

# ИЕРАРХИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА — ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЖИВОГО

Г. П. Гладышев

Институт химической физики РАН им. Н. Н. Семенова, Международная академия творчества, Москва

## Hierarchical Thermodynamics — General Theory of Existence And a Living World Development

G. P. Gladyshev

N. N. Semenov Institute of chemical physics, Russian Academy of Sciences, International Academy of Creative endeavors, Moscow

Представлены результаты в области иерархической квазиравновесной термодинамики, применимой ко всем квази-закрытым системам реального мира. Иерархическая термодинамика является линейной кинетической термодинамикой систем, близких к состоянию равновесия, в которых наблюдаются изменения функций состояния во времени. Эта термодинамика создана на фундаменте точной термодинамической теории Дж. У. Гиббса. Она с известным приближением, применима к системам всех временных (часто также, структурных) иерархий реального мира. Особый интерес представляет применение иерархической термодинамики к возникновению и эволюции живых объектов, исследование которых (в общем случае) с использованием методов классической термодинамики, как полагали, было невозможно в связи с их открытым характером и, якобы, большим удалением от состояния равновесия. Можно полагать, что иерархической термодинамике суждено стать одной из общих теорий всех областей науки.

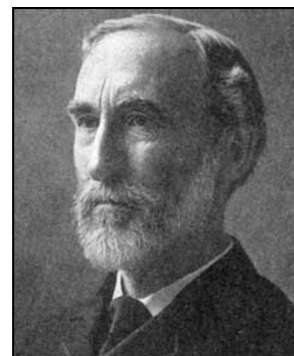
In this article are included some author's works and dedications in the field of quasi-equilibrium hierarchical thermodynamics of quasi-closed systems of our real world. The hierarchical thermodynamics is a general approximate theory which may be applied to any systems that are characterized by the functions of states. The hierarchical thermodynamics is a linear kinetic thermodynamics of near to equilibrium systems in which variations in the functions of state over time occur. The hierarchical thermodynamics was created on the 19th century foundation of the exact physicochemical theories of J.W.Gibbs. Hierarchical thermodynamics is a further development of Gibbsian theory and to within a known approximation is applied to systems of all temporal (structural) hierarchies of real world. Especial interest is the application of hierarchical thermodynamics to living systems which, as before believed, could not be investigated by Gibbsian methods. The reason of this was the statement that natural biological systems are opened and that these systems are, allegedly, far from an equilibrium state. However, recently, the law of temporal hierarchies was formulated. This law substantiates the possibility of identifying, or discerning, quasi-closed monohierarchical systems or subsystems within open polyhierarchical biological systems. It was also established, as a rule, that the processes of evolution in living natural systems are quasi-equilibrium processes. The author of this article substantiates the view that hierarchical thermodynamics is a necessary key theory for all branches of science.



*«В мире не происходит ничего, в чем не был бы виден смысл какого-нибудь максимума или минимума»*  
Леонард Эйлер



*«... истинная, единственная цель науки — раскрытие не механизма, а единства»*  
Анри Пуанкаре



*«Одна из основных целей теоретического исследования в любой области знания состоит в том, чтобы найти ту точку зрения, с позиции которой изучаемый объект проявляется в своей величайшей простоте»*  
Джозайя Уиллард Гиббс

## Термодинамика и иерархии реального мира

Обычно термодинамику определяют как науку, которая изучает наиболее общие тепловые свойства макроскопических тел. Однако современную термодинамику сложных систем можно рассматривать как науку, исследующую преобразование материи и энергии в макросистемах [1—7].

Термодинамика изучает общие закономерности систем, содержащих большое число частиц независимо от особенностей рассматриваемых объектов и механизмов протекающих в них процессов.

Положения термодинамики должны быть применимы к любым системам всех уровней организации материи. Классическая (равновесная) термодинамика имеет дело со свойствами систем, находящихся в состоянии равновесия. Она не описывает протекание процессов во времени.

Термодинамика — феноменологическая наука. Это обстоятельство иногда подчеркивают, чтобы не путать эту науку, например, со статистической термодинамикой, которая является разделом статистической физики, связанным с обоснованием принципов термодинамики на основе законов движения и взаимодействия составляющих систему частиц.

Известна также неравновесная термодинамика или термодинамика неравновесных процессов. В этой сфере науки часто рассматривают два типа систем:

1. Системы близкие к состоянию равновесия или линейные системы;
2. Системы далекие от состояния равновесия или нелинейные системы.

Важно иметь в виду, что линейные системы могут рассматриваться как квазитермодинамические, или квазитермостатические системы.

Пренебрежение строгой терминологией в области «неравновесной термодинамики» иногда создает трудности в осознании явлений, при использовании термодинамических (точнее, — квазитермодинамических) или чисто кинетических подходов.

Автор настоящего краткого обзора полагает, что опыт, накопленный точными науками, позволяет считать, что при изучении природных объектов целесообразно применять методы термодинамики (точнее, квазитермодинамики, т. е. приближенной термодинамики) не только к молекулярным системам, но и к системам любых (индивидуальных) иерархий [7—10]. Это возможно при допущении, что функции состояния этих систем с приемлемым приближением имеют реальный физический смысл, то есть могут быть охарактеризованы как функции, имеющие полные дифференциалы. Отсюда уместно считать, что иногда при исследовании реальных моноиерархических (однотипных) систем, близких к состоянию равновесия, разумно вводить фактор времени и говорить о кинетической термодинамике. Такая тер-

динамика, разумеется, является линейной. Подходы и методы такой термодинамики (в общем случае, — термодинамики гетерогенных систем) согласуются с известной линейной термодинамикой Л. Онсагера, которая на феноменологическом уровне занимается описанием поведения молекулярных систем, близких к состоянию равновесия. Термодинамика неравновесных процессов Л. Онсагера устанавливает связь между кинетическими коэффициентами, определяющими интенсивность перекрестных процессов переноса теплоты, массы, количества движения, химических реакций и др.



Ларс Онсагер

Из сказанного следует, что если считать, что изучаемые однотипные (моноиерархические системы), содержащие достаточно большое количество частиц, с разумным приближением могут быть охарактеризованы с помощью функций состояния, то целесообразно говорить о термодинамическом подходе к исследованию этих систем. Такими системами могут являться не только молекулярные ансамбли, но и ансамбли твердых или жидких частиц, клеток, живых организмов и других объектов. При этом указанные ансамбли могут быть образованы не только из непосредственно взаимодействующих однотипных частиц, но и из однотипных частиц, находящихся в обособленных объемах гетерогенных систем. Примером последнего типа ансамбля является совокупность клеточных однотипных органоидов, распределенных в клетках тканей организма. В этом случае можно говорить о единой иерархии клеточных супрамолекулярных структур — органоидов, свойства которых можно усреднять по макрообъемам тканей организмов, популяций и т. д. Подобным примером в мире неживой материи является суспензия, содержащая в суспензионных частицах микроэмульсионные частицы. В этом случае можно говорить о едином ансамбле (совокупности) всех микроэмульсионных частиц, находящихся во всех суспензионных частицах исследуемой системы.

В последние десятилетия автором был выявлен и сформулирован закон временных иерархий [11—19], который позволяет выделять из природных открытых

полиерархических живых систем квазизакрытые квазиравновесные (линейные) моноерархические системы. Указанный общий закон природы дает возможность, с известным приближением, независимо изучать поведение выделенных систем на каждом временном (а также часто, на структурном) иерархическом уровне [10—19]. Другими словами, становится возможным исследовать поведение (эволюцию) этих систем, практически, не принимая во внимание превращения, происходящие на других иерархических уровнях. Применяя закон временных иерархий, автор в 1977—1978 годах заложил основы иерархической термодинамики [11]. В соответствии с этим законом живая природа как бы сама опирается на однонаправленные перекрывающиеся последовательности «временных триад» Н. Боголюбова, что строго обосновывает возможность независимого изучения каждой, отдельно выделенной, иерархии.



Николай Боголюбов

Предлагаемый мной подход к изучению биологической эволюции (филогенеза) и онтогенеза с позиции упомянутого закона согласуется с опытом физики, которая в определенном смысле «опирается на сильное разделение времен». Иерархическая термодинамика позволила объяснить причины вариации химического состава живых объектов в процессе онтогенеза и филогенеза (биологической эволюции) и сделать многочисленные предсказания. Это явилось неопровержимым доказательством разрабатываемой мной теории [11—19].

Таким образом, иерархической равновесной (точнее, квазиравновесной) термодинамикой я стал называть термодинамику (точнее, — линейную кинетическую термодинамику) реальных иерархических систем или их подсистем, когда допустимо говорить о реальном смысле функций состояния, характеризующих эти системы или их подсистемы на каждом выделенном временном (а также часто, на структурном) иерархическом уровне.

Говоря более лаконично, можно определить иерархическую термодинамику как приближенную, но все же, достаточно строгую, кинетическую линейную

термодинамическую теорию квазиравновесных квазизакрытых систем.

Относительно независимое существование (проявление) в живом мире химических (молекулярных), супрамолекулярных (межмолекулярных), организменных, популяционных, экологических и других структур позволяет независимо исследовать эволюцию и поведение этих структур, а также их совокупностей, с позиций иерархической термодинамики. Удастся также выявлять обратные термодинамические связи между смежными иерархическими структурами. Эти связи проявляются через (сформулированный мной) термодинамический принцип стабильности вещества [7, 16—17].

Методы иерархической термодинамики, как я уже, фактически, заметил, могут быть применены к неживым объектам. Однако в этом случае затруднительно говорить о полииерархическом обмене вещества (обмене на многих иерархических уровнях), характерном для живой материи. Хотя в ряде лабораторных и геологических системах имеет место обмен вещества, который является упрощенной моделью функционирования живой материи. В ряде работ автора, как раз, указано на аналогию функционирования реакционных равновесных хроматографических колонок, геологических систем и живых объектов.

С рассматриваемых позиций можно ответить на общий вопрос: почему термодинамика может быть применима ко всем иерархиям во Вселенной?

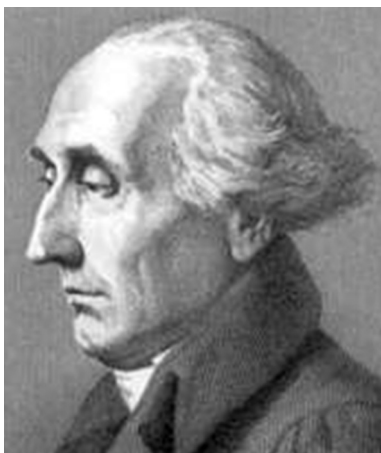
Ответ на этот вопрос связан с существованием общих законов природы (включая закон временных иерархий) и возможностью применения к выделяемым системам «математического чуда» — аппарата полных дифференциалов.

На каком фундаменте появилась иерархическая термодинамика (квазиртермодинамика) живых систем?

Конечно же, фундаментом этой общей теории явились работы классиков, — «работы, произрастающие из веков». Однако, краеугольными камнями этого фундамента, прежде всего, являются вариационные принципы, представления о полных дифференциалах и общие законы природы. Опираясь на этот фундамент, в закладке которого выдающуюся роль сыграли работы Ж. Лагранжа, Л. Эйлера, С. Карно, Р. Клаузиуса и других творцов, Дж. У. Гиббс построил самую точную физическую теорию.

Эта теория как раз и легла в основу моей квазиравновесной термодинамики квазизакрытых живых систем. Перенесение принципов термодинамики (термостатики) Дж. У. Гиббса на все реальные временные иерархии материи становится возможным благодаря, существующему в природе, разделению времен (существованию несоизмеримых шкал времени).

Следует заметить, что я упомянул только некоторые имена классиков, которые закладывали фундамент, создаваемой мной, иерархической термодинамики живых систем. Имена других творцов



Жозеф Луи Лагранж



Сади Карно



Рудольф Клаузиус

можно найти в современных энциклопедиях (например, в: Wikipedia — The Free Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Thermodynamicists>) и учебниках. Перечислять все эти имена довольно ответственно, — это должны делать естествоиспытатели — историки науки.

В то же самое время, я, естественно, выделяю имя великого Дж. У. Гиббса, теория которого сыграла ключевую роль при построении моей иерархической термодинамики. Закон временных иерархий обосновано позволил распространить модель физико-химической термодинамики Дж. У. Гиббса на иерархии живой материи. Так, я стал говорить о супрамолекулярной, популяционной, социологической, экологической термодинамике, исторической и психологической термодинамике и т. д.

В последнее время с позиции иерархической термодинамики удалось пересмотреть давно опубликованные результаты многочисленных работ в области наук о жизни. Я имею в виду работы, в которых их авторы, без достаточных обоснований, пытались с позиции термодинамики объяснять результаты исследований, касающихся живых объектов. Ранее эти результаты, часто также без серьезной аргументации, не признавались сторонниками «термодинамики» открытых систем, далеких от состояния равновесия. Считали, что только системы такого типа (т. е., идеализированные открытые системы) доминируют в реальном мире живого. Существовало своего рода табу на применение равновесной (квазиравновесной) термодинамики к эволюционирующим живым объектам. Другими словами, полагали, что в принципе невозможно, применять принцип Ле Шателье — Брауна и методы классической термодинамики (или квазитермостатики) к живым объектам в связи с их открытым характером и, якобы, большим удалением от состояния равновесия. При этом часто молчаливо предполагалось, что речь идет только о химическом равновесии. Однако, в этом случае, обычно, даже не уточнялось, о каком равновесии идет речь, — либо о химическом равновесии внутри ор-

ганизма, либо о химическом равновесии организма с окружающей средой и т. п. К тому же некоторые авторы не принимали во внимание, что жизнь связана не только с химическими превращениями, но с супрамолекулярными взаимодействиями, взаимодействиями между организмами, популяциями, экосистемами, а также взаимодействиями на других иерархических уровнях.

Сейчас многие исследователи стали осознавать, что «термодинамика» диссипативных систем, далеких от состояния равновесия является кинетикой, а вовсе не термодинамикой, поскольку она оперирует кинетическими функциями, не имеющими полного дифференциала. Более того, оказалось, что многие процессы в иерархических структурах живой материи можно рассматривать как квазиравновесные.

В последние годы Либб Тимс создал термодинамику людей (Human Thermodynamics).

Важно отметить, что термодинамика Л. Тимса изучает взаимодействия между двумя или более макро-частицами (человеческими организмами — Human molecules). Эти взаимодействия, в соответствии с требованиями термодинамики, определяются большим количеством микро-частиц (супрамолекулярных и молекулярных структур), содержащихся в указанных макро-частицах — организмах. Кстати, я думаю, что подобным образом, с позиции термодинамики, можно рассматривать, например, гравитационные и электромагнитные взаимодействия макротел, поскольку эти взаимодействия, в конечном счете, определяются большими совокупностями микро-частиц, находящихся в объемах и на поверхностях тел.

Как я полагаю, основы иерархической термодинамики в целом, уже созданы (как бы очерчены). Все же представляется полезным в будущем издать книгу (сборник отдельных работ) в этой области, а не обобщать полученные результаты в виде очередной монографии. В представленных последних публикациях используется еще достаточно не устоявшаяся терминология. К тому же, недавно в США вышла в свет монография Либ-



Лиуб Тимс

ба Тимса, в которой рассмотрены основные достижения в обсуждаемой мной области.

Представляемые материалы, несомненно, могут быть использованы при написании монографий и учебников в будущем.

#### Литература

1. *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.)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/J.\\_W.\\_Gibbs](http://en.wikipedia.org/wiki/J._W._Gibbs)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Thermodynamic\\_equations](http://en.wikipedia.org/wiki/Thermodynamic_equations)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Thermodynamicists>
2. *Thims Libb.* Human Chemistry; iUniverse, Chicago, US, 2006.  
<http://www.humanthermodynamics.com/HT-books.html>
3. *Alberty R. A.* Physical Chemistry. 7th Ed. New York. Etc.: Wiley. 1987. 934 p.
4. *Silbey R. J., Alberty R. A.* Physical Chemistry, 3rd ed.; John Wiley & Sons: New York, 2001.
5. *Denbigh K. G.* The Principle of Chemical Equilibrium, 3ed Ed. Cambridge Univ. Press. 1971, p. 491.
6. *Sychev V. V.* Thermodynamics of Complex Systems. M.: Energoatomizdat. 1986. p. 208.
7. *Gladyshev G. P.* Supramolecular thermodynamics is a key to understanding phenomenon of life. What is Life from a Physical Chemist's Viewpoint; Second Ed.: «Regular and Chaotic Dynamics». Moscow — Izhevsk. 2003. (In Russian). [http://en.wikipedia.org/wiki/Georgi\\_Pavlovich\\_Gladyshev](http://en.wikipedia.org/wiki/Georgi_Pavlovich_Gladyshev)
8. *Gladyshev G. P.* Macrothermodynamics of Biological Evolution: Aging of Living Beings // International Journal of Modern Physics B (World Scientific Publishing Company). Vol. 18. No. 6. 2004. P. 801—825.
9. *Gladyshev G. P.* The Hierarchical Equilibrium Thermodynamics of Living Systems in Action // SEED Journal. 2002. № 3. P. 42—59. (Toborsky E., co-editor SEED. Editorial, № 3. P. 1-2). <http://www.library.utoronto.ca/see/pages>
10. *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. Vol. 28. P. 157—188.

Замечу, что данная заметка, на мой взгляд, поможет читателю избежать неоднозначного понимания смысла разнообразных терминов, используемых в ранних публикациях автора.

Полагаю, что в ближайшее время появятся новые исследования, подтверждающие мнение о том, что иерархическая термодинамика «действует» на всех уровнях организации материи, во всех уголках нашей Вселенной. Надеюсь, что иерархической термодинамике живых, а также неживых систем, в той или иной форме, суждено стать одной из ключевых теорий во всех областях знаний.

С краткой историей развития термодинамики можно ознакомиться на web-страницах Institute of Human Thermodynamics (USA).

**Автор благодарен академикам  
К. В. Судакову, Ю. Б. Монакову, В. П. Казакову  
за советы и поддержку.**

11. *Gladyshev G. P.* (1978). «On the thermodynamics of biological evolution.» Journal of Theoretical Biology 75; 4: 425—441.
12. *Гладышев Г. П.* Макротермодинамика биологической эволюции и старения живых существ. Физико-химическая диетология. Известия МАН ВШ. 4 (26). 2003. 19—46.
13. *Гладышев Г. П.* Об одной причине некоторых принципиальных заблуждений в современной биофизике. Известия МАН ВШ. 3 (29); 2004: 171—178.
14. *Гладышев Г. П.* Жизнь — неотъемлемая составляющая эволюции материи // Успехи Геронтологии, Май. 2005, Вып. 16. С. 21—29.
15. *Gladyshev G. P.* The second law of thermodynamics and evolution of living systems // Journal of Human Thermodynamics. 2005. 1; 7: 68—81.  
<http://www.humanthermodynamics.com/JHT/Second-Law-Systems-Evolution.html>
16. *Gladyshev G. P.* (2006). «The Principle of Substance Stability is Applicable to all Levels of Organization of Living Matter» [PDF]. Int. J. Mol. Sci., 7, 98—110 — International Journal of Molecular Sciences (IJMS) (ISSN: 1422-0067 Online; ISSN: 1424-6783 CD-ROM; CODEN: IJMCFK).
17. *Gladyshev G. P.* Leonhard Euler's methods and ideas live in the thermodynamic hierarchical theory of biological evolution. International Journal of Applied Mathematics and Statistics, No. 1, 2007.  
[http://www.geocities.com/ceser\\_info/ijams.html](http://www.geocities.com/ceser_info/ijams.html)
18. *Thims Libb.* Institute of Human Thermodynamics.  
<http://www.humanthermodynamics.com/index.html>  
<http://www.humanthermodynamics.com/HT-history.html>
19. <http://www.humanthermodynamics.com/index.html>  
<http://www.humanthermodynamics.com/JHT/Second-Law-Systems-Evolution.html>, а также на <http://www.endeav.org/evol/age/evol.htm>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Georgi\\_Pavlovich\\_Gladyshev](http://en.wikipedia.org/wiki/Georgi_Pavlovich_Gladyshev)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Thermodynamicists>