



АНАТОМИЯ ЭНЕРГИИ

Научный путеводитель
по витальности
без тумана и магии

ПОЛ ГРЭК

Пол Грэк

Анатомия энергии

«Автор»

2026

Грэк П.

Анатомия энергии / П. Грэк — «Автор», 2026

Просыпаетесь разбитым? После обеда клонит в сон, а вечером нет сил? Забудьте про энергетические практики и детокс — это не магия, а физиология. Нейробиолог Пол Грэк разбирает три источника вашей энергии: митохондрии (клеточное топливо), мозг (когнитивная усталость) и циркадные ритмы. Никакой эзотерики — только доказательная медицина, уровни доказательности и пошаговые протоколы самоэкспериментов. Вы узнаете, какие анализы сдать, как отличить науку от маркетинга и вернуть энергию без экстремальных диет. Ваша энергия — в ваших руках. Теперь у вас есть карта.

© Грэк П., 2026

© Автор, 2026

Содержание

Научный путеводитель по витальности без тумана и магии	5
Об авторе	6
Предисловие: Почему я написал эту книгу	7
Введение: Три источника твоей энергии	8
ЧАСТЬ I МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ: КЛЕТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	10
Глава 1. Что такое митохондрии и почему они важны	10
1.1. Электростанция внутри клетки	11
1.2. Не только энергия: скрытые функции митохондрий	12
1.3. Жизненный цикл митохондрий: рождение, жизнь и смерть	14
Глава 2. Что убивает наши митохондрии, а что – лечит	16
2.1. Факторы, угнетающие митохондриальную функцию	17
Конец ознакомительного фрагмента.	18

Пол Грэк Анатомия энергии

**Научный путеводитель по
вitalности без тумана и магии**

Об авторе

Пол Грэк – исследователь в области прикладной нейропсихологии и корпоративной продуктивности. Получил образование в сфере когнитивных наук и более 15 лет работает на стыке нейробиологии, технологий и управления командами.

Работал консультантом по устойчивости к стрессу и концентрации внимания в международных IT-компаниях и финансовых организациях. Специализируется на внедрении научно обоснованных методов повышения когнитивной эффективности.

Автор бестселлеров «Ментальный дебаг» и «Осторожный биохакер». В своей новой книге «Анатомия энергии» он предлагает читателям не очередной набор «лайфхаков», а стройную научную систему понимания и управления собственной энергией – от молекулярного уровня до повседневных привычек.

Предисловие: Почему я написал эту книгу

Я люблю данные. Я тот самый человек, который может провести час, выбирая идеальную кофеварку, потому что «кривая температур заваривания имеет решающее значение». Мой мозг устроен так, чтобы искать способы делать всё лучше, быстрее, эффективнее.

Поэтому, когда несколько лет назад я впервые столкнулся с ощущением хронической усталости, я подошел к этому как инженер. Я мерил кетоны, отслеживал HRV, сдавал анализы, читал исследования. Я нырнул в мир биохакинга с головой.

И знаете, что я обнаружил?

Чем глубже я погружался, тем больше я понимал, что настоящая проблема – не в отсутствии «хаков». Она в отсутствии системы. В море противоречивой информации, где эзотерика смешана с наукой, где коммерческие интересы маскируются под заботу о здоровье, где обещания «супер-энергии за 7 дней» разбиваются о реальность человеческой физиологии.

Я видел, как умные, образованные люди начинали бояться «токсинов» и скупать дорогие «детокс-протоколы», доказательная база которых равнялась нулю. Я видел, как люди с реальными, но недиагностированными проблемами (дефицит железа, нарушения щитовидной железы, апноэ сна) годами ходили по кругу, пробуя одну «волшебную добавку» за другой.

Эта книга – результат моего собственного пути. И попытка создать карту для тех, кто идет следом.

Я не обещаю тебе «вечной энергии» или «сверхчеловеческих способностей». Я обещаю другое: системное понимание того, как работает твоя энергия – от молекулы АТФ до циркадных ритмов. И честный разговор о том, что действительно работает, что только обещает, а что может быть опасно.

Введение: Три источника твоей энергии

Если бы я попросил тебя сейчас оценить свою энергию по шкале от 1 до 10 – какая цифра придет в голову? А если бы я спросил, откуда берется эта энергия и куда уходит, когда мы чувствуем разбитость?

Большинство людей представляют энергию как некий эфемерный ресурс – «жизненную силу», которая то приходит, то уходит по непонятным причинам. Кто-то говорит о «подзарядке от земли», кто-то – об «энергетических каналах» и «чакрах». Маркетологи продают «бустеры энергии» и «детокс-программы». А мы просто хотим не засыпать в 15:00 и иметь силы на семью после работы. Но есть и другой язык – язык науки, который позволяет измерить, понять и улучшить свою энергию без мистики.

В этой книге мы будем говорить об энергии иначе.

Мы будем говорить о ней как о физиологическом феномене, который можно измерить, понять и – да – улучшить. Но для этого нужно знать анатомию энергии. Три ее главных источника.

Источник первый: Митохондриальная энергия. Это энергия на клеточном уровне. Твои митохондрии – крошечные органеллы внутри каждой клетки – производят молекулы АТФ, которые являются универсальным топливом для всего организма. Если митохондрии работают плохо, ты чувствуешь усталость независимо от того, сколько спишь и что ешь.

Источник второй: Когнитивная энергия. Это энергия твоего мозга. Твоя способность концентрироваться, принимать решения, не отвлекаться. Мозг потребляет около 20% всей энергии тела, и у него есть свой «лимит» на когнитивную работу. Когда этот лимит исчерпан, мы чувствуем ментальное истощение, «туман в голове», неспособность думать.

Источник третий: Энергия ритмов. Это циркадная и гормональная регуляция. Твое тело следует 24-часовым циклам, и от того, насколько эти циклы синхронизированы с реальностью, зависит, будешь ты просыпаться бодрым или разбитым.

Эти три источника не изолированы. Они постоянно взаимодействуют. Плохой сон (ритмы) ухудшает работу митохондрий. Хронический стресс (когнитивная нагрузка) истощает ресурс и сбивает циркадные ритмы. Метаболические проблемы (митохондрии) усиливают «туман в голове».

Понимание этой системы – первый шаг к тому, чтобы перестать быть заложником случайных «лайфхаков» и начать управлять своей энергией осознанно.

Как построена эта книга

Мы пройдем по всем трем источникам последовательно.

В Части I мы погрузимся в мир митохондрий. Ты узнаешь, как клетки производят энергию, почему мы «ржавеем» и что с этим делать.

В Части II мы разберем когнитивную энергию – как работает мозг, почему он устает и как восстанавливаться.

В Части III мы поговорим о ритмах – сне, свете, гормонах – и о том, как настроить свой внутренний хронометр.

В Части IV мы соединим все три части в единую систему. Ты сможешь провести диагностику, понять, какой именно источник энергии «проседает» у тебя, и составить персонализированный протокол.

В Приложениях ты найдешь практические инструменты: чек-листы, дневники самонаблюдения, таблицы анализов и критерии обращения к врачу.

Но прежде чем мы начнем, одно важное предупреждение.

Эта книга – не замена врачу. Если ты испытываешь необъяснимую потерю веса, кровь в стуле или моче, постоянную боль, неврологические симптомы (слабость в конечностях, нару-

шение речи), высокую температуру более трех дней – тебе нужен врач, а не книга. В Приложении Г есть полный список «красных флагов». Если ты обнаружишь их у себя – остановись и обратись к специалисту.

Для всех остальных – добро пожаловать в мир, где энергия перестает быть магией и становится наукой.

ЧАСТЬ I МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ: КЛЕТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Глава 1. Что такое митохондрии и почему они важны

Если бы я попросил тебя назвать самую важную часть автомобиля, что бы ты ответил? Колеса? Двигатель? Рулевое управление?

На самом деле, без любой из этих частей машина не поедет. Но если говорить о том, что *движет* машиной – это двигатель. Он сжигает топливо и преобразует его в энергию движения.

В твоём теле роль таких двигателей выполняют митохондрии.

Это крошечные органеллы размером 0,5–3 микрона, которые живут внутри почти каждой твоей клетки (кроме эритроцитов). В некоторых клетках их могут быть сотни. В других – тысячи. И у всех у них одна главная задача: производить энергию.

1.1. Электростанция внутри клетки

Давай заглянем внутрь митохондрии. Представь себе двухслойный мешок, где внешняя стенка отделяет митохондрию от остальной клетки, а внутренняя – образует множество складок. Эти складки называются кристами. Они нужны для того, чтобы увеличить площадь поверхности – как если бы ты сложил гармошкой лист бумаги, чтобы поместить его в маленькую коробку.

На этих складках расположены четыре мультибелковых комплекса – I, II, III и IV. Вместе они образуют электрон-транспортную цепь (ЕТС). Звучит сложно, но принцип работы довольно элегантен.

Внутри митохондрии поступают молекулы, которые мы получили из еды – в первую очередь, глюкоза и жирные кислоты. Они проходят через цикл Кребса (метаболический конвейер), и на выходе дают два ключевых вещества: NADH и FADH₂. Это как заряженные батарейки, которые несут электроны.

Дальше начинается самое интересное. Эти электроны передаются от одного белкового комплекса к другому, как эстафетная палочка. И на каждом этапе передачи энергия электронов используется для того, чтобы «закачивать» протоны (положительно заряженные частицы) через внутреннюю мембрану наружу.

Для тех, кто хочет копнуть глубже:

Комплекс I (NADH-дегидрогеназа) – самый крупный, содержит 44 субъединицы. Он забирает электроны у NADH и перекачивает 4 протона в межмембранное пространство.

Комплекс II (сукцинатдегидрогеназа) – принимает электроны от FADH₂, но протоны не перекачивает. Он как дополнительный вход на конвейер.

Комплекс III (цитохром-*bc*₁) и Комплекс IV (цитохром-с-оксидаза) продолжают передачу. Комплекс IV делает финальный шаг – передает электроны кислороду, соединяя их с протонами и образуя воду.

В результате на внутренней мембране создается огромная разница потенциалов: снаружи много протонов (положительный заряд), внутри – мало (отрицательный). Эта разница достигает 150–180 милливольт. И вся эта потенциальная энергия ждет своего часа.

И тут вступает в игру Комплекс V – АТФ-синтаза. Это удивительная молекулярная машина, похожая на турбину. Протоны, стремясь вернуться обратно в матрикс (внутреннее пространство), проходят через АТФ-синтазу и заставляют ее вращаться. А вращение этой «турбины» соединяет ADP (аденозиндифосфат) и фосфат в АТФ (аденозинтрифосфат).

АТФ – это и есть универсальная энергетическая валюта клетки. Каждая молекула АТФ – как заряженная батарейка. Когда клетке нужно совершить работу (сократить мышцу, передать нервный импульс, синтезировать белок), она «откусывает» один фосфат от АТФ и получает энергию.

В аэробных условиях (при наличии кислорода) этот процесс дает около 90% всего АТФ, которое производит твое тело.

Эффективность, конечно, не абсолютная. Примерно 20–30% энергии теряется в виде тепла. Именно поэтому ты согреваешься, когда двигаешься. Часть протонов «утекает» через мембрану в обход АТФ-синтазы – это создает базовый уровень тепла и, как мы увидим позже, частично отвечает за продукцию реактивных форм кислорода.

1.2. Не только энергия: скрытые функции митохондрий

Современные исследования, включая обзор Фоллпрехта и коллег (2025), показывают, что называть митохондрии просто «электростанциями» – то же самое, что называть компьютер просто «калькулятором». Да, считать он умеет, но его возможности гораздо шире.

Апоптоз: когда клетка совершает самоубийство

В каждой клетке есть механизм самоуничтожения. Это нужно, чтобы вовремя убирать поврежденные или опасные клетки (например, с мутациями ДНК, которые могут привести к раку). Митохондрии – главные исполнители этого приговора.

Когда клетка получает сигнал о серьезных повреждениях, митохондриальная мембрана становится проницаемой, и наружу вырывается цитохром *c* – один из участников той самой электрон-транспортной цепи. В цитоплазме он собирает вокруг себя другие белки, образуя «апоптосому» – машину смерти, которая запускает каскад ферментов, аккуратно разбирающих клетку на части.

Этот процесс абсолютно нормален и необходим. В твоём теле каждую секунду миллионы клеток проходят через апоптоз, и митохондрии следят, чтобы этот процесс проходил правильно.

Кальциевый сигналинг: коммуникация внутри клетки

Кальций – один из главных сигнальных messengers в клетке. Он запускает сокращение мышц, выделение нейромедиаторов, активацию генов. Но с кальцием нужно быть осторожным: слишком много свободного кальция в цитоплазме – это сигнал катастрофы.

Митохондрии выступают в роли динамических буферов кальция. Они могут быстро всасывать кальций из цитоплазмы через специальный канал – унипортер митохондриального кальция (MCU) – и медленно высвобождать его обратно. Это позволяет тонко настраивать кальциевые сигналы и предотвращать их чрезмерное усиление.

Более того, когда в митохондриях много кальция, это активирует ключевые ферменты цикла Кребса. То есть, активность клетки (которая требует кальция) напрямую усиливает производство энергии. Элегантная обратная связь.

ROS-сигналинг: тонкая грань между жизнью и смертью

В процессе переноса электронов примерно 1–2% электронов «соскакивают» с конвейера и реагируют с кислородом, образуя супероксид ($O_2^{\bullet-}$) – реактивную форму кислорода (ROS). Это звучит пугающе, особенно если ты читал про «окислительный стресс» и «антиоксиданты». Но реальность сложнее.

В небольших количествах ROS выполняют важную сигнальную функцию. Супероксид быстро превращается в перекись водорода (H_2O_2) с помощью фермента супероксиддисмутазы (SOD2). А перекись водорода – это уже полноценный вторичный посредник. Она может обратимо модифицировать белки, меняя их активность, участвовать в регуляции транскрипции генов, влиять на иммунный ответ.

Проблемы начинаются, когда ROS становится слишком много. Грань между полезным сигналом и опасным повреждением тонка. Физиологические концентрации H_2O_2 в цитозоле – порядка 1–10 наномоль. При превышении 100 нмоль начинается необратимое окисление белков, повреждение ДНК и мембран.

Межмитохондриальная коммуникация

Совсем недавно ученые обнаружили, что митохондрии могут общаться друг с другом, образуя туннельные нанотрубки между клетками. Через эти трубочки они могут обмениваться содержимым – вплоть до целых митохондрий. Это похоже на систему спасения: поврежденная митохондрия может получить «запчасти» от здоровой соседки.

Однако у этой коммуникации есть и темная сторона. Поврежденные митохондрии могут выделять свою ДНК и пептиды, которые работают как сигналы опасности (DAMPs), запуская воспаление.

1.3. Жизненный цикл митохондрий: рождение, жизнь и смерть

Митохондрии не статичны. Они постоянно меняются: сливаются друг с другом, делятся, рождаются и умирают. Эти процессы называются митохондриальной динамикой.

Фьюжн (слияние)

Когда две митохондрии сливаются, они обмениваются содержимым. Это как если бы две фабрики объединили свои ресурсы, чтобы покрыть недостатки друг друга. Слияние помогает восстанавливать поврежденные митохондрии за счет здоровых компонентов.

За слияние отвечают белки митофузины 1 и 2 (MFN1/2) – они работают на внешней мембране, и OPA1 – он работает на внутренней мембране. Слитые митохондрии работают эффективнее и производят меньше ROS.

Фиссия (деление)

Деление нужно, чтобы создавать новые митохондрии (они размножаются делением) и чтобы изолировать поврежденные участки. Представь, что на фабрике сломался один станок. Вместо того чтобы закрывать всю фабрику, его отгораживают и потом утилизируют.

За деление отвечает белок Drp1, который собирается вокруг митохондрии и перетягивает ее, как удав.

Митофагия (смерть)

Поврежденные митохондрии нужно не только изолировать, но и уничтожить. Этот процесс называется митофагия – селективная аутофагия митохондрий.

Представь, что в городе есть специальная бригада уборщиков, которая помечает и вывозит старые, опасные автомобили. В клетке роль таких уборщиков выполняет система PINK1/Parkin. Когда митохондрия деполяризуется (теряет заряд), белок PINK1 стабилизируется на ее внешней мембране и призывает белок Parkin. Parkin «метит» митохондрию цепочками убиквитина, и специальные структуры (аутофагосомы) поглощают ее, перерабатывая на запчасти.

Биогенез (рождение)

Новые митохондрии создаются в процессе биогенеза. Главный дирижер этого процесса – белок PGC-1 α . Он реагирует на сигналы о том, что клетке нужно больше энергии: на физическую нагрузку, холод, голодание. PGC-1 α запускает каскад, который приводит к созданию новых митохондрий.

Интересно, что все эти процессы регулируются противоположными сигналами. AMPK – датчик низкой энергии – включает митофагию и биогенез. mTOR – датчик избытка питательных веществ – подавляет аутофагию и стимулирует рост. Это вечное противостояние катаболизма и анаболизма.

Мнение эксперта (митохондрии)

Доктор Дэвид Синклер, PhD (Гарвардская медицинская школа)

Профессор Синклер известен своими работами по старению и митохондриальной функции. В своем бестселлере «Lifespan: Why We Age – and Why We Don't Have To» он пишет:

«Митохондрии – это не просто электростанции. Это сенсоры окружающей среды. Они сообщают ядру клетки, в каких условиях мы живем: сыты мы или голодны, холодно нам или жарко, движемся мы или сидим. И на основе этой информации они регулируют экспрессию генов».

Синклер подчеркивает, что лучший способ «разбудить» митохондрии – это периодический стресс: физическая нагрузка, краткосрочное голодание, перепады температур. Именно стресс запускает защитные механизмы, включая митохондриальный биогенез.

Глава 2. Что убивает наши митохондрии, а что – лечит

Теперь, когда мы понимаем, как устроены митохондрии и как они живут, возникает главный практический вопрос: как заставить их работать лучше?

Но прежде чем говорить о том, что *помогает*, давай разберемся, что *вредит*. Потому что лучший способ улучшить что-либо – сначала перестать это ломать.

2.1. Факторы, угнетающие митохондриальную функцию

Хроническое переедание

Звучит контринтуитивно. Мы привыкли думать, что еда – это топливо. Больше еды = больше энергии. Но митохондрии – это не бензобак, а скорее двигатель. Если заливать в двигатель слишком много топлива, он начнет работать с перебоями.

Когда ты постоянно ешь больше, чем нужно, в клетках накапливаются промежуточные продукты метаболизма – ацилкарнитины, диацилглицеролы (DAG) и керамиды. Керамиды особенно интересны: они напрямую связываются с коэнзимом Q10 и снижают его доступность для электрон-транспортной цепи. Это как если бы кто-то начал сливать масло из двигателя.

Переедание создает парадоксальную ситуацию: топлива много, но митохондрии не могут его эффективно сжечь. Электроны начинают «застрывать» в цепи, чаще срываются на кислород, производя избыточные ROS. Возникает окислительный стресс и инсулинорезистентность.

Токсины

Ртуть, кадмий, мышьяк, пестициды, ВРА, фталаты – все эти слова звучат угрожающе. И действительно, в клеточных и животных моделях эти вещества показывают митохондриотоксичность. Они могут нарушать работу ферментов, повреждать мембраны, вызывать мутации митохондриальной ДНК.

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.