

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

Г.П.Гладышев

*зав. лабораторией Института химической физики РАН им. Н.Н.Семенова,
доктор химических наук, профессор физической химии, почетный академик МАН ВШ*

*“... истинная, единственная цель науки –
раскрытие не механизма, а единства”*

Анри Пуанкаре

Второе начало термодинамики и эволюция живых систем

Один из общих законов природы – второе начало термодинамики было сформулировано классиками науки, фактически, в первой половине XIX века. Хорошо известны формулировки этого закона, которые связаны с именами Н.Л.С.Карно (N.L.S.Carnot, 1824), Р.Клаузиуса (R.Clausius, 1850) и У.Томсона (Кельвина) (W.Thomson, Kelvin, 1851). Хотя эти формулировки представляются в различном виде, часто с использованием разных словосочетаний, их (эти формулировки) можно считать эквивалентными. Несмотря на многочисленные попытки изменить или улучшить эти формулировки, с точки зрения их физического смысла, это до сих пор никому не удалось. Смысловое содержание (сущность) указанных формулировок на сегодняшний день никем не опровергнуто [1-23]. Однако были выявлены дополнительные важные положения, расширяющие возможность использования Второго начала в различных сферах знания, особенно в области химии, и, как оказалось позже, биологии. Появлению такой возможности мы, прежде всего, обязаны работам Дж.У.Гиббса (J.W.Gibbs, 1873-1878). В наше время методы термодинамики Гиббса [2] с известным приближением распространяются на все иерархии, открытых в целом, природных систем [17]. Расширение теории Гиббса, применительно к живым системам, связано с открытием закона временных (temporal) иерархий, который можно считать еще одним общим законом природы [17, 22-28]. Указанный закон [17] позволяет, с

достаточно хорошим приближением, применять термодинамику (точнее, иерархическую термодинамику квазизакрытых систем) ко всем иерархиям реального мира, прежде всего, - к живым объектам и биологическим системам. Я полагаю, что выявление этого закона подтверждает всеобщность методов классической термодинамики, а имя Дж.У.Гиббса становится еще более ярким символом будущего науки, позволяющей подтверждать действенность общих законов природы, применительно к эволюции любых материальных систем на всех уровнях организации нашего мира. Ознакомиться с достижениями в области классической термодинамики (а также приближенной термодинамики - квазиравновесной термодинамики квазизакрытых систем) можно по ряду учебных пособий и монографий. Их, разумеется, достаточно много. Лично я рекомендовал бы отдельные работы, знание которых, на мой взгляд, крайне желательно начинающему исследователю [1-17].

Второе начало в формулировке Р.Клаузиуса, известное как принцип Клаузиуса, утверждает, следующее: процесс, при котором не происходит никаких изменений, кроме передачи тепла от горячего тела к холодному, необратим, т.е. теплота не может переходить самопроизвольно от более холодного тела к более горячему [7-10].

Р.Клаузиус ввел представление об энтропии, S – функции состояния системы (функции, имеющей полный дифференциал). Согласно неравенству Клаузиуса

$$dS \geq \delta Q / T, \quad (1)$$

где знак равенства относится к обратимым процессам, а знак неравенства (знак “больше”) – к необратимым.

Уравнение (1) удобно применять к простым изолированным системам, которые не обмениваются с окружающей средой ни веществом, ни работой, и внутренняя энергия, U и объем, V которых постоянны. В таких

системах не совершается никакая работа, кроме работы расширения. Для этого случая второй закон представляют в виде:

$$dS_{u,v} \geq 0 .$$

Таким образом, при необратимых процессах энтропия **системы** возрастает, а в состоянии термодинамического равновесия она достигает максимума.

По Томсону (принцип Томсона) второе начало утверждает, что процесс, при котором работа преобразуется в тепло без каких-либо **иных** изменений состояния системы, необратим. Это означает, что невозможно полностью превратить в работу все тепло, взятое от тела, не производя никаких других изменений состояния системы. Данная формулировка эквивалентна утверждению о невозможности создания вечного двигателя 2-го рода [7-10].

Теорема Карно также эквивалентна невозможности существования вечного двигателя 2-го рода. Эта теорема утверждает, что КПД любой тепловой машины не может превосходить КПД цикла Карно $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$, который (КПД) определяется только температурой нагревателя T_1 и температурой холодильника T_2 . Теорема Карно позволяет построить абсолютную шкалу температур.

Иногда второе начало формулируют в виде известного принципа Каратеодори (С. Caratheodory, 1909).

В кинетической теории газов второе начало обосновывают *H*-теоремой Больцмана. Здесь символ *H* соответствует *H*-функции (точнее – функционалу) Больцмана, определяемой через средний логарифм функции распределения частиц. *H*-функция Больцмана пропорциональна энтропии **идеального** газа.

В статистической физике выявляется физический смысл энтропии. Л. Больцман показал, что энтропия связана с логарифмом термодинамической вероятности *W*, а именно:

$$S = k \ln W,$$

где k – константа Больцмана.

Необходимо особо заметить, что обоснование статистической природы второго начала, представленное Л.Больцманом, как и статистическое обоснование феноменологической термодинамики, данное Дж.У.Гиббсом, связано с рассмотрением идеальных моделей, например, модели идеального газа. Для более сложных систем [3-4, 8], в которых наблюдаются заметные (особенно, сильные) взаимодействия между частицами (молекулами), проводить вычисления чрезвычайно затруднительно. В связи с этим становится очевидным, что подобные модели вряд ли могут быть эффективными при изучении подавляющего большинства природных систем (например, биологических), т.е. систем, которые далеко не соответствуют идеальным или простейшим моделям.

В термодинамике неравновесных процессов рассматривается скорость возрастания или (что - то же самое) скорость производства энтропии. Поэтому иногда утверждают, что неравновесная термодинамика дает “количественную характеристику второго начала” [7]. Однако такое соображение для указанного случая разумно только при исследовании превращений в простых изолированных систем, процессы в которых близки к состоянию равновесия. Только в системе, близкой к состоянию равновесия, с приемлемым допущением, можно считать, что дифференциал этой функции состояния (энтропии) является полным. Недоучет высказанных положений привел к тому, что многие работы в области неравновесной термодинамики, особенно термодинамики систем, далеких от состояния равновесия, остаются сомнительной “будущей надеждой”. Иногда эти работы даже можно считать “математически украшенной” фантазией, которые не востребованы реальной жизнью [22-24].

Формулировки второго начала исторически были тесно связаны с изучением тепловых машин. Этот подход развивался и развивается

физиками, прежде всего, теплофизиками и теплотехниками. Другая тенденция использования второго начала обусловлена желанием отдельных математиков и физиков, конструирующих идеальные и простейшие модели, на статистической основе объяснить многие явления природы. Однако невозможность учета всех взаимодействий в реальных системах, оставляет мало надежд на существенные успехи, - успехи, связанные с проведением количественных вычислений. Отсюда представляется, что только феноменологическая термодинамика систем близких к состоянию равновесия (равновесная или квазиравновесная термодинамика), позволяет проникать в суть многих природных явлений и делать надежные количественные предсказания.

Представленные в начале настоящей статьи формулировки второго начала, находятся как бы несколько в стороне от **химии** молекулярных и супрамолекулярных систем. Еще более они (формулировки), как может показаться, далеки от биологии, социологии и других дисциплин, в основе которых, прежде всего, лежит химия (собственно сама молекулярная химия, а также химия супрамолекулярных структур), которую мы воспринимаем, как “химию вокруг нас”. Поэтому неслучайно, что чисто физический подход (а не физико-химический подход) к проблемам зарождения жизни, биологической эволюции и старения живых существ привел ко многим недоразумениям и, я бы даже сказал, - к трагическим ошибкам, в области науки о жизни. Здесь достаточно упомянуть заблуждения Л.Больцмана, Э.Шрёдингера, И.Пригожина [29-31] и других исследователей, которые, в той или иной степени, пренебрегая работами Дж.У.Гиббса, недооценили возможности термодинамики. В ряде публикаций, я вслед за создателями классической термодинамики [1-2, 10-13], обращал внимание на существование серьезных недоразумений в рассматриваемой области [11, 20, 22-23]. Для того, чтобы аргументировать высказанные соображения, сделаю отступление и приведу отдельные высказывания знаменитых Л.Больцмана и

Э.Шрёдингера [31], которые определенно говорили о борьбе живых существ за отрицательную энтропию (так называемую, негэнтропию - *negative entropy*). Далее приведу отдельные утверждения И.Пригожина [29], появившиеся даже на обложках изданных им книг. Соответствующие ссылки имеются в Интернете [31 - 32].

Сразу же отмечу, что приводимые ниже высказывания, разумеется, не имеют отношения ко второму началу, в его классической формулировке [2, 9-10]. В наше время представляемые высказывания вызывают некоторое удивление, особенно в связи с тем, что они (высказывания) были сделаны по прошествии ряда лет после появления работ Дж.У.Гиббса.

Так, Л.Больцман (L.Boltzmann, 1886) писал:

"The general struggle for existence of animate beings is therefore not a struggle for raw materials - these, for organisms, are air, water and soil, all abundantly available - nor for energy which exists in plenty in any body in the form of heat (albeit unfortunately not transformable), but a struggle for entropy, which becomes available through the transition of energy from the hot sun to the cold earth".

В дальнейшем Э.Шрёдингер (E.Schrödinger,1944) говорил о том, что *"the only way a living system stays alive, away from maximum entropy or death is to be continually drawing from its environment negative entropy. Thus the device by which an organism maintains itself stationary at a fairly high level of orderliness (= fairly low level of entropy) really consists in continually sucking orderliness from its environment. ...plants of course have their most powerful supply in negative entropy in sunlight ..."*.

Несколько позже И.Пригожин (опираясь на соображения Л. Больцмана, Э. Шрёдингера и их последователей в области науки о живом) также полагал, что явление жизни трудно согласовать со Вторым началом. Он утверждал, что *"During the last decades, an opinion has widely spread that there is the apparent contradiction between biological order and laws of physics - particularly the second law of thermodynamics"* (1980). При этом названный автор подчеркивал, что *"this contradiction «cannot be removed as long as one tries to understand living systems by the methods of equilibrium thermodynamics"*.

Чтобы разрешить отмеченные "противоречия", И.Пригожин [29] как раз и предложил свою теорию диссипативных структур - структур, возникающих в условиях **далеких от состояния равновесия**. Как впоследствии оказалось, эта теория не способствовала

разрешению отмеченных “противоречий”. Она только еще больше запутала и без того сложную ситуацию. Представления названного автора, как стало позже очевидным, не согласуются со вторым началом [20, 22-24]. Это последнее утверждение справедливо по многим соображениям. Здесь вполне достаточно отметить, что энтропия И.Пригожина (S' или S_i), в общем случае, не имеет полного дифференциала. Поэтому его теорию нельзя считать термодинамической. Это - кинетическая теория, которая опирается на некую “энтропию” (энтропию Пригожина, S'), которую нельзя ни вычислить, ни измерить.

И.Пригожин считал работу Дж.У. Гиббса в основном теоретической и утверждал, что “метод Гиббса не применим к исследованию физико-химических превращений, подобных химическим реакциям, поскольку используемые в нем (в методе) величины являются функциями состояния, относящимся к системе в целом, или ее конкретному компоненту”. Свои соображения этот исследователь активно распространял через научную и учебную литературу [30]. Все это привело к тому, что многие стали говорить о втором начале термодинамики в формулировке Пригожина. Эта формулировка, в действительности, относится к умозрительной частной модели и может быть принята только при выполнении ряда недоказуемых допущений. К сожалению, такая концепция, в определенной степени, противоречащая смыслу самой науки [5, 6], получила поддержку со стороны многих исследователей. Эти коллеги, благодаря эффективной рекламе, доверились тяжело осознаваемым (с точки зрения физики) формулам и сомнительной аргументации. В конечном итоге, сторонники теории Пригожина, как я полагаю, оказались, в некотором смысле, обманутыми. Однако, не смотря на тупиковый характер теории Пригожина, она до сих пор имеет своих сочувствующих. Тем не менее, не существует каких-либо экспериментов и наблюдений, которые в цифрах, хотя бы качественно, подтверждали бы обсуждаемую теорию [20, 22]. Более того, многие физико-химические процессы образования пространственно-периодических структур (которые И.Пригожин и соавторы рассматривали как диссипативные) давно объясняли в рамках моделей термодинамики систем близких к состоянию равновесия (без привлечения понятий о диссипативных структурах). Как хорошо известно, существование структур такого типа в природе осознано В.Оствальдом (W.Ostwald, 1897) на основании представлений о пересыщении.

Таким образом, указанные концепции Л.Больцмана, Э.Шрёдингера, И.Пригожина и их сторонников оказались, в лучшем случае, пробными или даже тупиковыми. Они на многие десятилетия затормозили поиски путей использования второго начала для объяснения эволюции живых систем на физико-химической основе. Только в последние

десятилетия, как я уже отмечал, были сформулированы основы иерархической термодинамики (макротермодинамики). Удалось расширить методы Гиббса, применив их (эти методы) для создания физической (физико-химической) теории возникновения жизни, биологической эволюции и старения живых существ [17, 22-28].

Физическое обоснование второго начала, как уже отмечалось, опирается на рассмотрение идеальных процессов, а также, прежде всего - на представление о статистической энтропии. Неравновесная термодинамика систем, далеких от состояния равновесия, пытается изучать изменение “кинетической энтропии” (например, энтропии Пригожина, S' или S_i), которая (как я уже указал), даже приближенно, не имеет полного дифференциала и, в принципе, не может быть вычислена! К тому же подходы неравновесной термодинамики, систем далеких от состояния равновесия, создают сложности, связанные, например, с использованием представлений о термодинамике процессов и термодинамике систем.

Одна из величайших заслуг Дж.У.Гиббса, других известных создателей классической термодинамики состояла в том, что эти творцы, опираясь на труды (вариационные принципы) Ж.Л.Лагранжа, Л.Эйлера и других великих математиков, сформулировали представления о новых (после энтропии) функциях состояния (функциях, подобно энтропии, имеющих полные дифференциалы). Функции состояния позволяют устанавливать направление самопроизвольных процессов и определять степень их завершенности в собственно самих, выделяемых в реальном мире, термодинамических системах. Другими словами, с известным приближением, появилась возможность термодинамического изучения **ЭВОЛЮЦИИ** собственно самих систем при постоянстве заданных естественных переменных. Функция Гиббса (свободная энергия Гиббса или просто,- энергия Гиббса), G может использоваться для исследования равновесных (квазиравновесных) процессов и закрытых систем (казизакрытых систем, в которых протекают квазиравновесные

превращения) при постоянстве температуры и давления. Функция Гельмгольца $F(A)$, применима к изучению подобных процессов и систем при постоянстве температуры и объема. Разумеется, сделанное утверждение справедливо при допущении, что в любой момент времени функции состояния (выделяемых систем) имеют реальный физический смысл. Это приемлемо для систем близких к равновесию, но не справедливо для систем далеких от равновесия. Еще раз отмечу, что закон временных (temporal) иерархий обосновывает возможность применения функций состояния при выявлении направленности и степени завершенности эволюционных процессов, протекающих в квазизакрытых системах на разнообразных иерархических уровнях живой материи [17]. Для ясности сделаю отступление, в котором сформулирую закон временных иерархий.

Закон временных иерархий 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 моноиерархической структуры из моноиерархических 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 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 времен существования (продолжительности жизни) 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 организмов в популяции; t^{pop} - среднее время жизни популяции. В ряд сильных неравенств (3) я (по упомянутым причинам) осознанно не включил времена жизни клеток (*cell*) и некоторых других сложных супрамолекулярных структур. Однако, разумеется, этот ряд представляет общий закон природы, согласующийся с реальностью и отражающий существование временных иерархий в живых системах.

Закон временных иерархий связан с наличием обмена вещества на всех иерархических уровнях. Замечу, что существование обмена веществ (вещества) является неотъемлемой характеристикой живого.

Указанный закон (Gladyshev's law) позволяет строго обосновывать возможность выделения (вычленения) квазизакрытых моноиерархических систем (подсистем) в открытых полииерархических биологических системах. Данное утверждение полностью согласуется с опытом теоретической и экспериментальной физики [3, 5]. Оно (утверждение), как я уверен, не может вызывать каких-либо возражений.

В короткой заметке невозможно упомянуть все важные условия, при которых можно использовать те или другие функции состояния. Я даже не претендую на то, что мне удалось отметить основные "деликатные"

моменты, которые следует учитывать начинающему исследователю. К тому же я привел только отдельные, для меня значимые, ссылки. Отмечу также, что моя статья, как и подавляющее большинство публикаций, посвященных проблемам термодинамики, может содержать отдельные языковые неточности, появляющиеся вследствие неоднозначного перевода с языка на язык. В качестве примера, хорошо известного профессионалам, можно указать на непростительные недоразумения, касающиеся терминов “изолированная” и “закрытая” система. Как тот, так и другой термин иногда заменяют (переводят) одним и тем же сочетанием слов “замкнутая система”. Сравнительно часто эти термины просто считают эквивалентными (тождественными). Известны и другие ошибки, связанные с семантическими совпадениями отдельных терминов. Так, свободную энергию Гиббса (Гельмгольца) часто путают с энергией в обычном смысле слова. Поэтому неслучайно, уже давно, упомянутый термин многие исследователи пытаются заменить термином “функция Гиббса” [19]. Другой пример, касается термина “сложная система”. Здесь слово “сложная” может иметь двоякий смысл. В термодинамике сложной системой (в противоположность представлению о простой системе) часто называют систему, в которой совершается (или над которой совершается) какая-либо работа, кроме работы расширения [15-16]. Однако иногда слово “сложная” используется для того, чтобы подчеркнуть структурную или какую-либо другую неоднородность собственно самой системы или - разнообразие элементов, составляющих эту систему. Подобное относится и к термину “простая система” и т.д. Разумеется, все отмеченные и другие подобные недоразумения могут приводить к грубым ошибкам, не замечаемым непрофессионалами. Указанные и подобные ошибки проникают в отдельные учебники, справочники, и далее, - в Интернет! Полагаю, что моя статья, возможно, может содержать только несущественные неточности и сделанные мной замечания, по-видимому, должны предостеречь отдельных начинающих исследователей от

возможных ошибочных взглядов, касающихся термодинамики. Полагаю, что любому физику, химику, биологу или какому-либо другому специалисту, имеющему отношение к термодинамике, прежде всего, целесообразно изучать феноменологическую термодинамику Гиббса. В основе этой подлинной (в определенном смысле, – истинной) термодинамики, как уже отмечалось, лежит представление о полных дифференциалах. Замечу, что такой подход к осознанию существующего вокруг нас мира, уже в самой основе, заведомо, нельзя опровергнуть. Можно только говорить о степени точности термодинамики Гиббса при ее применении, например, к квазизакрытым системам, в которых протекают близкие к равновесию процессы. При переходе из одного равновесного состояния в другое равновесное состояние, согласно самой математической сути полного дифференциала (а также в соответствии с первым началом) изменение функции состояния не зависит от пути и каких-либо механизмов этого перехода. Можно полагать, что наши незнания, касающиеся реальных весьма сложных систем, в той или иной мере, могут быть “списаны” за счёт изменения энтропии при указанном переходе, поскольку она (энтропия) не может быть непосредственно измерена. Изменение энтропии (феноменологической) при превращениях, как в простых, так и сложных системах, можно вычислить только на основе изучения соответствующих тепловых процессов. На статистической основе она (энтропия) вычисляется только для идеальных систем (или для систем, близких к идеальным системам). Делать какие-либо точные расчеты этой функции состояния в случае систем, в которых имеют место сильные взаимодействия между частицами (молекулами и супрамолекулярными образованиями) на статистической основе не представляется возможным. Подчеркну, что я сейчас говорю о сложных термодинамических системах, имея в виду системы, в которых имеют место сильные взаимодействия.

Благодаря надежному безукоризненному математическому фундаменту термодинамику можно считать “машиной”, которая при верных посылаках

всегда дает правильный результат. Последнее высказывание практически бесчисленное число раз подтверждала физическая химия [8-10, 14, 19]. К сожалению, с этим опытом химиков и химиков-технологов мало знакомы некоторые физики, биофизики, биологи и, особенно, современные “философы”.

Еще раз замечу, что упомянутые неоднозначные ситуации, прежде всего, связанные с недооценкой правильности использования различных терминов, имеющих часто только семантическую общность (однако имеющих различный физический смысл), приводят к путанице и недоразумениям. Эти недоразумения дискредитируют, по крайней мере, в глазах многочисленных непрофессиональных исследователей, саму термодинамику и науку в целом. Отсюда в литературе появляется множество неверных трактовок второго начала, разнообразных сомнительных “представлений” об энтропии [11, 13, 20, 22] и “надуманных” “функциях состояния. Многие авторы, игнорируя труды классиков, применяют те или иные формулировки второго начала термодинамики к системам, в приложении к которым они (эти формулировки), заведомо, не применимы. Ряд из подобных авторов на свой лад трактует этот общий закон природы. Тем самым наносится существенный ущерб науке и образованию. Можно даже утверждать, что появилось несколько “вторых начал”, не имеющих ни малейшего отношения к реальности. Как я уже отмечал, примером в этом смысле является трактовка второго начала в интерпретации И.Пригожина [29]. Эта интерпретация “расширила” известное, некорректное и не доказуемое, высказывание знаменитого Л.Больцмана [31], недооценившего важные положения работ Р.Клаузиуса и Дж.У.Гиббса. Указанная трактовка И.Пригожина, буквально, заполонила “научный” мир и до сих пор, по видимому, остается одной из модных интерпретаций “второго начала”. Я полагаю, что вступать в дискуссию с фантазерами – авторами и сочувствующими подобными концепций, разумеется, бесполезно и

бесперспективно. Последнее утверждение связано с уже опробованным способом, используемым упомянутыми фантазерами. Они (фантазеры), практически всегда, приводят огромное число аргументов - литературных ссылок и высказываний, цитируя подобных им же фантазеров или недостаточно информированных ученых. При этом часто отмечается, что эти ученые являются известными и даже знаменитыми. Однако упомянутые фантазеры забывают, что известные и знаменитые ученые в одной конкретной области знания не обязательно являются профессионалами в другой. Единственно, как можно противостоять подобной конъюнктуре в науке, так это отсылать заинтересованных читателей к трудам классиков и серьезным учебникам, написанным в высокопрофессиональной среде известных научных школ, произрастающих из веков.

Таким образом, автор настоящей заметки, не претендуя на ее совершенство, считал бы целесообразным высказать отдельные пожелания исследователям, работающим в области термодинамики (как и других сферах науки), а также - редакторам соответствующих научных изданий. Эти пожелания сводятся к следующему. **Обсуждая проблемы термодинамики, или используя ее аппарат для каких - либо вычислений, необходимо оговаривать смысл “неоднозначных” терминов и определений. Крайне также желательно делать ссылки на классические труды (включая учебники, справочники и энциклопедии), которые использовались авторами публикаций.** В этом случае, по крайней мере, предварительно, можно судить о корректности результатов, представленных в публикуемых работах.

Автор благодарит профессоров М.М. Абдильдина, Г. Аррениуса (G.Arrhenius), Н.Н.Боголюбова, мл., КД.Денбига. (K.G.Denbigh), В.П.Казакова, Ю.С.Липатова, А.А.Логунова, В.В.Сычева, В.М. Фролова за поддержку, плодотворные систематические дискуссии и советы.

Резюме

Кратко излагаются классические формулировки второго начала термодинамики. Отмечаются отдельные ошибки в понимании физической сути этого общего закона природы. Утверждается, что многие недоразумения в понимании второго начала связаны с терминологической путаницей и с недооценкой теории Дж.У.Гиббса и других творцов “подлинной термодинамики”, которую невозможно опровергнуть. Термодинамика Р.Клаузиуса и Дж.У.Гиббса с известным приближением находит дальнейшее применение для описания эволюции живых систем. Этому способствуют возможности, открывающиеся благодаря выявлению закона временных (temporal) иерархий, и утверждению о том, что функции состояния живых систем практически на всех иерархических уровнях в любой момент времени с известным приближением имеют **реальный** физический смысл. Автор статьи, не претендуя на ее совершенство, высказывает отдельные пожелания исследователям, соприкасающимся с проблемами термодинамики. Он полагает, что, обсуждая проблемы термодинамики, для устранения возможного непонимания со стороны читателей, необходимо оговаривать смысл “неоднозначных” терминов и определений. Целесообразно также делать ссылки на классические труды (включая учебники и энциклопедии), которые использовались авторами публикаций. В этом случае, по крайней мере, предварительно, можно было бы судить о корректности результатов, представленных в издаваемых работах.

References

1. A. Poincaré', *On Science*; Nauka: Moscow, **1983**, 560 p.
2. J.W. Gibbs, *The Collected Works of J. Willard Gibbs*. Thermodynamics; Longmans, Green and Co.: New York, **1928**, V. 1, pp 55-349.

3. N.N. Bogolubov, *Selected works. Part 1, Dynamical Theory*; Gordon and Breach Science Publishers: New York, **1990**.
4. N.N. Bogolubov and N.N. Bogolubov, Jr., *An Introduction to Quantum Statistical mechanics*; Gordon and Breach Science publishers: Library of Congress Catalog ISBN, 2-88124-879-9, QC 174.4.B6413 , **1992**.
5. L.I. Sedov, *The Thoughts on Science and on Scientists*; Nauka, Russian Academy of Sciences, V.A. Steklov Mathematical Institute: Moscow, **1980**, 440 p.
6. L.I. Sedov, *Priroda - Russ.*, **1984**, 11, 3.
7. D.N. Zubarev, *The Carnot theorem, Physical Encyclopedia - Soviet Encyclopedia*: Moscow, **1990**; Vol. , pp. 242-243.
8. R.A. Alberty, *Physical Chemistry, 7th Ed.*; Wiley: New York, Etc., **1987**, 934 p.
9. R.J. Silbey, R.A. Alberty, *Physical Chemistry, 3rd Ed.*; John Wiley & Sons: New York, **2001**.
10. K.G. Denbigh, *The Principle of Chemical Equilibrium, 3ed Ed.*; Cambridge Univ. Press: Cambridge, **1971**, 491 p.
11. K.G. Denbigh, *Brit. J. Phyl. Sci.* **1989**, 40, 323.
12. K.G. Denbigh, *Brit. J. Phil Sci.* **1989**, 40, 501.
13. K.G. Denbigh, J.S. Denbigh, *Entropy in Relation to Incomplete Knowledge*; Cambridge University Press: Cambridge, **1985**.
14. Ch.R. Cantor, P.R. Schimmel, *Biophysical Chemistry*; Mir: Moscow, **1984-1985**; Vol. 1-3.
15. V.V. Sychev, *Thermodynamics of Complex Systems* ; Energoatomizdat: Moscow, **1986**, 208 p.
16. V.V. Sychev, *Differential Equations of Thermodynamics* ; Nauka: Moscow, **1981**, 195 p.
17. G.P. Gladyshev, *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**, 144 p. (In Russian).
18. Yu.S. Lipatov, *Phase-Separated Interpenetrating Polymer Networks*; USChTU (ISBN 966-8018-12) : Dnepropetrovsk, **2001**, 326p.
19. M.N. Jones, Ed., *Biochemical Thermodynamics*; Elsevier Scientific Publishing Company: Amsterdam – Oxford – New York, **1979** (Russian translation. Mir: Moscow, **1982**, 440 p.).
20. Shu-Kun Lin, *Entropy*, **1999**, 1, 1 - www.mdpi.org/entropy
21. R.A. Alberty, *Research Summary*; Massachusetts Institute of Technology, Chemistry : Internet, **2004** <http://web.mit.edu/chemistry/www/faculty/alberty.html>

22. G.P. Gladyshev, *International Journal of Modern Physics B*, **2004**, 18, 6, 801.
23. G.P. Gladyshev, *Progress in Reaction Kinetics and Mechanism (An International Review Journal)*, **2003**, 28, 157.
24. G.P. Gladyshev, *Proceedings of International Higher Education Academy of Sciences*, **2003**, 4 (26), 19.
25. G.P. Gladyshev, *Electron. J. Math. Phys. Sci.*, **2002**, Sem. 2, 1 www.ejmaps.org
26. G.P. Gladyshev, *SEED Journal (Canada)*, **2002**, 3, 42,
<http://www.library.utoronto.ca/see/pages>
27. G.P. Gladyshev, *Entropy*, **1999**, 1, 2, 9 www.mdpi.org/entropy
28. G.P. Gladyshev, *Entropy*, **1999**, 1, 4, 55 www.mdpi.org/entropy
29. I. Prigogine, *From Being to Becoming: Time and Complexity and the Physical Sciences*; W.H. Freeman & Co.: San Francisco, **1980**.
30. I. Prigogine, R. Defey, *Chemical Thermodynamics*; Nauka: Novosibirsk, **1966**, 509 p.
31. References of works of L. Boltzmann, E. Schrödinger and I. Prigogine one can find in web-page
http://www.redfish.com/research/SchneiderKay1995_OrderFromDisorder.htm
(E.D. Schneider, J.J. Kay, **1995**, "Order from Disorder: The Thermodynamics of Complexity in Biology", in Michael P. Murphy, Luke A.J. O'Neill (ed), *What is Life: The Next Fifty Years. Reflections on the Future of Biology*"; Cambridge University Press, pp. 161-172).
32. Information in Internet, *The problems of Thermodynamics of Biological Evolution*
<http://www.endeav.org/evolut>

Keywords: Second law, thermodynamics, chemical thermodynamics, entropy, Gibbs function, Gibbs energy, full differential, law of temporal hierarchies, evolution, living systems, quasi-closed systems