматривается как часть биологии, в том смысле, что биология является отраслью знаний, отличной от физических наук, так как основное в биологии—это жизнь организма, в ее взаимоотношении с окружающим миром, с координированной регуляцией процессов и воспроизведением, являющимися основными факторами, характеризующими жизнь.

Часто говорят, что если мы биологию будем обосновывать на теоретической базе, отличной от физики и химии, то наши попытки объяснить жизнь будут тщетными и, несмотря на бесплодность этих попыток, нам не останется ничего другого, как продолжать их. Возражением на это является указание на неправомерность философского воззрения, положенного в основу концепции о возможности объяснения всех окружающих нас явлений только с точки зрения физики.

Простое размышление о том, что эта концепция, если вообще она что-нибудь значит для нас, претендует на универсальность, включая все, что может быть нами познаваемо, делает ее только условной.

Современные физические знания не могут дать представления о характерных особенностях жизни и сознания или о предполагаемом происхождении их в процессе эволюции. Если мы всерьез попытаемся включить проявления жизни в круг физических знаний, мы должны решительно изменить аксиомы, на которых базируются физические науки. Эти аксиомы достаточны для определенных, ограниченных целей, но физические знания, без сомнения, представляют собой только внешнее выражение элементарных философских истин. В биологии мы

постоянно условно применяем физические и химические объяснения, что достаточно полно использовано и в этой книге; но ясно, что это условные объяснения, которые не учитывают постоянной координации, лежащей в основе процессов, происходящих в живом организме, и являются весьма поверхностными, оставляют место для более полных объяснений, учитывающих, что описываемые процессы являются феноменами жизни. Насколько это возможно, мы постарались дать в этой книге полное объяснение их.

Мы стремились всюду подчеркнуть значение для сохранения жизни каждого проявления феномена дыхания и важность с этой точки зрения координационных явлений, обнаруживающихся в этих процессах. Только тогда, когда мы осознаем, насколько реальна эта координация и регулирование процессов, мы сможем эффективно приложить физиологию к диагнозу, лечению и профилактике болезней. Поэтому прикладное значение физиологии играет большую роль в этой книге и не является случайным. При изложении предмета в целом нами принимается в качестве рабочей гипотезы, что процесс дыхания является проявлением жизни, и отсюда в свете экспериментальных исследований мы приступаем к описанию в деталях постоянства физиологической координации в здоровом организме. Нарушения этой координации при болезнях делаются очень заметными. Физиологические объяснения рассматриваются как экспериментальные доказательства того, что физиологические явления выражают постоянную координацию процессов, которую мы называем жизнью. Другими словами, физиология рассматривается как часть биологии, мы исходим из основ, отличных от основ физических знаний, и это является существенным при описании проявлений жизни.

Оксфорд. Ноябрь 1934 г.

Дж. С. Холдэн

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Когда университет в Иеле пригласил меня в 1915 г. прочесть лекции (Silliman Lectures), мне было поручено остановиться на физиологии дыхания и осветить данные большого количества исследований, в которых я принимал участие, а также упомянуть о практическом применении их в клинической медицине и гигиене. Из-за войны я не мог прочесть лекции в 1915 г., но в 1916 г. я прочел четыре лекции, касавшиеся только некоторых общих выводов, к которым я пришел, впервые опубликованные в 1917 г. под названием «Физиология дыхания как иллюстрация взаимоотношений организма и среды».

Война значительно отсрочила появление этой книги, которая трактует о физиологии дыхания в полном соответствии с первоначальным планом. Я отказался от лекционной формы изложения, и то, что я написал четыре года назад, подверглось значительной переработке в соответствии с быстрыми успехами наших знаний.

Эта книга не является простой компиляцией, но содержит много такого, что никогда еще не было опубликовано, и является попыткой дать систематическое изложение и интерпретацию фактов, известных в этой области в настоящее время. Боюсь, что я невольно мог упустить наблюдения других авторов, которые дополнили бы мои. Однако я надеюсь компенсировать это изложением результатов своих систематических исследований, которые привели меня к вполне определенным выводам.

В середине прошлого столетия молодые физиологи порвали с виталистическими традициями и начали изучать живые организмы по частям точно так же, как изучают работу сложного механизма. Этот метод, как им казалось, обеспечивал успех и был пропагандирован таким мастером конкретного и эффективного исследования, каким был Гексли. Этот метод остается до сих пор ортодоксальным в физиологии, но прежняя уверенность в нем уменьшалась по мере того, как определенные экспериментальные исследования показали, что различные функции живого организма не могут быть объяснены изолированно одна от другой, ибо все эти функции в организме связаны между собой взаимной регуляцией. Основа этой книги—органическая регуляция дыхания и явлений, связанных с ней.

Механистическая теория жизни теперь отброшена и должна занять место в истории как пройденная фаза развития биологии. Но физиология не возвращается назад к витализму, который тормозил ее развитие и от которого она избавилась в последнее столетие. Уроки старых ошибок не должны быть забыты.

Эта книга относится к переходному периоду, характеризующемуся движением вперед, но не назад. Мои взгляды на этот предмет могут быть заподозрены в реакционности, ибо я находился под влиянием идей и работ старых физиологов. Однако, если я возвращаюсь назад, то только для того, чтобы найти ключи, которые временно утеряны, а эти ключи открывают путь к новой физиологии, которая по-новому освещает то, что было неясно в старой.

Вожди механистического движения прошлого столетия отрелись от витализма, но вместе с ним они отрелись и от изучения самой жизни.

Я пытался изобразить картину деятельности живого организма. Моя картина не совершенна, но другие смогут дополнить ее. Пришло время более полно охарактеризовать, что такое жизнь. Зависимость биологии от физических знаний длилась больше половины столетия. Пришло время для биологии занять свое законное место в ряду самостоятельных наук, говорить на своем собственном языке, а не на языке других наук.

Попытка представить физиологические факты укладывающимися в общую схему механистической биологии привела, как мне кажется, к существующему отчуждению между физиологией и медициной. Со времени Гиппократова развитие медицинских знаний базировалось на изучении проявлений того, что он назвал «природой» живого организма, выражающейся в реакции на изменения среды, а также в защите против всяких вредных влияний.

Лежащее в основе этого предположение заключается в том, что органическая регуляция представляет собой нечто очень реальное, и только в результате изучения этих процессов мы можем распознать и объяснить отклонения от нормы и эффективно помочь восстановлению здоровья.

Я пытался вернуться к тому, что кажется мне действительно научной традицией греков, и придать этому форму, которая состоит не только из современных знаний и философии, но также приводит физиологию и медицину в тесное специфическое взаимоотношение, на что указывает и общее происхождение слов *physician* (врач) и *physiology* (физиология).

Большинство исследований, упомянутых в книге, проведено на человеке. Только в экспериментах на человеке вскрывается исключительная тонкость регуляции дыхания, и эксперименты на человеке показали нам, как грубы многие опыты на животных или на препаратах из частей организма животного. Органическая регуляция, имеющая весьма важное отношение к прак-

тической медицине и хирургии, очень часто упускается из вида. Я надеюсь, что эта книга будет содействовать перемещению физиологии человека на принадлежащее ей место, которое уже давно узурпировано экспериментами на частях лягушки и других животных или просто поверхностными физическими и химическими исследованиями жизнедеятельности организма.

Я хочу выразить мою искреннюю благодарность университету в Иеле за оказанную мне честь, выразившуюся в приглашении меня для прочтения лекций.

Между Оксфордским университетом и университетом в Иеле существует традиционная связь и, в частности, по отношению ко мне связь основана на дружбе, гостеприимстве и общности идей. Я только сожалею, что, приехав в Иеле на лекции по физиологии дыхания, я был похож на англичанина, везущего уголь в Нью-Кэстль, ибо я часто должен бы ссылаться на результаты, полученные в Иеле профессором Гендерсоном и его учениками.

Книга суммирует результаты моей более чем двадцатилетней экспериментальной работы, моих размышлений, лекций и дискуссий. Моим старым ученикам и друзьям, которые работали и думали вместе со мной, включая сюда инженеров и горняков, работников армии и флота, я выражаю свою благодарность. Их имена часто упоминаются в тексте; я должен особенно подчеркнуть большую помощь со стороны профессора Лоррэнза Смита, профессора Пэмбрей, профессора Бойкотт, командира Дамана, г-на Маврокордато, д-ра Пристли, д-ра Дугласа, профессора Микинса и моего сына. В связи с научной экспедицией на гору Пайк, результаты которой занимают значительное место в этой книге, д-р Дуглас и я значительную пользу извлекли из общения с проф. Гендерсоном и другими сотрудниками Иельского университета, с проф. Шейдером из Колорадо.

Эта книга многим обязана тем беседам, которые мы вели на горе Пайк в летние вечера, когда работа была уже окончена и огоньки мерцали в прерии далеко внизу от Денвера до Пуэбло.

Читатели увидят, как много пробелов надлежит еще заполнить; необходимые для этого наблюдения и эксперименты пока еще не сделаны. Слова Гиппократа справедливы и сегодня, несмотря на то, что он писал их больше чем две тысячи лет назад: «Жизнь коротка—наука безгранична».

Оксфорд. Май 1920 г.

Вследствие войны напечатание этой книги было значительно отсрочено; за это время появилось много новых работ, касающихся существа некоторых глав. Там, где нельзя было внести эти данные без серьезных изменений, они помещены в приложении к соответствующим главам.

Май 1921 г.

ГЛАВА I

ВВЕДЕНИЕ

В истории физиологических открытий развитие знаний в области физиологии дыхания началось сравнительно поздно. До середины семнадцатого столетия едва ли что-либо было известно о дыхании, за исключением механизма сокращения дыхательных мышц и фактов смерти человека и высших животных при прекращении дыхания даже на очень короткий срок, а также фактов усиления дыхания при физической работе и некоторых болезнях. Открытие кровообращения Гарвеем не пролило света на сущность физиологии дыхания, и теория Аристотеля, который считал, что главная функция дыхания заключается в охлаждении крови, оставалась общепринятой. Прогресс здесь оказался невозможным без соответствующего прогресса химии.

Начало развития знаний в этой области следует отнести к работам Роберта Бойля (1666), Лауера (1669) и Майова (1673) в Оксфорде. Бойль с помощью воздушного насоса доказал, что воздух необходим для жизни; Майов сравнивал роль селитры при воспламенении пороха с ролью воздуха при дыхании и горении. Эти исследователи считали, что при всех этих процессах «азотно-воздушный газ» соединяется с «серой» (сжигаемое вещество). При дыхании «азотно-воздушный газ», находящийся в ограниченном количестве в воздухе, поглощается кровью из воздуха легких. Лауер и Майов, в соответствии с общепринятой тогда теорией Декарта, предполагали, что «азотно-воздушный газ» приносится кровью к мозгу, где он отделяется в желудочках и откуда идет по гипотетическим нервным канальцам к мышцам. Они думали, что в мышцах этот газ соединяется с частичками «серной соли», приносимой кровью, при этом происходит процесс брожения, вызывающий сокращение мышц, и объясняли увеличение дыхания при мышечной работе увеличением потребления «азотно-воздушного газа».

Таким образом, они почти открыли кислород постольку, поскольку те рудиментарные химические понятия, которыми они оперировали, допускали такое открытие. Они также создали

физиологическую концепцию о связи между мышечной работой и увеличением дыхания. Идея о «животном газе», который спускается из мозга по гипотетическим нервным канальцам, получила в свое время известную поддержку в опытах с перерезкой или перевязкой нервов: Лауер (1669) произвел замечательный опыт, при котором перевязкой блуждающего нерва было достигнуто полное нарушение деятельности сердца. Он натолкнулся на то, что впоследствии было названо торможением, и неправильно истолковал это в духе своей новой теории.

Приблизительно в это же время было сделано другое важное наблюдение Гуком¹ (1667), секретарем Королевского общества. Он нашел, что при вскрытой грудной клетке и спадении легких можно сохранить жизнь животного искусственным дыханием, если сделать отверстия в легких, чтобы через них проходил воздух; животное может жить при условии пропускания воздуха через легкое, хотя бы легкие были совсем неподвижны.

Таким образом, были заложены основы наших современных знаний по физиологии дыхания, но, к сожалению, значение открытий, сделанных в Оксфорде, не было оценено соответствующим образом. Ни физиология, ни другие отрасли естествознания не вспоминали об этих открытиях в течение двух последующих столетий.

Следующим важным этапом в изучении физиологии дыхания было открытие в середине восемнадцатого столетия Джозефом Блэком в Эдинбурге выделения из легких при дыхании того «связанного воздуха» (углекислоты), который освобождается из слабых оснований (карбонатов) при действии кислот. Джозеф Пристли вскоре после этого открыл, что газ, названный им в соответствии с теорией Сталля о флогистоне «дефлогистонированным воздухом», исчезает при обычном горении, при дыхании животных и в то же время вырабатывается зелеными растениями. Лавуазье вслед за работами Блэка и Пристли показал, что газ, который Пристли назвал «дефлогистонированным воздухом» и который Лавуазье впервые назвал кислородом, при горении соединяется с углеродом и другими элементами, причем в результате соединения углерода и кислорода образуется CO_2 , в то время как вода образуется в результате соединения водорода и кислорода, как это было показано Кавендишем. Совместно с Лапласом (1780) Лавуазье показал, что углекислота выделяется животным организмом в количестве, эквивалентном потреблению кислорода, и что количество тепла, образующегося в организме животного, приблизительно эквивалентно количеству тепла, образующегося при сжигании углерода, если при дыхании и горении потребляются равные количества кислорода. Таким образом, было выяснено, что в живом организме, так же как при горении, кислород соединяется с углеродом и другими элементами,

¹ Гук был ассистентом Вилли и Бойля в Оксфорде.

образуя углекислоту и другие продукты окисления, причем этот процесс является источником животного тепла. В опытах на человеке было установлено, что при мышечной работе возрастает потребление кислорода и выделение углекислоты. Курьезно, что Лавуазье выражал сожаление по поводу того, что трудящиеся классы общества, располагающие меньшими средствами для приобретения пищи, потребляют больше пищи, чем имущие (Лавуазье и Сегвин, 1789).

Однако для Лавуазье осталась неизвестной действительная сущность связи между физической работой и потреблением кислорода, хотя, как уже было показано, Майер имел совершенно правильное представление по этому поводу. В 1845 г. Майер, немецкий сельский врач, указал, в связи со своей общей формулировкой учения о сохранении энергии, что в животном организме, так же как в паровой машине, кинетическая энергия и теплота происходят из потенциальной энергии, освобождаемой при процессах окисления. Таким образом, первоначальным источником движений животных является окисление. Каждый точный опыт, сделанный с тех пор по этому поводу, подтверждал заключение Майера; увеличение потребления кислорода во время мышечной работы сделалось настолько же понятным, насколько оно было понятно с точки зрения старой теории прежних оксфордских физиологов, хотя оставалось и остается неясным, какая часть кинетической энергии, освобождающейся в мышцах, превращается в механическую.

Каждый шаг вперед, сделанный в связи с обнаружением физических и химических особенностей дыхания, был в то же время шагом вперед в биологической интерпретации связи между живым организмом и окружающей средой. Было обнаружено, например, не только то, что организм является местом, где происходят окислительные процессы, но также, что потребление кислорода является главной особенностью в постоянной координированной деятельности, которую мы называем жизнью. Мы рассматриваем окисление как сущность дыхания, находящегося в постоянной координации с другими проявлениями жизни, и если мы не учтем этой координации, то упустим существенную особенность изучаемого нами предмета. Открытие химических особенностей процесса дыхания выдвинуло новые проблемы относительно природы окисляющихся веществ и места, где происходит окисление. Так как в среднем химический состав взрослого организма остается постоянным и экскреты организма содержат, по сравнению с принятой пищей, очень мало горючего материала, то было ясно, что процессы окисления должны происходить за счет окисления составных частей пищи. Эти вещества пищи были разделены Праутом (1834) на три группы, известные как белки, углеводы и жиры. Из этих групп только первая содержит азот, который выделяется мочой главным образом в виде мочевины при окислении белков в орга-

низме. При полном окислении углеводов и жиров образуются только вода и углекислота. Отсюда, из отношения количества выделяющихся из организма азота и углекислоты к количеству поглощаемого кислорода, можно вычислить относительные количества окисленных в организме белков, углеводов и жиров.

Магнусом (1837, 1845) было показано, что в вакууме из крови выделяется много газа и что венозная кровь отдает меньше кислорода и больше углекислоты, чем артериальная. Ртутный газовый насос для крови был постепенно усовершенствован главным образом Л. Мейером, Людвигом и Пфлюгером¹; было установлено, что кислород, исчезающий в легких, поглощается кровью почти полностью в виде легко диссоциирующего химического соединения с гемоглобином, характерным хромопротеином красных кровяных шариков. Это соединение отдает часть кислорода при прохождении крови в большом кругу и возвращается в легкие за новым запасом кислорода. Переход кислорода в кровь в легких обуславливается более высоким парциальным давлением кислорода в легочных альвеолах и частичный переход кислорода из крови в ткани обуславливается более низким парциальным давлением кислорода в тканях, что объясняется потреблением здесь кислорода. Потеря кислорода сопровождается изменением цвета крови из алого в темнопурпурный. Таким образом, углекислота поглощается кровью из тканей главным образом в виде непрочного химического соединения со щелочами, и переход углекислоты из крови в легочные альвеолы объясняется более низким парциальным давлением углекислоты в легочных альвеолах. Долгое время существовали сомнения относительно того, в крови или в тканях происходят процессы окисления; исследования Пфлюгера (1872) ясно показали, что практически все процессы окисления происходят в тканях.

До сих пор главные открытия в области дыхания рассматривались с абстрактных физической и химической точек зрения. Теперь необходимо рассмотреть эти данные более подробно и с физиологической точки зрения. Блестящее открытие Лавуазье о существовании связи между дыханием и животным теплом на долгое время направило физиологов по ложному пути, ибо было принято, что теплопродукция является простым механическим процессом, не связанным никакой регуляцией со стороны организма и, вероятно, зависящим только от снабжения кислородом и наличия окисляющихся веществ. Так, Либих (1851), который был не только величайшим химиком, но также и выдающимся физиолого-химиком, пришел к заключению, что всякое увеличение количества принятой пищи или погло-

¹ Работая в лаборатории Людвига, И. М. Сеченов предложил в основу прибора для освобождения газов из крови положить торическую пустоту. По указанию проф. Людвига такой аппарат был изготовлен. Этим способом учение о газах крови было поставлено на твердую почву. Ред.