



УСТОЙЧИВО НЕРАВНОВЕСНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ СИСТЕМ - ОСНОВА ЖИВОГО СОСТОЯНИЯ.

Воейков В.Л.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЖИВОГО СОСТОЯНИЯ.

Согласно принципу устойчивого неравновесия, сформулированному основателем теоретической биологии Эрвином Бауэром, «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и постоянно выполняют за счет своей свободной энергии работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [1]. Другими словами, Бауэр постулировал, что живые системы осуществляют только ту работу, что необходима для сохранения их жизнеспособности на всех уровнях своей организации. Работоспособность структур живой системы, начиная с надмолекулярного уровня, т.е. их возможность служить источниками свободной энергии, обеспечивается тем, что живые структуры должны пребывать в возбужденном состоянии. Высококачественная энергия, идущая на выполнение полезной работы, освобождается при переходе отдельно взятых молекул, надмолекулярных комплексов, их ансамблей из неравновесного (возбужденного) состояния в основное.

Поскольку структура материи в возбужденном состоянии отличается от структуры той же материи в ее основном состоянии, Бауэр определил свободную энергию возбужденной живой материи, как «структурную энергию». Именно за счет этой структурной энергии выполняются все формы работ, в совокупности составляющие жизнедеятельность. Но для того, чтобы структурная энергия не диссипировала спонтанно без совершения полезной работы, живая материя должна представлять собой построенный из возбужденных элементов гармоничный динамический ансамбль, как своеобразную многоуровневую когерентную систему.

Все известные проявления жизнедеятельности - обмен веществ, включающий в себя как ассимиляцию, так и диссимиляцию, размножение, рост и развитие, адаптивность к меняющимся условиям существования, возбудимость - адекватные реакции на раздражители, интенсивность которых во многих случаях может быть чрезвычайно низка, выводятся как следствия из сформулированных Бауэром принципов, определяющих специфические свойства «всех и только живых систем».

Однако в теории живого состояния Бауэра не обсуждается вопрос о том, как исходно могло возникнуть устойчиво неравновесное состояние материи, которая в результате превратилась в «живую материю». Не уточняется и химическая природа той субстанции, которая может пребывать в устойчиво неравновесном состоянии и возвращаться в него после того, как произойдет освобождение структурной энергии для совершения полезной работы. Для пребывания живых систем в устойчиво неравновесном состоянии необходимо постоянно возобновлять возбужденное состояние их структур. Согласно общепринятым физико-химическим представлениям, для перевода субстанции в возбужденное состояние, она, подобно рабочему телу лазера, должна принудительно «подкачиваться» энергией извне. Но, согласно принципам теоретической биологии Бауэра живая система должна самостоятельно извлекать, а не получать из среды вещество и энергию. Это свойство кажется весьма необычным для большинства материальных тел, способных переходить в возбужденное состояние лишь под действием внешних сил.

Так что же представляет собой та живая материя, которая, согласно принципу устойчивого равновесия Бауэра, «никогда не бывает в равновесии», и которая способна

самостоятельно переходить в неравновесное состояние после того, как она освободит структурную энергию для выполнения того или иного вида полезной работы?

ОСОБЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ.

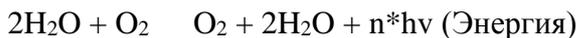
Доминирующим компонентом любой живой материи является вода. Традиционно воду рассматривают лишь как растворитель, среду, в которой протекают биохимические реакции. Считают, что по своим свойствам вода живых систем не отличается от обычной воды. Однако возьмем, например, такое живое существо, как медуза. Более 99% массы медузы приходится на долю воды; массовая доля других веществ в теле медузы ничтожна. И хотя вода медузы представлена теми же молекулами, что и вода, в которой медуза обитает, очевидно, что «живая вода» медузы принципиально отличается от «обычной» воды. Так, в нее не проникают соли из морской воды, а сама медуза не «съеживается» в крепком солевом растворе, хотя каких-либо полупроницаемых пленок на границе между медузой и ее средой нет. И это не единственное необычное свойство «живой воды» медузы. Ведь, по существу, именно вода медузы является тем рабочим телом, которое осуществляет все виды полезной работы. С другой стороны, именно вода медузы должна быть и непосредственным источником структурной (свободной) энергии, необходимой для осуществления любой полезной работы. Нет оснований сомневаться, что в том же особом состоянии, что и вода медузы, пребывает та или иная часть воды у всех других организмов.

Очевидно, что состояние воды медузы определяется биополимерами, обеспечивающими желеобразное состояние этого животного, при том, что неводные молекулы составляют ничтожную часть массы медузы. Многие выдающиеся биологи прошлого обращали внимание на особые свойства воды, граничащей с биополимерами, но лишь недавно американский биофизик Дж. Поллак доказал, что вода, гидратирующая гидрофильные поверхности (пограничная вода), настолько отличается по своим свойствам от «объемной», что ее можно считать жидко-кристаллической [2]. Толщина слоя такой воды у гидрофильных поверхностей может достигать сотен микрон. Она отличается от объемной по вязкости, плотности, температуре замерзания, диэлектрическим свойствам. Множество веществ, хорошо растворимых в обычной воде, в этой воде не растворяются, и поэтому Поллак назвал воду, прилегающую к гидрофильным поверхностям, “Exclusion Zone Water (EZ-water)” (вода зоны исключения).

Ряд свойств EZ-воды указывают, что она может играть важную роль в биоэнергетике: во-первых, EZ-вода заряжена отрицательно относительно контактирующей с ней объемной воды (ее потенциал достигает — 150 мВ), во-вторых, в ней обнаружен пик поглощения УФ-света при длине волны 270 нм. Наконец, толщина слоя EZ-воды увеличивается при освещении видимым светом и, особенно, при поглощении ИК-излучения. Отсюда следует, что электроны в EZ-воде возбуждены сильнее, чем в обычной воде, т.е. она может выступать в роли восстановителя. А поскольку энергия ИК-области спектра (тепло) повышает электронно-донорную емкость EZ-воды, она может служить практически неисчерпаемым источником электронов.

Для превращения потенциальной энергии квази-свободных электронов EZ-воды в свободную энергию, способную производить работу, необходим их акцептор. Естественным акцептором электронов служит кислород, причем источником его служит сама вода. Считается, что чуть ли не весь кислород образуется из воды благодаря биологическому фотосинтезу. Но появляется все больше данных, свидетельствующих, что абиогенная продукция кислорода из воды происходит в значительно больших масштабах, чем считалось ранее. При этом кислород появляется уже в активном состоянии, в котором он является эффективным акцептором электронов [3]. Когда молекула кислорода акцептирует 4 электрона (+ 4 протона), образуются 2 молекулы воды и освобождается более 8 эВ высококачественной энергии электронного возбуждения. Если источником электронов

служит вода, то схема ее горения выглядит так:



Такая реакция превращения воды в воду может, как это ни парадоксально, служить источником свободной энергии, поскольку молекулы воды в левой и в правой частях уравнения принадлежат разным структурам. Донором электронов служит организованная водная фаза - EZ-вода, находящаяся в устойчиво неравновесном состоянии, а та вода, что образуется - обычная объемная вода, т.е. вода в основном состоянии. При превращении организованной воды в аморфную энтропия системы возрастает, а ее свободная энергия уменьшается. Таким образом, энергия, освобождающаяся при осуществлении этого процесса - структурная энергия в точном понимании этого термина Э.Бауэром.

Приведенная выше схема не отражает важной особенности реакций горения - их разветвлено-цепного характера. Освобождающаяся при горении энергия способствует дополнительному возбуждению как EZ-воды, так и кислорода, увеличению потока электронов и скорости восстановления кислорода, «обострению» процесса горения. Горение приобретает колебательный характер, а ритм освобождения энергии может обеспечить ритмичное протекание сопряженных реакций [4].

Одной из удивительных особенностей организованной пограничной воды является ее способность восстанавливаться при облучении фотонами инфракрасной области спектра даже весьма низкой интенсивности, которые всегда присутствуют в окружающей среде при тех температурах, при которых вода пребывает в жидком состоянии [5]. К тому же, часть энергии, освобождающейся при «горении» жидко-кристаллической, организованной воды может быть использована для восстановления EZ-воды. Молекулы воды из неорганизованной фазы могут вновь поступать в организованную, восстанавливая ее, что обеспечивает устойчиво неравновесное состояние водной системы, как единого целого. Если условия, для регенерации EZ-воды при ее горении сохраняются, процесс приобретает циклический характер. Тогда эта система отвечает требованию Принципа устойчивого неравновесия Э. Бауэра - динамические водные системы, в которых протекают такие процессы не только устойчиво неравновесны, но и способны за счет своей свободной энергии выполнять работу против равновесия, «требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях».

РОЛЬ УГЛЕКИСЛОТЫ В ПОДДЕРЖАНИИ УСТОЙЧИВО НЕРАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ СИСТЕМ.

Прямое окисление воды кислородом требует либо непрерывного притока энергии активации, например, освещения, либо присутствия катализаторов, снижающих энергетический барьер для горения воды. В реальных водных системах - в природных водах окружающей среды и во всех биологических водных системах в том или ином соотношении практически всегда присутствуют представители семейства углекислоты:



Биологические эффекты углекислоты, образующейся в организме в процессе дыхания или поступающей в него с питьевой водой в виде карбонатов, многообразны. Углекислота влияет на активность многих ферментов, на экспрессию генов, на систему кровообращения, на иммунные реакции. (собо важную роль углекислота играет в биоэнергетических процессах, связанных с дыханием. При дефиците в организме углекислоты подавляется дыхание как на уровне целого организма, так и на клеточном уровне. Представители семейства углекислоты являются, таким образом, универсальными регуляторами жизненных функций [6].

Нами было обнаружено, что бикарбонатные растворы с концентрациями HCO_3^- ,

близкими к тем, что характерны для природных питьевых вод и биологических жидкостей, являются редокс-активными водными системами. В них спонтанно протекают окислительно-восстановительные процессы, в ходе которых продуцируются супероксид-радикалы и другие активные формы кислорода [6, 7]. Супероксидные радикалы служат предшественниками всех остальных активных форм кислорода (АФК) и промежуточными продуктами на пути полного окисления воды кислородом. Интересно, что при освещении бикарбонатных растворов видимым светом интенсивность продукции в них АФК возрастает.

В ходе реакций, в которых участвуют АФК, образуются продукты в электронно-возбужденном состоянии. Переход возбужденных продуктов в основное состояние сопровождается освобождением энергии, которая может использоваться для поддержания водной системы в сильно неравновесном состоянии. Часть этой энергии может излучаться из системы, особенно если в ней присутствуют флуоресцирующие вещества, к которым относится люминол.

Если в бикарбонатные растворы внести H_2O_2 в субмиллимолярных концентрациях, то в них развивается процесс, сопровождающийся в присутствии флуоресцентного зонда люминола, сверх-слабым излучением. Излучение из изолированных от контакта с воздухом и защищенных от внешнего освещения образцов может длиться в течение многих месяцев и даже лет [6, 7]. Мы также обнаружили, что на характер процессов, спонтанно протекающих в активированных H_2O_2 бикарбонатных растворах, оказывают влияние космо-физические факторы, такие как затмение Луны и затмение Солнца, геомагнитные возмущения. Интенсивность излучения из активированных растворов стабильно возрастает, если в них внести гидратированные фуллерены в низких и сверхнизких дозах, соответствующих исчезающе малым концентрациям порядка 10^{-15} - 10^{-20} М.

Детальный механизм процессов, в ходе которых в водных растворах бикарбонатов порождаются АФК, обсуждать еще рано, но каков бы он ни был водные системы, в которых протекают такие процессы, находятся в устойчиво неравновесном состоянии, и поддержание его требует постоянного притока энергии извне. Источником энергии может служить тепловая энергия и энергия внешних низкочастотных электромагнитных полей. Поскольку структурная энергия организованной (жидко-кристаллической) воды ниже температуры менее организованной воды, с которой она контактирует, между двумя водными фазами постоянно существует температурный градиент. Организованная вода черпает энергию низкой плотности из внешней среды, преобразуя ее в энергию высокой плотности - энергию электронного возбуждения. Таким образом, бикарбонатные растворы исполняют роль «повышающих трансформаторов», преобразуя энергию низкой плотности в энергию высокой плотности. Действительно, ширина и электрон-донорная емкость EZ-воды возрастает при облучении воды низкоинтенсивными источниками света, причем наибольший эффект достигался при облучении источником ИК-излучения в области 2-3 мкм [5].

Устойчиво неравновесное состояние активированных H_2O_2 растворов бикарбонатов обеспечивает их чувствительность к сверх-слабым внешним воздействиям, к которым относятся космофизические факторы. С другой стороны, влияние гидратированных фуллеренов ($HuFn$) на протекающие в бикарбонатных растворах процессы обусловлен, по-видимому, особыми свойствами окружающей молекулы C_{60} воды [8]. Водные оболочки $HuFn$ представляют собой разновидность EZ-воды, которая, как отмечалось выше, может выступать в роли донора электронов. Это свойство $HuFn$ обеспечивает высокую биологическую активность $HuFn$ в системах *in vivo* и *in vitro* за счет своеобразного, квази-каталитического антиоксидантного действия. Окисление EZ-воды, рассмотренное выше - это циклический процесс и, очевидно, что параметры осцилляций должны зависеть от концентрации $HuFn$. $HuFn$ в низких и сверх-низких концентрациях эффективно

поддерживают излучательную способность и обычных, и активированных перекисью водорода растворов бикарбонатов. По-видимому, именно такие условия оптимальны для трансформации реакционными системами поглощаемой ими извне энергии низкой плотности в энергию высокой плотности.

Существенная часть воды в живой материи, в которой чрезвычайно сильно развиты гидратируемые водой поверхности (мембраны, биополимеры, водорастворимые вещества) имеет свойства организованной EZ-воды. С другой стороны, углекислота в тех или иных ее формах (но, в основном, в виде бикарбонатов) является необходимым компонентом всех биологических жидкостей. В этой связи интересно отметить, что углекислота, а в особенности, бикарбонаты играют ключевую роль в обеспечении аэробного дыхания на всех уровнях организации живой материи. Весьма вероятно, что способность представителей семейства углекислоты катализировать процесс окисления воды играет фундаментальную роль в биоэнергетическом обеспечении процессов жизнедеятельности, а также в поддержании живой материи в устойчиво возбужденном состоянии, обеспечивающем его чрезвычайно высокую чувствительность к действию на живые системы химических и физических факторов низкой и сверх-низкой интенсивности.

Таким образом, водные системы, в которых сосуществуют жидко-кристаллическая и аморфная водные фазы, в которых есть кислород, карбонаты, азот, другие неорганические растворенные вещества отвечает всем принципам Э. Бауэра, характеризующим «живое состояние». На такие системы можно смотреть как на дышащие, активные «прото-организмы». Интересно предположить, что если водные системы находятся в устойчиво возбужденном состоянии, если в них постоянно порождаются активные окислители и восстановители (например, атомы водорода, активные формы кислорода), присутствуют углекислота и азот, то в них возможно развитие химических реакций, в ходе которых возникают органические молекулы все более сложного состава. За счет энергии дыхания они не только поддерживают свое неравновесное состояние, но и способны осуществлять работу, направленную на собственное развитие (эволюцию) и превращение на определенном этапе в минимально полноценный способный к размножению живой организм.

Литература:

1. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. М-Л.: ВИЭМ, 1935.
2. Zheng J.M., Chin W.C., Khijniak E., Khijniak E. Jr., Pollack G.H. Surfaces and interfacial water: evidence that hydrophilic surfaces have long-range impact. *Adv Colloid Interface Sci.* 2006 Nov 23;127(1):19-27.
3. Voeikov VL. Biological oxidation: over a century of hardship for the concept of active oxygen. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand).* 2005 Dec 14;51(7):663-75.
4. Воейков В.Л., Колдунов В.В., Кононов Д.С.. Длительные колебания хемилюминесценции в ходе amino-карбонильной реакции в водных растворах. *Журнал физической химии*, т. 75, №9, с.1579-1585, 2001.
5. Chai B, Yoo H, Pollack GH. Effect of radiant energy on near-surface water. *J Phys Chem B.* 2009 Oct 22;113(42):13953-8.
6. Voeikov V.L., Do Ming Ha, Mukhitova O.G., Vilenskaya N.D., Malishenko S.I., Bogachuk A.S.. Activated bicarbonate solutions as models of confined ontic open system and prototypes of living respiring systems. *Int. J. of Design & Nature and Ecodynamics.* Vol. 5, No. 1 (2010) 30-38.
7. До Минь Ха, Мухитова О.Г., Виленская Н.Д., Малышенко С.И., Воейков В.Л. Активированные перекисью водорода водные растворы бикарбонатов - долговременные источники низкоинтенсивного излучения, реагирующие на слабые и сверх-слабые воздействия. *Биомедицинская радиоэлектроника.* № 2, 2011, сс. 2838.

8. Andrievsky G.V., Klochkov V.K., Derevyanchenko L.I. Is C₆₀ fullerene molecule toxic?!
// Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. 2005. V. 13. Pp. 363-376.