

как и темпы эволюции среди таксонов соответствующих групп реофилов и «бассейновых». Коррелятивная ценность различных экологических типов ассоциаций не остается постоянной, а закономерно меняется в ходе геологической истории.

Таким образом, рассмотрение объекта исследований в онтогенетическом и экосистемном аспекте, с одной стороны, дает фактический материал, подтверждающий представление о неравномерности эволюционного процесса и контролирующей роли среды в появлении новых таксонов. С другой стороны, новые концепции позволяют более эффективно использовать рассмотренную группу для биостратиграфических построений.

## УЧАСТИЕ НЕОБРАТИМО НАПРАВЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ЖИЗНИ

А. Н. ДМИТРИЕВ, д-р геол.-минер. наук

Во второй половине текущего столетия наряду с термодинамически интерпретируемыми процессами внимание исследователей привлекли необратимые явления с кибернетической интерпретацией направленности<sup>1</sup>. Но как термодинамическая, так и кибернетическая направленность процессов прослеживается на совокупности простых и сложных явлений, лежащих в основе жизни, развития живых форм на Земле. Высокий уровень организации наземной биосфера подтверждается устойчивой и разнообразной (непрерывной и дискретной) «волной жизни», в которой видовой состав жизненосителей превышает 2 млн. Представляется целесообразным остановиться на обнаружении взаимодействия необратимых процессов, выступающих в качестве причин возникновения, существования и развития простых и сложных жизненных форм. Трудно увидеть «жизнь изнутри», но знания свойств и возможностей необратимо направленных процессов позволяют проложить исследовательские маршруты

<sup>1</sup> Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., 1960; Неопределенность и информация. М., 1960; Ляпунов А. А. Кибернетический подход к теоретической биологии // Кибернетика живого: биология и информация. М., 1984. С. 38—45; Дмитриев А. Н. Необратимость — мера жизни. Новосибирск, 1964; Тринчер К. С. Биология и информация. М., 1966; Пригожин И. От существующего к исчезающему. М., 1985; Алексеев Г. Н. Энергоэнтропика. М., 1983.

© А. Н. Дмитриев, 1990

ты на территории элементарных и кооперативных жизненных реализаций.

Своим вниманием к необратимым процессам в сфере развития жизненных потоков я обязан неоднократным беседам с одним из основоположников отечественной кибернетики Алексеем Андреевичем Ляпуновым. Однажды он прямо посоветовал: «...посмотрите повнимательнее термодинамическое и кибернетическое содержание жизненных процессов. Возможно, что вам удастся обнаружить требуемое подразделение необратимых процессов в приемлемой для первого приближения форме». Прошло несколько лет, прежде чем автор утвердился в предположении о двух видах необратимо направленных процессов в суммарном составе эволюции систем земной биосферы. Но тут же резко встал вопрос о видах кооперации энтропии и информации в одном пространственно-временном составе, о формах «существования» термодинамически и кибернетически направленных процессов, поскольку не только борьба, но и «взаимопомощь» энтропии и информации закрепляла достигнутый уровень развития того или иного вида жизненосителей — организмов. Именно это гармонизирование и уравновешивание состояния природных систем относительно абсолютного порядка и абсолютного хаоса не только зарождало, но и закрепляло эволюционные этапы биосферы и ее накопления — жизни.

Алексей Андреевич Ляпунов поддержал общую схему подразделения множества необратимо направленных процессов на процессы с кибернетической и термодинамической направленностью и порекомендовал представить выдвигаемые положения «в содержательной форме, доступной широкому читателю». Так была написана «Необратимость — мера жизни», изданная под редакцией А. А. Ляпунова. К настоящему времени ряд высказанных тогда положений получили развитие и углублены в свете современных научных представлений.

### 1. Развитие как борьба и единство необратимостей

Жизненное разнообразие в процессе своего развития черпает свои возможности из основополагающего и фактически неисчерпаемого множества необратимо направленных процессов. Причем жизнь, берущая начало из истоков в необратимости, своими элементарными и сложными звенями

проявления подсоединенены как к термодинамическим, так и к кибернетическим процессам.)

Представим энергетически-энтропийный характер течения процессов такой концептуальной системой:

#### *Термодинамически*

*необратимо*

*направленные* =  $\langle \mathcal{E}, Q, S, T, t \rangle$ ,

*процессы*

где в правой части равенства список параметров состояния системы:  $E = (\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_k)$  — энергетический состав системы в начальный и в последующие моменты состояния ( $\mathcal{E} = \text{const}$ , по меняются формы энергии);  $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_t)$  — видоизменение количества тепла, регистрируемого в моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_\tau$ ;  $S = (S_1, S_2, \dots, S_\tau)$  — энтропийный состав, устанавливаемый в моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_\tau$ , причем  $S_1 < S_2 < S_\tau$ ;  $T = (T_1, T_2, \dots, T_\tau)$  — температурная последовательность отсчетов в  $t_1, t_2, \dots, t_\tau$ .

Здесь энтропия выступает в роли отрицательного слагаемого, направляющего содержащую ее систему в сторону дезорганизации и снижения потенциалов закономерности в пределе до полного беспорядка, хаоса, при котором энтропия максимизируется.

Энергетически-информационный характер течения процессов можно представить в виде

#### *Кибернетически*

*необратимо*

*направленные* =  $\langle \mathcal{E}, I, N, v, t \rangle$ ,

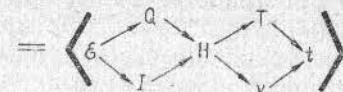
*процессы*

где в правой части приведен перечень компонентов системы:  $\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_k)$  — энергетический состав системы, в которой  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots$  — качественные разновидности энергий;  $I = (I_1, I_2, \dots, I_k)$  — информационный состав системы, где  $I_1, I_2, \dots$  — видовой состав информации (память, сигнал, управление и пр.);  $N$  — негэнтропийный состав системы;  $v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$  — функциональный состав и виды преобразования сигналов;  $t = t_1, t_2, \dots$  — время и интервалы функционирования системы.

Здесь кибернетически направленные процессы наращивают количество негэнтропии в системе, которая выступает в роли положительной. Она приводит систему в высокоорганизованное состояние в пределе до самосовершенствования.

Информационно-энтропийный характер течения процессов с двойным превращением можно представить так:

*Направленные процессы  
с двойным превращением  
(битропийные)*



В этой модели показано существование как общих параметров состояния системы  $\mathcal{E}$  (энергия) и  $t$  (время), так и параметра связи, ответственного за обменные процессы между  $S$  (энтропией) и  $N$  (негэнтропией) и названного нами *битропией* (би — два, тропия — превращения). Обозначение для битропии, которая одновременно отражает и неопределенность состояния системы, взято в виде  $H$ . Далее отметим две пары различных параметров:  $Q$  (теплота —  $Q = TdS$ ) и  $I$  (информация), а также  $T$  (температура) и  $v$  (сигнал).

В выдвигаемой модели битропийные процессы нейтрализуют стремления систем в крайне состояния (с энтропийным, или информационным экстремумом) идерживают их в динамическом равновесии, сложных промежуточных состояниях.

Данная триада процессов универсальна, и жизнь, извлекая для себя организационную слагаемую из кибернетически направленных процессов, тут же обогащается широким разнообразием представляемого термодинамическими возможностями и закрепляет свои формы строгим балансом порядка и хаоса. В гипотезе В. И. Вернадского<sup>2</sup> об извечном существовании живого вещества содержится основополагающая подсказка о том, что всегда и всюду присутствующая жизнь, выявляемая в той или иной форме своих жизненосителей, опирается на извечное существование элементарных и суммарных актов термодинамически и кибернетически направленных процессов.

## 2. Развивающие силы «биотического единства»

Научные попытки проникнуть в тайны и движущие силы жизни не учитывают один факт: основу жизни составляют три взаимосвязанных потока — вещества, энергии, информации<sup>3</sup>. Слияние их в единый жизненный поток

<sup>2</sup> Вернадский В. И. Живое существо. М., 1978.

<sup>3</sup> Энгельгардт В. А. Познание явлений жизни. М., 1984.

В. А. Энгельгард характеризует как «биотическое единство». И это единство продолжает и совершенствует себя в пространственно-временных процессах развития необратимого характера. Жизнепроявление, развивающееся в единстве триад жизнеобеспечения, может иметь некоторый элементарный носитель жизни, «квант» жизни со всеми присущими ей свойствами. Чем же может быть этот «квант», это минимальное количество жизни?

Итак, сформулируем требования термодинамической необратимости на содержательном уровне. Поскольку любой организм состоит из вещества, энергии, информации и имеет границы, мы вправе применять энергоэнтропийную модель. Для роста энтропии нужны изоляция и множество равноправных частиц, нужно некоторое количество тепла и, следовательно, положительная (по Кельвину) температура. Наличие этих условий в живом организме также очевидно. То, что возникающий, существующий организм стремится со временем к единственному атTRACTору с максимумом энтропии, тоже очевидно — организм умирает. Так мы получили первый парадокс жизни. Для элементарного и устойчивого количества жизни необходима... смерть! И это — суровая закономерность, ибо возрастание энтропии — фундаментальный закон природы. Именно поэтому выражение «живая молекула» выпадает из претендентов на жизнь, ведь для нее все требования термодинамической необратимости крайне проблематичны. Энтропия не растет «на пустом месте», для нее нужно множество частиц, неравновесное начальное состояние, время и пр.

Не менее, если не более категоричны требования кибернетической необратимости. Поступательное нарастание информации, ее хранение, пользование ею, обмен сигналами (сообщениями) — все это требует от кибернетических систем высокого уровня организации и управления. Именно структурирование и управление вводят жизненные системы в русло эволюции, организация «памяти жизни» в генетических кодах и мобилизация этих кодов в зарождающихся и развивающихся организмах обеспечивают жизненному процессу прерывистую непрерывность. Отдавая каждый организм во власть энтропии, жизнь гигантской памятью генетических кодов воизбывает в порции будущего, постоянно и направленно стремясь к возникновению. Эта победа времени «жизненной осью» рождает второй парадокс жизни: для элементарного и устойчивого количества жизни необходимо... бессмертие! И это тоже суровая закономерность жизни, ибо возрастание информации в жизненных процессах — тоже

закон фундаментальный и подтверждается самой жизнью.

Наконец, наличие сосуществования необратимостей в нашем реальном мире накладывает еще ряд требований на жизненные процессы. Причем эти требования сводятся к уменьшению контрастности, вернее, снижению поляризации смерти и бессмертия. Результатом этого примирения противоположностей является... эволюция жизненного процесса в его полном видовом разнообразии. И для того чтобы этот процесс эволюции не прекращался и ширился, нужно множество индивидов, т. е. частных представителей форм жизни. Нужно энергоэнтропийное и энергоинформационное обеспечение жизненного процесса<sup>4</sup>. Только тогда утверждается и выявляется основное свойство жизненного диполя — единство во множественности и множественность в единстве.

Итак, мы приходим к сложному пониманию жизненного процесса, возникающего, по словам В. И. Вернадского, всюду, где есть условия. И такие условия являются комплексными, как и полагается этому емкому и необычайно загадочному явлению — жизни.

### 3. Особенности матричного синтеза

Биотическое единство имеет свое конкретное выражение в жизнепроцессах и их носителях. Так, явления, связанные с концентрацией и использованием информации (информопотоками), биологи сочетают с функциями нуклеиновых кислот. Массообмены и энергопотоки в живых системах связываются с функциональной ролью белков. Причем с учетом каталитической возможности белков следует признать, что именно белки ответственны за внутреннюю организацию пространства живых систем. Тогда в связи с тем, что нуклеиновые кислоты являются носителями памяти и кодов, именно им принадлежит роль оказывать «сопротивление положительному течению времени».

Разнообразие и богатство химических реакций, происходящих в живых системах, поражает, особенно в отношении самовоспроизведения, реакций матричного синтеза. В этих реакциях последующие молекулы строятся в точном соответствии с программной структурой предшествующей молекулы. В процессе «тиражирования себя» предшествующая молекула «прорывается» в следующий отрезок будущего времени. Ее постоянное движение в сторону возникающего

<sup>4</sup> Горшков В. Г. Энергетика биосфера. Л., 1982.

поразительно, и на эту ее способность самоподдержания и организующие возможности указывают положения кибернетической необратимости совершенствования структур. «Приращение совершенства» оплачивается отбором «удачных решений» из множества ухудшенных или тождественных копий. Причем этот отбор (уже в видовом отношении) может вестись с учетом вариаций общих режимов биосферных параметров.

Подчеркнем также, что в матричном синтезе с наибольшей концентрацией выявляется триединство жизни: поток вещества сливаются с потоком информации в форме результатов синтеза структур живых систем (белков и нуклеиновых кислот); поток информации и энтропии, сливаясь, рождает механизм, генерирующий управление выбора макроструктур нуклеиновых кислот. «Информационно-энтропийный сепаратор» разгоняет пригодные и непригодные для будущего структуры или акты их элементарного функционирования. Непрерывное энергоснабжение приводит к неувядющей новизне каждого элементарного акта жизни, который либо запоминается павсегда (информация), либо навсегда исчезает (энтропия) из памяти.

Следует также иметь в виду и то, что в живых системах энергия может претерпевать самые разнообразные трансформации. Энергия в живых существах то парализует богатство своих форм, то унифицируется до какой-то основной (например, психическая энергия в человеке). Такая унификация возможна в связи с тем, что пространственно-информационная организация структур живого позволяет создавать соединения с большим запасом энергии — макроэргические связи<sup>5</sup>. Эти связи, являясь своеобразным депо, обеспечивают потребность в энергии процессов наиболее высоких уровней организации, особенно реакций синтеза. Во всех организменных превращениях энергии превращение в тепловую (и ее последующее рассеивание в окружающее пространство) прочко сочетает жизненные процессы с энтропийным ростом. И наша «нормальная температура» утверждает наше «единокровное родство» с термодинамическими возможностями индивидуальной перспективы... Но жизнь больше этих возможностей, и их не следует упускать: сама жизнь помогает нам, заботясь о себе.

<sup>5</sup> Фок С. У., Дозе К. Молекулярная эволюция и возникновение жизни. М., 1975.

#### 4. От возникновения к существованию

Утверждение В. И. Вернадского о неравномерной производительности разных исторических эпох Земли применимо для подразделения этих эпох на преимущественно «термодинамические» (есть повод считать текущий период цивилизации термодинамическим, поскольку он снижает потенциал геологической закономерности и разрушает природные потоки информации), «информационные» и «битропийные». Битропийным периодам присущ «кибернетический» стиль сознавания противоположностей, которому свойственно господство нейтрализующих сил. Но так ли безнадежно гипотетична битропия? Что содержится в современном срезе знаний, где битропия оказывается полезной в сгущающейся pragmatike каждого дня человечества?

Мы употребим слово «размножение». Давайте более пристально всмотримся и вдумаемся в это свойство живых форм — размножаться. В середине XX в. трудами фон Неймана процесс размножения переводится в предмет кибернетического рассмотрения. Интимное свойство жизни становится в ряд общего процесса размножения органического и неорганического мира. Воспроизведение и самовоспроизведение сложно и просто организованных систем исследуется и на «территории»<sup>6</sup> у косного вещества<sup>6</sup> и на «территории» инженерной кибернетики, бионики, биоинженерии<sup>7</sup>.

В частности, в модели А. Ф. Белоусова по воспроизведению одновидовой группы индивидов (горно-породной разности магматических комплексов) устанавливается, что тирражирование индивидов производится на базе стандартного структурного элемента системы. Этот элемент выполняет роль управляющего механизма, регулирующего потребление и формообразование вещества с учетом имеющейся матрицы.

Еще более определенно битропийный характер процесса воспроизведения выявляется в системах самозарождения, которые исследует И. П. Емельянов. Вводя серию постулатов о среде (множество блуждающих элементов в пространстве, случайных векторов по скорости и координатам), элементах среды (равновеликие геометрические тела с заданной формой поверхности), о парном взаимодействии эле-

<sup>6</sup> Белоусов А. Ф. Методологические вопросы изучения и интерпретации состава магматических комплексов. Новосибирск, 1986. (Препр./Ин-т геологии и геофизики СО АН ССР; № 5).

<sup>7</sup> Емельянов И. П. Системы самозарождения, саморазмножения и самосовершенствования. Якутск, 1985. (Препр./Отдел прикладной математики и вычислительной техники Якутского филиала СО АН ССР).

ментов (наличие зон притяжения и слипания элементов в режиме попарных сочленений) и видах коллективного взаимодействия (нарастающая от парных взаимодействий цепочка, на основе слабых взаимодействий, служит началом самозарождения), можно конструировать *системы самозарождения*. Подчеркнем, что системы самозарождения, саморазмножения и самосовершенствования, разрабатываемые И. П. Емельяновым, реальны не только теоретически (проведена количественная оценка числа элементов для воссоздания самовозникающей структуры  $13 \leq n < \infty$ , т. е. выявлен граничный переход физического состояния вещества в системы воспроизведения), но и в практической перспективе. Для нас же важно рассмотреть, хотя бы вкратце, информо-энтропийный срез проблемы, чтобы оттенить битропийный характер системы самозарождения, саморазмножения и самосовершенствования.

Итак, создание новых структур из хаотизированных множеств однотипных элементов уменьшает разнообразие их состояний наложением ограничений на число степеней свободы. Однородная хаотическая среда преобразуется элементарными актами «прилипания» элементов и образованием структур. «Вычерпывание» энтропии из первоначально хаотической среды процессами прилипания структурирует пространство, появляется новая среда — «слипшиеся элементы». В этом преобразованном пространстве появляются новые возможности для взаимодействия элементов и их структур на более высоком уровне организации среды. Эти возможности реализуют (вернее, утилизируют) энергию среды на уровне слабых взаимодействий. Появившиеся «автоматы» продолжают пользоваться энергией среды при более совершенном уровне «восприятия» ее возможностей, влияя на нее и преобразуя ее своим существованием и «деятельностью». Неупрочникимые «частицы порядка», объединившись, структурируют среду в направлении кибернетической необратимости. Но функционирование самозародившихся автоматов все же обеспечивается кинетической энергией неприсоединенных элементов, т. е. возможностями непреобразованного хаоса. Восходящий «снизу» порядок требует «питания» со стороны среды, которой тоже присущи неупрочникимые «частицы хаоса». Так, взаимоподдержание порядка и беспорядка на уровне элементарных форм и слабых взаимодействий устанавливается и поддерживается двуфункциональной битропией.

Главное же различие между начальным состоянием хаотической системы с однотипными элементами и последую-

щим частично структурированным состоянием (с появлением более сложных автоматов) состоит в том, что автоматы начинают сохранять и частично высвобождать энергию согласно способности «склеивать и порождать», т. е. регулярным образом. При этом «энтропофагия» процессов, порождающих автоматы, копечна, и, по словам И. П. Емельянова, «...в условиях хаотической среды саморазмножение быстрее поедает для своих нужд элементы, поэтому всегда довлеет над процессами самозарождения и резко тормозит их, по никак не останавливает»<sup>8</sup>.

Важно учесть и еще одну возможность пригодности вводимого понятия — битропия. В попытках изучить (а что-то и воспроизвести в инженерно-практических решениях) биологические системы в математических срезах и оценках постоянно ощущается «дедуктивная недостаточность» в рабочих предположениях. Зарождающаяся «биоматематика» пуждается в притоке мыслей, рождающихся не столько в каждой отрасли отдельно, сколько от разных видов отношений этих отраслей. И битропия, рожденная в сфере выяснения отношений термодинамики и кибернетики, является, по существу, «дедуктивным изделием» для слежения за конструкцией механизмов, использующих и преобразующих различные виды энергии. Так, для систем И. П. Емельянова битропия как элемент понимания двойных преобразований помогает усмотреть два вида применения энергии в системе среда — элементы:

- а) потребление энергии процессом притяжения элементов друг к другу и их последующей пространственной организаций (кибернетическое потребление);
- б) потребление энергии на процессы столкновения и разрушения ранее созданных структур в неупорядоченных актах применения энергии неорганизованных элементов хаотической среды.

Подчеркнем, что двуединство указанных видов потребления энергии в рассматриваемых системах приводит к эволюции систем.

\* \* \*

Итак, прямая и обратная связь между основными компонентами жизни — смерти — бессмертия — эволюции обеспечивает развитие и гомеостатичность жизненосителей в системе «Биосфера». Да и сам процесс естественной организа-

<sup>8</sup> Емельянов И. П. Системы самозарождения... С. 27.

ции жизни следует строгому закону обеспечения минимума свободной энергии. Иерархичность жизненного процесса на Земле очевидна, и характерно то, что нижележащие уровни развития и организованности жизни строятся на более сильных взаимосвязях. Причем это прослеживается даже на видовом (связи питания воспроизведения и пр.) и межвидовом (слабые связи межвидовой сигнализации опасности, ранней зимы и пр.) уровнях организации жизни. Слова возникает диалектический бинер: энтропия — информация. По мере усложнения и закрепления биологических структур, наращивается уровень упорядоченности, но этот порядок надлежит наводить в строгом следовании принципу минимума свободной энергии. Напомним о техногенном производстве, которое в середине XX столетия перешло на максимально энергоемкое производство. В этом видится еще одно «возвращение» жизненным принципам.

Так, жизнь уравновешивает права и обязанности информации и энтропии. Жизнь не строит свои порядки любой ценой, т. е. максимумом энергии, и не закрепляет этот порядок павочно. Она тонко согласует развитие и организацию уровней жизнепроявления с возможностями непредусмотренных внешних воздействий. То есть случай перестройки программ жизни не будет столь энергоемким, как для модели жизни с максимальными энергетическими затратами. Жизнь многолика, длительна, максимально кооперативна<sup>9</sup>, и, наверное, уступка энтропии под видом слабой энергоемкости организации высших уровней иерархии выгоднее в условиях резких смен программ видеообразования. В целом же идет тонкое и повсеместное следование принципу согласования необратимостей.

## ЭВОЛЮЦИЯ КАРБОНАТНОЙ БИОМИНЕРАЛИЗАЦИИ И СИСТЕМА ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ

Ю. А. БОРИСЕНКО, канд. геол.-минер. наук

Возникновение карбонатной раковины (скелета) явилось естественной реакцией беспозвоночных организмов на существенные геохимические изменения среды обитания. Развитие скелета стало важнейшей вехой в эволюции дву-

<sup>9</sup> Хацен Г. Супергетика. М., 1980.

© Ю. А. Борисенко, 1990