

**Карпин Владимир Александрович**,  
доктор медицинских наук, доктор философских наук,  
Сургутский государственный университет, г. Сургут  
Vladimir Karpin, Doctor of Science (Medicine),  
Doctor of Philosophy, Surgut state University, Surgut

**Шувалова Ольга Ивановна**, кандидат медицинских наук,  
Сургутский государственный университет, г. Сургут  
Olga Shuvalova, PhD (Medicine), Surgut state University, Surgut

## ТЕРМОДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ THERMODYNAMICS OF BIOLOGICAL PROCESSES

**Аннотация:** На планете Земля существуют два качественно различных мира – неорганическая и органическая природа. Поиски их сходства и различия продолжаются до настоящего времени. Сходство определяется материальным единством мира. Проблема различий определяется тем фактом, что практически все критерии жизни можно найти среди естественных неорганических тел. И, тем не менее, существуют по меньшей мере два материально-энергетических свойства, характерные только для объектов живой материи и никогда не встречающихся среди элементов неорганической природы – молекулярная диссимметрия органических оптических изомеров и перманентное накопление внутренней свободной энергии, позволяющее безграничное размножение живых организмов. Эти особенности, а также отграничение живых естественных тел от окружающей среды с развитием независимой внутренней среды, сопротивление внешним воздействием позволяют предположить отдельное, независимое, самостоятельное существование элементов живой материи, обменивающееся с неорганической природой только сырьем и отходами производства.

**Abstract:** There are two qualitatively different worlds on the planet Earth – inorganic and organic nature. The search for their similarities and differences continues to the present. Similarity is determined by the material unity of the world. The problem of differences is determined by the fact that almost all the criteria of life can be found among natural inorganic bodies. And, nevertheless, there are at least two material-energy properties characteristic only of objects of living matter and never found among elements of inorganic nature – molecular dissymmetry of organic optical isomers and permanent accumulation of internal free energy, allowing unlimited reproduction of living organisms. These features, as well as the separation of living natural bodies from the environment with the development of an independent internal environment, resistance to external influences, suggest a separate, independent, independent existence of elements of living matter, exchanging with inorganic nature only raw materials and production waste.

**Ключевые слова:** биологические системы, термодинамика, энергетика биоорганического мира, фундаментальные особенности.

**Keywords:** biological systems, thermodynamics, energy of the bio-organic world, fundamental features.

Все физико-химические процессы в живом организме осуществляются за счет внутренней энергии. В свою очередь внутренняя энергия состоит из свободной и связанной энергии. Энергетическое обеспечение всех процессов в биосистеме осуществляет свободная



внутренняя энергия. Связанная энергия – это теплота, энтропия, это безвозвратно потерянная энергия, поэтому КПД любой работы всегда будет ниже 100%. Внутренняя свободная энергия осуществляет все процессы, идущие с затратой энергии, всю внутреннюю и внешнюю работу. Внешняя работа – это добыча, поглощение, переваривание и всасывание пищи, а также физическая (механическая) работа. По сути вся внешняя работа есть физическая работа. Внутренняя работа – это химическая работа, это процессы ассимиляции и диссимиляции, пластическая (структурная) работа. Нужно четко представлять себе, что именно и только структура организма является источником внутренней свободной энергии. Процессы ассимиляции (синтез) являются запасом, накоплением и источником свободной энергии. Процессы диссимиляции (распад, разрушение) являются процессом высвобождения и затраты внутренней свободной энергии. Универсальным источником внутренней энергии организма является АТФ. Он участвует во всех внутренних энергетических процессах, сам периодически то распадаясь (отдавая энергию), то вновь синтезируясь, опять с затратой внутренней свободной энергии. Эти процессы необратимы и требуют постоянного притока внешней свободной энергии (пища). Следует подчеркнуть, что химическая энергия пищи (внешняя энергия) не идет напрямую, непосредственно на удовлетворение энергетических нужд организма. Она должна сначала перейти в структурную энергию, и уже оттуда «черпать силы». Восстановление структурной энергии также требует затрат внутренней свободной энергии, которая в свою очередь требует притока внешней свободной энергии. (Такой сложный физико-химический «клубок»). Причем при всем при этом система должна находиться в стационарном состоянии (термодинамическом неравновесном), то есть все противоположно направленные процессы должны быть уравновешены. При стационарном состоянии производство и выделение энтропии должны быть эквивалентными, т.е. поступление негэнтропии (отрицательной энтропии) из внешней среды должно восполнять потерю положительной энтропии. При стационарном состоянии неравновесных термодинамических систем, согласно теореме Пригожина, система находится в оптимальном энергетическом режиме, удерживая энтропию на минимальном уровне. Это общепринятые базовые знания о термодинамике открытых биологических систем, какими являются все живые организмы биосферы.

В более широком понимании материальные системы Земли можно разделить на физические (неорганические) и биологические (органические). На протяжении длительного многовекового научного и философского изучения и сравнения этих двух важнейших составляющих окружающего материального мира можно выделить два основных направления – поиски сходства и различия. Оба пути, внешне противоположных, имеют достаточные основания. Сходства неизбежны, так как все материальные тела подчиняются одним и тем же общим физическим законам. Этот фундаментальный принцип единства мира лежит в основании превалирующих научных направлений. Более того, он постулирует единство происхождения всех материальных тел.

С другой стороны, даже на уровне обыденного неподготовленного мышления резко бросается в глаза выраженное отличие неодушевленных и одушевленных объектов, которое даже в религиозной философии представлено как отдельное божественное сотворение живых существ.

Возникают закономерные вопросы: насколько, несмотря на определенные сходства, выражено отличие представителей живой материи от объектов неорганического мира? Какие характерные признаки встречаются только у «живого вещества» и никогда не наблюдаются среди «косной материи»? И могут ли живые организмы возникнуть естественным путем из неорганических тел или между ними лежит непреодолимая грань?



Первой характерной особенностью непроходимой грани является теория молекулярной диссимметрии органических оптических изомеров Л. Пастера, разработанная в XIX веке и в дальнейшем подхваченная В.И. Вернадским. Доказано, что гомохиральность характерна только для биологических структур и никогда не встречается в неорганической природе [3, 5, 8].

Следующим важнейшим вкладом в обсуждение представленной проблемы стали достижения в области термодинамики биологических систем. Здесь «камнем преткновения» явилось ее второе начало. В неорганической природе энергетические процессы протекают с безвозвратной необратимой потерей тепла в виде энтропии; термодинамика приобретает характер равновесной. Эволюция физических систем на Земле в определенный период времени завершается, и далее продолжается эволюция органической материи, имеющая свои четко очерченные отличительные термодинамические особенности.

Эволюционная теория Ч. Дарвина явилась завершающим этапом описательной теоретической биологии, выявившим лишь закономерности различных проявлений живой материи, результаты ее законов организации и развития, а не сами эти законы. Возник закономерный вопрос, имеют ли биологические объекты свои особенные законы движения. Поиски ответов на этот вопрос привели к изучению возможных особенностей термодинамики биологических процессов (систем). Главным отличием было второе начало термодинамики в применении к биологическим системам. В неорганических структурах преобладает равновесная термодинамика с безвозвратной потерей энергии к состоянию динамического равновесия, в то время как биологическая эволюция показывает противоположную направленность к усложнению объектов живой материи, к их возрастающей специфической внутренней активности (нелинейная неравновесная термодинамика). Вопрос о сущности жизни был трансформирован в концепцию особых термодинамических свойств живых организмов.

Первым шагом на этом пути были работы Э.С. Бауэра [1]. Будучи сторонником термодинамической специфики элементов живой материи, он выдвинул термодинамический принцип устойчивого неравновесия биологических систем, обозначенный им как «всеобщий закон биологии»: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [1, с. 143].

«Подобный общий закон называется принципом... Мы обозначим этот принцип как «принцип устойчивого неравновесия» живых систем... Так же, как устойчивое равновесие характеризуется тем, что, будучи нарушено, всегда наступает вновь, так и у живых систем неравновесное состояние сохраняется постоянно и обладает всеми признаками устойчивости. Наш принцип выражает в краткой форме характерное свойство живых систем, так как мы не знаем ни одной неживой системы, у которой неравновесное состояние обладало бы признаками устойчивости» [1, с. 144].

Бауэр выдвинул ошибочное предположение об особых, специфических свойствах «живого белка». Дальнейшие углубленные исследования показали, что молекулы биополимеров не имеют принципиальных биофизических отличий от аналогичных небиогенных молекул. Тем не менее особенности термодинамики биологических систем требовали дальнейших поисков.

Живые организмы являются открытыми биологическими системами, обменивающимися с окружающей средой не только веществом, но и энергией – имеет место непрерывный поток энергии через «живое вещество». Этот процесс детально исследовал Э. Шредингер: «Каждый процесс, явление, событие..., все, что происходит в природе, означает увеличение энтропии в той части мира, где это происходит. Так и живой организм непрерывно



увеличивает свою энтропию – или, говоря иначе, производит положительную энтропию и таким образом приближается к опасному состоянию максимальной энтропии, которое представляет собою смерть. Он может избежать этого состояния, то есть оставаться живым, только путем постоянного извлечения из окружающей его среды отрицательной энтропии, которая представляет собой нечто весьма положительное... Отрицательная энтропия – вот то, чем организм питается...существенно в метаболизме то, что организму удается освободить себя от всей той энтропии, которую он вынужден производить, пока он жив» [10, с. 124].

«Организм питается отрицательной энтропией, как бы привлекая на себя ее поток, чтобы компенсировать этим увеличение энтропии, производимое им в процессе жизни, и таким образом поддерживать себя на постоянном и достаточно низком уровне энтропии» [10, с. 127].

Необходимо подчеркнуть разницу между равновесным и стационарным состоянием. Стационарное состояние является нелинейным и неравновесным, и поддержание жизни требует постоянного притока энергии. В противном случае постоянное производство энтропии неизбежно приведет к равновесному термодинамическому состоянию, что означает неминуемую смерть живого организма.

В дальнейшем теория Бауэра была продолжена И. Пригожиным, принявшим самое непосредственное участие в создании теории хаоса и самоорганизации, которая в свою очередь привела к созданию новейшей синергетической картины мира [9].

Назрела необходимость определить конкретную отличительную особенность энергетики живой материи, позволяющие ей существовать и развиваться наперекор второму началу термодинамики. Эту особенность неоднократно подчеркивал выдающийся российский ученый В.И. Вернадский, развивая идею о создании и накоплении свободной энергии в биосфере «живым веществом», расценивая ее как основное своеобразное свойство биогеохимической энергии, накапливающейся с ростом геологического времени [4, 6].

Согласно современной биохимической науке, энергетические процессы в живых системах протекают в обратном направлении по сравнению с таковыми в неорганической природе, т.е. энергия выделяется не в процессах синтеза, а в процессе расщепления химических связей [2]. «Поддержание и воспроизведение структуры живого организма должно идти с затратой энергии. Это позволяет различать живые существа от других самовоспроизводящихся структур, например, кристаллов. Еще Бюффон в XVIII веке проводил аналогии между ростом организмов и ростом кристаллов. Действительно, каждому кристаллу присуща своя специфическая структура, возникающая спонтанно. Кристаллы порой удивительно похожи на структуры живой природы. Морозные узоры на оконных стеклах бывают похожи на листья папоротников и других диковинных растений... <...> И тем не менее аналогии между кристаллами и организмами неправомерны. Хотя эти структуры внешне сходны, процессы их возникновения диаметрально противоположны. Кристалл – система с минимумом свободной энергии. Недаром при кристаллизации выделяется тепло. <...> Листья папоротника, наоборот, при своем возникновении поглощают энергию солнечных лучей, и, разрушая эту структуру, мы можем получить энергию обратно. Это мы и делаем, сжигая каменный уголь, образовавшийся из остатков гигантских папоротников палеозойской эры» [7, с. 340].

Таким образом, усложнение неорганического мира шло путем кристаллизации, а развитие сложных органических (биоорганических) молекул – путем полимеризации, причем первый путь шел с выделением энергии, а второй – с поглощением энергии. Это энергетически диаметрально противоположные процессы, что делает проблематичным утверждение об абиогенезе, т.е. возникновении (происхождении) органической природы от неорганической. Физический механизм процесса эволюции биологических систем определяется увеличением



обособленности или прогрессивным повышением независимости этих систем от окружающей среды или внешних полей посредством концентрации внутренней энергии. Этот же механизм определяет самопроизвольность органических процессов синтеза и обмена. Все вышесказанное можно обобщить следующим образом: внешнее воздействие стремится разрушить природную систему, а система стремится преодолеть внешнее воздействие посредством концентрации внутренней энергии [2].

Представленные материалы убедительно показывают наличие на планете двух практически различных миров – живой и косной материи. Убедительным доказательством этого факта являются как минимум два инварианта элементов биоорганического мира – молекулярная диссимметрия органических оптических изомеров и термодинамический процесс перманентного накопления свободной энергии, никогда не встречающиеся среди объектов неорганической материи. «Животный организм проявляется в биосфере как чуждое ей маленькое тело, как свой собственный отдельный мирок...» [6, с. 440].

И, наконец, создание живого на планете происходит только из живого; никогда в окружающем материальном мире не было зарегистрировано ни одного естественного (природного) случая зарождения жизни из элементов неживой природы. Важнейшей ближайшей фундаментальной задачей теоретической биологии является проблема появления жизни на Земле.

*Список литературы:*

1. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. СПб.: Росток, 2002. 352 с.
2. Бойко С.В. Физика и эволюция. Пушино, 1997. 110 с.
3. Вернадский В.И. Пространственная неоднородность биосферы. Диссимметрические поля живого вещества / Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. Выпуск 1. Значение биогеохимии для познания биосферы. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. С. 27-31.
4. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. Выпуск II. О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел биосферы. М.: Изд-во АН СССР, 1939. 36 с.
5. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. Выпуск IV. О правизне и левизне. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 18 с.
6. Вернадский В.И. Науки о жизни в системе научного знания / В.И. Вернадский. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2007. С. 414-469.
7. Медников Б.М. Аксиомы биологии / Б.М. Медников. Избранные труды: организм, геном, язык. М.: КМК, 2005. С. 338-346.
8. Пастер Л. Исследования о молекулярной диссимметрии естественных органических соединений / Л. Пастер. Избранные труды. В 2 т. Т. 1 / Пер. с франц. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 9-48.
9. Пригожин И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках / Пер. с англ. М.: КомКнига, 2006. 296 с.
10. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? / Пер. с англ. М.: РИМИС, 2009. 176 с.

