

РАЗВИТИЕ НА ОСНОВЕ ИЕРАХИЧЕСКОГО РОСТА ЭНТРОПИИ

А.М. Хазен.

Нью-Джерси. США. E-mail: akhazen@yahoo.com

В статье рассматривается новое автора об информации как физической переменной. Её определение в такой роли существенно отличается от используемого в теории информации для средств связи. Вводится понятие о действии-энтропии-информации, об иерархическом законе синтеза информации, о принципе максимума способностей превращений, управляющем переходом по ступеням иерархии роста энтропии – развитием. Показывается, что аналоги индуцированных переходов в сложных молекулах позволяют оценивать результаты минуя подробности химических реакций.

Ключевые слова: энтропия, информация, второе начало термодинамики, иерархия, развитие. Иллюстраций 7. Библиография 22 назв.

Работы [1] – [7] принципиально дополнили содержание понятий об энтропии и температуре, сохранив преемственность с существующим. Общепринятое в физике до этих работ понимание энтропии, температуры и их связей с информацией кратко и популярно отражено в статье этого журнала [8]. Подробно об энтропии написано в [9]. Поэтому нет необходимости здесь предварять новое из [1] – [7] обзором общепринятого в этих вопросах. Исходные физические переменные в физике аксиоматичны, как и истоки наиболее продуктивных её направлений. Это надо учитывать при чтении статьи. Подробно о связях аксиоматичности основ науки и принципов работы мозга см. [5], [10]. В этой статье рассматриваются новое об информации как физической переменной и её связях с энтропией. Новое о температуре вынесено в отдельную статью.

1. Действие-энтропия-информация

В современной науке существовали принципиальные противоречия, связанные со вторым началом термодинамики и неудовлетворенности при попытках ввести понятие об информации в физику. Сформулирую их:

1. Если главным законом природы является стремление к максимуму энтропии (то есть максимуму беспорядка), то почему и как возникает упорядоченность, например, каковой считается жизнь и разум?

2. Как преодолеть парадокс конечности роста энтропии типа «тепловой смерти» Р. Клаузиуса? Ведь подобные локальные тупики равновесных состояний возникают во многих частных задачах.

3. Понятие об информации должно участвовать в законах природы, в частности, в физике. Однако прямое использование аналогов определений из теории информации (например у Л. Бриллюэна), хотя и общепринято, оставляет много вопросов и ограничений действительности.

Эти противоречия устранены в [1] – [7]. Кратко расскажу это здесь. Как основу введу схему рис. 1.

В классической теории информации для средств связи **информация определена величиной устранимой с её помощью неопределённости**. На схеме рис. 1 это отображает её верхняя строчка. Тривиальный пример. Если неизвестен адрес человека в данном городе, то неопределённость состоит в ожидании найти его в любом доме этого города и в любой квартире в нём. Переданная информация (сообщение об адресе) эту неопределённость в предельном случае полностью устраняет. Возникает детерминированное состояние.

Отсюда важнейшее: где бы и как бы не использовалось понятие об информации **обязательно** в этом должно присутствовать устранение с её помощью неопределённости. Соответственно,

если пытаться перенести понятие об информации на природные объекты и процессы, то на первом месте в этом должно оставаться устранение неопределённости. Это является важнейшим для понятия об информации в природе.

Надо отметить исходную двойственность способов устранения неопределённости. Поясню её на примере сообщения с адресом в городе. Пусть оно содержит не только сам адрес, но и путь, по которому его достигнуть. Можно его задать любым, сколь угодно сложным (в этом примере

по критериям длины пути или времени достижения цели, по возможному транспорту, пересадкам и пр.). Независимо от вариантов этого в сообщении, неопределённость будет устранена. Однако оптимальность достижения цели в этом случае не входит в понятие об информации. Общепринято такую информацию называть именем Хартли.

Возможен случай, когда содержание сообщения ограничено условием – в нём должен быть указан наиболее вероятный и этим оптимальный путь достижения цели. Такую информацию называют именем Больцмана. Далее без напоминаний принято, что в природе понятие об информации реализуется в её больцмановском смысле наиболее вероятного состояния (для объектов) или пути его достижения (для процессов).

Реализация в природе общепринятого в теории связи (теории информации) определения информации как устранённой неопределённости требует ответа на два вопроса:

- что понимается под детерминизмом?
- как количественно описать неопределённость?

Для средств связи детерминизм имеет конкретный утилитарный смысл – достигнутая предзаданная *цель* (стрелка к левой колонке на рис. 1).

Внешнего по отношению к природе объекта, который мог бы задавать цели, нет и быть не может. Устранение неопределённости в природе должно происходить в результате *самопроизвольных* в физическом смысле процессов (правая колонка на рис. 1). Две колонки на рис. 1 отображают неустранимые различия понятия об информации для средств связи и в природе.

Неопределённость в природе выражают состояния *микроэлементов*, образующих *макроскопические* по отношению к ним объек-



Рис. 1.

ты. *В природе устранение неопределённости микросостояний реализует само существование макроскопического объекта или процесса природы.* Простой пример. Камень как макроскопический объект своим существованием устранил неопределённость возможных состояний его микрористаллических элементов, молекула – составляющих её атомов, и подобное.

Остаётся не понятным, что детерминизм в природе существует и возможен на основе случайностей. В природе нет ничего более детерминированного, чем состояние при максимуме энтропии, то есть чем наиболее вероятное состояния для системы из многих элементов. Иллюстрации этого общеизвестны ещё со времён Больцмана, но выпадают из внимания.

На второй вопрос выше – как количественно описать неопределённость? – ответ даёт определение энтропии в физике и, в частности, известный метод ячеек Больцмана. Он строго математически количественно формализует обиходное представление о беспорядке как возможности обнаружить предмет в любом из совместимых с ним мест. Важно, что метод ячеек неразрывно связан с понятием о фазовом пространстве. Это есть первооснова общеизвестных в физике определений энтропии через число возможных состояний элементов системы Ω или их вероятности ψ в виде:

$$S = K \ln \Omega \quad \text{или} \quad S = -K \ln \psi, \quad (1)$$

где K – размерный множитель, зависящий от признаков, относительно которых определена энтропия.

Энтропия – положительно определённая переменная. Вероятности всегда меньше единицы. Отсюда знак минус во второй формуле.

Энтропия может быть определена с помощью функции распределения f в виде:

$$S = Kf \ln f. \quad (2)$$

В теории информации энтропия вводится через вероятности, которые в ней обозначают p . Тогда выражение для неё внешне похоже на предыдущее:

$$S = -p \ln p. \quad (3)$$

Однако различие в определениях термина энтропия в физике (1), (2) и для средств связи (3) принципиальное. Энтропия Шеннона (3) описывает состояние, которое произвольно по вероятности реализации. В физике энтропия всегда характеристика наиболее вероятного состояния системы. Обеспечивает это составляющая определения энтропии в физике – процедура нормировки энтропии по отношению к полным энергии и числу элементов системы.

С этим связано отличие понятий детерминизма для информации в средствах связи и в природе, когда неопределённости внешне похоже выражают с помощью энтропии.

Для средств связи предельный случай реализует переданное сообщение, которое однозначно определило результат. Информация передавалась для его достижения в виде цели. Этим создано детерминированное состояние потому, что в нём неопределённость отсутствует. Соответственно и количество информации в нём нулевое (левая колонка на рис. 1).

К сожалению, такое некорректно обобщается на информацию в природе (даже в работах классиков науки, например, у Л. Бриллюэна и Г. Хакена). В результате общепринято считать и в природе равным нулю количество информации для детерминированных (равновесных) состояний

Это принципиально не так. Такая аналогия неправомерна. Как было пояснено выше, в природе детерминированным состояниям отвечает максимум энтропии для элементов, составляющих объект, то есть максимум информации в его составе.

В силу второго начала термодинамики состояния максимума энтропии устанавливается *самопроизвольно*. Поэтому детерминизм в природе в первую очередь самопроизволен – возникает без понятия о цели, имеет характер первичной особенности природы.

Неправомерно случайностям противопоставлять в виде образца детерминизма законы природы, как, например, утверждают о траектории материальной точки классической механики. Такое «красной нитью» проходит в работах И. Пригожина (см., например [11]). Реально причина детерминизма подобных законов всё та же – максимум вероятности для случайностей, выражаемый геометрическим местом точек максимума описывающей их энтропии.

Энтропия в физике определена с участием дискретного фазового пространства (дискретность следует из формулировки Каратеодори второго начала термодинамики). Размерность элемента фазового пространства – *действие* как переменная механики. Поэтому натуральная размерность энтропии в физике (соответственно в природе) есть размерность действия. Конкретно единицу измерения действия вводит множитель K в определениях (1), (2). В частности, таким множителем является постоянная Больцмана, хотя формально она является внесистемной единицей, так как включает в себя температуру. О натуральной размерности температуры см. [7].

В результате, как впервые показано в [2], [4], *действие в классической механике является энтропией*. Одновременно действие в механике – функция Ляпунова [4], [5].

Пример из [4], как на основе случайностей возникает то, что считается образцом детерминированного закона природы – траектория материальной точки классической механики. В [4] показано, что принцип наименьшего действия Мопертюи есть определение механической траектории в виде геометрического места точек максимума описывающей их энтропии в виде действия. Обратный знак возникает в этом случае потому, что в механике действие никогда не формализовалось в виде энтропии, а в этом случае она должна быть определена с помощью вероятностей. Естественно, что при неявном использовании энтропии не были учтены детали правила знаков для неё. Роль *действия* для информации в природе подчёркнута на рис. 1 в правой колонке. Подход к действию на основе [4] поддержан в [12].

Нередки в литературе утверждения, что энтропия в физике – абстрактная переменная, что напрямую она не действует на органы чувств. Это неверно. По отношению к органам чувств человека энтропия (например, в смысле тепловых процессов) отличается количественно, а не качественно. Для тепловых задач энтропия определена приращением в виде

$$dS = \frac{dQ}{\theta} . \quad (4)$$

то есть как отношение приращения количества тепла dQ (не являющегося полным дифференциалом) к температуре θ (интегрирующему множителю).

Температуру человек воспринимает количественно. Автоматическое образование отношений в органах его чувств присутствует. Иллюстративно dQ в единицах энергии по соотношению Эйнштейна эквивалентно приращению массы. Но количественно для чувствительности его органов чувств исчезающе мало. По этой частной причине человек не может непосредственно ощущать энтропию как физическую переменную.

В существующей литературе об информации в физике и в биологии полностью игнорируется элементарная особенность информации для средств связи – передаются *сигналы* (движениями, речью, письмом, по проводам, радиоволнами и пр.).

Сами по себе они никакой неопределённости устранить не могут, то есть не являются информацией. *Сигналы превращает в информацию сопоставление с предзаданной «книгой сообщений»*, которая должна быть известна на сторонах передающих и принимающих сигналы.

Парадоксально это очевидно в «детективных случаях» для сообщений, зашифрованных с помощью «шифровальных книг» или их эквивалентов. Но ведь простой разговор между людьми подразумевает такую «книгу» в виде словарного запаса в их памяти. В специальных случаях шифрования или открытой передачи информации «книгу сообщений» можно выразить функциональными или вероятностными зависимостями. Принципов это не меняет.

Эквивалентом «книги сообщений» в природе являются результаты предыдущих синтезов информации. С их помощью природа выражает новое для неё. Предзаданная книга сообщений в природе не нужна (справа на рис. 1) потому, что объекты предыдущих ступеней иерархии становятся элементами для последующих.

В связи с этим необходимо вернуться к измерениям энтропии. Измерения в физике (и в более широком плане) преследуют цель – установить количественное соотношение между названными или предполагаемыми переменными конкретной задачи. В таком смысле измерения явля-

ются получением информации об объектах и процессах природы в условиях предзаданной специфической «книги сообщений». В этом информация, получаемая путём измерений, подчиняется законам левой колонки на рис. 1, то есть совпадает с её определениями и свойствами для средств связи. Измерительные приборы в этом случае являются конкретными вариантами «книги сообщений». Ведь положения стрелки или цифры любого прибора сами по себе никакой информации не несут. В отличие от этого энтропия является информацией в смысле правой колонки определений на рис. 1. Поэтому измерения энтропии есть измерения самой информации в роли физической переменной. «Книга сообщений» для них не нужна. Надо использовать особенности рецепции информации как таковой. Отличия обоих процессов выделено на рис. 1 в предпоследней строчке.

2. Синтез информации в природе

Сама информация есть устранённая неопределённость. Но надо определить – каким способом она **возникает вновь (синтезируется)** в случае средств связи и в природе?

Для средств связи ответ дал Г. Кастлер уже около полувека назад. Прочитую его определение создания информации из [13]: «“Запоминание случайного выбора” служит механизмом *создания* информации, и по своей природе этот механизм совершенно отличен от механизма *обнаружения* информации». ... «Поскольку создание информации обычно связано с сознательной деятельностью, представляется целесообразным обсудить этот способ создания информации, используя примеры, связанные с деятельностью человека».

Как подчёркивалось выше, информации в природе отличается от информации в деятельности человека отсутствием предзаданной цели и «книги сообщений». Это заставило в работах [1] – [7] развить определение Кастлера создания (синтеза) информации вновь. Поясню это схемой рис. 2, детализирующей термин «устойчивость» на рис. 1.

В основе синтеза информации лежат **случайности**. Это отмечено на рис. 2 слева внизу – случайные выборки. Они произвольны и не обязательно должны относиться к устранению неопределённости, характерной для информации, синтез которой рассматривается. Они по каким-то побочным причинам могут даже запоминаться. Но только по признаку запоминания они не обязательно станут основой новой информации. Должны действовать **условия**, ограничивающие **случайности**

выбором из них тех, что относятся к неопределённости, устранение которой реализует информацию. Кроме того в условия входят конкретные особенности реальных процессов, например, нелинейности или обратные связи с окружающей средой.

Для информации в средствах связи запоминание, необходимое для синтеза информации, реализуют устройства и методы человека. В природе **запоминание** должно осуществляться **самопроизвольно**.

В природе неопределённость описывает энтропия в больцмановском смысле максимума вероятности. Запоминание в природе является синонимом **устойчивости** [4], [5] её объектов и процессов. В этом на первый план выходит, что в природе действие-энтропия-информация не только количественно описывает неопределённость – она одновременно есть **функция Ляпунова в задачах устойчивости**, то есть величина и приращения энтропии S и её производства \dot{S}



Рис. 2.

являются определяющими для устойчивости, а потому с помощью действия-энтропии-информации реализуется *запоминание* при синтезе информации. Устойчивость по Ляпунову рассматривается на основе линеаризованных уравнений, что подчёркивает глобальную роль для неё действия-энтропии-информации.

Объединение в одной переменной – энтропии – самой информации и функции Ляпунова для запоминания есть ключ к тому, что в природе информация может синтезироваться *самопроизвольно* – информация как физическая переменная одновременно является «исполнительными устройствами» при рецепции информации. В наглядных выражениях можно сказать, что этим действие-энтропия-информация и её производство получают «управляющие» возможности, которые интуитивно всегда требуют от информации.

Первоочерёдные варианты критериев устойчивости (в составе синтеза информации) собраны на рис. 2.

По критериям устойчивости (запоминания) синтез информации можно разделить на классы, обозначенные стрелками с номерами на рис. 2.

Критерии устойчивости *1* определяют синтез информации о статически равновесных объектах (тупиках равновесия). Они имеют вид:

$$dS = 0, \quad d^2S < 0. \quad (5)$$

Это тот самый максимум энтропии, который создаёт наибольший детерминизм в природе.

Открытые системы широко представлены в природе. Подвод энергии к системе выводит её из состояний равновесия, в частности так, что она стремится вернуться к нему. В этом процессе появляются динамически устойчивые состояния. Наиболее важное среди них (*2* на рис. 2) подчиняется принципу *минимума* производства энтропии И. Пригожина и описывается критериями

$$d^2S < 0, \quad d^2\dot{S} > 0. \quad (6)$$

Возможны динамические равновесия (*3* на рис. 2), критерии устойчивости которых зависят от возмущений производства энтропии

$$d^2S < 0, \quad d^2\delta\dot{S} > 0. \quad (7)$$

Все три случая есть в терминах этой статьи синтез информации, в котором запоминание реализуют указанные выше критерии устойчивости. Пригожин назвал «возникающим» то, что относится к критериям *2* и *3*, противопоставляя его «существующему» согласно критерию *1*. Хотя для критериев устойчивости с участием производства энтропии важна минимизация её производства, развитие с их участием происходит на основе роста суммарной величины энтропии.

Функцией Ляпунова в конкретных классах задач может служить энергия, в частности, в форме одного из термодинамических потенциалов. Тогда статическая устойчивость задаётся её экстремумами. Это показано стрелкой *4* на рис. 2 для конкретности с обозначением *G* свободной энергии Гиббса. В [1] – [7] информация, в синтезе которой определяющей является устойчивость (запоминание) на основе энергетических критериев, названа семантической.

Многие состояния и процессы в природе с удовлетворительной точностью можно свести к двум предельным случаям, когда устойчивость описывается либо энтропийными, либо энергетическими критериями отдельно. В общем случае возможны задачи, в которых такие пределы неудовлетворительны. Этот недостаток впервые устранён в [5] путём введения энтропии в виде функции комплексного переменного, для которой собственно энтропия-информация представлена мнимой осью, а семантическая информация – действительной. Тогда устойчивость можно определять на основе известных из автоматического регулирования критериев устойчивости в комплексной плоскости (*5* на рис. 2).

В этой статье не рассматриваются процессы с потоками энергии извне.

Энтропия в физике определена с участием размерной постоянной $K = k$, то есть постоянной Больцмана с размерностью, выраженной в системе МКСА, в виде [кал/градус].

Не менее столетия идут обсуждения систем единиц физических измерений, выбора для них трёх или четырёх независимых единиц. Однако парадоксально важнейшая переменная физики – температура – оказалась внесистемной единицей [4], [5], [7] по отношению к общепринятым трём или четырём фундаментальным единицам (размерностям). Абсолютная шкала температур Кельвина этого парадокса не устраняет. Она только констатирует, что при любых размерностях и единицах температуры существует её натуральный нуль, при котором энтропия перестаёт зависеть от каких-либо термодинамических параметров.

Натуральной размерностью температуры должно быть обратное время. Это неявно понимал ещё Больцман, но отметил, что не смог найти решение этого парадокса. Поэтому после него о парадоксе предпочли забыть «насовсем».

Произвол выбора единицы температуры не затормозил развития физики именно в силу неразделимости температуры и действия в классической и квантовой физике. Например, в формулу для излучения абсолютно чёрного тела одновременно входит постоянная Планка в единицах действия и внесистемная постоянная Больцмана. Но они входят в показатель экспоненты в этом законе в безразмерном виде отношения энергий, которое от выбора единицы температуры не зависит. Поэтому нередко в физике температуру выражают в единицах энергии.

Для дальнейшего надо напомнить об адиабатических инвариантах, введенных П. Эренфестом. Их отнесли к «старой» квантовой физике, а потому в учебниках о них упоминают редко.

Понятие адиабатического инварианта иллюстрирует маятник Эренфеста в виде груза, подвешенного на нити, перекинутой через блок (рис. 3). Если бесконечно медленно тянуть за нить и совершать этим работу, то частота колебаний маятника ν будет изменяться строго непрерывно так, что отношение энергии E к частоте будет сохраняться постоянным.

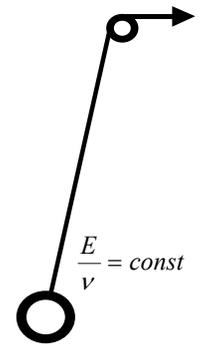


Рис. 3.

$$\frac{E}{\nu} = const, \quad (8)$$

В частном случае квантовой механики $const = h$, то есть постоянной Планка. Квант энергии Планка $h\nu$ для *адиабатически* инвариантных процессов может изменяться *строго непрерывно* в математическом смысле.

Если энергию маятника изменять за счёт быстрых воздействий (неадиабатически), то соотношение $const \cdot \nu = E$, в частности, $h\nu = E$ сохранится, но изменения энергии станут возможными только скачком. Неправоммерно обобщая это на адиабатические процессы, многие воспринимают квантовую дискретность изменений энергии как абсолют.

Наоборот, в тепловых задачах непрерывность изменений температуры маскирует тождественно ту же квантованность тепловой энергии в неадиабатических переходах, что и в квантовой физике. Выражение температуры в единицах энергии этому существенно способствует, так как температура принципиально является непрерывной физической переменной.

Квант тепловой энергии неустранимо присутствует в тепловых задачах, но в явном виде так не называется.

Энтропия является аксиоматической переменной. Поэтому постулирую [4], [5], что в физических задачах описания природы энтропия выражается в единицах действия как переменной механики, то есть в этом случае множитель K в её определениях имеет размерность *действия*. Соответственно для информации в природе как самопроизвольно устранённой неопределённости мерой информации является *действие-энтропия-информация*.

Не было бы у энтропии одновременно всех описанных свойств – это значило бы, что природа может обойтись без понятия об информации. Но эти свойства есть совместно, а потому инфор-

мазия (энтропия-действие) является важнейшей физической переменной природы, а энергия участвует в её определении, когда энтропия выражается в виде функции комплексного переменного.

Следует напомнить, что в теории информации для средств связи энтропия является абстрактной характеристикой случайных процессов (см. левую колонку на рис. 1). Например, в энциклопедической книге [14] об энтропии ни разу не упоминается имя Больцмана, а Гиббс встречается только раз в связи со второстепенным вопросом.

В физике есть частные задачи, для которых можно ввести энтропию как характеристику произвольных случайных процессов. Она отличается от действия-энтропии-информации. Это не противоречит правой колонке на рис. 1, являясь исключениями из неё или дополнениями к ней.

В теории информации для средств связи самостоятельный раздел посвящён понятиям ценности и незаменимости информации. Не пытаюсь пересказать классические результаты в этом, отмечу, что в их основе лежит понятие цели передачи информации (слева на рис. 1). Поэтому известные для средств связи определения нельзя применить к понятиям ценности и незаменимости информации как физической переменной природы. По этой же причине на информацию в природе нельзя перенести понятие рецепции информации из задач связи.

В соответствии с решающей ролью устойчивости при синтезе информации, рецепцию, ценность, незаменимость информации в природе можно определить [5] в следующем виде:

1. **Рецепция** информации в природе есть изменение условий для случайностей при синтезе информации.

2. **Ценность** информации как физической переменной есть запас устойчивости, который создаёт рецепция или синтез информации.

3. **Незаменимость** информации как физической переменной есть ширина области устойчивости при запоминании в процессе синтеза информации.

Это показано справа на рис. 1.

Синтез информации в природе есть цепочка: *случайности-условия-запоминание*, где запоминание является синонимом статической или динамической устойчивости.

3. Развитие в природе

В существующей литературе не было ответа на вопрос – почему в природе *закономерно* наблюдается *развитие*? Ведь сегодня в науке для “возникающего” (критерии 2, 3) путь дальнейшей эволюции определён как *распад* или возврат к структурам на основе критериев 1, 4 на рис. 1.

Понятие – развитие – в природе подразумевает, что оно возможно в открытых системах с подводом энергии извне. Однако психология науки парадоксально противоречит главенствующей роли открытых систем в том числе и в частных задачах. Например, в науке широко используется понятие поля. В строгом смысле оно исходно определено для замкнутых систем. Однако к полевым моделям стараются свести даже «элементарные частицы».

В прямом смысле в науке нет закономерности, гарантирующей возможность в процессе развития преодолевать тупики равновесия. Без неё всё в природе должно было бы останавливаться не только в пределе «тепловой смерти» Клаузиуса, но и задолго до того, упираясь в непреодолимые локальные тупики равновесия.

Необходимо указать процесс синтеза информации (действия-энтропии), позволяющий закономерно преодолевать тупики равновесия. Это впервые сделано в [2], [4], [5], что отображает на рис. 2 случай 6 критериев устойчивости при синтезе действия-энтропии-информации в виде

$$d^2S(K)_j > 0, \quad d^2\dot{S}(K) < 0. \quad (9)$$

Это седловая точка (рис. 4) статически неустойчивого минимума самой энтропии, которая становится динамически устойчивой за счёт максимума производства энтропии. Это гарантирует разрушение тупиков равновесия с сохранением устойчивого результата, то есть синтеза новой информации. Важно подчеркнуть, что действие-энтропия-информация рассматривается в этом

случае как функция от адиабатического инварианта в определении энтропии (действия-информации) при условиях j .

Создал Р. Клаузиус термин – энтропия – исходя из греческого слова, означающего «способность к превращениям». Поэтому принцип синтеза информации о новых адиабатических инвариантах назван в предыдущих работах [1] – [7] и здесь – **принцип максимума способности превращений** (завершение рис. 1 в правой колонке).

Синтез информации об адиабатических инвариантах является собственно развитием в природе. Оно происходит самопроизвольно, так как управляется критерием устойчивости, не требующим предварительного задания цели развития. В глобальном смысле развитие происходит в открытых системах.

Принцип максимума способности превращений утверждает, что развитие в природе должно сопровождаться ростом энтропии, не ограниченным тупиками равновесия, то есть, казалось бы, увеличением беспорядка. Однако человек и его наука воспринимают развитие в виде возникновения всё более и более, упорядоченных структур. Устранение этого парадокса даёт приведенный дальше закон иерархического синтеза действия-энтропии-информации. Его необходимо предварить пояснениями о втором начале термодинамики, которое задаёт рост энтропии (беспорядка) как самопроизвольный процесс.

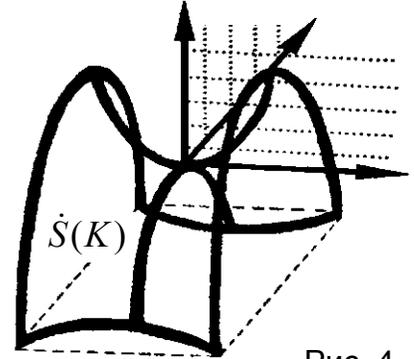


Рис. 4.

4. О втором начале термодинамики

Второе начало термодинамики является одной из самых значимых аксиом науки.

Исходное для аксиомы есть система объектов, термины, выражающие свойства объектов и отношения между ними. Надо подчеркнуть, что **сами объекты и термины в составе аксиом при этом не определяются, так же как их свойства и отношения**. Высказываются только **утверждения**, которые должны для них выполняться. **Эти утверждения и есть аксиомы**. Первичное правило, по которому образуются аксиомы, не предполагает ни их очевидности, ни их истинности, ни их непосредственной убедительности. Теорема Гёделя о неполноте устанавливает неизбежность и неустранимость такого подхода к аксиоматике (подробно см. в [5], [10]).

Формулировка аксиом выделяет из совокупности объектов, присущих им свойств и отношений, класс объектов, отличающихся тем, что для них эти аксиомы предполагаются выполненными.

Аксиомы **произвольны**. Поэтому после их формулировки необходимо убедиться, что в реальном мире есть объекты, для которых они выполняются. Этот процесс называют – **интерпретация аксиом**. Любая формулировка аксиом получает право на существование только по итогам их интерпретации – **сопоставления с реальностью**.

Система аксиом должна быть:

- непротиворечивой, то есть ни одна из аксиом не должна исключать другую;
- независимой, то есть ни одна из них не должна являться логическим следствием других;
- полной, то есть добавление к ней новых аксиом должно привести к противоречиям.

Парадоксальным образом существующие формулировки второго начала термодинамики этим требованиям не удовлетворяют. Известно более двух десятков аксиоматических частных формулировок второго начала термодинамики, описывающих его свойства порознь. Подробно об этом и 16 из известных формулировок второго начала термодинамики см. в [5]. Там же приведена исправляющая этот недостаток формулировка второго начала термодинамики автора.

Как видно из изложенного, понятие об энтропии (то есть второе начало термодинамики) следует отделить от закона сохранения энергии и ввести аксиомы, определяющие её свойства, заменяющие традиционную множественность формулировок второго начала как аксиоматического введения понятия об энтропии.

Аксиоматически существование действия-энтропии-информации, главные свойства и выбор нуля отсчета для этого понятия (суммарный эквивалент множественных формулировок второго начала термодинамики) можно сформулировать [5] в следующем виде:

I. *Существует иерархическая функция состояния системы из многих элементов – действие-энтропия-информация, которая определена в дискретном фазовом пространстве на основе признаков элементов системы и условий для них. Её можно выразить в двух равноправных формах:*

$$S_k = K_k \ln \Omega_k \quad \text{или} \quad S_k = -K_k \ln \psi_k$$

Действие-энтропия-информация самопроизвольно стремится в дискретном фазовом пространстве к максимуму, совместимому с условиями, в которых находится система. Действие-энтропия-информация есть мнимая часть функции комплексного переменного, действительная часть которой зависит от энергии взаимодействия элементов системы (обозначения: для уровня иерархии k число возможных состояний системы есть Ω_k или вероятности их состояний ψ_k ; множитель K_k – адиабатический инвариант данного иерархического уровня системы – единица измерения действия-энтропии-информации с размерностью действия).

II. *Действие-энтропия-информация есть характеристика максимума вероятности состояния системы, которая нормирована по отношению к энергии и к числу элементов системы. Действие-энтропию-информацию порождает процесс синтеза информации – запоминание случайного выбора в существующих условиях на основе устойчивости, в котором критерии запоминания (устойчивости) зависят от действия-энтропии-информации и её производства. В общем виде они заданы в комплексной плоскости. Случай синтеза информации на основе принципа максимума производства действия-энтропии-информации (максимума способности превращений) определяет условия разрушения равновесия со сменой признаков так, что происходит переход к следующей ступени иерархии роста действия-энтропии-информации.*

III. *Действие-энтропия-информация может суммироваться при разных входящих в её определение признаках и условиях, учитывая уравнения связи их между собой. Для любых, входящих в определение действия-энтропии-информации признаков и условий, существует свой нуль отсчёта, который зависит от них. Действие-энтропия-информация есть положительно определённая переменная.*

Сохранение энергии, которое обычно принимается в качестве первого начала термодинамики, пропущено в системе аксиом **I**–**III** не случайно. Закон сохранения энергии в любой своей формулировке волевым образом ограничивает рассматриваемые в данной задаче формы энергии.

Аксиома сохранения энергии потеряла однозначность и превратилась в частное условие конкретных термодинамических задач, зависящее от того, какие формы энергии в них учитываются. **Метод** исследований, основанный на сохранении тех форм энергии, которые названы в условиях данной задачи, есть главный признак термодинамики как области науки: математические **методы** термодинамики основаны на сохранении энергии. Это же относится и к более широкому кругу задач, в которых участвует как переменные энергия и действие-энтропия-информация.

Аксиома сохранения энергии (как первичная) тавтологична аксиоме об окончательном равновесии как “цели” всего сущего. Поэтому **аксиома** сохранения энергии противоречит **аксиоме**, которой является второе начало термодинамики (в том числе и в приведенной выше форме). Включить сохранение энергии в **аксиоматическую базу** термодинамики и ее обобщений, не создавая аксиоматической противоречивости, можно при следующей формулировке аксиомы о сохранении энергии:

IV. *Существует функция состояния системы – энергия. Энергия может быть представлена как сумма разных её форм. Существует форма энергии – тепловая энергия (или в более общем виде – информационная энергия), которая выражается произведением θS . В его составе энтропия S определена аксиомами I – III, а температура θ есть обратный масштаб измерения времени в замкнутой системе. Время в замкнутой системе и время как причина существования энергии являются разными переменными. Время в замкнутой системе обратимо. Время как источник энергии необратимо. Сохранение величины суммы форм энергии (закон сохранения энергии) подразумевает однородность времени. Энергия системы изменяется в результате взаимодействия системы с окружением. Идеализация в виде замкнутой системы в любой точке своей границы находится в статическом и/или динамическом равновесии с окружением.*

В силу приведенной формулировки закона сохранения энергии понятие статического равновесия условно. Реально статическое равновесие есть абсолютизированная форма динамического равновесия на границе рассматриваемой области. Вечное равновесие в реальной природе невозможно. Физическая система, не содержащая информации о себе самой (в узанном аксиомами I – III смысле) не может реализоваться.

Направление самопроизвольных процессов задают экстремумы комплексной действия-энтропии-информации. Стремление действия-энтропии-информации в дискретном фазовом пространстве к максимуму, совместимому с условиями, наглядно подобно увеличению размеров при расширении объёмов в пустоту в трёхмерном пространстве. Не определяемое здесь для фазового пространства понятие – пустота – не предполагает отождествления его с известным сегодня «физическим вакуумом».

Наличие строгих формулировок позволяет в этой статье без вульгаризации выделить наглядное во втором начале термодинамики при его старых формулировках – стремление самопроизвольных процессов с участием энтропии к совместимому с условиями максимуму беспорядка элементов системы.

5. Закон иерархического синтеза действия-энтропии-информации

Общепринято устойчивость (запоминание) за счёт энергетических экстремумов (типа 4 на рис. 2) относить к упорядочению систем. В этом случае роль функции Ляпунова играет энергия в виде одного из термодинамических потенциалаов. Классический пример такого – кристаллы. Менее явно понимается, что упорядоченностью такого же рода являются квазикристаллы. Нередки рассуждения о них как о примере нелокальности в физике. Они ошибочны. Первично для природы фазовое пространство [4], [5]. Обычные кристаллы есть объекты в его сечениях трёхмерным пространством под рациональными углами. В таких же сечениях, но под иррациональными углами, возникают структуры, наблюдаемые как квазикристаллы (подробнее см. [5]). Они подчиняются принципу близкодействия в фазовом пространстве. Можно принять случай энергетических критериев устойчивости при синтезе информации за частную форму упорядоченности в процессе развития.

Тем не менее, в результате остаётся парадокс физических моделей природы, который в наибольшей степени выражает общепринятое представление, что возникновение и развитие жизни и разума есть результат упорядоченности, противоречащей второму началу термодинамики. Многочисленные попытки (продолжающиеся и в наши дни) свести упорядоченность для жизни и разума к энергетическим критериям, в частности, экстремумам свободной энергии в форме Гиббса или Гельмгольца, результата не дали. Хотя не вполне корректные «открытия» на этом пути публикуются в большом числе.

Долгоживущим вызовом науке являются примеры противоречия самопроизвольного стремления к максимуму беспорядка (которое диктует второе начало термодинамики) с существованием ряда объектов и процессов природы, которые человеком воспринимаются как результат роста

упорядоченности. Пытался его устранить Л. Бриллюэн, введя понятие о негэнтропия, которую Земля, якобы, получает от Солнца. Это является некорректностью (подробнее см. [5]).

Впервые строго и исчерпывающе (с подтверждением через 8 лет экспериментами по расшифровке генома человека) это противоречие устранено введением в [1], [4], [5] закона иерархического синтеза действия-энтропии-информации. Поясню существо этого закона.

Энтропия (действие-информация) аддитивна, а потому допускает разные нули отсчёта. Примем некоторый из них за начальный. Рост энтропии относительно него, в котором участвует подвод энергии извне, приводит к синтезу информации на основе цепочки *случайности-условия-запоминание*. В нём работают критерии устойчивости **1 – 5** на рис. 2. Возникают статически или динамически устойчивые объекты и процессы. Они своим существованием устраняют неопределённость образующих их элементов системы. В конечном итоге это сопровождается ростом энтропии в соответствии со вторым началом термодинамики.

Развитие, которое на такой основе задаёт рост энтропии, можно описать [1], [4], [5] рядом для энтропии (действия-информации) как мнимой составляющей энтропии в форме функции комплексного переменного:

$$S_n = S_0 + S_{1|0} + \dots + S_{k|0,1,2,\dots,(k-1)} + \dots + S_{n|0,1,\dots,(n-1)}. \quad (10)$$

В составе этого иерархического ряда первый член отображает энтропию, принятую как начало отсчёта. Последующие члены ряда есть энтропия по отношению к признакам и свойствам, информация о которых синтезирована на основе предыдущих членов ряда. Эти объекты являются элементами, устранение беспорядка (неопределённости) которых выражают объекты и процессы, являющиеся элементами для очередного следующего члена ряда (10). Они выражают условия при синтезе информации на его уровне иерархии, обозначенные нижними индексами. В них входят свойства элементов, которые задаёт синтез семантической информации на основе энергетических критериев устойчивости типа **4** на рис. 2. Индекс до черты означает условия, которые ограничивают случайности на данном уровне иерархии. Индекс после черты – условия, которые отражают свойства элементов в виде устранённой неопределённости при синтезе информации на предыдущем уровне иерархии.

В составе ряда каждый член образован суммой

$$S_k = S_{k,g} + S_{k,s}, \quad (11)$$

где $S_{k,g}$ отображает информацию об адиабатическом инварианте данного уровня иерархии, синтезированную на основе принципа максимума способности к превращениям, то есть критерия устойчивости **6** на рис. 2. Составляющая $S_{k,s}$ есть количества информации, синтезированной за счёт процессов самоорганизации типа **1 – 3, 5** на рис. 2.

Надо отметить, что существование адиабатического инварианта для иерархических ступеней синтеза информации совместимо с неадиабатическими процессами для $S_{k,s}$. Например, постоянная Больцмана не противоречит возможности неадиабатического расширения газа.

Для энтропии известно условие

$$S_{k|(k-1)} \leq S_k, \quad (12)$$

то есть энтропия при наложении дополнительных условий на поведение элементов системы уменьшается, так как знак равенства относится к равновероятному изменению условий и интереса в данном случае не представляет. Это неравенство справедливо только для энтропии. Для самих вероятностей его аналога нет.

Неравенство (12) позволяет называть, как это сделано выше, ряд (10) иерархическим – каждый его последующий член меньше, чем предыдущий и сопровождается сменой признаков и условий, относительно которых определена в составе ряда энтропия (действие-информация).. В результате развитие в природе можно проиллюстрировать схемой на рис. 5. На основе цепочки *случайности-условия-запоминание*, подчиняющейся условиям устойчивости при запоминании

1 – 5 на рис. 2, образуются на данном уровне иерархии статически и динамически устойчивые объекты и процессы природы, которые характеризует некоторый общий адиабатический инвариант. Конкретно он определяет ключевое для признаков элементов системы и условий для них. С участием энергетических экстремумов (семантической информации) энтропия на данном уровне иерархии может локально уменьшаться, но в целом каждый следующий член ряда суммарную энтропию только увеличивает. Идеализированным пределом развития для данной ступени иерархии является равновесие при максимуме энтропии, определённой на основе элементов с признаками, характерными для данной ступени иерархии. Казалось бы, развитие этим ограничено. Однако при некоторых условиях в силу глобальной роли второго начала термодинамики найдутся такие случайности и условия, которые могут самопроизвольно запомниться на основе критерия 6 на рис. 2 (максимума способности превращений). Это сформирует новый адиабатический инвариант и новые элементы системы, использующие его в качестве глобального признака. Тогда возникнет скачком переход к следующему члену ряда (10), то есть к новому уровню иерархии. Он не предзадан в конкретном виде, а будет таким, какой разрешён условиями для случайностей, определёнными уровнем иерархии, от которого начался скачек.

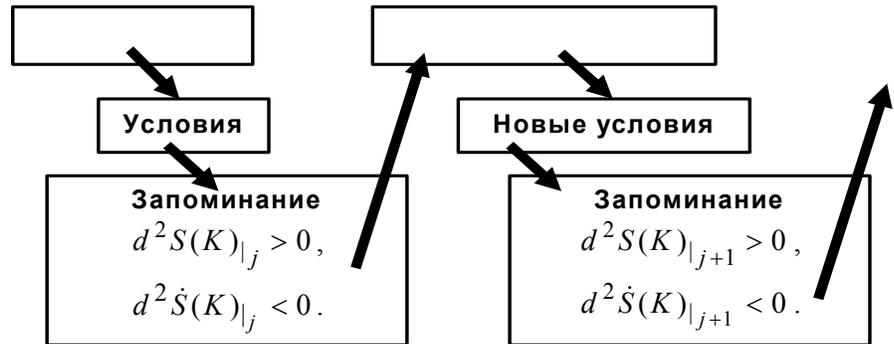


Рис. 5.

В силу этого **закономерно развитие в природе происходит путём роста энтропии**, которого требует второе начало термодинамики. Оно не носит характера движения к предзаданной цели. Глобально развитие в природе всегда есть иерархический рост беспорядка, каковой количественно выражает энтропия.

Однако опыт наблюдений человека, казалось бы, этому противоречит – существуют объекты и процессы которые невозможно свести к упорядоченности (типа кристаллов) по энергетическим причинам. Они достоверно не исчерпываются результатами самоорганизации типа «возникающего» на основе критериев 2, 3 на рис. 2. Нелинейности, которые выводит на первый план синергетика Г. Хакена, кардинально дела не меняют. Пример такой жизни во всех её формах и разум человека.

Почему человек и его наука убеждены, что развитие в природе происходит в направлении увеличения порядка?

Исчерпывающий ответ на этот вопрос уже содержится выше в объяснённом об иерархическом ряде роста энтропии. В силу требования (12), которому подчиняются его члены, каждый следующий член ряда меньше, чем предыдущий. Это означает, что **интервал** изменения энтропии (беспорядка) для него обязательно **меньше**, чем для предыдущего.

Условие (12) в применении к иерархическому ряду развития (10) в виде роста энтропии означает **экспоненциальное уменьшение интервалов изменения энтропии (беспорядка) по мере развития в природе** (рис. 6).

Поясню на примере жизни, разума и наблюдений человека. Человек есть один из биологических видов жизни, то есть сам является элементом одной из ступеней роста энтропии. Поэтому для него малый **интервал** изменения энтропии на своём уровне иерархии воспринимается **кажущимся** образом как рост порядка. Экстремумы энтропии, как уже отмечалось, очень острые. Но человек как элемент своего уровня иерархии принадлежит своему экстремуму. Для человека как элемента системы и одновременно её наблюдателя на первый план выходят различия между элементами в этом экстремуме.

Добавка интервала его ступени иерархии к сумме энтропий предыдущих ступеней роста беспорядка **мала** (рис. 6). Это и есть причина прочной уверенности человека-наблюдателя, что

жизнь и существование в ней его самого означают рост порядка вопреки второму началу термодинамики. Но это только кажущийся эффект. Уменьшающимися степенями, но суммарная

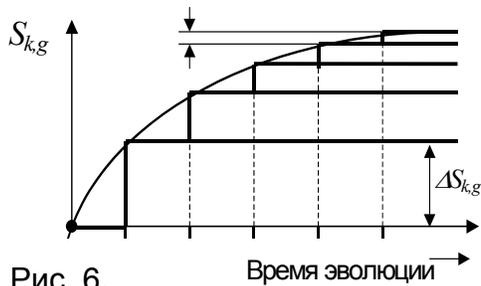


Рис. 6.

энтропия только растёт, несмотря на кажущуюся упорядоченность. Энтропия отходов не входит в члены ряда (10). Они отражают результат роста энтропии, связанный с синтезом информации. Сброс энтропии живыми организмами или Землёй в целом не является решающим. Главный производитель сбрасываемой энтропии не поддержание жизни, а, наоборот, её распад. Ведь цикл Карно достоверно не используется для энергообеспечения живых организмов. Энергию для них производят электро-химические термодинамические [5] циклы, в которых энтропия напрямую не участвует. Принцип структурной элементарности (см. параграф 6) способен свести к ничтожному минимуму сброс веществ организмами, а потому и производство энтропии при их распаде. Есть насекомые, у которых нет необходимости в системах сбрасывания отходов пищи, так как она высоко калорийна, а срок их жизни небольшой. Существенное побочное производство энтропии за счёт живых систем вызвано тем, что никто их не проектирует *с целью*. Если экологическая ниша данного вила жизни характерна малым содержанием веществ в пище, доступных для усвоения организмом, то неизбежно отходы велики.

Продолжают ряд (10) социальные ступени иерархии. Они малы по интервалу роста действия-энтропии-информации. Поэтому ничтожны их «защитные барьеры». Это причина социальных нестабильностей, характерных для человеческого общества.

Современная расшифровка генома человека, отражённая в [16], [17], исчерпывающе подтвердила существование ряда (10) и справедливость утверждения о снижении по мере эволюции жизни высоты иерархических ступеней синтеза информации. Оказалось, что у человека более трети генов сходны с бактериальными. Этот факт, закономерный на основе изложенного выше (в частности, рис. 6), вызвал удивление. Однако он был предсказан за 8 лет до этого в статье [1].

Подтверждение этого предсказания одним из самых значительных экспериментов XX века осталось без внимания, так как работы [1] – [7] генетикам малоизвестны и психологически для них непонятны. Однако в ряде статей закон иерархического синтеза информации поддержан и развивается, например [18].

Результаты, которые даёт использование закона иерархического синтеза информации в генетике и в биологии существенны не только этим.

6. Переход к устойчивым состояниям при неизвестной кинетике

Выше подчёркивалась роль энтропии как функции Ляпунова в задачах устойчивости, то есть в иерархическом синтезе информации. Однако в физике есть другие частные способы описания устойчивости. Анализ одного из них в [5] позволил устранить 150-летний парадокс дарвинизма – недостаточность на порядки частоты спонтанных мутаций в ДНК для работы естественного отбора при видообразовании. Расскажу об этом.

На ступенях иерархии, ответственных за жизнь, обеспечивает долговременную память генетическая информация $S_{k,g}$ в виде неопределённости комбинаций кодонов в ДНК, которая устранена существованием и участием в метаболизме конкретных форм этой молекулы. Для живых систем таким способом информацию $S_{k,g}$ выражает сама молекула ДНК и её метаболизм, характерные для данного биологического вида жизни. Считается, что изменения ДНК возможны только путём мутаций на основе *независимых* случайностей.

Мутация есть *устойчивое состояние* молекулы ДНК. В пределе ДНК является статически устойчивым объектом (например, в спорах микробов). В оптических аналогиях ему можно сопоставить основной уровень для электронов в атоме. Равновесие для ДНК в функционирующем организме динамическое. Ему сопоставимы уровни энергии в атоме, которые выше основного.

В такой терминологии для того, чтобы возникла мутация в ДНК, необходимы два процесса. Первый – перевод молекулы ДНК в энергетически более высокое, возбуждённое состояние. На генетическом языке это, в частности, полные или частичные расхождения двойной спирали ДНК. Второй – возврат её к новому равновесию в виде нормального метаболизма хотя бы самой ДНК. Оно и есть возникшая мутация. В этом присутствует одновременно подобие и принципиальные различия с возбуждением и излучением в атомах.

Подобие состоит в том, что состояния ДНК, описываемые непривычными для физиков терминами химических реакций и их продуктов, итогово можно изобразить похоже оптическим энергетическим уровням в атомах. Это показано на рис. 7. Не буду расшифровывать здесь общепотребительные в генетике термины на этом рисунке. Отмечу только, что локальные возбуждения – это результат влияния мутагенов (химических, радиационных и других).

Общее с оптическими переходами для ДНК в том, что они происходят между состояниями, которые равновесны статически или динамически (в частности, метастабильны).

Различие с оптическими переходами в атомах в том, что для них в физике постулируется «мгновенность» перехода (по причинам неполноты знаний о деталях его кинетики). В случае переходов в ДНК стрелки на рис. 7 – это последовательности макроскопических химических реакций и их продуктов со своей сложной кинетикой и относительно большим временем реализации. Излучением в видимом диапазоне это обычно не сопровождается. Об этих реакциях известно много подробностей. Ещё больше их продолжает исследоваться. Для них существует общая глобальная особенность.

Молекулы химических соединений в органической химии и биомолекулы занимают промежуточное положение между альтернативой изолированных электронных уровней в атомах и зонной структурой твёрдых тел. Характерные для углерода ковалентные химические связи объединяют уровни электронов атомов, образующих молекулы. Детали этого в химии описывает метод молекулярных орбиталей. В нём вводятся понятия о σ - и π -электронах. От энергетических зон их отличает относительно малое количество обобществлённых электронов (от десятков и сотен в простых органических молекулах до порядка десятков и сотен тысяч в биомолекулах). Такие количества исчезающе ничтожны в масштабах заполнения зон в твёрдых телах. Метод молекулярных орбиталей как практический для сложных биомолекул теряет эффективность, но приемлемо отражает принципы.



Рис. 7.

Язык химии есть вещества и реакции между ними. Однако физическим существом химии являются переходы между количествами и конфигурациями обобществлённых электронов в молекулах. В результате аналог атомного электронного перехода для биомолекул, в частности в ДНК, становится последовательной цепочкой макроскопических реакций и их продуктов. В этом участвует характерный для живых систем **принцип структурной комплементарности** – цепочки до 20 практически безотходных химических реакций, в которых конечные продукты предыдущих реакций используются как исходные в последующих [19], [2]. Можно сказать, что этот принцип биохимии молекул жизни позволяет говорить о химических реакциях с участием ДНК как об аналогах оптических электронных переходов в атомах [5].

Равновесие возникает в результате конкуренции причин, направленных к нему, и деструктивных процессов. Случайное равенство при этом скоростей обоих процессов маловероятно. Должны существовать объективные закономерности, создающие преимущества для возврата возбуждённой системы к возможным в данной задаче равновесиям. Если приход к равновесию имеет описание, учитывающее кинетику конкретной задачи, то эти закономерности в нём автоматически присутствуют и отражены в уравнениях. Для оптических переходов в атомах в явном виде такая кинетика неизвестна. Выход из положения нашёл А. Эйнштейн в своей знаменитой

работе 1916 г. [20]. Он состоял в статистическом описании задачи взаимодействия излучения и вещества путём введения феноменологически двух классов процессов возврата возбуждённой системы к старому или новому равновесию. Их отражают известные коэффициенты спонтанных и индуцированных переходов.

Индукцированные переходы сводят достижение равновесия к устойчивости, но в специфической форме – без знания деталей функциональных связей и кинетики переменных, то есть когда невозможно использовать критерии устойчивости рис. 2. Последнее важно для ДНК.

Изменения ДНК описываются сотнями и тысячами химических реакций с разными исходными, промежуточными и конечными продуктами. Они имеют сложную кинетику. Она включает в себя участие РНК и много других нетривиальных подробностей, не существующих в других разделах даже биохимии. Оставалось до работы [5] без внимания, что громоздкость и сложность биохимии ДНК требует возврата к методам описания оптических переходов в атомах.

Использование для описания оптического излучения и поглощения атомов спонтанных и индуцированных переходов важно потому, что их детали и кинетика пока известны недостаточно. Для ДНК наоборот – введение аналогов таких переходов позволяет проигнорировать огромный объём деталей биохимии ДНК (известных или устанавливаемых) и за счёт этого упростить получение конечных результатов.

Для геномов в такой модели частота спонтанных переходов и постоянная индуцированных актов должны зависеть от состояния ДНК, которое принимается за возбуждение, и от состояния, в которое происходит возврат (что есть свершившаяся мутация).

Э. Шредингер назвал молекулу ДНК аperiодическим кристаллом. В [5] и выше здесь было объяснено, что для квазикристаллов «нелокальность» или даже аperiодичность возникает как результат «кристаллизации» в фазовом пространстве и его поледующего сечения под иррациональным углом геометрическим трёхмерным пространством. При жизни Шредингера понятие квазикристаллов только формировалось. Кроме того, молекула ДНК как подобие квазикристаллов имеет принципиальное отличие от многочисленных их примеров в неживой природе.

В природе нет цели при синтезе информации, но в молекулах и в обычных кристаллах при синтезе информации о них (то есть при их реализации в природе) действуют энергетические критерии устойчивости типа 4 на рис. 2. По отношению к ним у молекул ДНК существует уникальное отличие – в них разные последовательности кодонов энергетически равноправны. В результате экстремумы энергии не могут устранить неопределённость случайных комбинаций кодонов. Вместо синтеза информации в ДНК, энергетические критерии устойчивости типа 4 на рис. 2 становятся для неё источниками новой неопределённости в виде случайных комбинаций кодонов как элементов для новой ступени иерархии роста действия-энтропии-информации. В результате «буквы» генетического кода в виде возможности для каждой управлять некоторыми химическими реакциями есть, но их комбинации произвольны, а потому не имеют биохимического «смысла».

Запоминание в ДНК должно выражаться циклом самовоспроизводящегося дублирования её самой на основе устойчивости некоторых из многих возможных комплексов из молекул ДНК и окружающей среды. Они самим фактом своего существования устраняют неопределённость комбинаций кодонов в ДНК, разрешённую энергетическими критериями устойчивости. Результат и есть то, что названо генетической информацией. Биологи умеют записывать её человеческими средствами в виде последовательности некоторых обычных букв, присвааемых в качестве названий кодонам.

Казалось бы, соблюдены условия для синтеза информации на основе цепочки *случайности* – *условия* – *запоминание*. Но в это вмешивается общеизвестный парадокс – достоверно наблюдаемая частота спонтанных мутаций в ДНК на порядки мала для реализации на уровне ДНК классического дарвинизма как отбора из независимых случайностей.

Впервые этот парадокс устранил в [5] путём замены последовательностей химических реакций с участием ДНК понятием об индуцированных переходах между начальными и конечными состояниями. На такой основе индуцированные переходы вводят обратную связь между мутаци-

ями и условиями внешней и внутренней среды живого организма. Дарвинизм остаётся отбором из случайностей, но они теряют независимость.

Цели эволюции жизни нет. Мутации не имеют цели создать те или иные фенотипические признаки, которые «полезны» организмам.

Случайные комбинации кодонов в ДНК в первую очередь проходят «отбор» на самовоспроизведение ДНК как таковой. Его результаты не обязательно совместимы с выживанием организма как реализацией последующих ступеней иерархии синтеза информации. Этот предварительный отбор даёт результат в виде ограниченного набора конкретных возможных мутаций.

Равновесия, ответственные за видообразование, дискретны. Об этом говорит достоверный экспериментальный факт – как правило, внешние мутагены дают повышение частоты тех мутаций, которые существуют как редкие спонтанные. Это наблюдается экспериментально. То есть дискретные случайные равновесия для ДНК и её метаболизма существуют, независимо от преимуществ или ущерба для того или иного биологического вида жизни. Но если равновесия существуют, то обязательны индуцированные переходы, направленные к ним. На биохимическом языке их индуцированный характер выражается синтезом с участием ДНК таких продуктов, разрешённых принципом структурной комплементарности, которых в окружающей среде в данных условиях недостаточно для завершения мутации.

В результате, когда внешние условия неизменны, индуцированные переходы повышают частоту мутаций, направленных к исправлению случайных ошибок в ДНК (создают основу стабилизирующего отбора).

Если условия изменились, то в результате индуцированных процессов *частота мутаций возрастёт там и на сколько нужно для установления нового динамического равновесия* молекулы ДНК в функционирующем организме, если оно возможно. Поэтому новая структура или функция живого организма (то есть прогрессивная эволюция вида, к которому он принадлежит) возникнет с вероятностью, близкой к единице, если отвечающее ей динамическое равновесие ДНК совместимо с его выживанием. В этом участвуют последующие ступени иерархии роста энтропии-информации. Относительно большие времена для нового видообразования или приспособительных изменений существующих видов реализуются потому, что внешние условия могут длительно сохраняться неизменными. Например, в толще океанов, где такое справедливо сотни миллионов лет, существуют виды, сохраняющиеся неизменными всё это время.

Невозможность с помощью дарвинизма как отбора из независимых случайностей объяснить возникновение и эволюцию новых видов объясняют путём перемножения последовательных вероятностей на пути к ним. Ясно, что результирующая вероятность в таком случае быстро становится исчезающе малой. Однако с учётом индуцированных переходов произведение независимых вероятностей незаконно [5], [6], а потому, если среди возможных дискретных случайных мутаций есть совместимые с выживанием организма в данных внешних и внутренних условиях, то индуцированные переходы будут в первую очередь направлены к ним, независимо от предистории. Раковое перерождение клеток в таком процессе получает большие вероятности, так как оно означает несовместимость данной мутации (равновесия) в ДНК со ступенями иерархии роста действия-энтропии-информации, которые ответственны за организм в целом (то есть со ступенями иерархии, где элементами системы становятся органы и их функции).

С учётом индуцированных переходов не гипотетические независимые случайности, а реальные физико-химические условия оказываются решающими для возникновения новых функций организмов или таксономических градаций жизни.

Впервые введенное в [5] в генетику и пояснённое здесь понятие об индуцированных переходах при образовании мутаций наблюдается экспериментально, но не понято в такой роли. Например, известны опыты с мутациями [21], когда в окружающей среде отсутствуют нуклеотиды, необходимые для полного цикла метаболизма ДНК. Тогда происходит повышение на порядки частоты мутаций генов, контролирурующих синтез недостающих в среде нуклеотидов. Изменение частоты мутаций наиболее велико для переходов между активными в данный момент уровнями на рис. 7.

Мутация – это есть итог прихода молекулы ДНК к равновесию. Экспериментально наблюдаемое повышение частоты мутаций, направленных на воспроизводство недостающих нуклеотидов, является выражением аналога индуцированных процессов А. Эйнштейна для возврата к равновесию ДНК (преимущественно динамическому).

Слишком низкая частота спонтанных мутаций для работы дарвинизма как отбора из независимых случайностей есть выражение защищённости форм жизни (их детерминизма). Если бы частота спонтанных мутаций была такой большой, как хотят современные дарвинисты, жизнь в устойчивых формах не могла бы возникнуть и существовать из-за её спонтанного распада. Поэтому возникновение и эволюция жизни возможны только тогда, когда уровень радиационного фона мал.

Использование понятия об индуцированных переходах в генетике может дать серьёзные практические результаты. Но для этого нужна большая «техническая» работа. Преимущественные мутации известны. Можно сопоставить им вероятности спонтанных переходов и на основе известных биохимических данных накапливать сведения о постоянных индуцированных переходах. Тогда появится возможность описания мутаций и их последствий, минуя громоздкие подробности о конкретных биохимических реакциях.

Принцип структурной комплементарности – феноменологический. Однако он утверждает – существуют непонятые особенности взаимодействий электронных орбиталей (в широком смысле). Взаимодействия электронных оболочек молекул, характерных для живых систем, обладают универсальными свойствами, которые пока в явном виде не найдены. Подход к превращениям в ДНК на основе индуцированных переходов в конечном итоге выявит эти закономерности, а потому создаст эффективную базу для практики.

Вывод из изложенного в этой статье на основе предыдущих работ [1] – [7], [22] состоит в том, что развитие в природе есть самопроизвольный самосогласованный процесс иерархического роста действия-энтропии-информации.

Физико-химическая газодинамика преимущественно относится к молекулярно-кинетической ступени иерархии роста энтропии. Поэтому развитие её объектов в большинстве случаев описывается не выходя за рамки запоминания при синтезе информации на основе критериев *1 – 4* на рис. 2. Однако для уже происшедшего включения в неё других областей науки, например, физики плазмы, широкого круга химических реакций, лазерного возбуждения в потоках может быть полезным рассмотренное в этой статье понятие об информации как физической переменной и изменения на этой основе понятия – развитие.

Подробнее о температуре как обратном времени и энтропии в форме функции комплексного переменного в следующей статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хазен А.М. Происхождение и эволюция жизни и разума с точки зрения синтеза информации. // Биофизика. Т. 37. №1. С. 105-122. 1992.
2. Хазен А.М. Принцип максимума производства энтропии и движущая сила прогрессивной эволюции. // Биофизика. Т. 38. №3. С. 531-551. 1993.
3. Хазен А.М. Особенности применения второго начала термодинамики к описанию работы мозга // Биофизика. Т. 36. №4. С. 714-724. 1991.
4. Хазен А.М. Введение меры информации в аксиоматическую базу механики. (Второе издание). М.: РАУБ. 1998. (Первое издание. М.: ПАИМС. 1996).
5. Хазен А.М. Разум природы и разум человека. М.: НТЦ Университетский. 2000. Рецензия Л.А. Блюменфельда. Биофизика. Т. 47. №2. 2002.
6. Хазен А.М. Иерархический синтез информации – ключевое решение для сведения жизни и разума к законам физики и химии. Сайт «Разум природы и разум человека».

- http://www.kirsoft.com.ru/intell/KSNews_88.htm ,
http://www.kirsoft.com.ru/intell/KSNews_89.htm .
7. Хазен А.М. Время в механике и эволюция. Сайт «Разум природы и разум человека». http://www.kirsoft.com.ru/intell/KSNews_46.htm .
 8. Осипов А.И., Сысоев Н.Н., Уваров А.В. Температура и энтропия.// Физико-химическая кинетика в газовой динамике. <http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2004-07-15-001.pdf>
 9. Панченков А.Н. Энтропия. Т. 1, Т. 2. Н. Новгород. Интелсервис. 1999, 2002.
 10. Хазен А.М. Первые принципы работы мозга, гарантирующие познаваемость природы. // Сб. Теоретическая биология. Вып. 12. М. 2001.
 11. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М. Прогресс. 1994.
 12. Веретенников В.Г., Сеницын В.А. Метод переменного действия. М. Физматлит. 2002.
 13. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Наука. 1967.
 14. Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория энтропии. М. Мир. 1988..
 15. Хазен А.М. Некорректность негэнтропийного принципа Л. Бриллюэна. http://www.kirsoft.com.ru/intell/KSNnews_62.htm .
 16. *Nature*. Т. 409. №6822. С. 880-953. 2001.
 17. *Science*. Т. 291. №5507. С. 1177-1351. 2001.
 18. Моросанов И.С. Эволюционная концепция теории систем.// Системные исследования. Ежегодник. 1998. Часть I. С. 32-43. М. Эдиториал УРСС. 1999.
 19. Ленинджер А. Биохимия. М. Мир. 1976.
 20. Эйнштейн А. Испускание и поглощение света по квантовой теории.// Собрание научных трудов. Т. III. М. Наука. 1966.
 21. Корогодина В.И., Корогодина В.Л., Файси Ч. Функциональная концепция мутагенеза // Природа. №2. С. 5-12. 1990.
 22. Хазен А.М. *О термине действие-энтропия-информация*. http://www.kirsoft.com.ru/intell/KSNnews_57.htm .

Примечание редакции: статья носит дискуссионный характер. Редакция будет благодарна всем, кто пожелает принять участие в ее обсуждении.