

Уорд Р.

Живые часы

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 57
ББК 28
У64

У64 **Уорд Р.**
Живые часы / Уорд Р. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 240 с.

ISBN 978-5-458-32763-3

Биоритмология — одна из увлекательнейших областей современной биологии. Что такое «внутренние часы» живых организмов? Каковы принципы их работы? Как растения и животные узнают время? В темноте и при постоянной температуре, замурованные в подземельях, они все-таки «знают», который час. Растения вовремя складывают листья и «засыпают», животные ложатся спать и просыпаются точно, как по будильнику. Обо всем этом в живой и увлекательной форме рассказывает автор «Живых часов». Книга предназначена для широких кругов читателей; особенно полезна она для школьников старших классов и студентов.

ISBN 978-5-458-32763-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

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 первозданном 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.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Биологические часы представляют, вероятно, одну из самых интригующих тайн современной биологии.

Карл Хамнер, 1963

Прошло более семи лет с тех пор, как я увлекся проблемой биологических часов и заинтересовался деятельностью ученых, работающих в этой области. За несколько бóльший период времени наука коренным образом переменила свой взгляд на ритмы, с помощью которых живые организмы могут измерять время. То, что было когда-то просто интересным разделом естествознания, превращается в одну из кардинальных проблем современной биологии.

Весной 1960 года в Колд-Спринг-Харборе состоялся Международный симпозиум по биологическим часам, на котором впервые ученые, представляющие самые разные направления в биологии, смогли обменяться мнениями по проблемам биоритмологии. Мысль о том, что все организмы — от одноклеточных растений до человека — обладают, а может быть, даже *являются* живыми часами, произвела глубокое впечатление на ученых.

Читателю-неспециалисту, конечно, ничего не было известно о далеко идущих последствиях этой идеи. Биологи, которые писали о биоритмологии, пользовались весьма специфическим языком. И нет ничего удивительного в том, что между знаниями образованного человека и важ-

нейшими открытиями в этой области существует некоторый разрыв. Я попытался рассказать о живых часах читателям, которые не имеют специального научного образования, и мне хотелось бы надеяться, что книга им понравится.

Область эта настолько широка, что мне пришлось сильно ограничить выбор объектов исследования и личностей, о которых можно было бы рассказать.

Несомненно, что книга такого рода не могла бы появиться без помощи многих людей и прежде всего ученых, которые отвечали на мои бесконечные вопросы, объясняли и демонстрировали свои методы исследований и оборудование лабораторий, великодушно вели со мной длительную переписку.

Р. Р. У.

1. РИТМЫ ЖИЗНИ

...Научное мышление в биологии должно складываться на основе представлений о периодической изменчивости.

В. Вольф, 1962

Расцвет современных естественных наук, начавшийся с опровержения Галилеем аристотелевой физики, ознаменовался бурным развитием науки. Гигантские рывки были вызваны либо революционностью новых теорий, либо появлением новых методов исследования.

В области физики огромный скачок был сделан в первой половине XX столетия. Бурную активность исследователей вызвало знаменитое уравнение Эйнштейна, которое показало, что при превращении массы в энергию количество высвобождающейся энергии пропорционально квадрату скорости света. Эта концепция не только стимулировала поток новых экспериментальных работ в области физики, но со временем привела к появлению новой техники, которой было предназначено ускорить научно-технический прогресс. Наряду с уравнением Эйнштейна большую роль в развитии новых методов в физике сыграло открытие рентгеновских, или X-лучей.

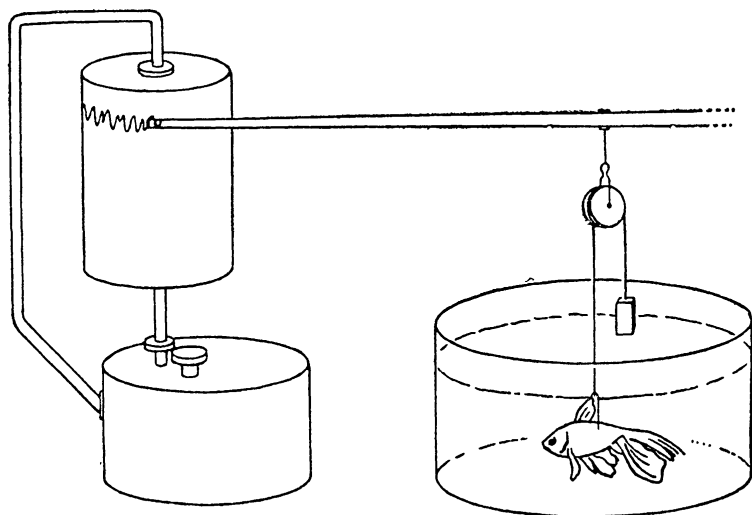
В наши дни ни у кого не вызывает сомнения, что вторая половина XX столетия принесет громадные успехи в области биологии. В 1953 году Дж. Уотсон и Ф. Крик сформулировали теорию строения молекулы ДНК, которая объяснила, каким образом воспроизводит себя ген — носитель наследственности в живых организмах. Эта концепция открыла дорогу новым экспериментам в биологии

и явилась для исследователей ключом к более полному и глубокому пониманию процессов жизни. В настоящее время физиологи, биохимики, биофизики и бионики изучают причины появления наследственных аномалий, а также причины старения, злокачественного перерождения тканей и психических заболеваний. Понимание механизмов нарушения основных жизненных процессов приблизит человечество к исцелению от этих тяжелых недугов.

Примерно в то же время, когда в Кембриджском университете Дж. Уотсон и Ф. Крик разрабатывали структуру молекулы ДНК, Г. Крамер в институте Макса Планка изучал способность птиц к навигации. Серией блестящих экспериментов он показал, что свойственная птицам необыкновенная точность направленного полета зависит от их способности ориентироваться по Солнцу. И, что еще более важно, он обнаружил, что поведение птиц очень напоминает действия штурмана, пользующегося секстантом и хронометром. Птицы делают поправку на постоянное перемещение Солнца, сверяясь с каким-то своим внутренним механизмом, который можно сравнить с часами. После работ Крамера термин «биологические часы» стал общепринятым.

Бесчисленные наблюдения, свидетельствовавшие о том, что растениям и животным свойственна ритмическая активность, четко связанная со временем, накапливались веками. Но все это считалось не более чем просто интересным явлением живой природы. Гипотеза о наличии у живых организмов «биологических часов» послужила тем самым интеллектуальным толчком, который стимулировал плодотворные экспериментальные исследования во многих областях биологии.

Издавна было известно, что растения и животные обнаруживают периодически повторяющуюся активность. Ежесуточный цикл сна — бодрствования у человека, животных и некоторых растений очевиден. Столь же очевидны и месячные циклы, особенно те, которые связаны с лунным месяцем. Новая концепция вызвала необходимость в новых наблюдениях и их тщательном сопоставлении с уже имевшимися данными. Было установлено, что периоды повторяющейся активности живых организмов колеблются в очень широком диапазоне. Некоторые из таких периодов приближаются к тысячной доле секунды, тогда как другие составляют секунду или целый час. Наи-



Р и с. 1. Активность обычной золотой рыбки имеет выраженный суточный ритм, который сохраняется при неизменных условиях. Дж. Шиманский показал это еще в 1914 году.

более широко изучаются ритмы, период которых приближается к 24 часам. Существуют также недельные и месячные ритмы, а у некоторых организмов определенные явления повторяются через каждые семь и даже семнадцать лет.

Если организму жизненно необходимо повторять некое явление каждую тысячную долю секунды или один раз в семнадцать лет, то, надо думать, такая система должна быть обеспечена какими-то средствами для измерения проходящего времени. Только в этом случае она сможет эффективно функционировать. Ну а если растения и животные действительно содержат в себе некий часовой механизм, возникает целый ряд вопросов. В каком месте организма находятся эти «часы»? Как они работают? Помогает ли этот механизм в борьбе за существование, и если помогает, то каким образом?

В поисках ответов на эти вопросы биологи пришли к неожиданному открытию. Оказалось, что реакция организма на внешний раздражитель решающим образом зависит от той фазы ритмического цикла, в которой орга-

низм находится в данный момент. Ранее все наблюдения за естественными процессами, все тщательно спланированные лабораторные эксперименты выполнялись без учета этого обстоятельства.

В. Вольф, сотрудник Нью-Йоркского университета, в своей работе, посвященной исследованию ритмических функций в живых системах (1962), писал, что периодические изменения в системе могут быть чрезвычайно серьезными. Действие одного и того же агента в одной фазе периодического цикла может быть благоприятным, в другой фазе того же цикла — губительным. Не исключено, что в свете гипотезы о биологических ритмах некоторые из полученных до последнего времени данных могут приобрести совершенно иное значение. С признанием ритмичности функционирования организмов многие до сих пор необъяснимые, едва заметные или значительные отклонения в действии фармацевтических, физиологических, химических агентов или агентов, влияющих на психику человека, станут, вероятно, более понятными. Весьма возможно, что какую-то часть имеющихся данных придется заново пересмотреть или отвергнуть вовсе, если принять во внимание все нормальные и аномальные вариации в ритмике биологических процессов. Подтверждением тому служат, например, наблюдения хирургов-отоларингологов из Таллахасси (штат Флорида), которые обнаружили, что послеоперационных кровотечений во второй четверти лунного месяца на 82% больше, нежели в другое время.

Однако современные биологи резко расходятся во взглядах на природу биологических часов. Признанный авторитет в этой области, Дж. Л. Клаудсли-Томпсон называет три устоявшиеся точки зрения по этому вопросу:

- 1) биологические ритмы приобретаются в результате обучения;
- 2) биологические ритмы являются врожденными;
- 3) биологические ритмы связаны с реакцией организма на раздражители космического происхождения.

Каждая из этих гипотез имеет ярких приверженцев, но никто из них не располагает пока достаточными доказательствами своей правоты. Весьма возможно, что истина лежит где-то посередине.

Сегодня страсти еще бушуют, и, чтобы проследить историю становления новой науки, нам придется посетить различного рода лаборатории и научные учреждения,

возглавляемые лидерами противостоящих лагерей. Но прежде необходимо, хотя бы кратко, ознакомиться с историческими предпосылками нынешнего столкновения идей. Рассмотрим поочередно каждый из трех вариантов возможного происхождения биологических ритмов, о которых говорит Клаудсли-Томпсон.

Сторонник первого направления В. Х. Торп полагает, что чувство времени у животных может быть приобретенным в результате *обучения*, которое происходит подобно «запечатлению»: сразу же после рождения животное усваивает какой-либо навык и сохраняет его на всю жизнь. Впервые явление запечатления было обнаружено у новорожденных гусят, которые имели контакт только с кормившим их человеком. За несколько часов гусята усваивали, что человек является их родителем, и это так прочно запечатлевалось в их памяти, что они явно пренебрегали обществом других гусей и чувствовали себя спокойно лишь в присутствии человека. По мнению Торпа, биологические ритмы могут быть запущены самыми ранними впечатлениями молодого животного от суточного цикла и продолжают действовать в течение всей его жизни. Как ни странно, это предположение не вызвало большого интереса у биологов и не получило сколько-нибудь значительного отклика в научных публикациях.

Сам Клаудсли-Томпсон принадлежит к числу тех, кто полагает, что биологические часы являются *врожденными*. Сторонники этой теории выдвигают в ее пользу несколько аргументов. Один из них сводится к тому, что внутренние часы могли достигнуть высокой точности лишь в процессе естественного отбора: животные, часы которых спешили или отставали, имели меньше шансов выжить. Второй аргумент состоит в том, что живые часы, подобно снабженному компенсатором хронометру, сохраняют точность, несмотря на колебания температуры. Поскольку работой таких часов управляют скорее всего биохимические реакции, скорость которых возрастает с повышением температуры, должен существовать какой-то компенсирующий изменения температуры механизм, который мог возникнуть и закрепиться лишь в ходе естественного отбора.

Против врожденности первичного часового механизма резко и определенно возражает Ф. Браун, профессор биологии Северо-западного университета (США). Браун и

его многочисленные сотрудники, уже более трех десятилетий изучающие ритмы животных и растений, убеждены в том, что главным началом, синхронизирующим все живые часы, являются потоки каких-то *сил космического происхождения*. Интенсивность этих потоков связана с фазами Луны и циклами солнечных пятен. Ритмические изменения этих сил имеют и часовой, и суточный, и месячный, и годовой периоды. Эти ритмы в свою очередь влияют на интенсивность многих других сил, непосредственно воздействующих на Землю. К таким силам относятся атмосферное давление, магнитное поле Земли, ионизация атмосферы, космические лучи и слабые электромагнитные поля различных радиоволн. Все эти воздействия настолько слабы, что кажется маловероятным, чтобы какой-то живой организм мог воспринимать изменения их интенсивности. И в то же время, если бы человек так же тонко чувствовал магнитное поле Земли, как чувствует его улитка *Nassarius obsoleta*, он мог бы обходиться без компаса в самом дремучем лесу. Браун писал: «В настоящее время доказано, что живые организмы действительно чрезвычайно чувствительны к очень слабым постоянным электрическим и магнитным полям, а возможно, и к слабым электромагнитным полям различных радиоволн. Такая чувствительность достаточна для восприятия естественных полей Земли».

По мнению Брауна, организмы располагают совершенными независимыми системами для определения времени по природным геофизическим периодам. «Все наши современные знания великолепно укладываются в рациональную схему работы биологических часов, которые зависят от постоянного ответа организма на едва уловимые геофизические раздражители окружающей среды».

Дж. Харкер, чья блестящая работа в Кембриджском университете показала локализацию главных биологических часов в живом организме, так сформулировала отношение ученых к этой гипотезе: «...Браун утверждает, что на организмы всегда влияют изменения окружающей среды, которые и служат сигналами времени. Это утверждение никоим образом не разделяет большинство изучающих биологические ритмы, однако до сих пор, по крайней мере среди опубликованных данных, нет никаких доказательств, которые опровергали бы факты, наблюдавшиеся Брауном».

Ответы на эти основные вопросы ищут в настоящее время многие ученые. Известный американский ученый и популяризатор науки А. Азимов заметил, что движущая сила человеческой любознательности — в потребности занять свой мозг значительно полнее, нежели это необходимо для обеспечения себя пищей и кровом: «Казалось бы, для повседневной жизни совсем не обязательно знать, как высоко небо или почему падает камень. Недостигаемое небо никак не связано с ежедневными житейскими делами, а что касается камня, то знание того, почему он падает, не помогает нам ни бросать его лучше, ни смягчать его удар. Тем не менее всегда находились люди, которые ставили перед собой такие с виду бесполезные вопросы и пытались ответить на них только из желания знать или от потребности мыслить».

После того, как «чистый» ученый построит теорию или откроет на ее основе новые факты, медики, агрономы, инженеры и другие представители прикладных специальностей подхватывают идеи и реализуют их в орудия производства, будь то машины или технологические процессы.

Так, например, Харкер в поисках внутренних часов у таракана столкнулась с тем, что изменение регулировки этих часов приводит к возникновению опухолей и гибели насекомых. Впоследствии мы увидим, какое влияние оказало это открытие на исследования Ф. Халберга, известного своими трудами в онкологии.

Не менее удивительна судьба открытия Брауна, обнаружившего, что картофель очень тонко реагирует на изменение атмосферного давления. Используемая им методика применяется сегодня при изучении реакции живых организмов (в том числе и космонавтов) на воздействия условий открытого космоса. Эти примеры со всей очевидностью показывают связь технического прогресса с научными достижениями и, что не менее важно, зависимость развития науки от прогресса в технике.

В этой книге мы рассмотрим процесс изучения биологических часов глазами и разумом тех, кто совершил в этой области важные открытия. Мы увидим неуверенные поиски, просчеты, ошибки, изумительное искусство ведения эксперимента, триумф интуиции ученого. Мы покажем тактику и стратегию науки, чтобы читатель мог понять те порой странные пути, которые выбирают ученые в своем стремлении раскрыть тайны природы.

2. ИЗ ЗАПИСНЫХ КНИЖЕК НАТУРАЛИСТОВ

...В каждом проявлении природы есть строгая регулярность и четкие закономерности.

Дж. Вудворт, 1699

Человек издавна замечал периодические изменения у окружающих его живых организмов. От натурфилософских сочинений Аристотеля (IV век до н. э.) и до публикаций сегодняшнего дня не ослабевает интерес исследователей к удивительному чувству времени. Подсмотренные в природе факты были настолько поразительны, а регулярность ритмов, которыми обладают растения и животные, так изумительно точна, что наблюдатели испытывали непреодолимое желание рассказать о том, что видели. Нередко они замечали, что ритмы эти совпадают по фазе с каким-либо естественным ритмом окружающей среды: вращением Земли, обращением Луны вокруг Земли или Земли вокруг Солнца. Некоторые из них даже подсчитали количество животных, которые вели себя определенным образом в определенное время.

Но наблюдатели лишь удивлялись совершенству природы. Никто из них не давал никаких объяснений наблюдаемым фактам и уж, конечно, не ставил никаких опытов. Многочисленные накопленные факты продолжали оставаться непонятными до тех пор, пока между отдельными странными явлениями не начали проявляться определенные взаимосвязи, — только тогда стала очевидной их глубокая значимость. Теперь каждый случай рассматривал-