

КРИТЕРИИ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ



Эткин Валерий Абрамович – доктор технических наук, профессор, Советник проректора по науке, Научно–исследовательский центр, Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

Аннотация

На основании данных наблюдательной астрономии и принципа эквивалентности массы и энергии показано, что для небарионной (неструктурированной) материи, составляющей не менее 95% массы Вселенной и обладающей только гравитационной энергией, характерно стремление к неоднородному состоянию и превращению в барионное (структурированное) вещество, обладающее помимо гравитационной энергией другими ее формами. При этом самопроизвольному уменьшению гравитационной энергии небарионной материи соответствует возрастание всех форм энергии барионной материи, приобретение ею новых свойств и удаление от равновесия до тех пор, пока диссипативные процессы в ней не превысят скорость ее эволюции. Возникающее благодаря этому непрерывное чередование процессов эволюции и инволюции в различных областях Вселенной позволяет ей существовать вечно, минуя состояние равновесия.

На этой основе предлагаются энергетические (неэнтропийные) критерии эволюции и инволюции, выражающие направление и скорость этих процессов измеримыми параметрами системы и позволяющие проследить за эволюцией и инволюцией каждой степени свободы поливариантной системы в отдельности. Приводятся примеры, подтверждающие единство законов эволюции для всех форм энергии барионной материи и объектов живой и неживой природы.

1. Введение.

Несмотря на заметные успехи в объяснении процессов «самоорганизации» в живой и неживой природе с позиций теории необратимых процессов и синергетики [1-10], исследование проблем эволюции на строгой физико-

математической основе встречает большие трудности. Значительная часть их связана с тем, что в равновесной и неравновесной термодинамике отсутствуют параметры, характеризующие удаление системы от состояния механического, теплового, химического, электрического и т.п. равновесия. Энтропия Клаузиуса S для этой цели неприменима, поскольку она остается неизменной, если удаление системы от равновесия или приближение к нему обусловлено совершением обратимой работы [11,12]. Неприемлем и критерий «производства энтропии» $P = d_i S/dt$ термодинамики необратимых процессов (ТНП) [13,14], который также отражает лишь инволюцию (деградацию) системы и к тому же имеет экстремум лишь в очень частном случае стационарных процессов в линейных системах и состояниях вблизи равновесия, что отнюдь не свойственно биологическим системам и процессам эволюции. Понимая это, многие исследователи пытались подменить термодинамическую энтропию более общими понятиями статистической и информационной энтропии, которые хотя бы формально могли отразить упорядочивание систем в процессах эволюции. Таковы, казалось бы, свободная энергия Гельмгольца или Гиббса [11,12], которые характеризуют «неэнтропийную» часть энергии системы. Однако и они такими свойствами не обладают и не приобрели их даже после введения в ТНП понятий термодинамических сил X_i и потоков J_i [13,14], поскольку эти параметры состояния и процесса находятся на основе выражения $d_i S/dt$ и способны отразить лишь деградацию системы. Поэтому и они не устранили «вопиющего противоречия термодинамики и теории биологической эволюции» (И. Пригожин) [3].

Для успешного исследования проблем эволюции необходима, очевидно, теория, которая в отличие от «квазитермодинамики» Л. Онзагера [15] или «псевдотермостатики» В. Томсона [16] не исключала бы из рассмотрения какую-либо (обратимую или необратимую) часть реальных процессов и отражала бы изменение упорядоченной части энергии системы с помощью измеримых параметров состояния.

Решение этой задачи становится возможным после разработки энергодинамики – термодинамической по своей сути теории скорости и производительности реальных процессов, которая в противоположность гипотезе локального равновесия явным образом учитывает внутреннюю неравновесность исследуемых систем (их упорядоченность) с помощью специфических параметров пространственной неоднородности [17]. Ее приложение к проблемам эволюции позволяет показать, что все эволюционные

процессы, происходящие в объектах живой и неживой природы, являются следствием противоположной направленности самопроизвольных процессов в небарионной (невидимой) части материи Вселенной при ее превращении в барионное (видимое, наблюдаемое) вещество. При этом устраняются все противоречия термодинамики в ее приложении к теории биологической эволюции [18], которая предстает при этом как следствие преобладания в них работы «против равновесия» над диссипацией.

2. Специфика энергодинамического подхода к изучению процессов эволюции

Энергодинамика [12] представляет собой синтез равновесной и неравновесной термодинамики с последующим обобщением их на системы, совершающие полезную (обратимую) работу. Эта теория позволяет исследовать внутренние процессы в изолированных системах, включая Вселенную в целом как всю совокупность взаимодействующих (взаимно движущихся) материальных объектов. Подобно равновесной [11,12] и неравновесной [13,14] термодинамике, энергодинамика оперирует понятием внутренней энергии U , что необходимо при исследовании изолированных систем. Однако поскольку в таких системах внешний теплообмен Q и внешняя работа W отсутствуют, вместо 1-го начала термодинамики

$$dU = \delta Q - \delta W \quad (1)$$

энергодинамика использует развернутое выражение полного дифференциала энергии системы U как функции состояния системы, число аргументов которой равно числу протекающих в ней независимых процессов. Такой (более общий) подход требует явного учета процессов *перераспределения* экстенсивных параметров состояния Θ_i (массы M , энтропии S , заряда Z , числа молей k -х веществ N_k и т.п.) по объему неоднородной системы V при совершении в ней внутренней работы «против равновесия». В неоднородных системах эти параметры становятся распределенными произвольным образом по объему системы V , так что основной особенностью энергодинамики становится переход от функции распределения указанных параметров к параметрам системы в целом, которыми, как известно, и оперирует термодинамика. Это позволяет применить математический аппарат классической термодинамики к неоднородным системам как целому, не прибегая к гипотезе локального равновесия и не разбивая систему на бесконечное число условно равновесных элементов.

Для наглядности упомянутые функции распределения представлены на рис.1 в виде кривых плотности $\rho_i(\mathbf{r},t) = \partial\Theta_i/\partial V$ обычных («термостатических»

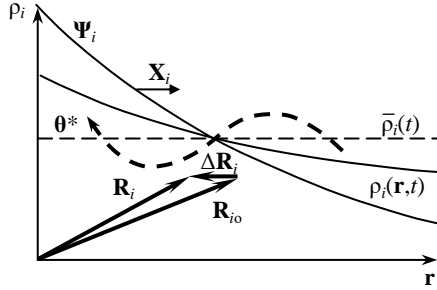


Рис. 1. К образованию момента распределения.

параметров Θ_i . Как следует из рисунка, при отклонении распределения Θ_i от равномерного с плотностью $\bar{\rho}_i(t)$ некоторое количество Θ_i^* величины Θ_i переносится из одной части системы в другую в направлении, указанном стрелкой. Это вызывает смещение центра этой величины из первоначального положения \mathbf{R}_{i0} в текущее \mathbf{R}_i , которые определяется известными выражениями:

$$\mathbf{R}_i = \Theta_i^{-1} \int \rho_i(\mathbf{r},t) \mathbf{r} dV; \quad \mathbf{R}_{i0} = \Theta_i^{-1} \int \bar{\rho}_i(t) \mathbf{r} dV. \quad (2)$$

Связанное с этим отклонение системы в целом от равновесия i -го рода (механического, термического, электрического и т.п.) сопровождается возникновением некоторого «момента распределения»

$$\mathbf{Z}_i = \Theta_i \Delta\mathbf{R}_i = \int_V [\rho_i(\mathbf{r},t) - \bar{\rho}_i(t)] \mathbf{r} dV \quad (3)$$

с «плечом» $\Delta\mathbf{R}_i = \mathbf{R}_i - \mathbf{R}_{i0}$, названном нами «вектором смещения».

Отклонение системы от равновесия порождает силу \mathbf{X}_i , стремящуюся вернуть ее в исходное состояние:

$$\mathbf{X}_i \equiv -(\partial U / \partial \mathbf{Z}_i). \quad (4)$$

Эта сила вызывает процесс релаксации, скорость которой определяется полной производной по времени от момента \mathbf{Z}_i :

$$\mathbf{J}_i \equiv d\mathbf{Z}_i/dt = \Theta_i \mathbf{v}_i, \quad (5)$$

где $\mathbf{v}_i = d\mathbf{R}_i/dt$ – скорость переноса энергоносителя Θ_i в системе координат, относительно которой объем V неподвижен. В термодинамике необратимых стационарных процессов (ТНП) [13,14] эти величины именуется потоками, а в энергодинамике они приобретают единый смысл импульса энергоносителя Θ_i .

Таким образом, любая i -я форма энергии каждой фазы или компонента неоднородной системы U_i становится в энергодинамике функцией момента $U_i(\mathbf{Z}_i)$, что позволяет представить полный дифференциал и полную производную по времени энергии системы $U = \sum_i U_i$ в виде тождества [17]:

$$dU \equiv -\sum_i \mathbf{X}_i \cdot d\mathbf{Z}_i; \quad dU/dt \equiv -\sum_i \mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i, \quad (i=1,2,\dots, n) \quad (6)$$

где n – число независимых форм энергии всех независимых фаз и компонентов поливариантной системы.

Тождества (6) выражают изменения энергии неравновесной системы через параметры состояния \mathbf{X}_i и \mathbf{Z}_i независимо от того, чем обусловлено их изменение – внешним энергообменом или внутренними (в том числе диссипативными) процессами. Поэтому они применимы как к неизолированным, так и изолированным системам¹⁾. Другое их преимущество состоит в том, что они позволяют находить движущие силы \mathbf{X}_i и обобщенные скорости векторных процессов \mathbf{J}_i , не прибегая к составлению сложных и громоздких уравнений баланса энтропии $d_i S/dt$ с использованием ряда профильных дисциплин. При этом параметры \mathbf{X}_i также приобретают единый для всех форм энергии смысл силы $\mathbf{F}_i = -(\partial U/\partial \mathbf{r})$ в ее обычном понимании, отнесенной к переносимой ими величине Θ_i . Все это позволяет в дальнейшем выразить критерии эволюции через измеримые параметры состояния, имеющие ясный физический смысл.

3. Общие критерии эволюции и инволюции Вселенной

Приложим тождество (6) к небарионной материи, не разделяя ее на «темную» материю и «темную энергию» и понимая под ней ту часть вещества Вселенной, которая участвует только в гравитационном взаимодействии [18,19]. Поскольку ее доля в массе всей Вселенной составляет не менее 95%, ее можно считать первичной, неструктурированной частью материи, из которой в процессе эволюции образовались все формы барионного (структурированного) вещества Вселенной, участвующего в электромагнитном взаимодействии и потому «видимого» (наблюдаемого).

Величина гравитационной энергии U_g небарионной энергии может быть найдена непосредственно из принципа эквивалентности энергии массе покоя, когда эта «первоматерия» составляла все 100% массы Вселенной M :

$$U_g = Mc^2, \text{ Дж}; \quad (7)$$

где c – скорость света в межгалактической среде.

Согласно (7), гравитационный потенциал небарионной материи как величина ее удельной энергии $\Psi_g = (\partial U_g/\partial M)$ равна c^2 . Постоянство этой величины исключает возможность нахождения на его основе гравитационного ускорения \mathbf{g} обычным образом как отрицательного градиента этого потенциала.

¹⁾ В последнем случае тождества (6) обращаются в нуль.

Поэтому в энергодинамике вводится новое понятие объемной напряженности гравитационного поля \mathbf{X}_g , исходящее из упомянутого выше принципа (7):

$$\mathbf{X}_g = -(\partial u_g / \partial \mathbf{r}) = -c^2 \nabla \rho, \text{ Н/м}^3 \quad (8)$$

где $u_g = \rho c^2$ – плотность гравитационной энергии, (Дж/м³).

Из (8) следует, что величина \mathbf{X}_g имеет смысл обычной силы $\mathbf{F}_g = -(\partial U_g / \partial \mathbf{r})$, отнесенной к единице объема поля, так что соотношение (8) представляет собой некую полевую форму закона гравитации. Принципиальное отличие его от закона тяготения Ньютона заключается в том. Что согласно ему объемная напряженность гравитационного поля небарионной материи \mathbf{X}_g может принимать различный знак в зависимости от направления $\nabla \rho$ и обращаться в нуль при установлении в ней гравитационного равновесия ($\nabla \rho = 0$). Существование гравитационных сил отталкивания, как и гравитационного равновесия, никоим образом не следовало из закона тяготения Ньютона, согласно закону тяготения Ньютона ускорение свободного падения \mathbf{g} всегда имеет один и тот же знак и обращается в нуль лишь на бесконечности. Однако полевая форма закона гравитации (8) не противоречит закону Ньютона, если в нем выразить \mathbf{g} в функции $\nabla \rho$. Следует только учесть, что по историческим причинам силу тяготения \mathbf{F}_g в этом законе считают положительной величиной, а более поздние понятия гравитационной энергии U_g и гравитационного потенциала ψ_g – напротив, отрицательными:

$$\psi_g = -GM/R, \quad (9)$$

где G – гравитационная постоянная, R – расстояние от центра массы M до точки поля с потенциалом ψ_g .

Совершенно очевидно, что для сплошной среды понятия «центра массы M » лишено смысла. Поэтому для представления ускорения \mathbf{g} в функции $\nabla \rho$ применим (9) к системе единичного объема V с радиусом R и массой $M = \rho V$. На поверхности такой единичной сферы величина GV/R постоянна, и

$$\mathbf{g} = (GV/R)\nabla \rho. \quad (10)$$

Согласно такой «полевой» форме закона Ньютона также следует, что ускорение \mathbf{g} в сплошной среде действует в том же направлении, что и $\nabla \rho$. Это означает, что если в какой-либо области Вселенной случайно возник градиент плотности небарионного вещества, то силы тяготения ведут к дальнейшему его возрастанию, т.е. к дальнейшему уплотнению одних и разрежению других областей. Вселенной. Такая «неустойчивость» гравитационного равновесия в небарионной материи и приводит к ее «конденсации» в местах ее наибольшей плотности и к образованию из нее барионного (структурированного) вещества с

появлением у него новых форм энергии (тепловой, деформационной, химической, электрической, ядерной и т.п.) со всеми вытекающими отсюда последствиями [20].

О том, насколько сильны тенденции небарионной материи к неоднородному состоянию, можно судить по чрезвычайно высокой разности плотности вещества во Вселенной (для межгалактической среды $\rho \sim 10^{-27}$ г/см³; для белых карликов $\rho \sim 10^{18}$ г/см³), а также по соотношению ньютоновского ψ_g и небарионного Ψ_g гравитационных потенциалов, составляющему для поверхности Солнца величину $\sim 2 \cdot 10^{-6}$). Необычайно высокая объемная напряженность небарионной материи и создает предпосылки для ее «конденсации» с образованием барионного вещества. В этом процессе гравитационная энергия небарионной материи U_g уменьшается на величину суммарной энергии $\sum_j U_j$ всех вновь приобретенных барионной материей j -х форм. Отсюда в соответствии с уравнением баланса энергии Вселенной, состоящей из барионного и небарионного вещества

$$U_g = Mc^2 - \sum_j U_j = \text{const} - \sum_j U_j \quad (11)$$

следует, что $\sum_j dU_j/dt = -dU_g$, так что

$$\sum_j dU_j/dt = \sum_j \mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j > 0. \quad (12)$$

Таким образом, *общим критерием эволюции всех форм барионного вещества Вселенной является увеличение суммарной энергии всех ее новоприобретенных форм.* Этот критерий следует только из экспериментального факта самопроизвольного превращения во Вселенной небарионной материи в барионную и не зависит от каких-либо физических моделей барионной или небарионной материи. Он не исключает возможности появления у отдельных слагаемых выражения (12) различных знаков произведения $\mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j$ вследствие взаимопревращения различных форм энергии. Это позволяет проследить за поведением каждой степени свободы системы в отдельности и легко отличить ее *эволюцию* или *инволюцию*:

$$dU_j/dt = \mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j > 0 \text{ (эволюция); } dU_j/dt = \mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j < 0 \text{ (инволюция),} \quad (13)$$

а также состояние *равновесия* от *стационарного* состояния:

$$\mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j = 0 \text{ при } \mathbf{X}_j, \mathbf{J}_j = 0 \text{ (равновесие);} \quad (14)$$

$$\mathbf{X}_j \cdot \mathbf{J}_j = 0 \text{ при } \mathbf{X}_j, \mathbf{J}_j \neq 0 \text{ (стационарное состояние).} \quad (15)$$

Согласно этим критериям, переход от стадии эволюции ($dU_j/dt > 0$) к стадии инволюции ($dU_j/dt < 0$) любой формы энергии изолированной системы происходит, когда скорость ее превращения в другие формы (в том числе тепловую) начинает превышать скорость ее возрастания вследствие поступления «свободной» энергии от небарионной фазы вещества той же системы или от

других степеней ее свободы той же системы. Таковы общие закономерности поведения любых объектов живой и неживой природы во Вселенной как целом.

Принципиальным отличием энергодинамического подхода к проблеме эволюции является нахождение источника свободной энергии внутри самой Вселенной, каковой является энергия небарионной фазы ее вещества. Процесс ее конденсации и является первичным источником энергии не только звезд, но и планет типа Земля со всеми протекающими в них и в окружающей их среде процессами. Этот неконтролируемый и непрекращающийся энергообмен между небарионной и барионной материей осуществляется даже тогда, когда современные средства наблюдения его не обнаруживают. Он и обуславливает в конечном счете эволюцию объектов живой и неживой природы во Вселенной.

Из изложенного со всей очевидностью следует, что направление самопроизвольных процессов в небарионном и барионном веществе противоположно, так что природе в целом свойственно не только стремление к хаосу, но и к упорядочиванию состояния. Вопрос заключается лишь в том, какая из двух тенденций преобладает в том или ином неравновесном состоянии системы, и какую роль играет в этих процессах диссипация энергии. Чтобы выяснить это, рассмотрим некоторые процессы эволюционного характера.

4. Возникновение гравидинамической энергии

Первым самопроизвольным процессом, возникающим в небарионной материи в полном согласии с критерием ее эволюции (12), является возникновение в ней стоячих волн плотности $\rho(\mathbf{r}, t)$ [21]. Неизбежность их возникновения обусловлена самим законом сохранения массы M изолированной системы. Действительно выражая массу M в виде интеграла $M = \int \rho dV$ от ее плотности ρ , в силу закона ее сохранения имеем

$$dM/dt = \int (d\rho/dt) dV = 0. \quad (16)$$

Отсюда непосредственно следует, что плотность вещества Вселенной или любой другой изолированной системы в ее различных областях может изменяться противоположным образом, т.е. если в одних частях системы (областях, фазах, компонентах) $d\rho/dt > 0$, то в других $d\rho/dt < 0$. Следовательно, критерию эволюции Вселенной (12) отвечает возникновение в ней незатухающих автоколебаний плотности небарионной материи в виде волн ее плотности. При этом возрастание плотности в одной части волны сопутствует убыванию ее в другой полуволне.

Этот процесс волнообразования иллюстрируется рис.2, на котором изображена одна полуволна плотности небарионного вещества как следствие самопроизвольного отклонения ее локальной плотности ρ от ее средней величины $\bar{\rho}$. Этот процесс сопровождается переносом массы волны M из положения $\mathbf{r}_{\text{во}}$ в положение $\mathbf{r}_{\text{в}}$, т.е. ее смещением в каждом из полупериодов на расстояние $\Delta\mathbf{r}_{\text{g}} = \mathbf{r}_{\text{в}} - \mathbf{r}_{\text{во}}$, равное четверти длины волны λ , и возникновением колебательного движения небарионного вещества, в котором величина $\Delta\mathbf{r}_{\text{g}}$ меняет свой знак, не выходя, однако, за пределы полуволны. Таким образом, образовавшаяся волна является стоячей. Длина таких волн, судя по данным наблюдательной астрономии, может быть самой разнообразной – от микроволн, оставляющих точечный след в камере Вильсона или на фотоэмульсии, до гигантских волн, образующихся впереди быстро движущихся небесных тел [22] или концентрических волн, образующих кольцеобразные скопления галактик с радиусом в 500 млн световых лет [23].

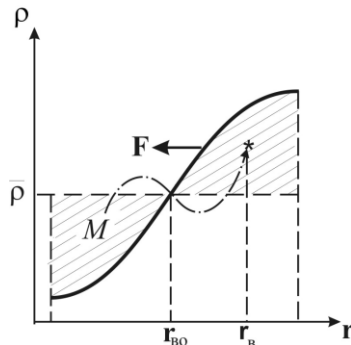


Рис.2. Полуволна как диполь

Колебательное движение масс внутри стоячих волн свидетельствует о появлении у небарионной материи кинетической энергии колебательного движения $U_{\text{к}}$. Чтобы оценить ее, учтем, что смещение на расстояние $|\Delta\mathbf{r}_{\text{g}}|$ осуществляется за полупериод колебания $\tau = 1/2\nu$, так что средняя скорость смещения массы $v_{\text{в}}$ при частоте ν и $\lambda\nu = c$ равна

$$v_{\text{в}} = |\Delta\mathbf{r}_{\text{g}}|/\tau = \lambda\nu/2 = c/2. \quad (17)$$

В таком случае плотность кинетической энергии колебательного движения равна

$$u_{\text{к}} \equiv \rho v_{\text{в}}^2/2 = \rho c^2/8 \text{ (Дж/м}^3\text{)}. \quad (18)$$

Эту энергию небарионного вещества мы будем называть в противоположность $U_{\text{г}}$ «гравидинамической» энергией $U_{\text{к}}$. Локально (в масштабах длин волн) она упорядочена и легко превратима в любую другую форму энергии, что делает гравитационную энергию способной к превращению

даже при неизменном положении небесных тел. Поскольку изоляции от гравитационного взаимодействия не существует, это объясняет множество непознанных природных явлений, начиная от истинных источников энергии «горячего» и «холодного» ядерного синтеза, глобальных катастроф и стихийных бедствий, и кончая таинственными источниками энергии «сверхединичных» устройств, роста и излучения объектов неорганической природы [24].

5. Возникновение барионного вещества и тепловой формы энергии

В соответствии с рис.2, амплитуда автоколебаний плотности ($\rho_{max} - \rho_{min}$) не может превысить удвоенной средней плотности $\bar{\rho}$. Поэтому в межгалактической среде с плотностью порядка 10^{-27} г/см³, энергия этих колебаний пренебрежимо мала. Она становится ощутимой лишь по мере уплотнения небарионной материи, так что процессе ее «конденсации» (превращения в барионное вещество) начинается в областях с ее максимальной плотностью. Ввиду различной ориентации векторов смещения $\Delta \mathbf{r}_g$ в пространстве часть этой колебательной энергии является неупорядоченной (хаотической). Г. Гельмгольц назвал эту энергию «связанной» (с теплотой), определив ее как произведение абсолютной температуры T и энтропии S . Это придает этим параметрам смысл интенсивной и экстенсивной мер колебательного движения в барионной материи, играющим по отношению к связанной энергии $U_T = TS$ ту же роль, что скорость \mathbf{v}_v и импульс $\mathbf{P} = M\mathbf{v}_v$ – по отношению к упорядоченному движению. При этом энтропия $S = U_T/T$ предстает как «термоимпульс», т.е. импульс частиц вещества, утративший векторную природу вследствие хаотичности этого движения [25].

Из общих критериев эволюции (12) следует, что для системы, в которой все формы внутренней энергии так или иначе связаны с теплотой, эволюция тепловой формы энергии подчинена условию:

$$dU_T = TdS + SdT > 0. \quad (19)$$

Согласно (19), изменить связанную энергию Гельмгольца можно либо путем ее переноса через границы системы из окружающей среды (т.е. путем обратимого теплообмена $\delta Q = TdS$), либо за счет превращения в теплоту других форм энергии (т.е. совершением работы диссипативного характера $\delta W = SdT$). Чтобы убедиться в последнем, представим полную производную по времени t от энтропии S в виде:

$$dS/dt = (\partial S/\partial t)_r + (\mathbf{v}_s \cdot \nabla)T. \quad (20)$$

Члену SdT/dt несложно придать вид диссипативной функции Td_iS/dt , представив $S(\mathbf{v}_s \cdot \nabla)T$ в форме произведения потока энтропии $\mathbf{J}_s = S\mathbf{v}_s$ на его

движущую силу $\mathbf{X}_s = -\nabla T$, как это принято в термодинамике необратимых процессов (ТНП) [13]. Тогда критерий эволюции (13) примет вид

$$dU_T/dt = T(d_e S/dt + d_i S/dt) = \delta Q^e/dt - \mathbf{J}_s \cdot \mathbf{X}_s > 0. \quad (21)$$

Здесь выражение в скобках тождественно уравнению 2-го начала термодинамики в форме, предложенной И. Пригожиным [3]:

$$d_e S/dt + d_i S/dt > 0, \quad (22)$$

где $d_e S = \delta Q/T$ и $d_i S = \delta Q^d/T$ – приращения энтропии, вызванные внешним теплообменом δQ и внутренними источниками тепла диссипации δQ^d («производством» энтропии вследствие необратимости). В адиабатически изолированных системах (где $\delta Q = 0$) сохраняется лишь последний член (21), что соответствует критерию эволюции данной степени свободы (13).

Возникновение в барионной материи тепловой энергии сопровождается появлением теплового излучения, которое отличается сплошным спектром. Это излучение модулирует стоячие колебания небарионной материи новыми частотами и порождает в ней бегущие волны, переносящие это излучение. Последнее и делает барионное вещество «видимым» [20,21].

Согласно (19), процесс преобразования упорядоченных форм энергии барионной материи в неупорядоченную сопровождается ростом как энтропии, так и температуры. Этот процесс традиционно представляют как приближение Вселенной к «тепловой смерти». Однако не следует упускать из виду, что барионная материя составляет менее 5% ее массы, а сама барионная материя с присущей ей тепловой формой движения в процессе кругооборота вещества в ней вновь возвращается к изначальной небарионной форме, которой диссипативные процессы вовсе не свойственны. Поэтому с позиций энергодинамики «тепловая смерть» отнюдь не грозит Вселенной [26].

5. Процессы структуризации барионной материи

В процессе перехода небарионной материи в барионное вещество может возникать не только хаотическая (тепловая), но и упорядоченная энергия. Это происходит, когда конденсируются (объединяются) волны с одинаковой направленностью поступательной \mathbf{w} и вращательной $\boldsymbol{\omega}$ составляющей скорости колебательного движения \mathbf{v}_v . В частности, это могут быть структуры, отличающиеся знаком отклонения этих скоростей от их среднего значения, что воспринимается нами как разноименные заряды, полюса или спины элементарных частиц. Большой интерес представляет в этом плане волновая концепция строения вещества [21], и в особенности представление о том, что все

структурные элементы барионного вещества представляют собой замкнутые волны [27]. Из них могут образоваться и более сложные структуры, которые мы называем атомами, молекулами, k -ми веществами, газообразными, жидкими и твердыми телами и т. п.

Одной из таких структур являются монокристаллы различной формы. С термодинамических позиций процесс кристаллизации обычно представляется как аналог фазового превращения, связанный с образованием элементарных объемов V_j новой фазы с поверхностью f_j и поверхностным натяжением σ_j , причем объем монокристалла V рассматривается как сумма объемов V_j воображаемых пирамид с высотой h_j , вершины которых находится в некоторой общей «точке Вульфа» внутри кристалла, а основанием является соответствующая j -я грань монокристалла с площадью f_j [11]. В таком случае образование монокристаллов представляется как процесс изменения объема кристаллической фазы $V = \sum_j V_j = \frac{1}{3} \sum_j f_j h_j$, не сводимый к процессу ее объемной деформации и удовлетворяющий закону Вульфа

$$\sigma_j/h_j = \text{const.} \quad (23)$$

Согласно этому закону, равновесная форма монокристалла характеризуется тем, что его грани удалены от общей вершины пирамид на расстояние, пропорциональное поверхностным натяжениям граней. Из него также следует, что скорость нарастания отдельных граней монокристалла пропорциональна поверхностным натяжениям (свободным энергиям) этих граней.

Нетрудно заметить, что в такой модели процесса кристаллизации центры объема каждой из пирамид оказывается смещенным относительно центра монокристалла (точки Вульфа) в среднем на величину $\frac{2}{3}h_j$, что приводит под действием движущей силы $|\mathbf{X}_j| = \sigma_j$ к образованию некоторого «момента распределения объема» $\mathbf{Z}_j = \frac{2}{3}V_j h_j$. Поэтому тот же результат (23) можно получить, используя критерий (12) [17]:

$$dU_f = - \mathbf{X}_f \cdot d\mathbf{Z}_f > 0, \quad (24)$$

Рассмотренный пример показывает, что в изолированной системе (если пренебречь влиянием небарионной материи) процесс упорядочивания ее структуры может происходить только вследствие разупорядочивания других степеней свободы (вследствие совершения ими внутренней работы «против равновесия») и при наличии в этих процессах диссипации энергии лишь приближает ее к равновесию в полном соответствии с классической термодинамикой.

Это означает, что применение понятия «самоорганизация» к изолированным системам является недоразумением.

7. Появление новых степеней свободы вращательного движения

Рассмотрим теперь пример, когда структуризация системы заключается в возникновении в системе упорядоченного вращательного движения. Пусть мы имеем неподвижную в целом систему, макроскопическая часть которой (k -й компонент) вращается подобно неуравновешенному волчку (рис.4). Момент количества движения такого волчка \mathbf{L}_k не совпадает с собственной осью его вращения, в результате чего он помимо вращения вокруг собственной оси с угловой скоростью $\mathbf{\Omega}_k$ испытывает прецессию с угловой скоростью $\mathbf{\omega}_k$. Если совместить ось x с осью симметрии волчка, а ось y – с плоскостью, образованной векторами \mathbf{L}_k и $\mathbf{\Omega}_k$, то угловую скорость вращения волчка вокруг собственной оси $\Omega_k = |\mathbf{\Omega}_k|$ и угловую скорость его прецессии $\omega_k = |\mathbf{\omega}_k|$ можно выразить соотношением [17]:

$$\Omega_k = L_k \cos \varphi / I_x; \quad \omega_k = L_k / I_y, \quad (25)$$

где $L_k = |\mathbf{L}_k|$; I_x, I_y – моменты инерции волчка относительно осей x и y ; φ – угол, образованный векторами \mathbf{L}_k и $\mathbf{\Omega}_k$. Этим угловым скоростям соответствуют внутренние кинетические энергии основного $U_k^c = L_k^2 \cos^2 \varphi / 2I$ и прецессионного

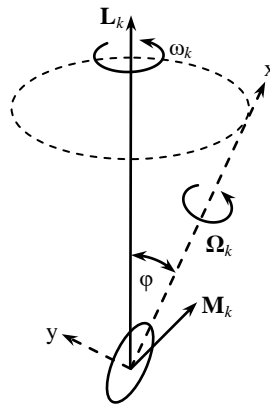


Рис. 3. Прецессия волчка.

$U_k^p = L_k^2 / 2I_y$ вращения, так что суммарная кинетическая энергия рассматриваемого волчка $U_k = L_k^2 (\cos^2 \varphi + I_x / I_y) / 2I_x$ является в общем случае функцией не только количества движения \mathbf{L}_k , но и угла φ , определяющего ориентацию оси его собственного вращения в пространстве. Сопоставляя ее с величиной $U_{k0} = L_k^2 / 2I_x$ при $\varphi = 0$, находим, что она превышает таковую в отсутствие прецессии (при $\varphi = 0$) на величину:

$$U_k - U_{k0} = L_k^2 (I_x / I_y - \sin^2 \varphi) / 2I_x. \quad (26)$$

Это соответствует критериям эволюции (13) и означает, что новые степени свободы в обычной (барионной) материи возникают по мере удаления системы от состояния равновесия за счет совершения внутренней работы «против равновесия». В изолированных системах эту работу могут совершать только те степени свободы системы, которые сами не находятся во внутреннем равновесии, т.е. упорядочены. Следовательно, «порядок» в одних степенях свободы изолированной системы может возникать только за счет «порядка» в других степенях ее свободы (в том числе за счет «гравикинетической» энергии небарионной фазы), но только не за счет «хаоса», как это утверждает ТНП [3].

8. Процессы структурообразования в биологических системах

В последние десятилетия приобретает все большую популярность представление о «самоорганизации» в живой и неживой природе как о необратимом процессе, приводящем в результате кооперативного действия к образованию в системе все более сложных структур. Считается, что сложная неравновесная система, находящаяся вдали от равновесия в неустойчивом состоянии (вблизи «точки бифуркации»), может под влиянием флуктуаций самопроизвольно и скачкообразно перейти в одно из нескольких дискретных устойчивых состояний. Согласно этой концепции, самоорганизация происходит при приближении системы к равновесию, а не при удалении от него, как это следует из критериев эволюции (12, 13). Поскольку же равновесие отождествляется при этом с «хаосом», возникает представление о том, что «порядок» в таких системах возникает за счет «хаоса» [3]. И все это делается без строгих доказательств ошибочности 2-го закона термодинамики. Нередко можно встретить даже утверждение о возможности самоорганизации не только открытых, но и изолированных систем, что находится в еще более вопиющем противоречии с термодинамикой. При этом в качестве примера самоорганизации в изолированной системе ссылаются на циклические реакции Белоусова – Жаботинского [28,29], игнорируя то обстоятельство, что изоляции от гравитационных полей, потоков нейтрино и физического вакуума не существует. Кроме того, сами эти циклические реакции составляют лишь часть степеней свободы сложной химически реагирующей системы, так что в этом случае речь идет о «сопряженных» химических реакциях, одни из которых протекают в обратном направлении за счет других реакций, направленных на установление равновесия, а не о «самоорганизации системы в целом.

Вообще говоря, трудно найти термин, менее подходящий для описания сути процессов эволюции, чем «самоорганизация». Действительно, этимология этого термина указывает на самопроизвольность этого процесса, т.е. на отсутствие каких-либо внешних воздействий со стороны окружающей среды или других форм энергии той же системы. Однако этого в действительности нет ни в одной из реальных систем. Даже во Вселенной, включающей в себя «все сущее» и наиболее полно удовлетворяющей понятию изолированной системы, существует, как показано выше, антипод барионной материи, входящий в состав системы как ее несконденсированная (небарионная) фаза. Поэтому было бы более правильным говорить не о самоорганизации, а о процессах структурообразования в системе под влиянием сторонних воздействий, независимо от того, откуда они исходят: из внешней среды или от других фаз или компонентов той же системы.

При таком подходе сразу возникает сомнение в необратимости процесса структурообразования. Действительно, необратимым называется односторонний процесс, суть которого состоит в «невозможности вернуть всю природу в первоначальное состояние»

[30]. Структуры же, созданные путем совершения работы «против равновесия», разрушаются сами по мере приближения системы к равновесию.

Другое противоречие возникает при рассмотрении процессов совершения конкретных форм работы «против равновесия». Одним из наиболее важных процессов такого рода является «активный транспорт» веществ в биосистемах, т.е. процесс переноса k -го вещества в сторону повышенной его концентрации [25]. В этом процессе поток вещества \mathbf{J}_k и движущая сила диффузии силы векторной природы \mathbf{X}_k направлены встречно (что удовлетворяет критерию эволюции (13), а их произведение является величиной отрицательной. Естественно, что существующая теория стационарных необратимых процессов [13, 14], базирующаяся на выражении для скорости возникновения энтропии

$$Td_iS/dt = \sum_k \mathbf{X}_k \cdot \mathbf{J}_k > 0, \quad (27)$$

не способна описать такие процессы, поскольку правая часть (27) в этом случае отрицательна в нарушение 2-го закона термодинамики. Это же замечание относится и к явлениям «восходящей диффузии» веществ в неорганических материалах [31], а также к «сопряженным» химическим реакциям, идущим в направлении увеличения их химического сродства [32]. Поэтому ТНП в принципе не может описать явления «самоорганизации».

Еще одно противоречие возникает в связи с нарушением в биосистемах одного из важнейших положений ТНП – принципа Кюри [33], исключающего возможность сопряжения (взаимосвязи) векторных и скалярных процессов. Между тем взаимосвязь скалярных химических реакций с векторными процессами транспорта реагентов играет, как известно, основополагающую роль в жизнедеятельности биосистем. Все эти трудности отсутствуют в энергодинамике, в которой силы \mathbf{X}_i и потоки \mathbf{J}_i определяются непосредственно из тождества (6). Сомножители в его правой части могут быть как скалярами, так и векторами, а их произведение как положительным (когда i -я форма энергии убывает, совершая внутреннюю работу δW_i против сил иного, j -го рода, включая силы рассеяния), так и отрицательной, когда такая работа совершается против равновесия i -го рода.

Это позволяет обнаружить очень важную закономерность процессов биологической эволюции, состоящую в том, что скорость приближения системы к состоянию внутреннего равновесия (ее инволюции - dU/dt) замедляется в системе, где помимо процессов диссипации ($\mathbf{X}_s \cdot \mathbf{J}_s = Td_iS/dt$) совершается работа против равновесия $\mathbf{X}_i \cdot \mathbf{J}_i < 0$. Здесь и лежит ключ к пониманию общей направленности эволюции биологических систем: дольше живут биоорганизмы, у которых процессы взаимодействия с окружающей средой, способной совершать такую работу, протекают более интенсивно [34]. Такая ее направленность не является самоцелью или чем-то, навеянным высшим разумом или осознанной и целенаправленной «борьбой за существование»: она является следствием чисто физических и вполне естественных причин – взаимодействием биосистемы с окружающей средой. При этом чрезвычайно важно учитывать отсутствие в природе изолированных барионных систем, поскольку их эволюция является следствием воздействия окружающей среды даже тогда, когда оно не может быть обнаружено существующими измерительными средствами.

9. Выводы

1. Существующая концепция «стрелы времени», отражающая одностороннюю направленность развития Вселенной, ошибочна, поскольку не учитывает наличия в ней небарионной (неструктурированной, ненаблюдаемой) и барионной (структурированной, наблюдаемой) материи, противоположным образом изменяющих свои свойства в процессе взаимопревращения. Эта концепция игнорирует протекание в ней процессов их взаимопревращения, обеспечивающих непрерывный кругооборот вещества Вселенной.

2. Столь же ошибочна приписываемая материальным системам способность к «самоорганизации» в отсутствие внешнего принуждения, поскольку она вопиющим образом противоречит 2-му закону термодинамики. Наблюдаемые в сложных системах процессы структурообразования обусловлены совершением в них работы «против равновесия» и носят принудительный характер.

3. В любых замкнутых системах эволюция одних степеней свободы за счет инволюции других. Во Вселенной это проявляется в возникновении барионного вещества и приобретении им новых форм энергии за счет гравитационной энергии небарионной материи. Этот процесс продолжается в ней до тех пор, пока нарастающая скорость диссипативных процессов не превысит скорость эволюции и не вызовет обратный процесс его инволюции. Это позволяет построить единую теорию эволюции и инволюции, основанную на введении параметров, характеризующих удаление или приближение поливариантной системы к равновесию.

4. Предложенные в статье параметры неравновесности (моменты распределения энергоносителей, их потоки и движущие силы), позволяют проследить за эволюцией или инволюцией каждой из присущих системе степеней ее свободы в отдельности, что энтропийные критерии сделать не в состоянии. Это позволяет осуществить анализ проблем эволюции на строгой физико – математической основе.

5. Вопреки распространенному мнению, законы эволюции и инволюции термодинамических систем едины для объектов живой и неживой природы, органических и неорганических веществ, упорядоченных и неупорядоченных форм энергии, что обусловлено в конечном счете учетом непрекращающегося энергообмена между небарионной и барионной материей даже в тех случаях, когда эти процессы не наблюдаемы.

6. Приведенные в статье примеры эволюции упорядоченных и неупорядоченных форм энергии барионной материи подтверждают их направленность против равновесия в противовес распространенному мнению о необратимости процессов структурообразования. Как и любые другие антидиссипативные процессы, они требуют затраты полезной работы и потому возникают отнюдь не из «хаоса». Это устраняет противоречие теории эволюции с термодинамикой.

Литература

1. Руденко А.П. Теория саморазвития открытых каталитических систем. М.: Изд-во МГУ. 1969, 276 с.
2. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир. 1973. 216 с.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
Nicolis, G. & Prigogine, I.). Self-Organization in Nonequilibrium Systems. New York, 1977.
4. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. М.: Мир. 1980. 279 с.
5. Эдсол Дж., Готфренд Х. Биотермодинамика. Изучение равновесных биохимических процессов. – М.: Мир. 1986.
6. Гладышев Г.П. Термодинамика и макрокинетика природных иерархических процессов. – М.: Наука, 1988, 287 с.
7. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным явлениям. - М.: Мир. 1991. 240 с.
8. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизация сложных систем. М.: Наука. 1994.
9. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. М.: Наука. 1997. 286 с.
10. Зотин А.И., Зотин А.А. Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции. – М.: Наука, 1999. – 495 с.
11. Базаров И.П. Термодинамика. Изд. 4-е. М.: Высшая школа, 1991.
12. Вукалович М.П., Новиков И.И. Техническая термодинамика. М.: Энергия, 1968.
13. Де Гроот С.Р., Мазур Р. Неравновесная термодинамика. – М.: Мир, 1964, 456 с.
14. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы. – М.: Мир, 1974, 304 с.
15. Onsager L. Reciprocal relations in irreversible processes. //Phys. Rev., 1931. – **237**(14). – P.405...426; **238**(12). – P.2265...2279.
16. Tomson W. Mathematical and physical papers. Cambridge, 1882. –V.1.
17. Эткин В. А. Энергодинамика (термодинамика неравновесных процессов переноса и преобразования энергии). Тольятти, 1999. 228 с.
18. BOSS: Dark Energy and the Geometry of Space. //SDSS III, 2011
19. Лукаш В. Н., Михеева Е. В. Тёмная материя: от начальных условий до образования структуры Вселенной // УФН. — 2007. — Т. 177. — С. 1023—1028.

20. *Etkin V.* Gravitational repulsive forces and evolution of universe. // Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), 2017. Vol.8, Issue 4.Ver.II.PP.00-00 (DOI: 10.9790/4861-08040XXXXX).
21. *Etkin VA.* On Wave Nature of Matter. // World Scientific News **69**, 220-235 (2017).
22. *Clavin W.* <http://www.jpl.nasa.gov/wise/newsfeatures.cfm?release=2011-026>.
23. *Eisenstein, D. J.; et al.* Detection of the Baryon Acoustic Peak in the Large-Scale Correlation Function of SDSS Luminous Red Galaxies. // *The Astrophysical Journal*, 2005. **633** (2): 560.
24. *Эткин В.А.* Теоретические основы бестопливной энергетики. – Канада, «Altaspera», 2013. 155 с.
25. *Эткин В.А.* Многоликая энтропия. // Вестник Дома Ученых Хайфы, 2007. Т.11, с.15-20.
26. *Эткин В.А.* Паралогизмы термодинамики. – Saarbrücken, Palmarium Ac. Publ., 2015. 353 с.
27. *Jeans J.H.* The New Background of Science. — London, 1933.
28. *Белюсов Б. П.* Периодически действующая реакция и её механизм. Сб.: Автоволновые процессы в системах с диффузией. — Горький: Изд-во ГГУ, 1951, с.76
29. *Жаботинский А. М.* «Концентрационные колебания». М.: Наука, 1974, 179 с.
30. *Планк М.* Термодинамика. Изд. 5-е. М.: ГИ, 1925.
31. *Даниэльс Ф., Ольберти Р.* Физическая химия. М.: Химия, 1978. 645 с.
32. *Нагиев Т. М.*, Химическое сопряжение, М., 1989.
33. *Кюри П.* // Тр. инст. ист. естествозн. и техн. М.: Изд. – во АН СССР, 1947. – Т.19. – С.90...118.
34. *Эткин В.А.* О термодинамической направленности процессов самоорганизации. / Сетевой ресурс http://samlib.ru/e/etkin_w_a/ 14.08.2009.