

РАЗДЕЛ II. ЖИВАЯ МАТЕРИЯ

Живая материя – это материальная субстанция, характеризующаяся процессами формирования, развития и взаимодействия живых организмов в масштабах космоса. Живая материя – это вторичное состояние вещества и поля, определяемое: углеродорганической белково-нуклеиново-водной основой; диссимметричностью внутренней материально-энергетической среды; необратимостью; неравновесностью и направленностью физико-химических процессов; избирательной способностью организмов в отношении к изотопам химических элементов; самовоспроизведением: самообновлением белковых тел, в основе которого лежит саморепликация¹, а также двухуровневой (белково-нуклеиновой) атомистической организацией. Данные характеристики в комплексе формируют новое качественное свойство материи – сложнофункциональность, позволяющее выделить живую материю в самостоятельное космологическое явление.

***Г. П. Гладышев
(г. Москва, Россия)***

ЖИЗНЬ – НЕОТЪЕМЛЕМАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭВОЛЮЦИИ МАТЕРИИ

*Истинная, единственная цель
науки – раскрытие не механизма, а
единства*

Анри Пуанкаре

Термодинамика

Термодинамика – наука, изучающая наиболее общие свойства макроскопических систем, находящихся в состоянии

¹ Саморепликация – это удвоение молекулы ДНК с передачей рождающейся клетке генетической информации.

термодинамического равновесия. Выводы термодинамики имеют универсальный характер. Термодинамика, в классическом понимании, не предполагает описание процессов во времени. Она выявляет направление и степень завершенности исследуемого процесса при стремлении системы к состоянию равновесия. Термодинамика не использует каких-либо допущений относительно структуры взаимодействующих частиц или относительно механизма процесса, приводящего к равновесию.

Хотя в реальном развивающемся мире равновесий, строго говоря, не существует, во многих случаях изучаемые системы или их подсистемы в определённых шкалах времени с хорошим приближением можно считать равновесными. То же самое можно говорить о некоторых процессах, которые протекают сравнительно медленно, и их, практически, можно считать равновесными. Таким образом, если допустимо утверждать, что функции состояния (функции, дифференциалы которых являются полными) изучаемых систем в каждый момент времени имеют реальный физический смысл, то разумно говорить о факторе времени в термодинамике. Это относится не только к системам, но и к процессам, протекающим в условиях, близких к состоянию равновесия. При этом часто целесообразно исследовать изменение степени завершенности рассматриваемого процесса во времени. В подобных случаях можно говорить о квазизакрытых системах и квазиравновесных процессах. Такой подход следует связывать со сравнительно новой областью исследования, которую целесообразно, по-видимому, называть «термодинамической кинетикой».

Следует иметь в виду, что на протяжении последнего века было предпринято много попыток, касающихся создания неравновесной термодинамики систем (процессов), далёких от состояния равновесия. Для изучения эволюции и поведения таких систем вводились функции, не имеющие полных дифференциалов. Однако к настоящему времени большинство подобных теорий, направленных на количественное термодинамическое описание систем, далёких от состояния равновесия, не дало ожидаемых существенных результатов. Такие теории, по-видимому, можно считать пробными, а в ряде случаев, – неэффективными, и даже ошибочными.

Кроме того, упомянутые попытки часто сопровождалась неимовой путаницей. Эта путаница, прежде всего, основана на неправильном использовании общепринятых терминов и непонимании физической сущности явлений. Особенно много недоразумений связано с представлением об энтропии. Известно, что

существует много типов энтропии, которые имеют общее только в семантическом смысле самого термина. Подавляющее большинство представлений об энтропии не связано с классической энтропией Р. Клаузиуса и Дж. У. Гиббса, применяемой в классической (феноменологической) термодинамике. Известны даже недоразумения, касающиеся использования терминов «изолированная система» и «закрытая система». Эти недоразумения проникли в отдельные учебники, и даже – в некоторые энциклопедические и справочные издания, и отсюда – в Интернет. Как хорошо известно, при исследовании поведения (эволюции) названных типов систем используются разные термодинамические функции состояния. Недоучёт этих обстоятельств приводит к полной бессмысленности каких-либо заключений относительно направленности рассматриваемых процессов.

Автор настоящей статьи употребляет термины «термодинамика», «иерархическая термодинамика», или «макродинамика», а также другую терминологию только в соответствии с представлениями классической термодинамики. Однако при этом, само собой разумеется, в связи с использованием классических представлений применительно к реальным, близким к равновесию динамическим системам, я говорю, прежде всего, о квазизакрытых системах и квазиравновесных процессах. В этом случае для предсказания направленности процессов и изучения степени их завершённости во времени (т. е., в ходе эволюции системы) используется изменение удельной величины функции Гиббса, как наиболее подходящей функции для исследования соответствующих эволюционирующих реальных биологических систем.

В заключение этого раздела замечу, что читателю необходимо помнить о существующих недоразумениях, касающихся термодинамики. Я полагаю, что при осмысливании излагаемой теории следует опираться на классические учебники (прежде всего, – физической химии), написанные крупными представителями всемирно признанных научных школ, – школ, произрастающих из глубины веков.

Структурные и временные иерархии

Ещё на заре появления науки человек, наблюдая за строением нашего мира, осознавал, что он иерархичен. Изучая живые системы, современная биология обычно рассматривает следующие структуры биологической организации:

субатомная частица, атом, молекула, органелла, клетка, ткань, орган, система органов, организм, популяция, сообщество, экосистема, ландшафт, биосфера.

Представленный ряд относится к структурным иерархиям, которые изучаются биологами и представителями различных смежных дисциплин.

Однако можно построить другой ряд биологических иерархий, основанный на представлении об иерархическом образовании структур, когда каждая высшая иерархия (j) образуется при конденсации (самосборке) структур низшей иерархии (j-1). В общем случае такая конденсация напоминает фазовый переход первого рода и называется термодинамической (а не динамической) самоорганизацией, которая рассматривается как слабо неравновесный процесс самосборки. Другими словами, термодинамическая самоорганизация на любом уровне (рассматриваемой нами организации живой материи) подобна конденсации какого-либо химического вещества из переохлаждённого состояния или из пересыщенного раствора. В предельном случае такая самоорганизация является равновесной.

Хорошо известно, что слабо неравновесные фазовые превращения с достаточно хорошим приближением описываются методами равновесной (точнее, квазиравновесной) термодинамики. Наглядным примером является образование снежинок в атмосфере. Форма этих снежинок зависит от степени переохлаждения паров воды в воздухе. Известно многочисленное число примеров подобного рода. Здесь интересно упомянуть о таких явлениях, как: образование узоров льда на оконных стёклах, замерзание воды вдоль кромки берегов, образование периодических структур облаков, возникновение периодических структур минералов при их формировании из пересыщенных растворов или переохлажденных расплавов. Более того, аналогичные явления конденсации имеют место при образовании колец конденсированного вещества при возникновении планетных систем, а также в атмосферах комет и т. д. Любой физикохимик знает, что все эти фазовые переходы, хотя и правильно считаются неравновесными, часто близки к равновесию и их можно (с известным приближением) исследовать с использованием методов равновесной термодинамики, изучающей линейные, слабо неравновесные процессы в квазизакрытых системах. Разумеется, иногда такие приближения являются слишком грубыми. Например, это имеет место при застывании лавы извергающегося вулкана, когда

перепад температуры большой, а скорость образования твёрдой фазы слишком высока. Замечу, что все эти природные системы, в общем случае, являются открытыми. Однако этой «открытостью» часто можно пренебрегать. Во всяком случае, подобные системы можно считать квазизакрытыми относительно конкретных подсистем. Важно помнить, что система может быть закрытой относительно превращений на одних иерархических уровнях и открытой на других иерархических уровнях. Совершенно очевидно, что упомянутые физико-химические системы, где наблюдаются фазовые переходы химических веществ, квазизакрыты на уровне молекулярной (химической) и супрамолекулярной иерархий. Однако они (системы) могут быть открыты на уровне других иерархий. Приведу наглядный, понятный любому, простейший пример. Пусть в атмосфере выделенного объёма наблюдается снегопад. Такая система может быть открытой относительно частичек песка (например, в случае снежно-песчаной бури) и даже – живых существ (если угодно, играющих в снежки детей). Однако, несмотря на открытый характер системы относительно частичек песка и организмов, она (рассматриваемая система) всё же остаётся квазизакрытой относительно фазового переход химического вещества – воды. Ещё раз подчеркну, что процессы фазообразования в подобных системах зачастую близки к равновесным превращениям и могут, с тем или иным приближением, рассматриваться как квазиравновесные. Всё это, на мой взгляд, не должно вызывать возражений. Я даже полагаю, что любому образованному естествоиспытателю не придёт в голову соображение о необходимости проведения исследований таких систем с позиции теории диссипативных структур, которые возникают (согласно определению) только в системах, далёких от состояния равновесия. По-видимому, во избежание недоразумений, целесообразно всегда проводить различие между образованием квазиравновесных (практически равновесных) структур на конкретных иерархических уровнях и структур диссипативных, возникающих также на конкретных иерархических уровнях. К сожалению, многие исследователи не делают таких различий. Сейчас стало модным очень часто любые возникающие структуры (образующиеся на различных иерархических уровнях) рассматривать только как диссипативные. Такие подходы, фактически, направлены «на принижение полезности» методов классической науки.

В соответствии с обсуждаемой термодинамической моделью схема структурной биологической организации должна быть изменена. Понятно, что с позиции термодинамической

самоорганизации органы не могут, в упомянутом смысле, «конденсироваться» и образовывать «систему органов» или организм и т. д. С точки зрения термодинамики важно, чтобы каждая иерархия структур могла бы быть изучена независимо от других иерархий структур, входящих в исследуемую биологическую систему. При этом каждая структура любой иерархии (j) должна состоять из достаточно большого числа структур низшей иерархии ($j-1$). Только в этом случае можно говорить об изучении данной системы с позиции термодинамики, которая описывает явления на макроуровне. Существуют и другие важные обстоятельства, которые следует учитывать при составлении соответствующего иерархического ряда.

Во-первых, в данный ряд могут быть включены только те структуры, которые многократно обмениваются в процессе функционирования живой системы, т. е. участвуют в метаболизме химических веществ или в процессе обмена вещества (структур) в высших иерархиях. Только в этом случае можно говорить собственно о самой живой системе и явлении жизни. Неотъемлемой особенностью живого является обмен веществ (вещества).

Во-вторых, средние времена жизни структур каждой выделенной иерархии (j) должны быть существенно **больше** средних времен жизни структур низшей иерархии ($j-1$) и значительно **меньше** средних времен жизни структур высшей иерархии ($j+1$). Последнее условие необходимо с точки зрения возможности независимого термодинамического исследования выделенной таким образом квазизакрытой системы.

Принимая во внимание отмеченные обстоятельства, можно представить ряд иерархических биологических структур в виде:

... атомы, молекулы, макромолекулы, супрамолекулярные структуры, клетки, фрагменты тканей, организмы, популяции, сообщества, экосистемы, ...

Представленный ряд можно расширять или исключать из него какие-либо типы структур. Важно только, чтобы отмеченные выше условия были бы «строго соблюдены».

Теоретическая модель

Таким образом, очевидно, что в случае существования рядов временных иерархий в мире живой природы, можно выделять в открытых полииерархических биологических системах (вычленять, исследовать независимо) моноиерархические квазизакрытые

системы. Далее, если считать, что процессы структурообразования в выделяемых квазизакрытых системах протекают в квазиравновесных режимах, нет причин, препятствующих использованию представлений термодинамической кинетики. В подобных случаях разумно исследовать изменение степени завершённости процессов на каждом иерархическом уровне во времени. Обсуждаемые соображения, сначала частично основанные на интуитивных предположениях (относящихся к реальным живым системам), были высказаны автором более четверти века назад. Однако предложенная соответствующая модель, по-видимому, трудно воспринималась читателями. Фактически постулировалось, что зарождение жизни, филогенез и онтогенез можно описывать с помощью методов классической термодинамики, применимой с приемлемым приближением к возникновению и развитию живых существ.

Рассматривалась следующая модель. Под действием энергии Солнца (других источников энергии) термодинамически стабильные в условиях Земли вещества (H_2O , CO_2 и другие) превращаются в энергоёмкие химические соединения. Эти процессы рассматриваются как несамопроизвольные. Они, разумеется, происходят в соответствии с первым началом термодинамики и не находятся в противоречии со вторым началом. Далее продукты фотосинтеза самопроизвольно вступают в химические превращения в соответствии с законами «темновой» термодинамики. Продукты фотосинтеза и синтезируемые из них вещества также самопроизвольно образуют супрамолекулярные структуры, как правило, постоянно увеличивающегося разнообразия. Так возникают простейшие надмолекулярные комплексы, органоиды, клетки, организмы и структуры высших иерархий.

После создания основ термодинамической теории биологической эволюции, она (теория) постоянно уточнялась и совершенствовалась. Это находило отражение в многочисленных публикациях автора. Ряд работ содержал ранее опубликованные мной данные, которые преподносились вновь и вновь с позиций уточнённых понятий и определений. Таким образом, я постоянно совершенствовал теорию (и устранял замеченные технические опечатки в прежних работах), а также приводил новые доводы, которые, как считал, делали теорию более легко воспринимаемой. Это я продолжаю делать и сейчас. По-видимому, мои усилия оправданы. Очень непросто преодолеть моду в науке, – моду, которая формировалась многими десятилетиями.

Почему теория не была сразу осознана

На пути создания теории, как представлялось в 70-е годы прошлого столетия, существовали непреодолимые трудности. Практически все исследователи были убеждены в том, что создать такую теорию в принципе невозможно. Эта, как казалось, неоспоримая уверенность, возведённая в ранг абсолютной истины, была связана со многими обстоятельствами. Основными из них были представления о невозможности даже приближённого, приложения принципов классической термодинамики к любым открытым, да и к тому же, как утверждалось, далеко неравновесным биологическим системам. Полагали, что все процессы в живых системах далеки от равновесия. Однако при этом, как правило, не уточнялось, о каком собственно равновесии идет речь!

В то время, вероятно, наиболее модной была теория Ильи Романовича Пригожина и его коллег. В частности, эта теория утверждала, что **природные открытые биологические системы далеки от равновесия**. Из этого, как казалось, следовало, что они (упомянутые системы) могут формироваться и существовать только вследствие образования «живых» **диссипативных структур**.

И. Пригожин утверждал, что «существуют кажущиеся противоречия между биологической упорядоченностью и законами физики, в частности, вторым началом термодинамики». При этом подчёркивалось, что «данное противоречие невозможно устранить, если пытаться изучать живые системы только в рамках равновесной термодинамики».

Чтобы разрешить отмеченные «противоречия», И. Пригожин как раз и предложил свою теорию диссипативных структур – структур, возникающих в условиях, **далёких от состояния равновесия**. Как в последствии оказалось, эта теория не способствовала разрешению отмеченных «противоречий». Она только ещё больше осложнила и без того сложную ситуацию. Полагаю, эта ситуация стала проясняться лишь после того, как автору данной статьи удалось показать, что если живые системы изучать в рамках иерархической равновесной (квазиравновесной) термодинамики, рассматривая превращения в реально существующих квазизакрытых системах, никаких упомянутых противоречий не существует. Обосновать это утверждение удалось только после открытия и осознания закона временных иерархий. Все упомянутые противоречия «испарились»!

Для того, чтобы ликвидировать (устранить), якобы существующие противоречия, как сейчас представляется, было бы

достаточным показать, что фундаментальные результаты, полученные в области биофизической химии при исследовании *in vitro* можно распространить на эволюционные явления в живой природе – *in vivo*. Но этому мешали отмеченные догмы! Что надо было бы сделать, так это показать, что эти догмы, с многих точек зрения, являются заблуждениями, которые в ряде случаев легко выявить. Ещё раз подчеркну, что отказ от упомянутых догм позволил бы по-новому взглянуть на многочисленные экспериментальные данные, полученные к тому времени в области биофизической химии. Сейчас кажется странным, почему это никто ранее не сделал. Ведь достаточно просмотреть изданный в 1980 году фундаментальный монографический учебник Ч. Кантора и П. Шиммела, чтобы понять, что ещё более четверти века назад всё могло бы проясниться. Но это не случилось! Однако тогда никто даже и не подозревал, что существует возможность выделения квазизакрытых моноиерархических систем (подсистем) «внутри» открытых полииерархических природных биологических систем. В тот период, как я уже отметил, закон временных (temporal) иерархий в современном виде ещё не был сформулирован.

Более того, начиная с начала прошлого века, сами биологи накопили огромное количество данных, касающихся влияния температуры, давления и других факторов на химический состав и строение живых существ. Особо много результатов было получено в области адаптации живых систем к изменению условий окружающей среды. Чтобы убедиться в этом, достаточно, например, с позиции физической химии просмотреть давно изданную монографию В. Я. Александрова «Клетки, макромолекулы и температура» (1975) и обзор В. Н. Черниговского в Известиях АН СССР (Серия Биологическая, 1981). Ещё тогда с точки зрения строгой физической теории можно было обосновано согласиться с мнением о том, что принцип Ле Шателье–Брауна, а, следовательно, второе начало, применимы к живым системам различных уровней организации, включая социальные явления! Однако и в этом случае отмеченные догмы мешали этому. К тому же, физики и физикохимики утверждали, что принцип Ле Шателье–Брауна применим к закрытым системам, но не применим к открытым системам. Это, конечно, правильно. Однако повторяю, тогда никто не подозревал, что существует закон временных иерархий, который позволяет выделять в открытых природных системах квазизакрытые системы, к поведению которых, с достаточно хорошим приближением, приложим принцип Ле Шателье–Брауна. Таким образом, «в руках» биологов уже давно

было практически всё необходимое, чтобы строго обосновывать известные результаты с позиции квазиравновесной термодинамики квазизакрытых систем. Но этого, повторяю, к сожалению, не случилось.

Теперь постараюсь в современной и доступной для понимания форме представить положения, о которых шла речь в первых публикациях автора, относящихся к 1977 и 1978 годам.

О законе 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 структур низшего уровня. Так, установлено, что в процессе онтогенеза (а также филогенеза и эволюции в целом) удельная функция Гиббса образования супрамолекулярных структур тканей организмов, \tilde{G}_i^{im} стремится к минимуму:

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

где V – объем системы, m – масса выделяемых микрообъемов; x, y, z – координаты; символ « \rightarrow » означает, что величина \tilde{G}_i^{im} является удельной (отнесённой к макрообъёму); символ « \sim » подчёркивает гетерогенный характер системы. Заметим, что соотношение (1), лежащее в основе современной супрамолекулярной термодинамики, предполагает учёт 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 времён 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 неделящихся клеток всё же обновляются вследствие наличия обмена веществ.

Использование соотношения (1) фактически означает, что мы применяем закон временных иерархий в виде:

$$\dots \ll t^m \ll t^{im} \ll t^{organism} \ll t^{pop} \ll \dots \quad (2)$$

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 (2) 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. **Указанный закон позволяет строго обосновывать возможность выделения (вычленения) квазизакрытых моноиерархических систем (подсистем) в открытых полииерархических биологических системах.**

Что следовало из постулатов, используемых автором при создании теории

При написании первых работ автору было ясно, что существование временных иерархий (о чём я первоначально догадывался, рассматривая времена релаксации ряда воображаемых процессов) позволяет независимо исследовать агрегацию (самосборку) структур каждой иерархии. Однако тогда, в связи с отсутствием соответствующей терминологии (которая была введена мной

значительно позже) и неосознанностью ряда постулатов (которые формулировались интуитивно) я не смог четко и коротко изложить основы теории. Тем не менее, было очевидно, что сделанные основные утверждения зарождающейся теории позволяли считать: термодинамика супрамолекулярных (межмолекулярных) взаимодействий в процессе филогенеза и онтогенеза делает отбор веществ, имеющих повышенное сродство к постоянно обновляющимся и развивающимся супрамолекулярным структурам тканей организма. Стало ясно, что ткани (клетки и органоиды) живых систем можно рассматривать как совокупность огромного множества равновесных (квазиравновесных) микрохроматографических колонок. Это подтверждало модель автора. Далее необходимо было ответить на вопрос о том, какие же вещества должны аккумулироваться в квазизакрытых живых системах. Ответ был найден мгновенно. Его дала сама природа. Уже тогда было хорошо известно, что в процессе филогенеза и онтогенеза химический состав тканей живых организмов меняется. В процессе эволюции и развития организмов вода, являющаяся неотъемлемым компонентом живых организмов, как бы вытесняется из тканей органическим веществом. Особенно существенные изменения состава легко наблюдать в период эмбрионального развития животных. В процессе эволюции и онтогенеза ткани организмов обогащаются липидами (жирами), белками и другими органическими и неорганическими компонентами. Любой образованный естествоиспытатель мог бы согласиться с мнением автора теории, что вещества, заменяющие воду в тканях, разумеется, в сравнении с самой водой, имеют повышенную энергоёмкость. Говоря коротко, термодинамическая теория основывалась на фактах, которые уже тогда были хорошо известны. Это и было однозначным доказательством справедливости используемой модели и теории в целом! Отдаляясь в прошлое, я понимаю, что какие-либо дополнительные доказательства, фактически, не требовались. Однако, в связи со сложным изложением еще несовершенной теории и отмеченными мной существующими догмами, нашлось всего несколько крупных ученых, которые поверили (возможно, интуитивно) в справедливость основных положений теории. В некоторой степени такое состояние дел наблюдается и сейчас. Уж очень сильны мода и догмы в науке! К тому же замечу, что часто моду в науке устанавливают социально активные учёные или учёные-администраторы. Названные коллеги, как правило, не являются высокопрофессиональными исследователями. Это, конечно, часто наносит существенный ущерб науке. Правда,

время обязательно исправляет сделанные ошибки. Однако для этого, как правило, требуются многие годы!

В дальнейшем высказанные в этом разделе соображения позволили сформулировать принцип стабильности вещества, который, фактически был представлен на рисунке в первой работе автора (1977).

Принцип стабильности вещества

Принцип стабильности вещества – принцип обратных связей – применим, как представляется, ко всем биологическим системам (различным их иерархиям). Суть принципа состоит в следующем: при образовании (самосборке) *наиболее термодинамически стабильных структур* высшего иерархического уровня (j), например, супрамолекулярного, природой (в соответствии со вторым началом) самопроизвольно преимущественно используются (доступные для данной локальной области биосистемы) *наименее термодинамически стабильные структуры* низшего иерархического уровня, например, молекулярного ($j-1$). Важно отметить, что принцип относится к реальным биологическим структурам различных иерархий, структурам, постоянно обновляющимся (воспроизводящимся) в биосистеме. Как я уже отмечал, такое сравнительно интенсивное обновление структур является одним из основных проявлений жизни. Например, применяя принцип к химическим веществам ($j-1$) и супрамолекулярным структурам (j), следует, прежде всего, рассматривать стабильность собственно самих молекул и надмолекулярную стабильность образуемых ими (этими молекулами) супрамолекулярных структур в среде биотканей организмов. Разумеется, указанная супрамолекулярная стабильность во многом определяется природой окружающей среды (среды, окружающей эти структуры). В простейшем модельном случае справедливость принципа доказана на количественной основе применительно к молекулярному – химическому – и супрамолекулярному структурным уровням биотканей. Известны факты, подтверждающие приложимость принципа к социальным иерархиям. Так, с позиции иерархической термодинамики (макротермодинамики) сложных систем становятся понятными выработанные веками методы управления обществом, такие как «разделяй и властвуй» и т. п. Общеизвестная теория Льва Гумилёва также может быть изложена на языке математики с позиций макротермодинамики (иерархической термодинамики).

Эволюционная история человечества на достаточно больших интервалах времени оказывается предсказуемой.

Об экспериментальном доказательстве теории

Уже отмечалось, что непроверяемые общие доказательства теории на интегральном – макротермодинамическом – уровне были представлены в первых публикациях автора. Эти доказательства были связаны с термодинамической природой изменения общего химического состава организмов, их тканей, клеток и органоидов в процессах филогенеза и онтогенеза. Однако тогда автор привёл только отдельные примеры. К тому же, первоначальный вариант теории (как я отмечал неоднократно), представленный без необходимых детальных пояснений, по-видимому, тяжело воспринимался биологами. В то же время, физикохимики в принципе понимали суть дела. Однако в то время мало кто мог вникнуть в детали практически новой области знания, понимание которой требовало не только знания предмета, новой терминологии, но и продолжительных затрат времени. К тому же, большинство биофизикохимиков занимались исследованиями индивидуальных биохимических процессов на молекулярном уровне. Многим из них, как я полагаю, мои соображения казались чрезвычайно общими и странными, а поэтому – малоэффективными. Ряд из этих исследователей интересовались проблемами статистической термодинамики, которая далеко не всегда позволяла делать выводы относительно поведения даже простых биологических систем. Что касается биофизиков, то многие из них (как они это делают и сейчас) увлекались разработкой математических моделей. Иногда эти модели представляют определённый интерес, однако они отдаляют нас от физической, химической и биологической сути явлений. Математическое моделирование в биологии стало особенно модным после появления высокоскоростных компьютеров.

В дальнейшем я представил много других известных из литературы результатов, касающихся вариации химического состава тканей организмов в процессе онтогенеза. Более того, были сделаны вычисления изменения удельной функции Гиббса при старении коллагенсодержащих и других тканей животных. Все полученные результаты, хотя иногда только качественно, подтверждали теорию. Во всяком случае, на сегодняшний день мне не известны какие-либо факты, которые противоречили бы теории. Следует заметить, что точные оценки изменения удельной функции Гиббса образования

супрамолекулярных структур тканей, по известным причинам, наталкиваются на ряд экспериментальных трудностей. Однако надёжную сравнительную оценку указанных изменений легко делать с помощью высокочувствительных методов DSC (дифференциальная сканирующая калориметрия или микрокалориметрия).

Физикохимическая диетология

Из термодинамической теории следует, что изменение величины удельной функции Гиббса образования супрамолекулярных структур тканей (а также связанное с этим изменением значение показателя геронтологической ценности продукта питания – GPG_i) часто может быть легко оценено из приближённого соотношения, которое отдельные авторы называют уравнением Гиббса–Гельмгольца–Гладышева. Это уравнение является **аналогом** классического приближенного уравнения Гиббса–Гельмгольца.

Например, применительно к природным жирам и маслам можно записать:

$$\Delta\widetilde{G}_i^{im} = (\Delta\widetilde{H}_{m_i}^{im} / T_{m_i})(T_{m_i} - T_0) = \Delta\widetilde{S}_{m_i}^{im} \Delta T, \quad (3)$$

где $\Delta\widetilde{G}_i^{im}$ – удельная функция Гиббса (удельная «свободная энергия Гиббса») образования конденсированной фазы вещества i , $\Delta\widetilde{H}_{m_i}^{im}$ и $\Delta\widetilde{S}_{m_i}^{im}$ – изменение удельной энтальпии и удельной энтропии при затвердевании природного жира (масла), T_{m_i} – температура плавления или застывания (затвердевания) i -го вещества, T_0 – стандартная температура (например, 25, 0, -25 °C), при которой проводится сопоставление величин $\Delta\widetilde{G}_i^{im}$ (а следовательно, показателя GPG_i). Величина T_0 должна быть ниже значения T_{m_i} . При оценке геронтологической ценности продукта выбор T_0 определяется температурой плавления самого легкоплавкого вещества из ряда сравниваемых продуктов. Предполагается, что легкоплавкие вещества преимущественно участвуют в образовании соответствующих легкоплавких (как правило, сравнительно малостабильных) супрамолекулярных структур в тканях организма.

Отметим, что уравнение Гиббса–Гельмгольца справедливо для вещества, находящегося в закрытой системе, в которой могут протекать химические, фазовые или другие превращения. **Аналог** этого уравнения часто с хорошим приближением можно применять к различным однотипным веществам и системам переменного состава. Уравнение Гиббса–Гельмгольца и его **аналог** (3) успешно использовались мной при выявлении термодинамической направленности эволюционных процессов. Подобные подходы, фактически при умолчании, применялись П. Флори и другими исследователями. Сейчас эти подходы широко используются многими авторами при исследовании синтетических сополимеров, биологических полимеров и ряда других систем переменного состава.

Из представленного уравнения (3) следует, что часто с приемлемым приближением должна наблюдаться корреляция между $\Delta\widetilde{G}_i^{im}$ (вычисленной для стандартной температуры) и температурой застывания (плавления) жиров или масел, T_{m_i} . Разумеется, подобная корреляция должна также наблюдаться между показателем антистарительной (геронтологической) ценности соответствующего пищевого продукта, GPG_i и T_{m_i} . Действительно, указанная корреляция существует. Все выводы теории полностью согласуются с опытом медицины и диетологии.

Медицинские рекомендации

Представленные мной, как я полагаю, строго обоснованные соображения указывают на то, что практически любые конкретные (детальные) рекомендации, связанные с питанием, являются индивидуальными. Они должны делаться на основе учёта показаний общей и антистарительной медицины (геронтологии) и принимать во внимание достижения физико-химической диетологии.

Однако на основе термодинамической теории биологической эволюции и старения живых существ (созданной на основе фундамента классической науки) можно сформулировать общие положения, касающиеся питания, позволяющие продлевать здоровую жизнь человека.

Диеты, способствующие здоровой и продолжительной жизни, должны, разумеется, содержать только экологически чистые продукты. Они должны быть сбалансированными по составу и калорийности. Крайне важно, чтобы рационы питания включали бы

продукты холодных (глубоководных) морей, продукты, полученные из растений и животных, обитающих в холодных и горных регионах. Желательно также, чтобы пища была бы приготовлена из биомассы молодых растений и животных. Более того, предпочтительно использовать пищу, полученную из биомассы древних видов – филогенетически мало развитых (находящихся на ранних стадиях филогенеза) живых организмов. Пища, приготовленная из молодых (онтогенетически и филогенетически) растений и животных, является не только геронтологически ценной, но и (по понятным причинам) имеет пониженную калорийность. Это последнее также достоверно способствует продлению здоровой жизни и, несомненно, увеличивает её общую продолжительность. Следует употреблять чистую питьевую воду, практически не содержащую каких-либо солей. Лечебные минеральные воды желательно пить только при наличии медицинских показаний.

В целом, разумно для питания использовать продукты и воду, которые соответствуют общим современным стандартами, разработанным на строго научной основе. Дополнительно к этому, крайне желательно, чтобы эти продукты и вода характеризовались бы высокими баллами «геронтологической ценности продукта» и «геронтологической чистоты воды». Известны также уточнённые рекомендации, которые являются предметом новейших исследований.

Термодинамическая теория биологической эволюции и проблемы мироздания

В заключение хочу остановиться на связи разработанной теории с проблемами мироздания.

Один из общих однозначных выводов теории, как мне сейчас кажется, состоит в следующем.

Удалось на строгой научной основе доказать, что известные общие законы природы, в соответствии с мировоззренческими предвидениями Г. Галилея, Дж. К. Максвелла, Ч. Дарвина, А. Пуанкаре и других классиков естествознания, действуют на всех уровнях организации неорганической и органической материи. Как я убеждён, эти законы предопределяют естественное возникновение и развитие живых существ в разных областях Вселенной. Жизнь (в разнообразных формах её проявления), в соответствии с философскими взглядами известных творцов естествознания, есть неотъемлемая составляющая эволюции материи. Замечу, что

отдельные исследователи стали сопоставлять мои мировоззренческие представления со взглядами классиков науки. Это подтверждает то, что рассматриваемые мной вопросы имеют серьёзное отношение к общим проблемам мироздания.

Из сказанного следует, что термодинамическая теория не оставляет места креационизму, если, конечно, с этим понятием (как иногда допускают) связывать только проблему сотворения живых существ. Однако, это вовсе не означает, что наука всеильна и она не оставляет определённую разумную нишу для научно обосновываемой духовности – веры и религии. Если под термином «креационизм» понимать религиозное учение о сотворении Творцом – Богом из ничего «исходного, когда-то зародившегося» Мира, то спор между таким «религиозным креационизмом» и наукой вряд ли разрешим. Во всяком случае, для человека, в том числе и образованного, всегда без определённого (конкретного) ответа остаётся вопрос: «Каким образом возник Мир и почему существуют, именно эти, привнесённые извне, известные нам, общие законы Природы?». Подобные вопросы, по-видимому, также никогда не получают однозначного ответа!

Заканчивая эту скромную заметку, хотел бы извиниться перед читателями в связи с тем, что при изложении материала я, по-видимому, упустил отдельные важные моменты, необходимые для осознания ряда высказанных положений.

Отдельные работы, в которых представлены некоторые соображения относительно общих законов природы

Пуанкаре Анри. О науке. – М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1983. – 560 с.

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

Bogolubov N. N. Selected works. Part 1. Dynamical Theory.– Gordon and Breach Science Publishers, 1990.

Седов Л. И. Размышления о науке и об ученых. – М.: Наука, АН СССР, Математический институт им. В. А. Стеклова, 1980. – 440 с.; *Седов Л. И.* Научные теории, модели и реальность // Природа. – 1984. – № 11. С. 3–10.

Gladyshev G. P. Second law and biological evolution (in Russian) or pdf format
<http://www.endeav.org/evolut/text/EJMAPS2004/EJMAPS2004.pdf> August,
2004.

**Последние публикации в области термодинамической
теории происхождения жизни, биологической эволюции и
старения живых существ**

Гладышев Г. П. Супрамолекулярная термодинамика – ключ к осознанию явления жизни. Что такое жизнь с точки зрения физико-химика. 2-е изд. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований. «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – 144 с.

Gladyshev G. P. Macrothermodynamics of Biological Evolution . Aging of Living Beings // International Journal of Modern Physics B. – Vol. 18. – No. 6. – 2004. – P. 801–825.

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. – P. 157–188.

Гладышев Г. П. Биологическая эволюция, энтропия и свободная энергия Гиббса // Известия МАН ВШ. – 2003. – № 2 (24), С. 30–40.

Gladyshev G. P. Thermodynamics of biological evolution and aging // Electron. J. Math. Phys. Sci. (USA). – 2002. – Sem. 2. – P. 1–15. www.ejmaps.org .

Gladyshev G. P. The Hierarchical Equilibrium Thermodynamics of Living Systems in Action // SEED Journal (Canada). – 2002. – № 3. – P. 42–59.
<http://www.library.utoronto.ca/see/pages>

Gladyshev G. P. Thermodynamic Theory of Biological Evolution and Aging . Experimental Confirmations of Theory // Entropy. – 1999. – Vol. 1. – №. 4. – P. 55–68. www.mdpi.org/entropy.

Дополнительная информация в Интернете:
<http://www.endeav.org/evolut>

