

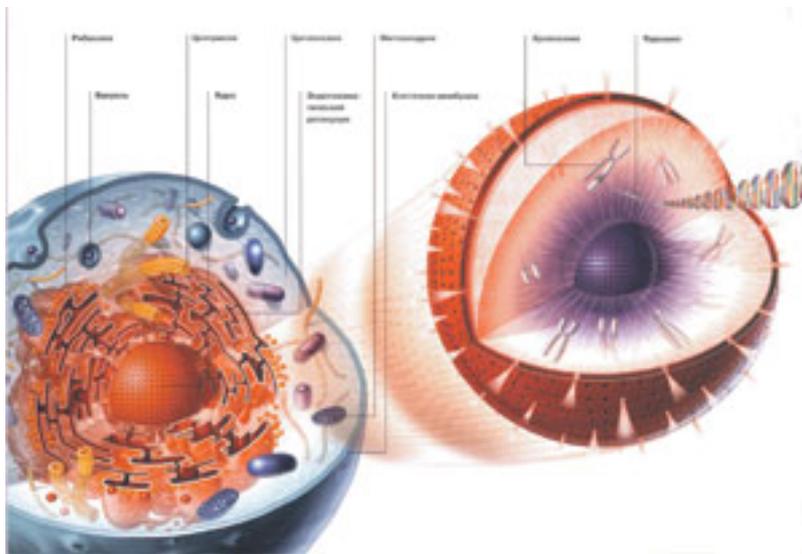
12.12.2012

НГ-НАУКА

# Глюконика – энергетика изнутри

**Юрий Магаршак**

**Об авторе:** Юрий Борисович Магаршак - профессор, MathTech, Inc. (New York).



Использовать в промышленных масштабах механизмы энергообеспечения, которые работают в живой клетке, – задача глюконики. Иллюстрация из буклета «ДНК. Приближая будущее. 50 лет успеха». 2003

Всем известна легенда о Прометее, похитившем небесный огонь и давшем его людям. С тех пор на протяжении тысяч лет энергия огня являлась главной для человечества. Начиная с приготовления пищи до освещения помещений и их обогрева. С годами появились тепловые электростанции, преобразующие энергию огня в электрическую. Но в любом случае это был огонь. Сжигание нефти и газа – сжигание, а не что-то иное – опять-таки основано на использовании огня. Вопрос, а может ли цивилизация получать и запасать энергию, огня не используя, как бы даже не ставится.

## **Альтернатива электричеству**

Человек, который первым понял, насколько универсально можно использовать в цивилизации электроэнергию (энергию электромагнитного поля), был абсолютным гением. К сожалению, нам неизвестно имя этого человека. История энергетики, как

ни странно, во многом покрыта мраком. Кто сделал решающий вклад в развитие современной энергетики, во многом остается неясным. По-видимому, решающий прорыв был совершен венгерским физиком Теслой, умершем, кстати сказать, в нищете.

Однако использование электроэнергии имеет недостатки, главный из которых – электроэнергию нельзя запасать, как, например, уголь. Напротив: в углеводородах энергия может храниться многие миллионы лет. Создание аккумуляторов, даже таких, которые позволяли бы всего-навсего двигаться автомобилю, является проблематичным. Тем более проблематично запастись электроэнергией достаточную, чтобы, скажем, автономно в течение года обогревать дом: такие проблемы даже не ставятся.

Является ли электроэнергия универсальным видом, который должен обеспечивать стратегическое существование человечества в будущем? В значительной мере наверняка это так. Но не во всем. Электроэнергию в больших объемах необходимо потреблять сразу – что является существенным недостатком. Есть ли альтернатива электроэнергии как универсальному ее виду, обеспечивающему энергию цивилизацию? Безусловно.

На земле существует универсальное преобразование энергии, кардинально отличающееся от всех ее видов использования человеком сегодня. В живой природе принципы получения, преобразования и использования энергии абсолютно иные. Они основаны на химических реакциях. Начиная с поглощения кванта света в процессе, именуемом фотосинтезом. При этом суммарное количество энергии, производимой фотосинтезом на земле, превышает мощность всех электростанций во много раз. С помощью биохимических процессов *in vivo* осуществляется все или почти все, что сегодня делает человек. В результате процессов, которые называют биохимическими, живые существа двигаются, видят, слышат, мыслят, наконец.

Для осуществления всего этого в живой природе имеется одно универсальное топливо – глюкоза. Производные глюкозы, и только они (или, чтобы на всякий случай быть более аккуратным: почти только они), обеспечивают энергетику всех видов растений и животных вот уже на протяжении 4 млрд. лет. Универсальность и постоянство, которые поражают! И заставляют задуматься: а нельзя ли на тех же принципах, на которых энергетика существует *in vivo*, построить и энергетику, используемую человечеством?

### **Электрохимия живого**

Современная техногенная цивилизация получает, хранит, распределяет и утилизирует энергию абсолютно не так, как эти процессы осуществляются в живой природе. Оценки показывают, что энергопотребление в биоценозе на порядки (как минимум в 10 раз) превышает энергию, утилизируемую человечеством при сжигании природных энергоносителей (нефти, газа и угля). При этом не только отдельные организмы, но и биоценоз в целом находятся в глобальном балансе с природой.

Универсальным первичным источником энергии в мире живого является солнце.

Поглощение квантов света осуществляется в фотосинтезе, в результате которого синтезируется глюкоза. Для длительного хранения энергии глюкоза преобразуется в свои производные: в растениях в ветвящуюся (дендримерную) молекулу альфа-глюкозы (крахмал), у животных в дендример альфа-глюкозы – гликоген. Кроме того, стволы и ветки деревьев более чем наполовину по массе состоят из линейной формы бета-глюкозы – целлюлозы.

Крахмал накапливается в клетках растений. Эти молекулы образуют запас питательных веществ, в то время как молекулы мономеров глюкозы не откладываются про запас, а либо преобразуются в полимерные (линейную целлюлозу, или дендримерную – крахмал и гликоген) формы, либо быстро расходуются. Крахмал содержится в больших количествах во всех зерновых злаках, а также в картофеле. В промышленности глюкозу получают гидролизом крахмала. Общая масса крахмала, синтезируемого в течение года *in vivo*, оценивается в сотни миллиардов тонн.

Гликоген – главная форма запасания углеводов у животных. Гликоген – полисахарид, откладывающийся в виде гранул в цитоплазме клеток и расщепляющийся до глюкозы при недостатке ее в организме. Гликоген запасается больше всего в печени (до 6% от массы печени) и в мышцах (порядка 1% массы мышц).

Целлюлоза – это клетчатка, главный строительный материал растительного мира, образующий клеточные стенки деревьев и других высших растений. В состав одной макромолекулы крахмала входит от нескольких сотен до нескольких тысяч звеньев, а в состав молекулы целлюлозы – свыше 10 000 звеньев. Целлюлоза образует волокна, которые придают растению жесткость и прочность. Так, волокно целлюлозы прочнее, чем стальная проволока такого же диаметра.

Целлюлоза, крахмал и гликоген имеют одинаковую химическую формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Однако физические и биологические свойства их существенно отличаются. В организмах они утилизируются разными ферментами.

### **Гликолиз, цикл Кребса и Хемиосмосис**

Согласно современным воззрениям, утилизация энергии, запасенной в углеводах, осуществляется в три этапа, каждый последующий из которых осуществляется только как результат предыдущего.

Гликолиз – анаэробное превращение глюкозы в пируват, в результате которого производится АТФ.

Аэробный процесс окислительного фосфорилирования (также называемый циклом Кребса), сопряженный с конечным продуктом гликолиза, пируватом, путем его окисления. На этом этапе производятся дополнительные молекулы АТФ и, кроме того, NADH, являющийся универсальным переносчиком электронов в клетке (а также FADH<sub>2</sub>).

Хемиосмосис (chemiosmosis), происходящий в мембранах митохондрий,

контролируется несколькими ферментами при участии NADH и FADH<sub>2</sub>, приводит к образованию дополнительных молекул АТФ.

В результате этих трех процессов из одной молекулы глюкозы производится до 38 молекул АТФ.

АТФ богата энергией потому, что содержит две фосфоводородные связи. Когда эти связи рвутся, освобождается энергия, которая может использоваться в метаболизме. Энергия гидролиза одного фосфата освобождает 30 кДж/моль, разрыв второго фосфата освобождает еще 30 кДж/моль.

АТФ постоянно потребляется организмом. За сутки в организме человека потребляется примерно 40 кг АТФ, в то время как общая масса АТФ в организме человека порядка 50 г. АТФ никогда не хранится долго: за сутки она может совершить сотни и даже тысячи циклов. При усиленной работе расход АТФ составляет до 500 г/мин. Суммарная масса произведенного в организме АТФ за сутки может в несколько раз превысить массу животного, хотя в каждый момент времени в организме этого универсального энергетического вещества имеется в сотни или даже тысячи раз меньше этой величины.

По типу функционирования пара АТФ–АДФ – это двухтактный молекулярный двигатель, который после каждого цикла возвращается в исходное состояние. Фундаментальное отличие двигателей *in vivo* от двигателей внутреннего сгорания или турбин состоит в том, что они: а) работают при температуре среды, б) с контролем за функционированием каждой молекулы, в) безотходно и г) намного более эффективно и экономно.

## **Глюконика как индустрия**

В мире живого энергетика состыкована с множеством процессов, обеспечивающих жизнедеятельность.

В то время как поколения технологий в ключевых областях промышленности в начале XXI века сменяются каждые несколько лет, живая природа исключительно консервативна. Одни и те же биологические механизмы, раз созданные, функционируют практически без изменений во всех организмах миллиарды лет. Фотосинтез, гликолиз, цикл Кребса, хемиосмосис и работа мышцы являются неизменными универсальными механизмами.

Можно ли создать двигатели, работающие по тому же принципу, что и мышцы? Бесспорно. Непреодолимых технологических трудностей нет. Название новой области энергетика – глюконика – представляется наиболее правильным и естественным. Даже если для этого потребуется (условно говоря) 100 млрд. долл. и 20 лет международных усилий, они окупятся. Так как мышцы функционируют: а) при комнатной температуре, б) исключительно эффективно и в) находясь в балансе с природой, не выбрасывая в атмосферу – и организм – никаких отходов вообще!

То же относится ко множеству других механизмов в живой природе, в которых используется универсальное топливо: глюкоза и ее производные.

Само собой разумеется, глюконика – комплексная проблема. Подобно тому, как для развития электроэнергетики необходимо было создать целый ряд связанных друг с другом систем (генераторов, электромоторов, энергосетей, передающих энергию на большие расстояния, электростанций, трансформаторов и так далее), для создания глюконики как индустрии также необходимо будет создать целый ряд технологий, первое поколение которых должно быть завершено более или менее одновременно. Вот некоторые из них.

1. Получение глюкозы с помощью фотосинтеза не представляет проблем, так как на земном шаре в растениях и в фотопланктоне производятся десятки тысяч тонн глюкозы в секунду.
2. Перевод глюкозы в формы, способные сохраняться длительное время и удобные к перевозке или перемещению по глюкопроводам. Такими формами могут быть гликоген, крахмал и другие производные глюкозы. При этом целесообразно использовать ферментативные процессы, существующие в природе.
3. Утилизация глюкозы, ее разложение до ATP и NADH. Эти процессы, происходящие в митохондриях, а также в цикле Кребса и хемиосмосисе, необходимо выделить в отдельный процесс.
4. «Стыковка» полученной в результате разложения глюкозы энергии с технологиями. Прежде всего такими технологиями должны быть превращение химической энергии глюкозы и продуктов ее разложения в механическую и электрическую энергии.

В природе такие процессы известны. Мышца преобразует энергию, запасенную в гликогене, в механическую энергию. Электрический скат преобразует энергию глюкозы – универсального топлива *in vivo* – в электроэнергию. Возможны и другие формы стыковки, аналогичные тем, которые используются в живой природе. Например, превращение энергии глюкозы в цветковые картины и гаммы осуществляется в организме хамелеона. Восприятие зрительных сигналов происходит в глазу. И так далее.

### **Глобальная наноэнергетика**

Особый интерес представляет стыковка гликолитической энергетике с нанотехнологиями. В случае, если такая стыковка будет осуществлена, молекулы, обеспечивающие снабжение энергией, и механизмы утилизации энергии будут иметь одинаковые масштабы – нанометры. Это само по себе открывает колоссальные перспективы для технологий. Особенно с учетом того, что эти механизмы функционируют в живой природе исключительно эффективно.

Обычно под глобальной энергетикой понимают создание электростанций, имеющих колоссальные мощности. Премия «Глобальная энергия» вручается за физические принципы, ведущие к производству очень больших мощностей в результате того или иного физического процесса. Однако такое понимание глобальной энергетике представляется неоправданно узким.

Фотосинтез является не менее глобальным энергетическим механизмом на земле, чем процессы, обеспечивающие функционирование электростанций. Мощность, производимая в результате поглощения одним квантом света, действительно очень мала. Однако триллионы тонн фитопланктона и десятки миллиардов тонн растений осуществляют процесс фотосинтеза колоссальное число раз одновременно, производя мощности, превышающие утилизируемые человеком сегодня во много раз.

Создание индустрии глюконики, предлагаемое в настоящей статье, есть не что иное, как использование уже существующих механизмов запасания энергии *in vivo* в технике. Поэтому в перспективе глюконика является ничуть не менее глобальной энергетикой, чем атомные, тепловые и гидроэлектростанции, по всем показателям.

Переход цивилизации к способам генерации и преобразования энергии, подобным тем, которые осуществляются *in vivo*, является естественным. Более того – в стратегической перспективе неизбежным. Такому переходу просто нет разумной альтернативы.

### **Симбиоз с мертвой природой**

Само собой разумеется, создание глюконики потребует значительных финансовых средств и скоординированных усилий всего интеллектуального человечества. Перевод энергетики на глюконика – с использованием глюкозы и ее производных в качестве универсального топлива – может занять 20 и более лет. Перевод технологий на принципы, подобные тем, которые используются в живой природе, может потребовать и большее время, но тоже в масштабах не веков, а десятилетий.

Однако такие усилия человечества и финансовые затраты окупятся сторицей. Потому что после этого техногенная цивилизация сможет развиваться и существовать, находясь в гармонии с природой.

Между технологиями нашего времени и природой существует антагонизм, в то время как между живой и неживой природой – симбиоз. Слово «симбиоз» принято употреблять только для описания взаимодействия между живыми организмами. Между тем использование этого термина для описания взаимодействия биоценоза с *natura morta* (мертвой природой) совершенно оправданно.

Жизнь вписана в неживую природу. Она не только находится в балансе с неорганическим миром, но и в значительной мере влияет на его стационарное состояние, установившееся на протяжении ни много ни мало 4 млрд. лет! Если бы жизнь исчезла, состав атмосферы изменился бы очень быстро, а с ним и климат, и температурный баланс, и многие другие характеристики нашей планеты, настроенной как тончайший прибор. Тогда изменения климата, происходящие ныне, по сравнению с катаклизмами, которые произошли бы при полном исчезновении биосферы, показались бы незначительными флуктуациями.

Ключевым элементом перехода от антагонизма между техногенной цивилизацией и природой к гармонии между ними является создание глюконики. Это несравненно

более перспективно и реально, чем, скажем, водородная энергетика. На нее было потрачено более 10 млрд. долл. – и почти совершенно впустую: не случайно финансирование, выделяемое на эту отрасль, которая якобы придет на смену нефти и газу, – идеология, широко разрекламированная в конце XX века, – повсеместно сворачивается.

В том, что касается глюконики, ситуация совершенно иная, потому что эффективность ее использования доказана жизнью в самом буквальном значении этого слова из всех возможных. Глюконика – это энергетика будущего человечества, так же как она является универсальной системой генерации, хранения и использования энергии в живой природе.

Использование в качестве универсального топлива глюкозы абсолютно необходимо для того, чтобы техногенная цивилизация существовала тысячи, а возможно, и миллионы лет, а не вымерла от нарастающего с каждым годом дисбаланса с природой. Глюконике как универсальной энергетике цивилизации нет долговременной альтернативы. Она будет создана. Таково мое абсолютное убеждение.

*Нью-Йорк*