

14.10.2003

УДК 536.7; 575.3/7; 575.4; 576.1; 577.3; 612.014.3; 613.24; 615.874

ОБ ОДНОЙ ПРИЧИНЕ НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ ЗАБЛУЖДЕНИЙ В СОВРЕМЕННОЙ БИОФИЗИКЕ

Г.П. Гладышев – почетный академик МАН ВШ

Международная академия творчества, Москва, Россия - Сан-Диего, США
Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, 117977 Москва, ул. Косыгина, 4
<http://www.endeav.org/evolut> E-mail: academy@endeav.org

В работе кратко обсуждаются причины недоразумений, касающихся использования классической термодинамики при исследовании биологической эволюции. Утверждается, что многие ошибки приложения термодинамики к явлению жизни связаны с некритическим подходом к утверждению Л.Больцмана о том, что борьба за существование в живой природе является борьбой за отрицательную энтропию, которая становится доступной вследствие ее перехода от горячего Солнца к холодной Земле.

Отмечается, что биологическая эволюция может быть осознана на основе второго начала термодинамики в его классической формулировке Р. Клаузиуса – Дж. У. Гиббса и закона временных иерархий, сформулированного автором. Даны ссылки на работы, в которых приведены обоснования сделанных заключений.

В предыдущей моей заметке было обращено внимание на существующие противоречия в понимании основ классической науки, в частности основ термодинамики, многими исследователями, занимающимися изучением эволюции биологических систем [1]. Имеющиеся противоречия, на мой взгляд, приводят к многочисленным недопустимым ошибкам и недоразумениям при объяснении явлений в живой природе. Особо бросаются в глаза ошибочные утверждения, относительно второго начала термодинамически.

В цитированной заметке [1] утверждалось, что большинство авторов новых представлений в указанной области, по-видимому, серьезно не воспринимают труды классиков – Р. Клаузиуса, Дж. У. Гиббса, М. Планка и других [2-13]. Некоторые из них, как представляется, пренебрегают энциклопедическими статьями и качественными учебниками [6-11,14-15]. Отмечалось также, что явная ошибочность ряда теорий, связана с некорректными представлениями о производстве энтропии и связи энтропии с такими понятиями как “организация”, “упорядоченность” и “сложность” [1, 3-5].

Некоторые новые учебники, прежде всего, на русском языке, посвященные концепциям современного естествознания, содержат множество некорректных утверждений и ошибок, касающихся науки о жизни. В связи с этим обстоятельством хотелось бы хотя бы кратко остановиться на отдельных истоках известных принципиальных недоразумений, которые остаются незамеченными авторами отмеченных учебников. Разумеется, в короткой статье не возможно разобрать даже часть из этих недоразумений. Однако замечу, что детальному анализу большинства упомянутых недоразумений посвящен ряд работ [3-6], в которых можно найти ссылки на другие подобные исследования. Некоторые из этих работ принадлежит классикам естествознания.

Конечно, у читателя может возникнуть вопрос: почему отмеченные работы классиков и других исследователей не были осознаны отдельными современными авторами? Забегая вперед, замечу, что причиной этому, по-видимому, являлась неоправданная реклама необдуманных высказываний (высказываний без необходимых оговорок) отдельных знаменитых ученых, которые не предвидели силу своего огромного авторитета, который явился следствием их выдающихся трудов в других разделах науки. Упомянутые высказывания воспринимались многими, не достаточно профессионально подготовленными исследователями, как истина в последней инстанции. Далее, эта “истина” тиражировалась многочисленными неосведомленными философами и энтузиастами - любителями науки.

По-видимому, одной из основных причин укоренившегося некорректного физического представления о жизни, как явления, явилось соображение знаменитого Л.Больцмана (L.Boltzmann) – одного из создателей статистической физики и физической кинетики. С именем Больцмана, наравне с его выдающимися трудами, стали также связывать его высказывание о том, что борьба за существование в живой природе является борьбой за отрицательную энтропию, которая становится доступной вследствие ее перехода от горячего Солнца к холодной Земле. Напомним читателю, что Л. Больцман, статистически обосновывая второе начало, фактически, ввел представление о “статистической энтропии”. Однако, впервые представление об энтропии – классической энтропии, как о

функции состояния (функции, имеющей полный дифференциал), ранее ввел Рудольф Клаузиус (см. Приложение 1).

Процесс передачи энтропии по Л. Больцману (отрицательной энтропии) от одной системы другой означает, что в данном случае речь идет о “перераспределении” этой функции состояния между Солнцем и Землей. Такая постановка вопроса, при соответствующих оговорках, может считаться правомерной. Однако это вовсе не означает, что живая материя должна обязательно бороться за энтропию (неважно, отрицательную или положительную), поскольку живые существа сами по себе (биологическая материя, в целом), в соответствии со вторым началом, не могут рассматриваться как термодинамические системы, эволюция и поведение которых однозначно зависит от притока (оттока) энтропии [1]. К тому же, с успехом, по-видимому, можно было бы говорить и о борьбе за другие функции состояния, такие как внутренняя энергия, функция Гиббса (свободная энергия Гиббса) и т.д. Я полагаю, что некоторые подобные вопросы достаточно ясно обсуждены в ряде работ [1-5].

Как утверждается в некоторых современных учебниках, указанная (на мой взгляд, неудачная) идея Л. Больцмана была развита известными учеными - К. Тимирязевым, Э. Бауэром, Л. Бриллюэном, И. Пригожиным и многими другими. К сожалению, как я полагаю, в трудах ряда этих ученых содержатся явно необоснованные высказывания и выводы, которые противоречат общим законам природы (в крайнем случае, говоря более мягко, не согласуются с этими законами). Однако, преувеличенного авторитета упомянутых ученых (некоторые идеи которых, безусловно, были интересными и стимулирующими) оказалось вполне достаточно, чтобы их необоснованные взгляды относительно проблем эволюционной биологической термодинамики (как и термодинамики в целом) широко распространились среди многих исследователей и сочувствующих науке. Эти исследователи и сочувствующие, зачастую, – энтузиасты и фантазеры, восприняли указанные взгляды на веру. Здесь уместно отметить, что отдельные труды Л. Больцмана содержали также другие некорректности, которые, как утверждал А. Пуанкаре, не позволяли ему (Пуанкаре) рекомендовать указанные труды для чтения [16]. Разумеется, я не собираюсь принижать заслуги Л. Больцмана в целом. В этой заметке речь идет только о заблуждениях этого великого ученого в области эволюции живой материи.

Хотелось бы также обратить внимание читателя на то, что обсуждаемые заблуждения Л. Больцмана, как я полагаю, вряд ли могли всерьез восприниматься и поддерживаться творцами термодинамики. К таким творцам, несомненно, принадлежат Дж. У. Гиббс, М.Планк, В. Нернст, А. Л. Ле Шателье, П. Эренфест и другие. Дело, как мне кажется, в

том, что названные знаменитые ученые, разумеется, хорошо осознавали “мощь и безукоризненность” аппарата полных дифференциалов – “языка термодинамики”. Пренебрегать выводами классической термодинамики, которая опирается на представления о полных дифференциалах, просто не мыслимо!

Уже отмечалось, что не возможно в короткой заметке рассмотреть все известные мне недоразумения, касающиеся вопросов термодинамики биологической эволюции и термодинамики в целом. Большинство из этих недоразумений легко может выявить любой исследователь, изучив фундаментальные учебники физики, и что очень важно, - физической химии и физико-химической биологии. Полагаю, что здесь не уместно переписывать четкие формулировки и хорошо известные формулы, приводимые в хороших вузовских курсах [6-11]. Я не опасюсь возможной критики со стороны некоторых коллег, которые стали бы утверждать, что в данной заметке мало математических обоснований и практически нет “сложных” формул, которые так любят исследователи, склонные к необоснованным предположениям и фантазии. В данном случае, соответствующие формулы и их обоснование, как я уже отметил, в большом количестве можно найти в классических учебниках и задачниках. Хотел бы только заметить, что лично я придерживаюсь общих мировоззренческих представлений Г.Галилея, Дж. К. Максвелла, Дж. У. Гиббса, Ч. Дарвина, А. Пуанкаре и других классиков о единстве общих законов природы. Второго начала термодинамики в его классической формулировке Р. Клаузиуса - Дж. У. Гиббса, а также закона временных иерархий (сформулированного автором) вполне достаточно, чтобы понять явление жизни с позиции физики, химии и биологии [13, 17-19] (см. Приложение 2).

Публикуя данную заметку, я вовсе не хотел бы обидеть коллег, которые оказались слишком доверчивыми, поверив работам, в которых содержатся явно ошибочные утверждения, противоречившие известным общим законам природы. Мне хотелось только обратить внимание студентов и начинающих исследователей на недопустимость пренебрежения трудами классиков. Здесь я называю классиками великих ученых, труды которых получили признание других, действительно крупных высокопрофессиональных ученых (имеющих “ненадуманые” заслуги перед наукой). Классики “выявляются” временем! Исследователи, которые только красиво говорят и много пишут о том, что они делали (а не о том, что они сделали) не могут считаться классиками, даже если они, благодаря рекламе, получили признание любителей науки и общественности. Ведь любители науки и общественность, сами по себе, не могут, на самом деле, оценить те или иные достижения профессиональной науки.

Полагаю, что не следует способствовать тому, чтобы молодое поколение исследователей (по крайней мере, в нашей стране) было бы “загублено” непрекращающимся потоком “непрофессиональной учебной литературы” (которая зачастую рекомендуется Министерством образования Российской Федерации в качестве учебных пособий для студентов высших учебных заведений). Такая литература может создать у учащихся и начинающих исследователей (да и вообще, у широкой аудитории читателей) впечатление о науке как о некоем хаосе – наборе взаимонеприемлемых утверждений и, в принципе, экспериментально непроверяемых “законов”. На самом деле наука - это стройное творение, хотя она далеко не всемогуща.

Строя новое здание науки, любой не гарантирован от ошибок, недоразумений и неточностей. Однако нужно иметь смелость, признавать свои оплошности и стремиться оставлять последующим поколениям более совершенные концепции и теории.

Приложение 1

О ФУНКЦИЯХ СОСТОЯНИЯ

Внутренняя энергия, U , энтропия, S , функция Гиббса, G и другие известные функции являются функциями состояния. Например, если система переходит из состояния a в состояние b , для изменения ее внутренней энергии можно записать:

$$\int_a^b dU = U_b - U_a . \quad (1)$$

Поскольку результат интегрирования не зависит от пути перехода между состояниями a и b , дифференциал функции U называется полным дифференциалом.

Величины теплоты, q и работы, w зависят от пути перехода между состояниями a и b . Дифференциалы этих величин называются неполными дифференциалами. Обычно неполные дифференциалы обозначаются специальными символами, например, символом δ или другими. Неполные дифференциалы теплоты и работы можно обозначить как δq и δw . Приняв эти обозначения, можно записать:

$$\int_a^b \delta w = w.$$

Видно, что в этом случае результат интегрирования не записывается в виде разности $w_b - w_a$. Это связано с тем, что количество произведенной работы зависит от пути перехода между состояниями a и b .

Однако, сумма двух неполных дифференциалов теплоты и работы является полным дифференциалом. Убедиться в этом легко, если представить полный дифференциал некой функции z в виде

$$dz = ydx + xdy$$

и рассмотреть схему перехода системы из состояния a в состояния b в прямоугольных координатах $y = f(x)$. Детальное обсуждение вопроса можно найти в учебной литературе [6-11].

Осознание представлений о полных дифференциалах позволяет (по крайней мере, в наше время) смотреть на термодинамику как на “безукоризненную машину”, которая при верных, заложенных в нее посылках, всегда выдает правильный результат.

Приложение 2

О ЗАКОНЕ ВРЕМЕННЫХ ИЕРАРХИЙ

Закон временных иерархий [13, 17-19] позволяет выделять в открытых биосистемах квазизакрытые термодинамические системы (подсистемы) и исследовать их развитие (онтогенез) и эволюцию (филогенез) путем изучения изменения величины удельной (на единицу объема или массы) функции Гиббса образования данной высшей иерархической структуры из структур низшего уровня. Так, установлено, что в процессе онтогенеза (а также филогенеза и эволюции в целом) удельная функция Гиббса образования супрамолекулярных структур тканей организмов, \bar{G}_i^{im} стремится к минимуму:

$$\bar{G}_i^{im} = \frac{1}{V} \int_0^V \frac{\partial \tilde{G}^{im}}{\partial m}(x, y, z) dx dy dz \rightarrow \min \quad (2)$$

где V – объем системы, m – масса выделяемых микрообъемов; x, y, z – координаты; символ « \rightarrow » означает, что величина \bar{G}_i^{im} является удельной (отнесенной к макрообъему); символ « \sim » подчеркивает гетерогенный характер системы. Заметим, что соотношение (2) предполагает учет межмолекулярных (супрамолекулярных) взаимодействий во всех иерархических структурах биотканей (внутриклеточные и внеклеточные взаимодействия). Это вполне оправдано, поскольку структурная иерархия не всегда совпадает с временной

иерархией. Например, некоторые типы клеток не делятся (как это утверждают в рамках современных представлений) и, подобно органам, стареют одновременно с организмом. Однако для любой супрамолекулярной иерархии $(j-1)$ существует какая-либо высшая $(j+x)$ иерархия, так что

$$t^{j-1} \ll t^{j+x},$$

где t^{j-1} и t^{j+x} - средние значения времени существования элементарных структур соответствующих структурных иерархий в живой системе, $x = 0, 1, 2, \dots$ и т.д.

Следует заметить, что внутренняя среда и многие фрагменты неделимых клеток все же обновляются вследствие наличия обмена веществ.

Использование соотношения (2), фактически, означает, что мы применяем закон временных иерархий в виде:

$$\dots \ll t^m \ll t^{im} \ll t^{organism} \ll t^{pop} \ll \dots \quad (3)$$

Здесь t^m (t^{ch}) - среднее время жизни (существования) молекул (химических соединений) в организме, участвующих в метаболизме; t^{im} (t^{supra}) - среднее время жизни любых межмолекулярных (супрамолекулярных) структур тканей организма, обновляющихся в процессе его роста и развития; $t^{organism}$ - среднее время жизни организма в популяции; t^{pop} - среднее время жизни популяции. В ряд сильных неравенств (3) я (по понятным причинам) осознанно не включил времена жизни клеток (*cell*) и некоторых других сложных супрамолекулярных структур. Однако, разумеется, этот ряд хорошо согласуется с реальностью и отражает существование временных иерархий в живых системах. Это строго обосновывает возможность выделения (вычленения) квазизакрытых систем (подсистем) в открытых биологических системах

Литература

1. *Гладышев Г.П.* Термодинамика эволюции живых систем, энтропия и свободная энергия Гиббса // Известия МАН ВШ. август 2003.

2. *Gibbs J.W.* The Collected Works of J. Willard Gibbs. Thermodynamics. New York: Longmans, Green and Co., 1928. V. 1. P. 55-349 (Рус. Пер. М.: Наука, 1982, 584 с.).

3. *Denbigh K.G.* Note on Entropy, Disorder and Disorganization // *Brit. J. Phil. Sci.* 1989. V. 40. P. 323. (Рус. пер. Денбиг К. // Знание-Сила. 1995. № 9. С. 43.)
4. *Denbigh K.G.* The Many Faces of Irreversibility // *Brit. J. Phil. Sci.* 1989. V. 40. P. 501.
5. *Denbigh K.G., Denbigh J.S.* Entropy in Relation to Incomplete Knowledge. Cambridge University Press, 1985.
6. *Alberty R.A.* Physical Chemistry. 7th Ed. New York. Etc.: Wiley, 1987. 934 p.
7. *Gerasimov Ya.*, Ed. Physical Chemistry , 1, 2 v. М.: Mir Publ., 1974. 1230 p.
8. *Базаров И.П.* Термодинамика. М.: Высшая школа, 1983. 344с.
9. *Denbigh K.G.* The Principle of Chemical Equilibrium. 3ed Ed. Cambridge Univ. Press, 1971. 491p.
10. *Kubo R.* Thermodynamics. Amsterdam: North-Holland Publ. Co., 1968. (Рус. пер. М.: Мир, 1970. 303с.).
11. *Sychev V.V.* 1986. Thermodynamics of Complex Systems. Energoatomizdat, Moscow. 208p. (English translation, М: Mir, 1985).
12. *Седов Л.И.* Научные теории, модели и реальность // Природа. 1984. № 11. С. 3-10 (*Седов Л. И.* Размышления о науке и об ученых. М: Наука, Академия наук СССР, Математический институт им. В. А. Стеклова, 1980, 440 с.).
13. *Гладышев Г.П.* Супрамолекулярная термодинамика – ключ к осознанию явления жизни. Что такое жизнь с точки зрения физико - химика. Издание второе, Москва - Ижевск: Институт компьютерных исследований. «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. 142 с. - *Gladyshev, G. P.* Supramolecular thermodynamics is a key to understanding phenomenon of life. What is Life from a Physical Chemist's Viewpoint; Second Ed.: In "Regular and Chaotic Dynamics"; Moscow-Izhevsk, 2003; 144 p.
14. *Кантор Ч., Шиммель П.* Биофизическая химия. В 3-х т. М.: Мир, 1984, 1985. Т. 1. 336 с.; Т. 2. 493 с.; Т. 3. 534 с.
15. *Грин Н., Стаут У, Тейлор Д.* Биология. В 3-х т. М.: Мир, 1993. - Т. 3. - С.221.
16. *Пуанкаре А.* О науке. М., 1983.
17. *Гладышев Г.П.* О принципе стабильности вещества и обратных термодинамических связях в иерархических системах биомира // Изв. РАН. Сер. биол. 2002. № 1. С. 5-9.
18. *Gladyshev G.P.* Thermodynamic self-organization as a mechanism of hierarchical structures formation of biological matter // *Progress in Reaction Kinetics and Mechanism (An International Review Journal. UK, USA).* 2003. V. 28. С. 157-188.

19.Гладышев Г.П. Геронтология и физико-химическая диетология // Усп. Геронтол. 2003 (в печати).

On the reasons of some principal delusions in the modern biophysics

G. P. Gladyshev

International Academy of Creative Endeavors, Moscow, Russia - San Diego, USA
N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences,
Kosygina 4, Moscow, 117977 Russia
E-mail: academy@endeav.org

Abstracts

This is a brief description of the causes of some errors and misunderstandings in the use of classical thermodynamics in the study of biological evolution. The assumption is that many errors in the application of thermodynamics to the phenomenon of life arise from an uncritical treatment of L. Boltzmann's thesis that the struggle for survival in living nature is the struggle for negative entropy, which becomes possible due to its transition from the hot Sun to the cold Earth.

Biological evolution can be comprehended on the basis of the second principle of thermodynamics, namely, its classical definition proposed by R. Clausius and J.W. Gibbs, and the law of temporal hierarchies formulated by the author. References to works that substantiate the conclusions made are provided.

Keywords:

Thermodynamics, life, second law, entropy, biophysics, macrothermodynamics