

# 9

## Энтропия и информация. Размышления об их роли в природе и обществе

В. А. Геодакян

Познание – поиск аналогий.  
*Людвиг Больцман*

С легкой руки Френсиса Бэкона индуктивное развитие наук привело к феномену «Вавилонской башни». Непонимание возникло не только между науками, но и внутри наук и в методологии. Физик-теоретик Ф. Дайсон считал, что главное отличие между учеными не то, что одни физики, а другие биологи, а то, что одни (диверсификаторы) ищут разницу между близкими вещами, усложняя мир, другие (унификаторы) – ищут общее между разными вещами, упрощая мир. Дивергенция понятий, терминов, журналов и пр., усложнив мир, привела фактически к изоляции наук. Унификация особенно нужна общим для всех наук **методологии** и «языкам» (математике, кибернетике, теории **систем** и **информации**).

В последнее время в связи с открытием белкоподобных РНК и РНКподобных белков много пишут о мире РНК и ДНК (например, академик А. С. Спиринов) – это правильно, но это лишь половина дела. В трехмерном мире должно быть, по размерности, 4 мира: точек, линий, плоскостей, объемов. В первом мире: одна буква – нет текста. Можно записать только числовой ряд. В последнем – 3 координаты пространства:  $x, y, z$  плюс  $T$  – время для процессов. Он очень сложен, теряется наглядность, трудно объяснять и понимать. Поэтому ограничимся пока линейными и плоскостными формами записи информации, хотя все, что будет сказано, справедливо и для объемных систем.

В статье сделана **попытка**: 1) внести ясность в понятия энтропии и информации, рассматривая их как бинарную сопряженную дифференциацию (БСД)\*, когда она равна консервативной подсистеме (КП) + оперативной подсистеме (ОП) (БСД = КП + ОП); 2) предложить новую концепцию общего строения и предсказуемой эволюции – главных информационных молекул (РНК, ДНК, белков) – и показать несколько примеров плоских молекул.

---

\* См. список сокращений в конце статьи.

1. Живые системы возникли от неживых, поэтому при поисках рациональных способов их описания было целесообразно сначала обсудить их отношение к методам описания неживых. Это касается прежде всего такого универсального обобщения естествознания, как **термодинамика**. Она началась с работы поручика французского флота Сади Карно 1824 г. В 1865 г. Р. Клаузиус, спасая его идею, дал теплоте новую трактовку и ввел понятие **энтропии**. Но сделал это так неудачно, что термодинамика стала теорией равновесия. Вклад корифеев науки Дж. Максвелла (кинетическая теория газов, использование «демона», 1871), Дж. У. Гиббса (понятие химического потенциала, 1875), Г. Гельмгольца (понятие электрического потенциала, 1885), Л. Больцмана (связь энтропии и вероятности, 1877, 1896), М. Планка (связь энтропии, излучения и идеи квантов, 1900), теорема В. Нернста (1906) сделали теорию неприкасаемой. В этой блестящей плеяде я бы выделил удивительную роль Макса Планка, который после почти всех открытий, нанося последний штрих, придавал им законченную форму. Это трактовки константы Больцмана, законов Стефана-Вина, теоремы Нернста, введение нулевой энтропии и формулировка третьего закона термодинамики. Видимо, это были годы, когда, по словам самого ученого, он 5 лет мучительно привыкал к своей идее квантов.

Связь энтропии (S) и информации (i) открыл Л. Сцилард (1929), а теория информации К. Шеннона появилась в 1949 г. Ее пытались применить для описания и понимания биологических явлений, прежде всего филогенеза и онтогенеза. В этом вопросе до сих пор нет ясности, наборот, много путаницы и непонимания. Особенно в трактовке энтропии и информации.

2. В плане термодинамики живые системы – открытые рабочие системы. В отличие от физико-химических систем, рабочие взаимоотношения которых со средой полностью описываются процессами передачи вещества и различных видов энергии, в «работе» живых систем главную роль играет информация. Например, в процессах филогенеза, онтогенеза, репродукции, обучения и т. д. доминирующей является именно информация. Теория Шеннона определяет количество информации как меру неопределенности данной ситуации, исчезающей после получения сообщения, то есть чем меньше априорная вероятность факта, о котором представлено сообщение, тем больше информации в нем. В более широком смысле под информацией подразумеваются свойства процессов, дополняющие их энергетические и массовые характеристики.

Теория игнорировала как смысл информации, так и ценность для получателя, хотя идея определять ценность информации через приращение вероятности достижения цели была предложена (Харкевич 1965).

Для количественного описания состояния системы и процессов, идущих в ней, в термодинамике применяются специальные физические параметры, которые называются обобщенными **зарядами**, или факторами **экстенсивности** (E). К ним относятся: масса, объем, энтропия, электрический заряд и др. Внутренняя энергия системы, как известно, определяется совокупностью этих обобщенных зарядов:

$$U = f(E_1, E_2, E_3, \dots E_n).$$

Она является функцией состояния, ее изменение можно представить в виде соответствующего полного дифференциала (де Бур 1962):

$$dU = P_1 dE_1 + P_2 dE_2 + \dots + P_n dE_n,$$

где коэффициенты  $P$  – частные дифференциалы от  $U$  по всем  $E$ . Они называются обобщенными **потенциалами**, или факторами **интенсивности**. Это те силы, которые вызывают перенос соответствующих зарядов и производят полезную работу. Каждому виду заряда соответствует свой, сопряженный с ним потенциал. Добавление в систему того или другого заряда повышает сопряженный с ним потенциал. Так, увеличение массы воды в верхнем резервуаре повышает гидравлическое давление, приращение объемного заряда повышает давление газа, теплового заряда – температуру, электрического заряда – электрический потенциал и т. д. Изолированная от среды система не может совершить никакой работы. Необходим контакт со средой в виде соответствующего канала связи. Каждой форме контакта со средой отвечает пара сопряженных факторов экстенсивности и интенсивности. Произведение обобщенного потенциала на изменение обобщенного заряда имеет размерность работы и называется обобщенной работой  $P \cdot dE = dA$ . Каждой паре сопряженных зарядов и потенциалов соответствует особого рода работа (Табл. 1).

Таблица 1. Структура термодинамических рабочих систем

Работа (A)	Заряд (E)	Потенциал (P)	Уравнение
Гидравлическая	масса воды, m	разность уровней	$A = H * dm$
Расширения газа	объем газа, v	давление газа, P	$A = P * dv$
Тепловая	энтропия, S	температура, T	$A = T * dS$
Электрическая	электрич. заряд, q	электрический потенциал, U	$A = U * dq$
Химическая	масса, m	химический потенциал, $\mu$	$A = \mu * dm$

Таким образом, обобщенные заряды являются теми рабочими субстратами, поток которых производит работу. В отличие от обобщенных зарядов, которые зависят от размеров системы, обобщенные потенциалы от них не зависят. Поэтому при объединении двух систем заряды ведут себя аддитивно, складываются:  $E = E_1 + E_2$ , а потенциалы усредняются:  $P = (P_1 E_1 + P_2 E_2) / (E_1 + E_2)$ .

3. В начале 1960-х г. я понял, что биологи не могут объяснить, для чего существуют два пола, и предложил эволюционную теорию пола (ЭТП), согласно которой два пола – специализация по главным неперемным аспектам эволюции: **сохранения** и **изменения**. Нет сохранения – нет жизни, нет изменения – жизнь до первого ледникового периода. И то и другое – конец, но второе с отсрочкой.

Женский пол – консервативная подсистема (КП), мужской – оперативная (ОП). Такая дифференциация повышает устойчивость системы. Она достигается **дихронной** эволюцией: сначала мужской пол, потом женский, что позволяет каждый новый ген проверять на мужчинах. В этом адаптивный смысл полов (Геодакян 1965; см. также: Он же 1983, 1998). Идея оказалась очень плодотворной. Через год я применил ее к пяти уровням генетических бинарно-сопряженных дифференциаций (БСД = КП + ОП). В популяции – два пола, в организме – два вида клеток: гаметы + соматические, в клетке – ядро + цитоплазма, в ядре – аутосомы + гоносомы, в нуклеопротеиде (ген, вирус) – ДНК + белки. Сопоставив неживые и живые рабочие системы, я предложил общую трактовку БСД как **аналогов** термодинамических обобщенных зарядов–потенциалов, производство которых дает работу. Позже в эту схему были включены гормоны, гонады, симметрия организмов, мозга, тела, гетеро- и гомосексуальная ориентация, социальные и другие системы. Было показано, что БСД повышают устойчивость адаптивных систем (Геодакян 1967; 1970; 1971а; 1971б; 1972; 1984; 1987).

Экстраполируя КП и ОП в прошлое можно определить неизвестную **унитарную** систему (УС), от которой они произошли, и получить сопряженную **триаду** (СТ). Ясно, что превращение КП + ОП = БСД, БСД + УС = СТ укрупняет разряды информации и упрощает мир. Кроме того, это позволяет определить генеалогические древа систем. Например, то, что ДНК и белки произошли от РНК, индуктивная наука узнала только в середине 1980-х, открыв переходные формы (РНКподобные белки и белкоподобные РНК). В моей работе (Он же 1967) была приведена схема информационных связей КП ↔ ОП ↔ среда, то есть ДНК ↔ белок ↔ среда, из которой вытекал еретический тогда вывод, что центральная догма молекулярной биологии (запрет на поток информации белок → ДНК) неверна. От догмы тихо отказались. Считаю, это неправильно. (В некрологе о почившей в бозе догме надо было указать год ввода и отмены, имя, титулы автора, может быть, список наиболее удачных работ.)

Я писал (Там же; 1970), что в попытках использовать теорию информации как инструмент надо помнить, что его нужно создавать и совершенствовать.

4. Действительно, что такое информация? Есть ли она у неживых систем? Как она связана с энтропией и какова их роль в живых системах? Есть ли разница между упорядоченностью и организацией? Как их измерить или хотя бы сравнить? У кого больше информации – у зиготы или организма, в генотипе или фенотипе? Как представить себе качество информации, смысл, ценность? Существует ли закон сохранения информации, наподобие других (массы, энергии, заряда)? Какова роль среды?

Одни считали, что информации больше в генотипе, так как из одного генотипа в разных средах получаются разные фенотипы в результате реа-

лизации одной из многих возможностей генотипа (Медников 1971; Шмальгаузен 1968). Другие, наоборот, что фенотип взрослого организма несет больше информации, так как он полностью включает информацию генотипа плюс информацию от среды (Гамбург 1972; Равен 1964; Уоддингтон 1970). Рассчитывали количество информации в зиготе или организме и серьезно толковали о вкладе информации, который вносят молекулы воды или мембраны (Сэтлоу, Поллард 1964; Dancoff, Quastler 1953; Elsasser 1958). Такие расчеты количества информации были преждевременны и фактически бесполезны (Аптер 1970; Геодакян 1971b). В лучшем случае речь могла идти только о верхних пределах, а это почти ничего не дает. Третьи отождествляли понятия информации и энтропии, считая, что вся разница между ними лишь в том, что они имеют разный знак и разную размерность (Бриллюен 1960; Шамбадаль 1968). Такая трактовка, сводящая понятие информации почти к синониму энтропии, в значительной мере лишена смысла. Конечно, любой процесс передачи информации сопровождается ростом энтропии, точно так же, как и любой процесс передачи электрических, механических (объемных) или химических зарядов. Энтропия, будучи фактором экстенсивности «низкосортной» энергии (тепла), возникает при всех рабочих процессах, связанных с обесценением любого из перечисленных ценных видов потенциала. Рассматривая информацию в качестве еще одного ценного потенциала наряду с другими (кроме температуры), отношения информации к энтропии мы также должны трактовать аналогично отношениям их зарядов к энтропии. Отождествление информации с энтропией равносильно отождествлению механических или электрических зарядов с энтропией, и то и другое неправомерно.

Я считал, что эффективнее направить усилия на поиски качественных концептуальных решений. Сравнивал положение дел в биологии с физикой начала XX в., когда были нужны не сложные расчеты квантовой механики атома (которые появились значительно позже), а первая качественная догадка Резерфорда о планетарном строении атома. Разные точки зрения, концепции, модели, которые можно сравнивать, пробовать и выбирать. А для начала нужна непротиворечивая система понятий и связей, вероятности, энтропии, информации, позволяющая нарисовать картину в целом. Тогда же я предложил новую, несколько иную трактовку понятий энтропии, упорядоченности, информации, организации и их взаимосвязей, понятий количества и качества информации и др.

5. Происхождение живых систем от неживых порождало множество попыток найти общие принципы, лежащие в их основе. Особенно широкую дискуссию вызвало отношение живых систем ко второму закону термодинамики. Начиная с Бергсона, писавшего об усилии жизни подняться по склону, по которому спускается вещество, наметилась тенденция рассматривать энтропию и жизнь как взаимно противоположные понятия.

Можно показать, что в смысле энтропии живые системы делают то же самое, что и холодильник: за счет поглощаемой энергии производят одновременно энтропию и негэнтропию, то есть расщепляют некоторый средний уровень энтропии на более высокий и низкий. Первые, потребляя материю и энергию пищи, производят потомство (более низкой энтропии) и выделения (высокой энтропии). Второй, потребляя энергию, производит лед (низкая энтропия) и пар (высокая). Поэтому отношение к энтропии вряд ли может служить критерием отнесения системы к живым или неживым. Негэнтропия действительно является мерой порядка, но тогда максимум упорядоченности (нуль энтропии) обладает правильным кристаллом простого вещества при абсолютном нуле температуры, а минимум упорядоченности – газ при высокой температуре. И то и другое непригодно для жизни. Значит, в энтропийной шкале живые системы не занимают исключительного положения, чего можно было ожидать, если бы энтропия действительно являлась определяющим фактором жизни. Негэнтропия – лишь мера упорядоченности, то есть удаления от беспорядка, хаоса, а удаление от хаоса сначала может привести к жизни, а потом опять исключает ее возможность.

6. Если сравнить зиготу с часами, которые после того, как их завели (вложили в пружину потенциальную энергию), работают до тех пор, пока не кончится завод, то можно сказать, что в зиготу вложен  $i$ -потенциал, который, разворачиваясь, как пружина часов, производит полезную работу против энтропийных сил среды, расходует при этом потенциал и в конце концов умирает.

Принципиальная разница в том, что в пружину мы вкладываем сгусток энергии, которая работает сама, а в зиготу вложена информация (программа) о том, как совершать  $i$ -работу, извлекая энергию и вещества из среды. Конечно, неправ Э. Шредингер, считая, что организм питается негэнтропией (Шредингер 1947). Негэнтропия как таковая организму не нужна. Для онтогенеза зиготе от среды нужны в первую очередь вещество и энергия, а информация у нее своя. Следовательно, под качеством информации мы понимаем эффективность, потенциальную работоспособность программы, записанной в системе (бактерия, зигота), под количеством информации – число копий данной программы, а под работой информации – реализацию программы, в том числе производство копий этой программы.

7. Наглядным примером, поясняющим разницу между упорядоченностью и организацией, могут служить регулярный рисунок обоев и картина художника. Упорядоченности больше в рисунке обоев, а организация выше у картины. Правильный рисунок обоев лишен смысла, а картина художника имеет (или, по крайней мере, должна иметь) определенный смысл, преследует определенную цель – создавать то или иное впечатление, настроение, вызывать определенные чувства, мысли т. д.

Рассмотрим еще работу автоматической камеры хранения, замок которой имеет четыре разряда по десятичной системе, то есть  $10^4$  возможных чисел (от 0000 до 9999). Пока в замок двери не введена информация, все комбинации равнозначны. Среди них есть более упорядоченные: 0000, 1111, 1234, которые имеют простой алгоритм, их легко запомнить, поэтому умный вор начнет пробы с них. Другие неупорядочены, случайны, например 6129, 2837. Но набрав такое число, вносим в замок информацию, какое из них открывает камеру. Хотя его трудно запомнить, но оно служит цели камеры – «хранить чемодан». Вот это неупорядоченное число – носитель информации, ведущее к цели, нужно считать организованным. Конечно, 0000 тоже хранит чемодан, но явно хуже, чем 2837. И вообще без энтропийного порядка  $10^4$  ячеек, куда вносится информация, камера не могла бы работать.

Следовательно, информация (организация) – это особая последовательность, которая служит цели хранения данного чемодана. А энтропия (упорядоченность) – это простой порядок, необходимый во всех камерах, но не имеющий отношения к данному чемодану.

8. Еще одно понятие, требующее унификации – внутренние и внешние степени свободы. В физике числом степеней свободы называется количество независимых переменных, которое должно быть задано для определения положения тела. У одного атома (точки) три степени свободы, поскольку любое движение точки в трехмерном пространстве можно описать как изменение трех ее координат. Если точку заставить двигаться только по плоскости (наложить один внешний запрет), то у нее останутся две степени свободы; а если ее заставить двигаться только по прямой (два внешних запрета), то у нее останется одна степень свободы. Добавив еще один запрет, мы лишим систему последней степени свободы.

Если два атома соединить в молекулу (налагается один внутренний запрет), то для описания такой системы (жесткая гантелька) необходимо уже пять независимых параметров: три – для описания движения центра тяжести и два – для описания вращения вокруг этого центра (вращение вокруг оси молекулы из-за малости момента количества движения вырождено).

О внутренних и внешних степенях свободы системы или о соответствующих запретах можно говорить и на уровне макроколичеств газа, жидкости или твердого тела. Например, то, что жидкость или твердое тело не могут расширяться и занять весь объем сосуда, как это делает газ, или то, что кристалл не может принимать форму сосуда, как это делает жидкость, целиком определяется отсутствием у них соответствующих степеней свободы. А то, что одно и то же количество газа в разных сосудах имеет разные объемы и форму, определяется уже внешними запретами (сосудом) (Рис. 2).

Следовательно, можно сказать, что система реализует все с учетом внутренних и внешних степеней свободы, то есть из того, что она в состоянии делать, может делать только то, что позволяют ей условия среды.

Иными словами, для реализации того или иного взаимодействия со средой необходимо наличие соответствующей пары степеней свободы.

Для макросистем (моль газа, тепловые, электрические и т. д.), мы должны ввести соответствующие этим формам движения степени свободы и запреты. Чтобы упростить картину, введем три новых понятия. Пространство способностей – совокупность внутренних степеней свободы системы, образующих некое многомерное пространство. Это – перечень внутренних потенциальных программ системы, того, что система в состоянии делать в принципе. Пространство возможностей – совокупность внешних степеней свободы, также образующих некое многомерное пространство. Это перечень того, что системе позволяют реализовать условия среды. Пространство реализаций – точки, принадлежащие одновременно обоим пространствам, образующие третье многомерное пространство – характеризует поведение системы (Рис. 2).

Пространство способностей образует некую матрицу, которая будет заполнена, если позволят условия среды. Например, пустая таблица Менделеева (без вписанных атомов) представляет такую матрицу системы атомов. В зависимости от конкретных условий среды она будет заполнена в той или иной степени. Для нашей планеты она заполнена на 92 клетки, а скажем, на Солнце – всего на 30 клеток. Вместе с тем не исключено, что во Вселенной существуют места с такими условиями, где матрица заполнена еще больше, чем у нас, и устойчивы трансурановые элементы.

9. В применении к живым системам часто говорим о передаче информации, каналах, о хранении, о памяти, о кодировании или утрате информации. Следовательно, под информацией подразумеваем некую субстанцию, с которой можно все это проделать. Поэтому можно считать, что в системах, в которых определяющими являются информационные процессы, рабочим субстратом является **информация**. Например, в размножении и развитии организма, в процессе обучения, в работе лектора, шпиона и т. д. массовые и энергетические эффекты несущественны (скажем, шпион может сообщить огромной важности секрет шепотом, при этом массы вещества не перемещаются, тепло не выделяется, электрические искры не сыплются).

Ни одна из строк Табл. 1 не может описать такую работу. Значит, информацию следует рассматривать как еще один фактор экстенсивности – информационный заряд наподобие других обобщенных зарядов. Тогда возникает вопрос о соответствующем, сопряженном с ним потенциале, который по аналогии с другими потенциалами обуславливает поток информации, и производство которого на изменение количества информации тоже имеет размерность работы.

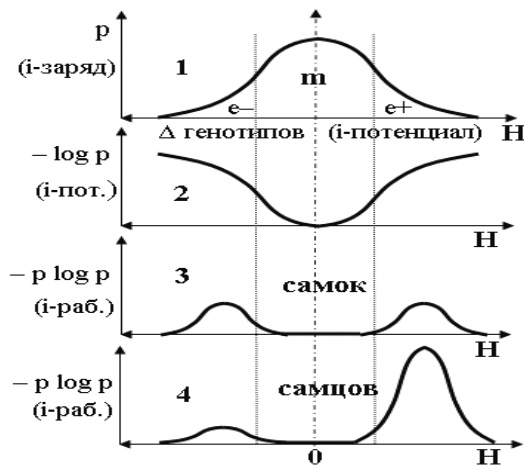
Фактор интенсивности, сопряженный с  $i$ -зарядом, можно назвать  **$i$ -потенциалом**, а работу, которую они совершают, назовем  **$i$ -работой**, или работой **организации**. Введение новых понятий диктуется соображениями аналогии, логической стройности и удобства. Стало быть, предла-



гается в Табл. 1 добавить специальные *i*-строчки, имеющие статус ценных видов энергии: механической, электрической и др., но не тепловой!

Нас не должно смущать то, что Сцилард и Шеннон предложили только одно понятие количества информации (*i*-заряд). И то, что *i*-потенциал и *i*-работу мы пока не можем измерять. Аналогичная ситуация была неоднократно со всеми строчками. С тепловой до 1865 г., с химической до 1875 г., с электрической – до 1885 г. (см. выше). Было время, когда не умели мерить ту же температуру или энтропию, а эти понятия были введены в науку. Просто, зная логику структуры рабочих систем, можем сразу заполнить всю строчку, не дожидаясь, пока индуктивная (эмпирическая) наука откроет эти понятия.

Более того, можно думать, что живые системы, в которых информация играет главную роль, а энтропия отходит на задний план, окажутся более привлекательной областью для разработки самой теории информации. Например, связь информации с энтропией и вероятностью легко получить из простых генетических соображений (Рис. 1).



**Рис. 1.** Генетический вывод и трактовка формулы Сцилард–Шеннона: 1. Распределение вероятностей,  $p$ , (частот) генотипов в популяции (Гаусса) по любому количественному признаку.  $m$  – модальная часть,  $e_-$ ,  $e_+$  – экологические,  $H$  – *i*-потенциал, разность генотипа самца и  $m$ -самки. 2. Информативность,  $-\log p$ , генотипа самца для  $m$ -самки: чем оригинальнее генотип, тем выше  $\log p$ . 3. *i*-работа самок не зависит от отбора. 4. *i*-работа самцов, из-за узкой нормы реакции и широкого сечения канала связи зависит от направления отбора.

**Вывод:** формула Сцилард (1929) – Шеннон (1949),  $I = -p \log p$ , не что иное, как *i*-работа (Геодакян 1983).

Если распределение генотипов ( $\Gamma$ ) любого количественного признака в популяции – кривая Гаусса, то есть  $p = f(\Gamma)$ , где  $p$  – вероятность (частота) данного генотипа в популяции, то чем дальше генотип самца от моды (то есть чем он оригинальнее по этому признаку), тем выше его  $i$ -потенциал (информативность). Значит,  $i$ -потенциал модальных самцов равен нулю, и чем дальше от моды, тем выше. Логарифм позволяет суммировать вероятности. Тогда максимальный потенциал у крайних самцов, а их единицы. Чтобы получить реальный вклад, нужно помножить эти две кривые (количества  $p = f(\Gamma)$  и качества  $-\lg p = f(\Gamma)$ ). Тогда их произведение будет  $i$ -работа  $A_i = -p \lg p$ , то есть получаем формулу Сциларда – Шеннона гораздо проще, чем это делается в физике с помощью «демона» Максвелла. Кстати, идею «демона» не приняли Клаузиус, Больцман, Эйнштейн (Шамбадал 1968). Кроме того, это говорит о том, что в поисках ясности в отношениях вероятности-энтропии-информации биологические рассуждения, мысленные опыты и модели могут оказаться проще, чем физические.

10. Следующее важное понятие, которое следует обобщить и применять ко всем системам, – это понятие **цели**. Знание цели системы сильно облегчает объяснение и предсказание поведения системы. Цель четко выступает в поведении управляемых, регулируемых или адаптивных систем, но она может быть определена и для всех других. Разница в поведении систем, имеющих одинаковую цель, сводится к разным способам ее достижения.

Это важно при выявлении общих закономерностей. Пока мы не знали о законе гравитации, трудно было видеть общее в поведении таких различных систем, как качающийся маятник, текущая река, вращающиеся вокруг Солнца планеты. Но когда узнали, что в основе их поведения лежит одна и та же цель – минимум гравитационного потенциала, – поведение этих систем стало легко объяснимо как реализация одной цели разными путями. Таким образом, если мы ищем сходство между разными системами, то необходимо искать и формулировать общие цели для возможно более широкого круга систем. Такой обобщенной, единой целью для всех систем может служить, например, сохранение себя во времени. Действительно, такую цель можно признать и у кристалла алмаза, который «стремится» сохранить себя, противопоставляя разрушающим факторам среды свою твердость, и у живого организма, который ту же цель достигает размножением.

Информация теснее связана с целью системы, чем энтропия (Харкевич 1965; Малиновский 1968; Геодакян 1970). Информация, которая увеличивает вероятность достижения цели, повышает организацию. И, наоборот, дезинформация, ухудшая организацию, уменьшает шанс достижения цели, а у энтропии и упорядоченности функции проще.

11. Определив понятие качества информации как некий потенциал, перепад которого создает поток  $i$ -заряда и совершает  $i$ -работу организации, мы тем самым устанавливаем различия между понятиями энтропии



На графике S-T по оси абсцисс – абсолютная температура, по оси ординат – энтропия. Нулевая точка обеих осей совпадает. Это третий закон термодинамики (или теорема Нернста в формулировке Планка): при  $T = 0$  для всех элементарных кристаллов (например, алмаза)  $S = 0$ . Дальше удобнее перейти к воде, так как она является средой земной жизни. При  $T = 0$   $S_{\text{воды}} > > 0$  на  $S_{\text{смещения}}$ . При нагреве льда от  $0^\circ\text{K}$  до  $0^\circ\text{C}$  монотонный рост S. В точке плавления льда скачок S при  $T = \text{const}$  (скрытая теплота плавления). Начинается область жидкой фазы. Монотонный нагрев воды до  $100^\circ\text{C}$ . В точке кипения воды второй скачок S при  $T = \text{const}$  (теплота испарения). Дальше нагрев паров воды, до T распада на атомы, звездных T и т. д. На графике i-W все наоборот: при абсолютном нуле T-S max i и W, при звездных T их min.

Следовательно, энтропия характеризует место, занимаемое системой по шкале порядок – хаос, а изменения ее – процессы упорядочения и разупорядочения.

Очевидно, что в этой энтропийной шкале у живых систем порядка явно меньше, чем у набора монокристаллов, химических элементов, входящих в их состав при абсолютном нуле, и несомненно больше, чем у газовой смеси из тех же элементов при высокой температуре. Образно говоря, если все атомы живого организма собрать в монокристаллы и охладить до  $0^\circ\text{K}$ , их энтропия будет 0 – абсолютная упорядоченность, а организация живого исчезнет. Таким образом, не упорядоченность является критерием и мерилom жизни, а особая системная организация. И утратить эту организацию можно как уменьшив, так и увеличив упорядоченность системы.

Выделим по обеим осям возможную зону жизни. И в том и в другом случае она будет в середине: по T (пространство возможностей) это примерно 100 % область жидкой воды, так как ни в твердом льду, ни в горячем паре жизнь невозможна. По S (пространство способностей) также в крайних областях высокой агрегации или атомарной дезагрегации (космическая пыль) существование жизни невозможно. Они делят S-T диаграмму на 9 зон. Зона жизни (пространство реализаций) находится в центре диаграммы, а в остальных 8 зонах при низких и высоких S и T жизнь невозможна. Рассмотрим главную диагональ от  $T = S = 0$  до  $T = S = \text{max}$  и три зоны, расположенные по ней (на рис. 1, 5, 9). Вектор (1 ← 9) показывает направление эволюции вселенной, остывания, уменьшения S, роста неэнтропии, упорядочения, конденсации, агрегации, вероятности, информации, сохранения. По вектору (1 → 9) все наоборот. Поэтому и рост, и падение энтропии живых систем за пределы зоны приводят к их смерти. Уже было сказано, что живым системам необходимо одновременно сохранение и изменение. Где на S-T диаграмме лучшие условия сохранения? В зоне 1. «Питаясь неэнтропией» (по «совету» Шредингера [1947]), мамонты повсеместно погибли, но их туши чудесно сохранились в вечной мерзлоте. Потому что им как раз не хватало, наоборот, энтропии. Что толку от того, что прекрасно сохранившиеся самец и самка лежат рядом

в толще льда? Они не могли размножаться и эволюционировать. А где лучшие условия для изменения? В зоне 9. Вот там и нужна негэнтропия, так как в газовой фазе невозможно сохранить нужную упорядоченность. И еще неживым системам – алмазу и горячему газу – легче сохранить свое существование во времени, чем паре мамонтов. Алмазу нужна негэнтропия, газу – энтропия (обоим – чем больше, тем лучше), а мамонтам – определенное оптимальное соотношение той и другой, в зависимости от того, где они находятся, левее или правее оптимума для жизни. Отсюда мы можем сделать очень интересный вывод: несмотря на то, что для живых систем определяющей является информация, а не энтропия, последняя тоже жизненно важна. Следовательно, живым системам нужна не максимальная упорядоченность, а только определенная. *Значит, более древний, фундаментальный и поэтому более простой мир физики (мир материи и энергии) лучше описывается энтропией и упорядоченностью, а производный от него, более молодой и сложный мир биологии лучше описывается информацией и организацией.* Конечно, это не значит, как наивно считали некоторые авторы, что живые системы обходят вокруг пальца второй закон термодинамики. Это не так. Законам термодинамики, как и закону гравитации, подчиняются все вышележащие уровни организации (камень, кошка, книга падают одинаково, но специфическое поведение этих систем могут объяснить лишь законы своего уровня).

12. Самые фундаментальные программы жизни – репродуктивная (РЕП) и эволюционная (ЭВ) – также являются БСД, так как первая **сохраняет** и передает генетическую информацию по поколениям (киль), а вторая **изменяет** ее в нужном направлении (руль). РЕП – необходимое, но недостаточное условие жизни. Главные носители генетической информации, молекулы ДНК, обладают двумя программами: репликации (ДНК → ДНК) и трансляции (ДНК → белок). Первая программа осуществляет поток генов по поколениям – филогенез. Вторая в онтогенезе каждого поколения «выносит» информацию генов (в виде фенотипов) навстречу отбору для проверки их соответствия требованиям среды. Для этого переводит ее с четырехбуквенного «языка» РНК и ДНК на 20-буквенный, понятный для среды, более богатый и гибкий язык белков, то есть реализует фенотип и онтогенез. Смысл этого перевода, прежде всего, – окружить более устойчивые к факторам среды молекулы ДНК менее устойчивыми белками. Например, если температура денатурации ДНК примерно 65 °С, а белков – около 45 °С, то вирус, представляющий собой ДНК в белковой оболочке, денатурирует при 45 °С, то есть благодаря сопряженному с ней белку нечувствительная к 45 °С молекула ДНК становится чувствительной. Значит, белок является как бы информационным посредником между ДНК и средой, способным заблаговременно «предупредить» о наступлении жары (в данном случае). Другие белки подобным образом позволяют ДНК «ощущать» приближение холода, третьи – «видеть», «слышать», «узнать» о других опасностях среды и т. д. Чем больше направлений «выноса»

(мерность фенотипа) и чем дальше выносится информация фенотипа от генотипа, тем богаче фенотип. Богатство фенотипа повышает эффективность организации, расширяет экологическую нишу, позволяет уменьшить численность потомства и частоту смены поколений, то есть удлиняет жизнь. Далее, белки позволяют в онтогенезе модифицировать один и тот же генотип, в зависимости от условий среды, в разные фенотипы. Фенотип любого признака определяется генотипом и средой:  $\Phi = \Gamma + E$ , отсюда  $\Gamma/\Phi + E/\Phi = 1$ . Если в предельно экстремальной среде  $E^*$ , предельно возможный фенотип  $\Phi^*$ , то  $\Gamma/\Phi^* + E^*/\Phi^* = 1$ , где  $\Gamma/\Phi^* = H$  есть не что иное, как наследуемость признака, а  $E^*/\Phi^* = NP$  – его норма реакции. Значит,  $H + NP = 1$  и  $NP$  характеризует максимально возможное участие среды в определении признака. Иначе говоря, генотип любого признака задает возможный диапазон его изменчивости, а среда определяет точку внутри этого диапазона. Чем оптимальнее среда, тем фенотип «ближе» к генотипу, и наоборот, чем экстремальнее среда, тем они «дальше» друг от друга.

13. Согласно ЭТП, норма реакции женских особей по всем признакам несколько шире, чем мужских, то есть выше их адаптивность (пластичность) в онтогенезе (Геодакян 1974; 1989). Это приводит к тому, что один и тот же вредный фактор среды модифицирует фенотип самок, не затрагивая их генотипа, и элиминирует фенотип и генотип самцов. Например, при наступлении ледникового периода широкая норма реакции женских особей у наших далеких предков на основе старых генов позволяла «делать» гуще шерсть или толще подкожный жир и выживать. Узкая норма реакции мужских особей этого не позволяла, поэтому из них выживали и передавали свои гены потомкам только самые генотипически «лохматые и жирные». После появления культуры (огня, шубы, жилища) наряду с ними выживали и добивались успеха у женщин еще и «изобретатели культуры». Тогда понятно, что культура (шуба) играет роль фенотипа (шерсти).

Разная норма реакции приводит к тому, что в поведенческом, психологическом плане мужской и женский пол тоже отличаются друг от друга. У женщин выше обучаемость, воспитуемость, конформность, у мужчин – находчивость, сообразительность, изобретательность (поиск). Поэтому новые задачи, которые решаются впервые, но можно решить кое-как (максимальные требования к новизне и минимальные – к совершенству), лучше решают мужчины, а знакомые задачи (минимум новизны, максимум совершенства), наоборот, – женщины (Геодакян 1991). Эти биологические особенности полов проливают свет, в частности, на непонятные, иначе разные, их роли и отношения в культуре. Аналогию «фенотип – культура» можно расширить. И то и другое есть не что иное, как: 1) «вынос» генетической информации к среде (вместо врожденных инстинктов – обучение, вместо шерсти – шуба); 2) более гибкие формы информационного контакта со средой, расширяющие экологическую нишу; 3) посред-

ники между системой и средой; 4) обогащение в процессе эволюции; 5) повышение приспособленности, приносящее пользу; 6) явления, удлиняющие онтогенез и его стадии; 7) делающие экономнее эволюцию и т. д. Следовательно, культуру можно рассматривать как внезиготное обогащение фенотипа.

14. По такой общей схеме можно трактовать широкий класс БСД (систем и понятий), представляющих становой хребет дивергентной эволюции систем: биологических, социальных, технических, игровых и др.: филогенез-онтогенез, ДНК-белки, ядро-цитоплазма, аутосомы-гоносомы, гомо-гетеро (зиготы и гаметы), диплоидия, гаметы-сома, два пола, эстрогены-андрогены, генотип-фенотип, симметрия-асимметрия, и т. д. И все это на любых уровнях организации: от атомов до звезд, от молекул до популяций, от рефлексов до психики (см. Табл. 2)

Таблица 2. Некоторые информационные бинарно-сопряженные подсистемы – аналоги термодинамических зарядов-потенциалов

Система	Подсистемы	
(Информационная работа)	консервативная (заряды)	оперативная (потенциалы)
Эволюция живых систем	филогенез	онтогенез
Форма	симметричная	асимметричная
Нуклеопротеид (ген, вирус)	ДНК (РНК)	белок
Ген (в организме)	доминантный (А)	рецессивный (а)
Ген (в популяции)	гетерозигота (Аа)	гомозиготы (АА, аа)
Геном	аутосомы	гоносомы
Клетка	ядро	цитоплазма
Гаметы	яйцеклетки	сперматозоиды
Гаметы	гомо-	гетеро-
Мозг (низ – верх)	подкорка	кора
Мозг (зад – перед)	затылочный отдел	лобный отдел
Мозг (правое – левое)	правое полушарие	левое полушарие
Организм (морфология)	левая половина	правая половина
Организм (генетика)	гаметы	сома
Организм (физиология)	эстрогены	андрогены
Рефлекс	безусловный	условный
Особь	генотип	фенотип
Популяция	женский пол	мужской пол
Общество	правши	левши
Интеллект	знания	сознание
Речь (язык)	письменная	устная
Этнос	генофонд	культура

15. Такая трактовка сопряженных форм и фаз значит, что их число в природе должно быть одинаково. Но почему-то форм гораздо больше, чем фаз. Это потому, что формы видны, а о наличии нужно догадаться. Например, звезды: белые карлики – красные гиганты, их долго считали двумя формами, которые оказались двумя фазами одной звезды. Или пары гусеница – бабочка, головастики – лягушка и др. зоолог-инопланетянин при кратком посещении Земли описал бы как разные формы. И чем больше дихронизм, тем труднее увидеть фазы. То же самое и с асимметрией полушарий: мы «видим», что в разных полушариях разные формы функций, а чтобы «увидеть», что это на самом деле разные фазы одной и той же функции, нужно умозрение. По этой же причине люди конкретного склада ума (мышления) легче понимают диморфизм, чем дихронизм. Об этом же говорит максимальный половой диморфизм по пространственно-зрительным способностям: то, что начертательная геометрия – камень преткновения для студентов втузов и то, что любовь перед экзаменом повышает отметки у студенток и понижает – у студентов. Это справедливо и для большого спорта (Готадзе 2007). Секс – сильный допинг для женщин и антидопинг для мужчин (как пелось в песне «Стенька Разин», «...сам наутро бабой стал»).

16. Все это дало основание рассмотреть с тех же позиций и такие понятия, как знания, сознание, интеллект и культура. Что такое сознание? Какие отношения между ним и знаниями? В русском языке слово «сознание» происходит от слова «знание» (информация, сведения, умение, владение). Приставка **со** означает вместе, совместно, общее – **сосед, соратник, сотрудник** и т. д. Не составляют ли они сопряженную пару, произведение которой представляет работу интеллекта? Если так, то кто из них заряд, а кто потенциал? Кстати, мне не удалось найти удовлетворительного определения сознания. Оно или не охватывает все виды сознания (потеря сознания, общественное сознание, самосознание, подсознание), или требует наличия речи (тогда как же глухонемые, приматы, дельфины?) или собеседника (тогда как же узник одиночной камеры?). Но ведь, слыша это слово, мы прекрасно понимаем, что имеется в виду. Не значит ли это, что сам язык содержит такое определение? А если так, то нельзя ли его извлечь оттуда с помощью лингвистического анализа, сравнив с другими сопряженными парами? Например, мы говорим: много знаний (массы, тепла, зарядов), но высокое сознание (давление, температура, потенциал). Почему-то: знание дела, языка, математики, но сознание долга, чести, ответственности (перед кем-то). Почему-то не применяем множественного числа к потенциалам, не говорим: мы потеряли свои сознания (или у нас поднялись температуры, давления) и т. д. Нельзя ли из этого сделать вывод, что знания имеют природу зарядов, а сознание – потенциала? Если можно, то это уже определение понятия. Ведь накопление



знаний приводит к росту сознания, как и накопление любых зарядов – к росту их потенциалов. Тогда произведение знаний и сознания представляет собой осознание (понимание), то есть  $i$ -работу. Значит, сознание –  $i$ -потенциал, без которого  $i$ -заряды (знания) не могут работать.

То же самое с культурой. Если это фенотип, ОП (потенциал) еще одной дифференциации на уровне индивида, этноса, что выступает в роли сопряженной с ней КП (заряда)? Если культура (этноса) – аналог фенотипа организма, то сопряженная с ней КП должна быть аналогом его гено-типа. Тогда это не что иное, как генофонд этноса и т. д. (Табл. 2).

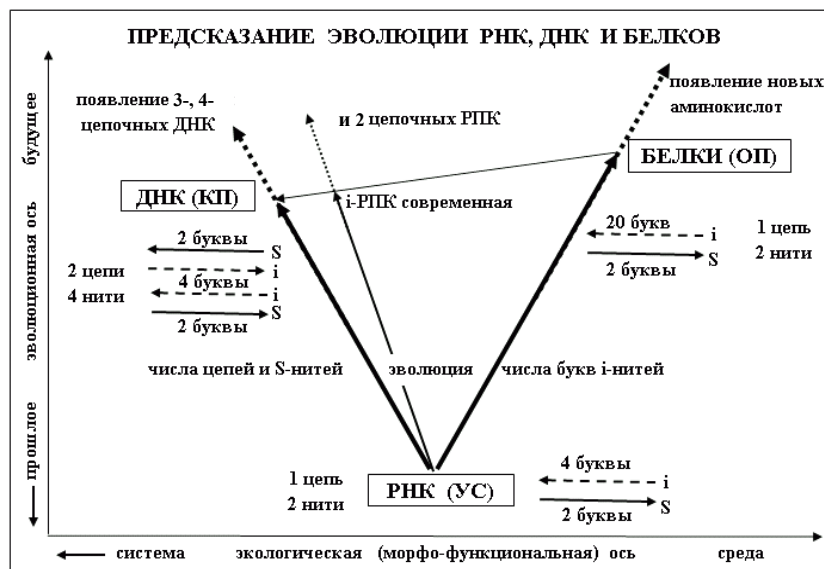
17. По ЭТП вначале были бесполое (БП) организмы, потом гермафродитные (ГФ), которые дивергировали в раздельнополые (РП). Так как ГФ – мономодальны, а РП – бимодальны, то по любому фактору среды у первых один оптимум, а у вторых – два: женский и мужской, на расстоянии полового диморфизма (ПД) друг от друга. Они жили на одной планете и были адаптированы к своему климату, поэтому можно считать, что оптимум первых был в середине ПД вторых. Все три оптимума и дисперсии признаков внутри каждого пола и ГФ по координате система – среда определяет норма реакции. Ее в свою очередь определяют эстрогены и андрогены (или их предшественники у ГФ). Это позволило дать обобщенную трактовку эстрогенов как веществ, расширяющих норму реакции, удаляющих систему от среды и тем самым тормозящих их эволюцию. Андрогены же, напротив, можно трактовать как сужающие норму реакции, приближающие к среде, ускоряющие эволюцию (Геодакян 2000). Поэтому появилась возможность, применить теорию БСД и СТ к меж- и внутримолекулярным БСД.

18. Связывая между собой главные информационные молекулы жизни: **РНК, ДНК, белки** – теория укрупняет единицы информации. ДНК и белки составляют БСД, в которой ДНК – КП, белки – ОП:  $БСД = КП + ОП$ . Экстраполяция в прошлое приводит к унитарной системе (УС), от которой произошла эта пара:  $УС \leftarrow (КП + ОП)$ , то есть  $РНК \leftarrow (ДНК + белки)$ . Стало быть, РНК, ДНК и белки составляют СТ (равнобедренный треугольник, обращенный основанием, равными углами в будущее, непарным углом – в прошлое). Рассмотрение таких диад и триад вместо несвязанных систем в 2 и 3 раза сокращает число систем и упрощает картину мира. Но гораздо важнее другое: все БСД – экзэволюционные «компасы», показывающие направление система  $\rightarrow$  среда и прошлое  $\rightarrow$  будущее. А триады, кроме того, в принципе могут служить еще и «спидометром», показывающим не только скорость, но и километраж (пройденный путь). В том же духе теория трактует общий принцип их внутреннего строения. Первичная структура **РНК, ДНК, белков** также состоит из КП и ОП. Они построены по одному плану. Считается, что молекулы РНК и белков имеют одну цепь, ДНК – две. На самом деле у всех трех молекул

цепи двойные, так как состоят из ковалентно прикрепленных друг к другу двух **функционально разных** нитей. Первая – **энтропийная (S)**, регулярная, периодичная, неспецифичная, это консервативная подсистема (КП) полимера. Скелет, остов, молекулы, играющие роль эко-эволюционной шкалы, матрицы, канвы для информации. Они двухбуквенные у всех трех, но буквы разные (у РНК – рибоза – фосфат, у ДНК – дезоксирибоза – фосфат, у белков – амин – карбоксил, то есть  $\text{NH}_2$  –  $\text{COOH}$ ). Вторая нить, **информационная (i)**, нерегулярная, аperiodичная, специфичная. Это оперативная подсистема (ОП) молекулы наполнение, текст генетической информации. У РНК и ДНК она состоит в основном из четырех букв-нуклеотидов, прикрепленных к S-нити, три из них (аденин, цитозин, гуанин) одинаковы, а четвертый – разный (у РНК – урацил, у ДНК – тимин). У белков i-нить состоит из прикрепленных к S-нити аминокислот. Их 20. У всех трех полимеров S-нити – аналоги нитки, на которую нанизаны бусы, чистой строки в клетку или для нот, пустой таблицы Менделеева, холста картины, основы ковра, сот пчел. Тогда как все i-нити – аналоги бус, букв в клетках, нот, элементов, картины, узора ковра, меда соответственно. Энтропийные нити упорядочены, имеют начало и конец (у РНК, ДНК – более древний 5'-торец – начало, более молодой 3'-торец – конец, у белков  $\text{COOH}$  – начало,  $\text{NH}_2$  – конец). Поскольку тексты в РНК, ДНК и белках коллинеарны, то их начала и концы совпадают. S-нити задают шкалу, интервал, ритм, такт, экологический и эволюционный градиент (определяемый, скорее всего, метилированием). Информационные нити организованы, начала и концы те же. Ведь есть полимеры чисто энтропийные, без i-нити. Например, алифатический ряд углеводов, гликоген, состоящий из тысяч мономеров глюкозы. Оппоненты и скептики возражают, что S- и i-нити – одна молекула, поэтому нельзя считать ее двухниточной. Это неверно. Два полушария тоже один мозг, но функционально, по цели и своей роли они разные. Мы же выделяем виртуально середину и концы стержня, центр и периферию круга, видимые границы вовсе не обязательны. Любой текст подразумевает ячейки для букв и пропусков, строки, страницы. Их роль энтропийная – упорядочить текст. Ведь можно написать каллиграфически, красиво чушь, а коряво – глубокие мысли. В первом случае много неэнтропии, но мало информации, во втором – наоборот. Такая концепция позволит вскрыв логику прошлого поведения системы в экоэволюционном пространстве (молекулярная палеонтология), предсказать ее будущее (футурология). Рис. 3 показывает такую попытку для РНК, ДНК, белков.

19. Аналогичная картина и у мономеров, плоских молекул, гормонов. Здесь также прослеживается тот же принцип меж- и внутримолекулярной дифференциации на КП и ОП с той лишь разницей, что энтропийные и информационные части у них не одномерные, а двухмерные. Вместо

S-нити – остов молекулы-родоначальницы, одинаковый для всех членов ряда, с несколькими пустыми ячейками в строго определенных местах для будущих разных радикалов. Вместо i-нитей, которые отличаются между собой числом и порядком букв, у плоских молекул специальные площадки для будущих радикалов. Сами радикалы двух типов: удаляющие систему от среды и тормозящие эволюцию, например ароматическое кольцо,  $\text{CH}_3$  (в 2 раза слабее), и приближающие к среде и ускоряющие эволюцию (их несколько: O, OH,  $\text{NH}_2$ , COOH,  $\text{CONH}_2$ ).

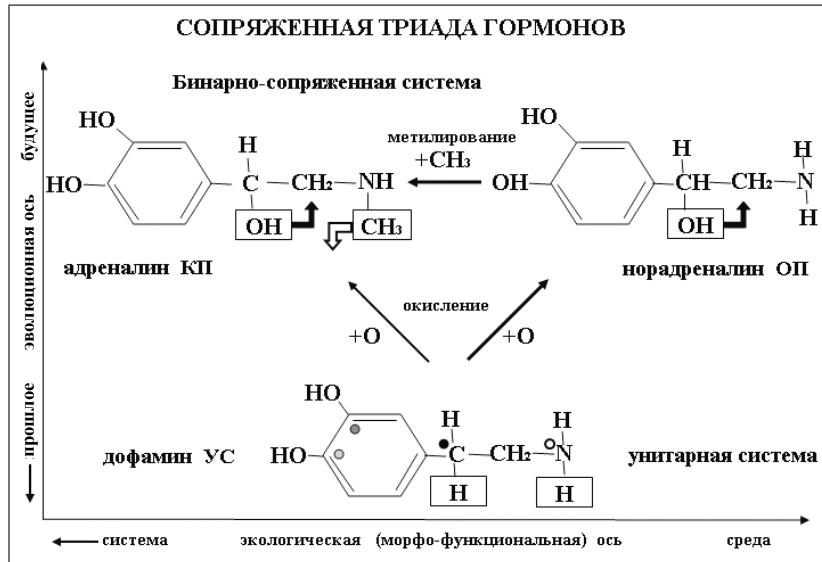


**Рис. 3.** Экстраполяция дивергентной эволюции энтропийных и информационных нитей у нуклеиновых кислот и белков позволяет предсказывать их будущее

На Рис. 4 показана БСД гормонов мозгового вещества надпочечников: **адреналина** (КП) и **норадреналина** (ОП), современное поколение (n). Экстраполяция в прошлое приводит к третьему гормону – **дофамину** (УС), от которого они произошли, поколение (n – 1). Дальнейшая экстраполяция к корням приводит сначала к одной аминокислоте – тирозину, потом к родоначальнице этого ряда – аминокислоте фенилаланину. Места прикрепления будущих радикалов к атомам С и N помечены кружочками и рамками. Видно, что добавление гидрофильных OH групп создает недифференцированную пару молекул нового поколения (симметричный эволюционный шаг), смещенную к среде (ОП). А добавление в одну из них гидрофобного радикала  $\text{CH}_3$  удаляет ее от среды (воды) и создает КП (асимметричный экологический шаг). Так рождаются БСД и СТ (сопряженная триада). Оказывается, что места прикрепления радикалов в буду-

щих поколениях молекул predeterminedены уже у родоначальницы ряда. Например, место для  $\text{CH}_3$  есть только у атома N. При появлении сопряженной триады имеет вид равнобедренного треугольника. Но со временем, так как новая информация от среды попадает в ОП и только оттуда в КП, эволюция первой ускоряется, а второй – тормозится. Стало быть, со временем равнобедренный треугольник СТ должен превратиться в прямоугольный, а дальше – в тупоугольный.

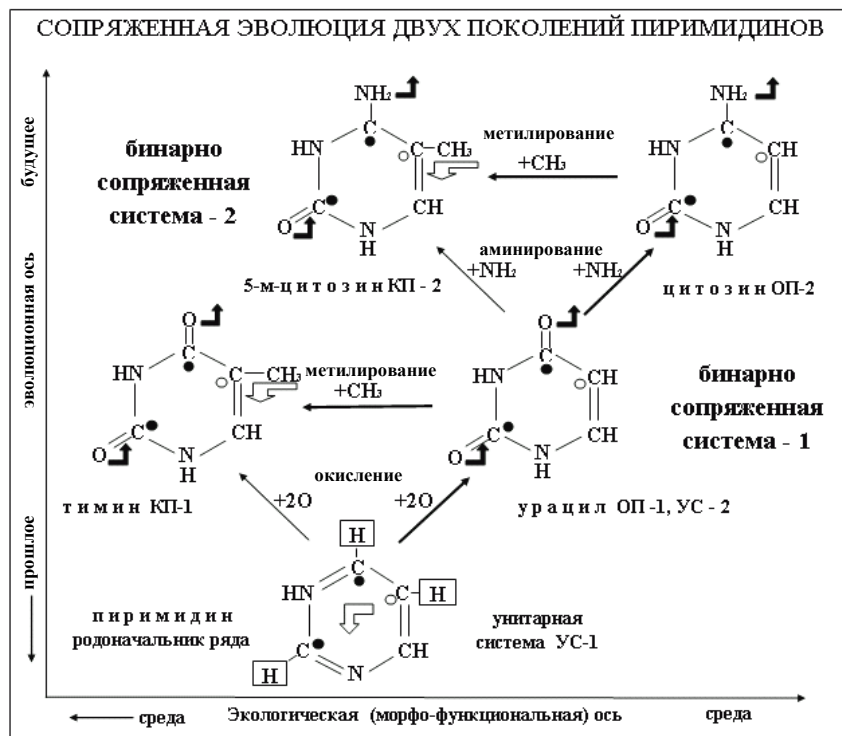
Еще два примера сопряженной эволюции триад. Ряд пиримидинов и пуринов тесно связаны, с одной стороны, с эволюцией РНК-ДНК (Рис. 3), с другой стороны, они продолжают линию плоских молекул (Рис. 4). Поскольку они являются буквами в и-нитях РНК и ДНК, то их эволюции должны быть согласованы (коэволюция).



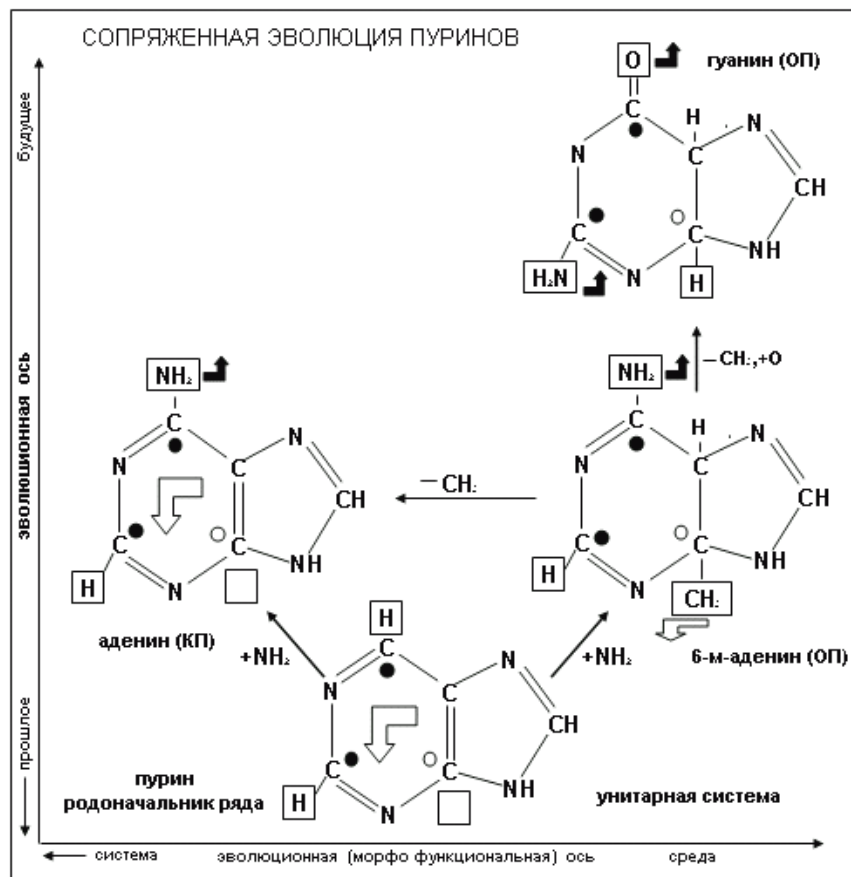
**Рис. 4.** Энтропийные рамки-ячейки для информации радикалов. Светлый кружок у N – место  $\text{CH}_3$  (удаляет от среды и замедляет эволюцию – светлая стрелка), черный кружок у C – место радикалов (которые приближают к среде, ускоряют эволюцию – черные стрелки). Серые кружки при радикалах, возникших на предыдущих шагах эволюции от родоначальницы ряда – аминокислоты фенилаланина (остов без радикалов)

Конечно, они требуют более детального объяснения, но здесь их роль в другом – показать лишь, как идея дополнительности энтропии и информации,  $S + I = 1$  (или, что то же самое,  $S - КП, i - ОП$ ), реализуется в линейных и плоскостных структурах природы, культуры и как это можно

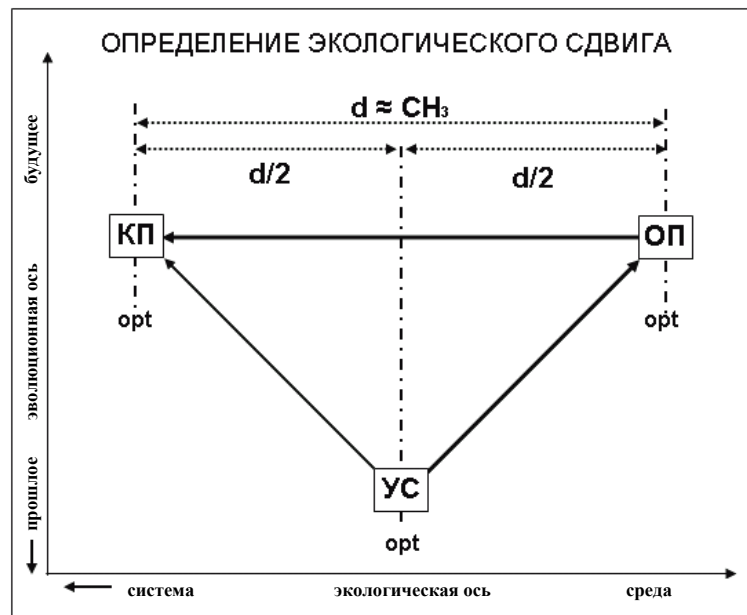
использовать. Например, после симметричного эволюционного шага очень просто можно получить величину экологического сдвига главных факторов, удаляющих систему от среды: ароматического кольца и  $\text{CH}_3$  (Рис. 4–7). Таким же образом мы сможем получить вклад более слабых факторов, второстепенных в теории, но порой очень важных на практике, как число двойных связей в молекуле, их монотонный рост или падение. Ароматические соединения, близкие по структуре к стероидам, часто имеют много двойных связей и обладают сильной канцерогенной активностью, например метилхолантрен – 9-двойных связей. Предлагаемый метод может оказаться очень плодотворным в таких проблемах.



**Рис. 5.** Энтропийные рамки-ячейки для информации радикалов. Светлые кружки – места  $\text{CH}_3$ , черные – других радикалов. Эволюционный шаг создания БСС – симметричный, экологический, создания КП – асимметричный. Светлые фигурные стрелки – направления удаления от среды и торможения эволюции, черные – приближения к среде и ускорения эволюции. Если логика концепции верна, то следует интересный вывод – в будущем вместо тимина будет 3-м-цитозин



**Рис. 6.** Эволюция пуринов. Обозначения те же, что на Рис. 5. По логике концепции напрашивается вывод, что 6-м-аденин был предшественником гуанина



**Рис. 7.** Любой симметричный эволюционный шаг позволяет определить экологический сдвиг главных факторов, удаляющих от среды: бензольного кольца  $\approx 2d$  и  $\text{CH}_3 \approx d$

Удалась ли моя унификаторская **попытка** и не пренебрег ли я при этом мудрым советом Сади Карно: «Говорить мало о том, что знаешь, и ничего не говорить о том, чего не знаешь», – судить читателю.

### Библиография

- Аптер М. 1970. *Кибернетика и развитие*. М.: Мир.
- Бриллюен Л. 1960. *Наука и теория информации*. М.: Физматгиз.
- Бур Я. де. 1962. Введение в молекулярную физику и термодинамику. М.: Изд-во ин. лит-ры.
- Гамбург К. З. 1972. Информационные аспекты индивидуального развития. *Онтогенез* 3(5): 443–447.
- Геодакян В. А. 1965. Роль полов в передаче и преобразовании генетической информации. *Проблемы передачи информации* 1(1): 105–112.
- Геодакян В. А. 1967. Дифференциация на постоянную и оперативную память в генетических системах. *Структурные уровни биосистем*, с. 211–225. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1970. *Системные исследования*. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1971а. *Онтогенез* 2(6): 683–694.

- Геодакян В. А. 1971б.** О дифференциации систем на две сопряженные подсистемы. *Управление и информационные процессы в живой природе*, с. 26–29. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1972.** О структуре эволюционирующих систем. *Проблемы кибернетики*. Вып. 25, с. 81–91. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1974.** Дифференциальная смертность и норма реакции мужского и женского пола. *Журнал общей биологии* 35(3): 376–385.
- Геодакян В. А. 1975.** Концепция информации и живые системы. *Журнал общей биологии* 36(3): 336–347.
- Геодакян В. А. 1983.** Эволюционная логика дифференциации полов и долголетие. *Природа* 1: 70–80.
- Геодакян В. А. 1984.** Системный подход и закономерности в биологии. Системные исследования. *Методологические проблемы*. Ежегодник, с. 329–339. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1987.** Системно-эволюционная трактовка асимметрии мозга. Системные исследования. *Методологические проблемы* Ежегодник, с. 355–376. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1989.** Теория дифференциации полов в проблемах человека. *Человек в системе наук*, с. 171–189. М.: Наука.
- Геодакян В. А. 1991.** Эволюционная теория пола. *Природа* 8: 60–70.
- Геодакян В. А. 1998.** Эволюция асимметрии, сексуальности и культуры. *Информационное мировоззрение и эстетика*, с. 116–143. Таганрог.
- Геодакян В. А. 2000.** Эволюционные хромосомы и эволюционный половой диморфизм. *Известия РАН. Серия биологическая* 2: 133–148.
- Геодакян В. А. 2003.** Конвергентная эволюция фенотипа, асимметрии и сексуальности к культуре. *Сексология и сексопатология* 6: 2–8; 7: 2–7; 8: 2–6.
- Геодакян В. А. 2006.** Системные корни эволюции человека и общества: роль половых гормонов. *Информационная культура общества и личности в XXI веке*, с. 75–80. Краснодар.
- Геодакян В. А. 2007а.** Бинарно-сопряженные дифференциации, информация, культура. *Информация, время, творчество*, с. 195–204. М.
- Геодакян В. А. 2007б.** Почему ранние и поздние дети разные? *Информационные и коммуникационные науки в изменяющейся России*, с. 150–154. Краснодар.
- Готадзе А. 2007.** Большая раздевалка. *Большой спорт* 1–2: 40–45.
- Малиновский А. А. 1968.** Некоторые вопросы организации биологических систем. *Организация и управление*, с. 105–138. М.: Наука.
- Медников Б. М. 1971.** *Аксиомы биологии*. М.: Молодая гвардия.
- Равен Х. 1964.** *Оогенез*. М.: Мир.
- Сэтлоу Р., Поллард Э. 1964.** *Молекулярная биофизика*. М.: Мир.
- Уоддингтон К. Х. 1970.** Основные биологические концепции. *На пути к теоретической биологии*, с. 11–38. М.: Мир.
- Шамбадаль П. 1968.** *Развитие и приложения понятия энтропии*. М.: Наука.



- Шмальгаузен И. И. 1968. Что такое наследственная информация. *Кибернетика в монографиях* 4: 24–35. Новосибирск: Наука.
- Шредингер Э. 1947. *Что такое жизнь с точки зрения физики?* М.: Изд-во ин. лит-ры.
- Харкевич А. А. 1965. О ценности информации. *Проблемы кибернетики* 13: 53–59.
- Dancoff S. M., Quastler H. 1953. *Information Theory in Biology*. Urbana: University of Illinois Press.
- Elsasser W. M. 1958. *The Physical Foundation of Biology*. London: Pergamon Press.

### Сокращения в тексте

- ЭТП – эволюционная теория пола.  
УС, БСС, БСД, СТ – унитарные системы; бинарно сопряженные системы; дифференциации; сопряженные триады.  
КП, ОП – консервативные и оперативные подсистемы.  
ПД – половой диморфизм.  
НР – норма реакции.  
S – энтропия; i – информация; W, p – вероятности; T – температура;  
C – Цельсия; K – Кельвина.

### Аннотация

Рассматривая живые системы как открытые рабочие системы, в которых рабочий субстрат – информация, было предложено ввести и четко различать три понятия, связанные с ней: информационный заряд (количество), информационный потенциал (качество) и информационную работу (работу организации). Тогда энтропия – мера упорядоченности и информация – мера организации – разные понятия. Информация и организация теснее связаны с целью системы, чем энтропия и упорядоченность. Отношение информации к энтропии аналогично отношению к нему других ценных зарядов (массы, объема, электричества и др.). Такая концепция позволяет трактовать знания как заряд, сознание, как сопряженный с ними потенциал, а осознание (понимание) – как работу интеллекта. В онтогенезе информационный потенциал организма падает, в филогенезе – растет. Предлагается концепция энтропии как «ячеек, матриц», упорядочивающих организацию информационных текстов в природе и культуре.

**Ключевые слова:** энтропия, информация, бинарная сопряженная дифференциация, термодинамика, эволюционная теория пола.