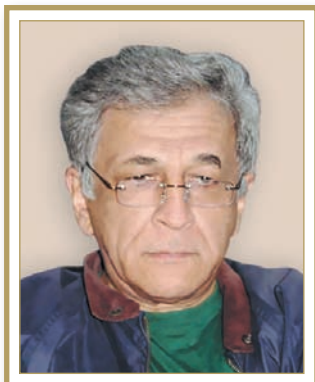


© Захидов С. Т., 2012

УДК 575.8

Термодинамическое прочтение генетики или четвёртый закон термодинамики*



ЗАХИДОВ
Сабир Тишаевич

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Биологический факультет

Лаборатория клеточной биологии старения и развития

*Ведущий научный сотрудник,
профессор, докт. биол. наук*

Об авторе

Захидов Сабир Тишаевич является учеником выдающихся советских генетиков – профессора М. Е. Лобашева, академиков Б. Л. Астаурова и В. А. Струнникова.

На протяжении последних 35 лет Захидов С. Т. занимается проблемами биологии развития, теоретического и экспериментального мутагенеза, обладает большим опытом работы в области генетической и репродуктивной токсикологии. В настоящее время научные интересы учёного сосредоточены также на теории хаоса и самоорганизации биологических систем, экспериментальной нанотоксикологии.

Автор более 100 научных работ, член Научного совета РАН по биологии развития, член диссертационного совета Российского университета дружбы народов.

В контексте классического термодинамического учения изложен ряд основных термодинамических принципов Рапопортовской теории генетического строения, из которых следует, что «по всем признакам микрогенетическая субстанция отобразила квинтэссенцию биологической термодинамики, устанавливая фактически чет-

вёртый термодинамический закон, интуитивно ожидавшийся по беспримерной упорядоченности не только генетических, но и морфологических, физиологических явлений».

Ключевые слова:

термодинамические принципы, энтропия, абсолютный ноль.

*По материалам выступления автора на презентации книги И. А. Рапопорта «Микрогенетика» (репринтное издание) в Институте биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН; июнь, 2011 г.

Контакты: 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1, строение 12. Биологический факультет МГУ. E-mail:stz49@mail.ru.

The article deals with several main thermodynamic principles of Rapoport theory of genetic construction in context of classical thermodynamic doctrine. It is concluded that microgenetic substance reflects the quintessence of biological thermodynamic, essentially establishing the fourth thermodynamic

law which was intuitively expected on unprecedented orderliness of not only genetic but also morphological, physiological phenomena».

Keywords:
sthermodynamic principles, entropy, absolute zero.

В будущем будет открыт всеобъемлющий биологический закон, который по его важности можно будет поставить рядом с обоими законами термодинамики, тогда можно будет создать «биологическую» философию подобно тому, как теперь создать философию энергетическую. На ось созданного всеобъемлющего биологического закона можно будет нанизать всё богатство и разнообразие содержания науки о жизни.

В. Оствальд

Мы должны ожидать, что в живом веществе преобладает новый тип физического закона.

Э. Шредингер

Преамбула

Классическая феноменологическая термодинамика, основанная Р. Клаузиусом в 1854 г., базируется на постулатах. До настоящего времени она включала в себя три основных начала (или принципа). Первое начало термодинамики – закон сохранения энергии, общая формулировка которого сводится к тому, что энергия всегда сохраняется; она не может возникнуть из ничего и не может исчезнуть вникуда; при всех физических и химических процессах данное значение энергии остаётся неизменным.

Этот закон устанавливает, в частности, что изменение внутренней энергии dU в системе равно сумме, подведённой к системе тепла dQ и произведённой над данной системой работой dW . Словом, $dU = dQ + dW$. Теплота и работа рассматриваются как величины, находящиеся между собой в такой зависимости, что постоянно в одной форме является то, что исчезает в другой (Майер, Джоуль).

Как известно, механической работой можно вызвать различные физические изменения; при восстановлении прежних состояний опять получается механическая работа точно в таком же количестве, какое было необходимо, чтобы вызвать восстановленные потом изменения. В этом заключается принцип сохранения энергии. Для обозначения того, не уничтожающегося нечто, мерой которого служит механическая работа, мало-помалу вошло в употребление название *энергия*, впервые введённое Т. Юнгом.

Энергия усматривается во всякой перемене физического состояния, уничтожение которого создаёт работу (или эквивалентную ей теплоту). Принцип сохранения энергии сводит к невозможности существования *perpetum mobile*, т. е. непрерывного произведения работы без постоянного, сохраняющегося изменения. И закон сохранения энергии считается во всём культурном мире совершенно неоспоримой истиной и что во всех областях естествознания этот закон находит самое плодотворное применение (Мах).

Принцип под названием второго начала термодинамики был введён Р. Клаузиусом в 1865 г. (что по времени совпало с открытием законов наследственности и изменчивости Менделя). Суть его заключается в том, что теплота не может перейти без компенсации от более холодного тела к более горячему; в природе существуют необратимые процессы, т. е. все изменения, происходящие в ней, имеют одностороннее направление. Мерой такой необратимости любого процесса служит количество механической работы, остающееся неиспользованным, хотя при обратимых процессах потерянную работу следует считать равной нулю. Р. Клаузиусом была выведена формула: $\int dQ/T = 0$. Величина, с помощью которой оценивают направления изменения в природе и которая остаётся неизменной при обратимых процессах и возрастает при необратимых процессах, стремясь к максимальному значению, автор второго начала термодинамики назвал энтропией.

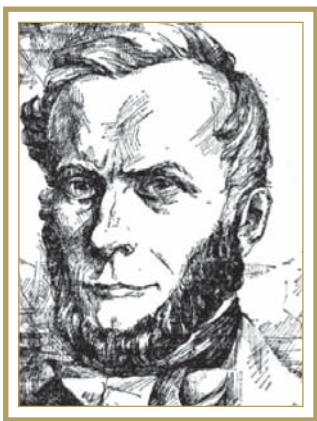


Рис. 1. Р. Клаузиус – автор термодинамической теории энтропии (поток бесполезно рассеиваемой энергии, некомпенсированной теплоты необратимого процесса)

Под энтропией (S), являющейся неотъемлемой частью II начала термодинамики, понимают количество теплоты, которое не может быть уже превращено в механическую работу, т. е. некоторое количество энергии, остающееся недоступным для дальнейшего использования. Однако, как считал Дж. Блэк, исчезнувшее бесполезно количество теплоты можно рассматривать как ещё существующее, но скрытое. Она – теплота – также скрыта в парах, как кислород в воде.

Поскольку энтропия горячего тела (S_1) с температурой T_1 уменьшается при переходе тепла от него к холодному телу с температурой T_2 , а энтропия последнего (S_2) увеличивается, сумма обоих изменений, т. е. изменение общей энтропии в системе тел, равна $-Q/T_1 + Q/T_2 > 0$. Любые химические и физические процессы, служащие примером необратимости, однонаправленного течения, происходят так, что увеличивают сумму энтропий всех тел, участвующих в этих процессах.

Вскоре после того как У. Томсон (лорд Кельвин) и Р. Клаузиус выдвинули идею о тепловой смерти всего пространства Вселенной, превращение её в вечное кладбище в результате перехода всей полезной механической энергии в теплоту, т. е. в деградированную энергию исчезновения всех сил взаимодействия, которые ещё в состоянии произвести работу, необратимый рост энтропии стали связывать с направлением течения времени.

Согласно Р. Клаузиусу, «энергия Вселенной постоянна (если она и теряется, то теряется не количественно, а качественно), энтропия же стремится к максимуму. И производство энтропии определяет направление течения процесса. Между тем Э. Мах позволил себе заметить, что «выражение «энергия мира» и «энтропия мира» носят на себе следы схоластики, поскольку, какой же может быть смысл применять эти понятия к случаю, к которому они вовсе не применимы, в котором значение их не под-

даётся определению. Если бы действительно существовала возможность определить энтропию мира, эта энтропия представляла бы настоящую абсолютную меру времени. Отсюда лучше всего видно, что это только тавтология, когда говорят: энтропия мира возрастает вместе со временем. В том то и дело, что то, что известные изменения происходят только в одном определённом направлении и факт времени есть одно и то же».

Австрийский физик-теоретик Л. Больцман, веривший в существование молекул и их способность выделять тепло во время движения, считал, что между огромными совокупностями молекул, движущихся хаотически, т. е. с различными скоростями и в различных направлениях, и тепловыми процессами существует тесная связь, и что теплота не может быть полностью превращена в механическую работу (хотя обратное возможно) в силу одного весьма важного обстоятельства, а именно – тенденции природы к необратимому увеличению беспорядка. На основе атомистической гипотезы и кинетической теории газов Л. Больцман вложил в «стремление» энтропии новый смысл и придал II началу термодинамики статистический характер. Понятие энтропии было полностью сведено к понятию вероятности (H -теорема), и обе величины связались между собой простым законом: $S = k \ln w$. Другими словами, энтропия прямо пропорциональна натуральному логарифму термодинамической вероятности; численное значение последней лежит между 1 и 0. По мнению Л. Больцмана, энтропия возрастает только в среднем, и достигает максимального значения в состоянии термодинамического равновесия; лишь в редких случаях есть крошечная вероятность, что энтропия, благодаря самопроизвольным флуктуациям, может локально уменьшаться.

Словом, «...природа предпочитает более вероятные состояния менее вероятным и осуществляет только переходы, направленные в сторону большей вероятности. Материя состоит из атомов, теплота есть движение молекул и теплопроводность, равно как и все остальные необратимые процессы (трение, диффузия, излучение света и тепла, распад атомов радиоактивных веществ), управляется не динамическими, а статистическими законами, т. е. законами вероятности. Теплота потому переходит от тела с более высокой t к телу с более низкой t , что состояние равновесия более вероятно, чем всякое такое состояние, при котором t распределено неравномерно».

Сущность II начала термодинамики можно выразить больцмановой «гипотезой элементарного беспорядка» – допущением, что отдельные элементы, которыми оперирует статистический метод, совершенно независимы друг от друга. Энтропия, таким образом, это не только тепло, поделенное на температуру, но

и мера величины вероятности, а возрастание энтропии сводится просто к тому, что за менее вероятными состояниями следуют состояния более вероятные. Собственно сам Л. Больцман фундаментальную константу Больцмана ($k = 1.38 \times 10^{-23}$ Дж/К) не употреблял (в теоретическую физику её ввёл М. Планк после смерти Л. Больцмана) и считал неосуществимым такое измерение этой постоянной. Более вероятному состоянию соответствует более позднее время. «События нашего мира необратимы, их развитие идёт в одну сторону весьма вероятно, а в другую – хотя и возможно, но случается один раз в миллион лет» (М. Планк).

«Главным результатом научной деятельности Больцмана, – писал далее М. Планк, – является то, что он освободил понятие энтропии от экспериментального искусства человека и вместе с тем возвысил второе начало термодинамики до степени реального принципа, состоящего в том, что понятие энтропии полностью приводится к понятию вероятности». «Когда выравниваются все t , возникновение всякой разумной жизни станет вообще невозможным». Это и есть, по Больцману, основное содержание II начала термодинамики. И хотя второе начало термодинамики имеет несколько формулировок, в главном – это фундаментальный закон монотонного возрастания энтропии. Первый закон всех наук (А. Эйнштейн), или, по А. Эддингтону, высший метафизический закон Вселенной.

И всё-таки, что такое энтропия? Что это за загадочное явление, не имеющее, как говорится, наглядного образа? Что это за дефиниция, имеющая разный смысл и разное выражение в науке?

В двух словах. Энтропия – это часть внутренней энергии системы, которая необратимо рассеялась (диссипировала), деградировала в тепловой форме, представляющей собой ансамбль незаметных, быстрых, беспорядочных, неправильных движений отдельных молекул. Это – энергия, потерявшая качество (действие), потенциал, необходимый для возвращения системы в начальное состояние; энергия, которая не может быть использована для совершения работы при неизменной температуре; термодинамическая функция, которая описывает стремление системы к равновесному, успокоенному состоянию. Энтропия – средство, с помощью которого измеряется количество беспорядка в системе, степень разрушения начальной организованной структуры. Энтропия – это размешанность (Д. Гиббс), неопределённость (К. Шеннон), стрелка, отмеряющая время (А. Эддингтон).

Между тем нельзя не сказать о том, что современные термодинамические теории в рамках синергетической парадигмы дают нам новые представления об энтропии как реальном, могущественном факторе, действующем во всех уголках материального мира. Они постулируют, что понятие энтропии применимо

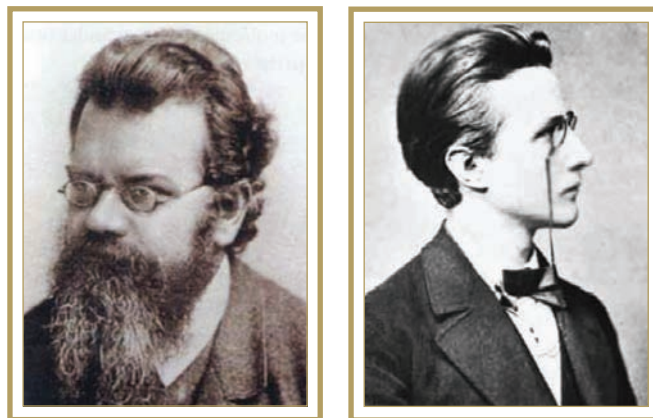


Рис. 2. Л. Больцман и М. Планк – авторы вероятностной теории энтропии (гипотеза «элементарного беспорядка»)

к широкому кругу явлений, процессов, систем, ко всем формам энергии, в т. ч. и абстрактным, и что энтропия – это не только непроизводительные, необратимые потери энергии, отклонения от закономерных норм, но и фактор, запускающий процесс самоорганизации, способствующий упорядочению и совершенствованию сложных систем, их эволюции и развитию.

Третий принцип (начало) термодинамики был сформулирован В. Нернстом в 1906 г. Согласно этому принципу, при температуре, стремящейся к абсолютному нулю (-273 °С), изменение энтропии (dS) всякой системы стремится к 0, а самое значение энтропии – к некоторому постоянному пределу (S_0). И именно при $0K$ (-273 °С) от системы невозможно получить какое бы то ни было тепло, нет никаких открытых энергетических проявлений, физических активностей, нет никакого созидания. Именно при $0K$ деградация системы невозможна, хотя в действительности, она всегда налицо. По мере понижения температуры и её приближения к абсолютному нулю, который в принципе недостижим, молекулы и атомы начинают переходить постепенно от теплового хаотического движения к равновесному, упорядоченному, они теряют энтропию, останавливаются, достигая, в конечном счёте, предельного случая, а именно, состояния покоя.

Позже тепловая теорема В. Нернста была дополнена гипотезой-идеей М. Планка о том, что условие $S_0 = 0$ при $T = 0K$ является следствием квантового характера процессов, происходящих в любой системе при низких температурах, и выполняется только для систем, находящихся при $T = 0K$ в состоянии устойчивого, а не метастабильного равновесия. Постулат М. Планка позволяет определять энтропию через термодинамическую вероятность (W) состояния системы: $S = k \ln W$. При $0K$ система находится в квантовом состоянии с наименьшей возможной энергией (нулевой энергией), поэтому вероятность нахождения

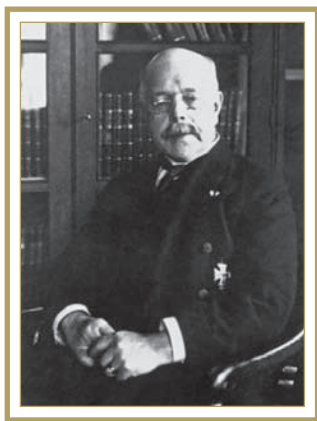


Рис. 2. В. Нернст – автор открытия III начала термодинамики

в этом состоянии $W_0 = 1$. Соответственно, энтропия системы в состоянии с наименьшей энергией E_0 равна: $S = k \ln W_0 = k \ln 1 = 0$. Следовательно, постоянную S_0 можно брать за условное начало нулевого отсчёта энтропии. Стационарное, нулевое состояние системы, в которой энергия не меняется со временем, – это $ds = 0$. На самом деле стационарное состояние это далеко не покой; стационарному состоянию нередко соответствует минимальное производство энтропии.

Генетический микромир – система с нулевым уровнем энтропии

Термодинамика генома – самостоятельный закон термодинамики
И. А. Рапопорт

Прошло почти полвека с тех пор, как вышла в свет замечательная книга крупного советского учёного, генетика и биолога-эволюциониста, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии, члена-корреспондента АН СССР И. А. Рапопорта «Микрогенетика». «Микрогенетика» – первый опыт междисциплинарного подхода к пониманию феномена жизни. «Микрогенетика», а затем и все последующие теоретические труды И. А. Рапопорта дали ключи для получения глубоких знаний о структуре и функции наследственной формации, в том числе и с позиций термодинамической науки.

Ниже, в конспективной форме, практически не видоизменяя авторского написания, изложены некоторые основные термодинамические положения рапопортской теории генетического строения, свидетельствующие о том, что «термодинамическое своеобразие микрогенетического аппарата, господство в нём порядка, исключает возможность таких преобразований, которые свойственны химическим веществам, для которых, как известно, высокая упорядоченность возможна только при t абсолютного нуля».

Итак:

1. Онтометрическое поле генетического материала богаче большинства других энергетических систем. Благодаря этому оно не просто укладывается в рамки первого закона термодинамики, но значительно их расширяет, обещая со временем значительно дифференцировать категорию, ныне известную как «химическая энергия», в которой нельзя не уловить иногда известного произвола по сравнению с понятиями энергии тепловой, электромагнитной и т. д., достаточно монолитными.

2. В физике известны три нулевых (стационарных) состояния: (а) движение элементарных частиц на орбитах в очень широком диапазоне температур, причём даже в самых жёстких термических условиях, (б) тепловая теорема (закон) В. Нернста, согласно которой вблизи точки Кельвина (-273°C) все молекулы полностью теряют подвижность, и в микросистемах нет никаких энергетических проявлений, (в) состояние дискретного микрогенетического аппарата, способного сохранять стационарность в условиях, где это для других молекулярных тел невозможно; генетическим телам приписывается свойство сохранять замечательную упорядоченность и настоящее существование в температурном диапазоне $T = 300\text{K} \pm (25^\circ\text{C})$; сопротивляться своему уничтожению, в то время как нуклеиновые кислоты в тех же условиях отмечены значительной величиной энтропии.

Нулевое состояние отнюдь не всегда является самым инертным, адекватным покою, а представляет собой, наоборот, наиболее вероятное условие развёртывания внутреннего поля элементарного тела. Нулевое состояние можно считать очень значимым в том смысле, что отсутствуют энергетические помехи для развёртывания всего интерьера стационарного поля. Нулевое состояние автоматически определяет нулевую энтропию генной структуры. Система не может перейти в состояние с энергией, меньшей нулевой энергии без изменения структуры системы. Генетические нуклеотиды не могут перейти в состояние ниже самих себя, иначе они превратятся в химическую структуру, поэтому нуклеотиды находятся на нулевом уровне.

В микрогенетическом материале почти всех живых форм наблюдается один и тот же чрезвычайно жёсткий стандарт состава ансамбля аминокислот и нуклеотидов. Этот лимитированный набор структурных членов остаётся почти неизменным в течение всей продолжительной истории развития живого. Нулевая энтропия, которая поддерживается лишь в триплетях и нуклеотидах, находящихся внутри генов, далеко превосходит по упорядоченности все без исключения молекулы. Поэтому свободные нуклеотиды и триплеты без участия матрицы не могут создать генную структуру, хотя однажды это произошло или изредка происходит в спонтанном порядке.

3. Генные и фермионовые системы наделены стационарностью. Участвующие в аутокатализе тела в условиях диапазона нормальных физиологических температур на несколько сот градусов выше абсолютного нуля по энтропии и не отличаются от нулевого состояния фермионов. Сравнение именно со свойствами фермионов нулевого уровня, а не с объектами, нормируемыми третьим законом термодинамики, обусловлено способностью генных материалов очень активно двигаться с полной нагрузкой на молекулярные степени свободы и участвовать в синтетических процессах. Молекулы теоремы В. Нернста вблизи точки Кельвина (абсолютного нуля) в реактивном отношении полностью иммобилизованы и от всей нагрузки на молекулярные степени свободы остаётся лишь крайне бледный фон. При $K = 0$ молекулы теряют энтропию, и только в этом случае достигается нулевая неупорядоченность или абсолютный порядок.

4. Генное состояние, заметно отклоняющееся от химической термодинамики, может быть более точно определено с помощью средств, применённых Нернстом при выведении условий нулевого уровня для химических тел; при условии $T = 0 \lim dQ/dT = \lim dA/dT = 0$, и величина dS тогда бесконечно близко приближается к 0. Для генного состояния действуют генетические факторы, родственные Q и A В. Нернста, которые обозначаются как $Q_{ген}$ и $A_{ген}$. Примем условия стационарности для $Q_{ген}$ и $A_{ген} = (Q_{ген}, A_{ген})_{стац.}$, и получим отсюда нулевой уровень энтропии: $(Q_{ген}, A_{ген})_{dS=0}$ при $T = 300K \pm 25^\circ C$. Заметно выше T предела ($52^\circ C$ и выше) теряется стационарность и есть предпосылки для получения положительных значений dS (деградации от $dS = 0$ к $dS > 0$) с результатом в виде $(Q_{ген}, A_{ген})_{dS}$, т. е. потери генного состояния и распада генетической структуры до химического уровня.

При снижении окружающей температуры сохраняется $dS = 0$, прекращается вызванная условием $E_{ген} < 1$ активная работа генного поля, и оно выдерживает постепенное снижение T до точки Кельвина; генная форма, приближаясь к уровню В. Нернста, не переходит в него необратимо. В отличие от химических тел, с обратным повышением температуры от абсолютного нуля до оптимального диапазона физиологических температур, генное состояние полностью восстанавливается, в генах не растёт dS .

Таким образом, в генетической структуре в целом налицо параметр нулевой энтропии $dS = 0$.

5. При статистическом истолковании третьего принципа термодинамики вероятность состояния наименьшей энергии есть $P_0 = 1$, отсюда $S = k \ln P_0 = k \ln 1 = 0$. При условиях, когда $dS = 0$ генного состояния есть функция внутривнутренних свойств 64 триплетов, статистическая вероятность попадания в состав новой генной цепи нуклеотида и триплета, испытавшего действия генетического поля и активной матрицы,

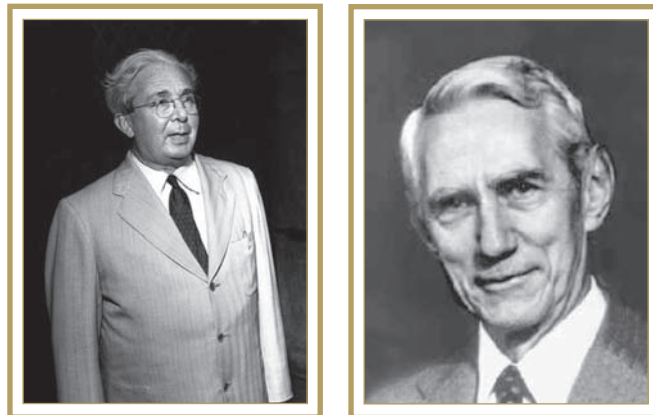


Рис. 4. Л. Сцилард и К. Шеннон – авторы информационной теории энтропии (неопределённость, связанная с появлением некоторого события)

есть $P_{ген} = 1$, что связано с прогрессом квантовой природы. Поэтому в согласии с формулой $S = k \ln P$ получаем для генетического распределения:

$$S = k \ln P_{\text{генетическое поле (матрица)}} = k \ln P_{0\text{ген}} = k \ln 1 = 0.$$

Итак, изложенные условия предусматривают нулевую энтропию при $\sim 300K$, в отличие от закона Нернста.

6. При температуре абсолютного нуля сохраняются простейшие генетические формы, однако основные функции у эукариот и прокариот развертываются при температуре, близкой к $30^\circ C$, одновременно благоприятной как для генетических преобразований, так и для метаболических, в первую очередь ферментативных.

Аутокаталитическая и митотическая деятельность генов обусловлена тем, что в них сохраняется $dS = 0$ при $E_{ген} = A_{ген} + Q_{ген}$. При этом уровень $dS = 0$ выражен в упорядоченной структуре и на базе стационарного движения, создающего более выгодные условия для активности генного поля.

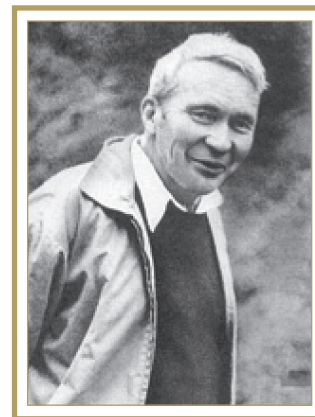


Рис. 5. А. Н. Колмогоров – автор динамической теории энтропии (отклонение траектории от заданного направления)

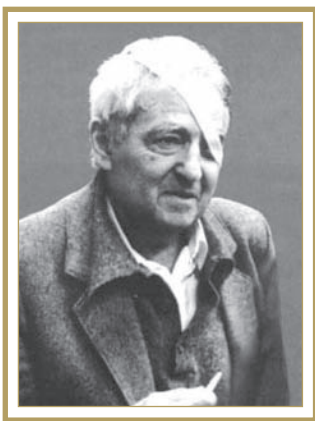


Рис. 6. И. А. Рапопорт – автор генетической (мутационной) теории энтропии (показатель неупорядоченности в генах и хромосомах)

7. В огромном большинстве геномное дублирование безупречно. А минимальными, выраженными дискретно отклонениями с частотой 10^{-9} (или в пропорции 1:9 000 000 000) в расчёте на триплеты по данным определений спонтанного мутагенеза, можно пренебречь, поскольку аутокатализ способен превращать единичные мутационные события в тождественные множества. Геномные мутации и хромосомные перестройки идут на фоне практически 100 % полезного выхода аутокатализа. Очень близкая минимальная пропорция отступления от вероятности характерна и для образования в гетеросинтезе информационных нуклеиновых кислот. Вместе это делает частоту отступления от $S_{ген} = k \ln P_{ген} = 0$ не выше 10^{-9} , а отсюда налицо массовое положение генов на нулевом уровне во время аутокатализа.

В чём специфика аутокатализа? Потенциал химического катализа сильно ограничен нестойкостью структуры химических органических веществ, которые распадаются в сравнительно короткое время. Между тем наблюдаемое в генетике прямо или косвенно тождество генотипов, «срабатывающих» миллионы и миллиарды раз на полную аутокаталитическую мощность, для химического катализа решительно невозможно. При этом можно пренебречь происходящими в эволюции мутациями в силу очень малого удельного веса. Химические атомы и молекулы не способны на создание себе подобных, а генетические атомы (гены) способны – в силу своего фундаментального значения. Самообновление функционирующего катализатора неизвестно в химическом катализе.

В чём специфика энтропии аутокатализа? Для химии характерно весьма гладкое угасание реакции при снижении температуры, тогда как аутокатализ отвечает на низкий предел t , как и на высокий. Хотя высокие t должны были бы влиять на хромосому, находящуюся в окружении молекул и ионов, разрушительно.

Деградикация от доминантного к рецессивному состоянию, протекающая при искусственном отборе, завершаемая переходом от адаптивного в неадаптивное состояние, очень резко снижает общую приспособленность, однако, подчеркнём, без какого-либо повышения при этом величины энтропии на генетическом уровне. В процессе аутокатализа, гетеросинтеза на всех этапах митотического преобразования сохраняется равноправие доминантных и рецессивных генов.

Химические мутагены добавляют к нормальным аутокаталитическим комплексам ещё и искусственные. Рождение мутации после конфликта химического мутагена с генетическим строением воскресает гомогенность естественной микрогенетической дискретности, но в ином конкретном выражении. Иногда прибавляются микрогенетические единицы, иногда происходит перестановка порядка их чередования, но всё чаще бывают потери. Минимальные отклонения выражены дискретно. В целом генетическая материя способна к перемене состояния без потери привилегированной структуры и стационарности. В этом термодинамическое своеобразие микрогенетического аппарата.

8. Другим показателем термодинамического своеобразия геномной структуры служит её способность сохраняться в сухих семенах и спорах микроорганизмов в течение больших или очень больших промежутков времени. Многие споры выдерживают длительное кипячение и другие жёсткие воздействия, вызывающие деградикацию в примерно сходных по сложности химических структурах.

9. О своеобразии микрогенетического материала говорит его способность блестяще отражать широкий фронт усилий большинства физических агентов вызывать обычное повышение беспорядочности.

10. Развитие живых форм, прослеженное в виде последовательности стойких видовых эталонов, направлено в сторону совершенствования – морфологического и физиологического, а поэтому явно противоречит стремлению энтропии к максимуму на нашей планете.

11. Генетическая структура обладает крайне малой энтропией, пока она находится в нормальном состоянии в окружении внутренней клеточной среды. Без этого не возникла бы упорядоченность, убывающая от гена к иРНК, а от неё – к ферменту. Изменение условий химического окружения вызывает подъём энтропии изолированных генетических субъединиц и их гибель. Гибель генома возможна также при возникновении доминантных или рецессивных леталей, несбалансированности хромосомных материалов.

Теперь вкратце: **«...если согласно выражению Нернста-Планка энтропия однородного твёрдого или жидкого химического вещества обращается в нуль при абсолютном нуле температуры, $\lim S = 0$ при $T \rightarrow 0$, и если для химических молекул известная положительная энтропия является при**

300°K обязательной фундаментальной характеристикой, то для генетической субстанции термодинамика позволяет выразить специфический новый нулевой уровень $\lim S = 0$ при $T \rightarrow \sim 300$ °K, осуществляемый при физиологически оптимальной температуре. То есть генетическое состояние располагает дезэнтروпической характеристикой ($T > 0, -dS$) во всем температурном диапазоне, при котором протекает активная жизнь».

Этот постулат, по-моему твёрдому убеждению, должен войти в историю и теорию науки, как четвёртое начало термодинамики или закон Рапопорта.

Вместо заключения

Думаю, что наступит время, и имя И. А. Рапопорта, внёсшего уникальный и неопределимый вклад в развитие генетики и общей биологии, теорию мутагенеза и теорию эволюции, мутационную селекцию, а также в квантовую физику и термодинамику, атомистическую философию, будет стоять в одном ряду не только с именами классиков генетики и биологии, но и с именами Р. Клаузиуса, Л. Больцмана, М. Планка, Р. Нернста, Л. Сциларда и К. Шеннона, А. Н. Колмогорова.



Литература

1. Захидов С. Т. Генетический хаос: могильная тишина или тишина колыбели // Синергетика. – М.: Изд-во МГУ, 1992, т. 7. – С. 169–197.
2. Казарян В. П. Время в термодинамике, 2006 // Адрес в интернете: http://www.chronos.msu.ru/TERMS/kazaryan_vremya_termodinamika.htm.
3. Клайн Б. В поисках: Физики и квантовая теория. – М.: Атомиздат, 1971. – 288 с.
4. Климонтович Ю. Д. Введение в физику открытых систем. I. // В кн.: Синергетика. – М.: Изд-во МГУ, 2000, т. 3. – С. 100–120.
5. Климонтович Ю. Д. Введение в физику открытых систем. II // там же, С. 121–142.
6. Линднер Г. Картины современной физики. – М.: Мир, 1972. – 272 с.
7. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: Изд-во Скрипунта, 1909. – 471 с.
8. Мах Э. Научно-популярные очерки. – СПб: Изд-во «Образование». – 340 с.
9. Мах Э.. Популярные лекции по физике // www.verling.ru/books/makh-e-populyarnye-lektsii-po.../stranica-75.
9. Нернст В. Мироздание в свете современной науки // Петроград, 1923. – 82с.
10. Планк М. Физические очерки. М.: Госиздат, 1925. – 136 с.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., Эдиториал УРСС, 2000 а. –312 с.
12. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. – М., Эдиториал УРСС, 2000 б. – 240 с.
13. Рапопорт И. А. Микрогенетика. – М.: Наука, 1965. – 427 с.
14. Рапопорт И. А. Модель формирования генетического вещества // В кн.: Химический мутагенез и создание селекционного материала. – М.: Наука, 1972 а. – С. 13–43.
15. Рапопорт И. А. Сопряжение созидательных процессов на генетическом и селекционном уровнях – М.: Наука, 1972 б, там же, С.43–72.
16. Рапопорт И. А. Развитие структуры компакта Дирака в генетическом строении // В кн.: Применение химических мутагенов в сельском хозяйстве и медицине. – М.: Наука, 1973 а.– С.7–46.
17. Рапопорт И. А. Природа интеграции и отображения в генетическом атомизме // там же, 1973 б. – С. 47–76.
18. Рапопорт И. А. Две системы прерывности и термодинамическая флуктуация в генетическом строении // Химический мутагенез и задачи сельскохозяйственного производства. – М.: Наука, 1993. – С. 3–24.
19. Рапопорт И. А. Гены, эволюция, селекция. Избранные труды. – М.: Наука, 1996. – 249 с.
20. Родный Н. И., Соловьев Ю. И. Вильгельм Оствальд. – М.: Наука, 1969. – 375 с.
21. Руденко А. П. Самоорганизация и синергетика // В кн.: Синергетика. – М.: Изд-во МГУ, 2000, т.3. – С. 61–99.
22. Седов Е. Одна формула и весь мир. – М.: Изд-во «Знание», 2000. – 175 с.
23. Шамбадаль П. Развитие и приложение понятия энтропии. – М.: Наука, 1967. – 280 с.
24. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Изд-во «Мир», 1967, т. 4. – С. 99–123.
25. Хазен А. М. Разум природы и разум человека. – М.: РИО, 2000. – 607 с.
26. Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 328 с.
27. Эбелинг В., Фастель Р. Хаос и космос. Принципы экзэволюции, 2005. // <http://spkurdumov/narod/ru/EVOL/htm#Ev510>.
28. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. – М.: ИЛ, 1947. – 146 с.
29. Bricmont J. Science of chaos or chaos in science? 2006. // Адрес в Интернете: <http://www.chronos/msu.ru/EREPORTS/bricmont/htm>.
30. Denbigh K. G. Note on entropy, disorder and disorganization. 2006. // Адрес в Интернете: <http://www.endeav.org/evolut/text/denbig1/denbig1e/htm/>.