

Действительный член Академии наук БССР Н. С. АКУЛОВ

О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ КАК ВЫСШЕЙ ФОРМЕ ЭВОЛЮЦИИ ЦЕПНЫХ ПРОЦЕССОВ*

В процессе остывания планет, в частности Земли, на их поверхности могут образовываться жидкие и газообразные химические соединения, в состав которых входят С, О, Н, N, S, P и т. д. (1). Вследствие непрерывного изменения условий, нарушающих химическое равновесие, в частности вследствие непрерывного вхождения потоков лучистой энергии, здесь возникают самые разнообразные химические реакции, в частности реакции, идущие через промежуточные продукты, которые в ходе процесса могут регенерироваться (цепные процессы) (3).

Цель этой работы — показать, что эти процессы могут постепенно приобретать циклический характер, причем характер цикла может под влиянием изменения условий в среде изменяться. Кроме того, эти процессы могут подавлять друг друга. При этих условиях имеет место непрерывная эволюция химических превращений и отбор процессов, наиболее приспособленных к условиям внешней среды.

Покажем прежде всего, что

1. При достаточно большом промежутке времени от начала развития всякий цепной процесс, развивающийся в неизменных условиях, переходит в циклический.

Действительно, решение системы дифференциальных уравнений, которым подчиняется развитие цепных процессов, приводит к следующему выражению для числа молекул промежуточного продукта типа M_i

$$Z_i = \sum_j c_{ij} e^{k_j t}. \quad (1)$$

Здесь k_j — корни известного характеристического уравнения. Пусть k_m — максимальный из них. Напишем выражение (1) в следующей форме:

$$Z_i = e^{k_m t} \sum_j c_{ij} e^{(k_j - k_m)t}. \quad (2)$$

Мы видим, что здесь все разности $(k_j - k_m)$ отрицательны за исключением $k_m - k_m = 0$. Таким образом, при достаточно больших t получаем

$$Z_i = c_{im} e^{k_m t} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N), \quad (3)$$

т. е. при больших t всякий цепной процесс переходит в циклический

* Доложено на «Ломоносовских чтениях» 15 апреля 1948 г.

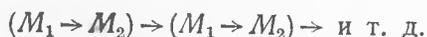
($Z_1 : Z_2 : Z_3 \dots = \text{const}$), развивающийся с максимальной скоростью *.

Покажем теперь, что

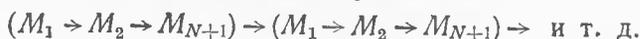
2. Циклические процессы способны к размножению и к „наследственной“ передаче совокупности физико-химических свойств от цикла к циклу. Действительно, как мы показали в п. 1, если цепной процесс развивается через промежуточные соединения типа M_1, M_2, \dots, M_N , то существует такой набор молекул этих промежуточных продуктов (именно c_{1m} молекул M_1, c_{2m} молекул M_2 и т. д.), при котором концентрация этих продуктов за равные промежутки времени будет увеличиваться в одинаковое число раз. Именно, нарастание числа молекул каждого промежуточного продукта в среднем будет определяться соотношением (3).

При этом в конце каждого цикла, развивающегося за время $\tau = \frac{1}{k_n} \ln 2$, вместо одного набора мы будем получать удвоенный набор активных промежуточных продуктов. Каждый из них через время τ снова дает удвоенный набор и т. д. Характер развития каждого дочернего цикла аналогичен при этом развитию исходного, если условия среды являются достаточно стабильными (1).

3. Циклические процессы способны к изменениям под действием внешней среды. Помимо тех промежуточных продуктов M_1, M_2, \dots, M_N , которые участвуют в развитии цикла, при изменении условий в среде в реакцию могут войти молекулы одного или нескольких промежуточных продуктов иного типа, например, M_{N+1}, M_{N+2} и т. д. Если эти молекулы новых промежуточных продуктов в ходе процесса снова будут регенерироваться (т. е., вступив в реакцию с исходным продуктом, M_{N+1} дает одну или несколько молекул из системы $M_1 \dots M_N$), мы получим новый, более сложный цикл. Например, вместо циклов



в простейшем случае мы можем получить циклы



Таким образом, при включении в цикл одного или нескольких промежуточных продуктов (M_{N+1}) мы будем иметь изменение циклического процесса. Это повлечет за собой появление новых конечных продуктов. Изменившийся цикл будет воспроизводить себе подобные.

4. Циклические процессы способны: а) к симбиозу, б) к подавлению один другого. Различные циклические процессы, развиваясь параллельно или на основе одних и тех же или частично различных исходных (питательных) продуктов, могут взаимодействовать друг с другом или взаимно усиливая** или взаимно ослабляя друг друга***. В первом случае мы имеем явления, аналогичные симбиозу, во втором — подавление одним цепным процессом другого. Если в результате указанного „сопряжения“ цепных процессов фактор k_m одного из них делается отрицательным, то такой процесс, согласно (3), через некоторое время затухнет. Таким образом, мы будем иметь эффект полного подавления одним цепным процессом другого.

* Процесс будет развиваться с максимальной скоростью, так как k_m больше, чем k_1, k_2, \dots, k_N .

** Например, если M_1 одного циклического процесса, реагируя с исходными продуктами, дает M_1^* другого циклического процесса.

*** Например, если M_1 , реагируя с M_1^* , дает конечный продукт (не вступающий в дальнейшие реакции циклов).

Указанные четыре свойства цепных циклических процессов, сближающие их с биологическими процессами, позволяют говорить о «борьбе за существование» и об «эволюции» цепных процессов. Далее мы даем основные положения, которые устанавливают последовательные этапы перехода из эволюции химической в биологическую.

5. В борьбе различных циклических процессов друг с другом побеждают процессы, способные к самолокализации внутри твердой фазы. Действительно, рассмотрим обычный циклический процесс, развивающийся в гомогенной жидкой фазе. Если часть пространства жидкой фазы, где происходит процесс, не ограничена непроницаемыми стенками, то молекулы различных промежуточных продуктов будут диффундировать за пределы этого пространства. Интенсивность диффузии различных M_i будет различна, так как коэффициенты диффузии D_i этих молекул неодинаковы. Вследствие этого отношения концентраций $c_{1m} : c_{2m} : c_{3m} \dots$, характерные для цикла, не будут сохраняться, что повлечет за собой отступление от циклическости процесса и уменьшение его скорости.

В результате многочисленных происходящих под действием внешней среды изменений циклов различного типа могут, однако, возникнуть циклические процессы, конечный продукт которых обладает следующими двумя свойствами:

1) Молекулы конечных продуктов, возникающих в ходе процесса, способны полимеризоваться, давая коллоидную фазу (липофильного типа).

2) Молекулы конечных продуктов, образующих коллоидную фазу, способны адсорбировать молекулы промежуточных продуктов, так что внутри коллоидной фазы обеспечивается (приблизительно) постоянство отношений $c_{1m} : c_{2m} : c_{3m} \dots$.

Циклические процессы, промежуточные и конечные молекулы которых удовлетворяют этим условиям, находятся в условиях более благоприятных для бесперебойного, самоускоренного развития, чем гомогенные циклические процессы. Именно, в случае автолокального процесса молекулы исходных питательных продуктов будут непрерывно диффундировать внутрь коллоидной частицы, вступая здесь в реакцию с адсорбированными молекулами активных промежуточных продуктов. Развитие циклического процесса поведет тогда к росту объема коллоидной фазы, которая будет сохранять постоянство своего состава.

6. В «борьбе за существование» выживают те из автолокальных циклических процессов, у которых коллоидная фаза способна к самодиспергированию. При наличии внутреннего осмотического давления объем коллоидной фазы может расти лишь до некоторого критического предела, после чего наступает деление коллоидальной частицы на две. Такие циклические процессы должны были в борьбе за существование получить преимущество, так как диффузия питательных продуктов внутрь более мелких коллоидальных частичек происходит с большей легкостью, чем внутрь значительно более крупных.

Рассмотренные здесь шесть этапов эволюции цепных процессов привели, таким образом, к появлению саморазмножающейся и самоделящейся коллоидной фазы. При этом каждая дочерняя частица вследствие циклическости процесса могла получать по наследству физико-химические свойства материнской частицы. Такие частицы в дальнейшем мы будем называть протоядрами.

7. Недостаточная устойчивость протоядер к резким колебаниям внешних условий привела к выживанию протоядер, окруженных буферной оболочкой. Недостаточная приспособленность протоядер к борьбе за существо-

вание обуславливалась тем, что внутри коллоидной среды могли поступать исходные химические продукты весьма неопределенного состава, многие из которых могли приводить к нарушению цикличности и к затормаживанию процессов размножения. Среди огромного количества сложных наборов активных продуктов, возникающих в результате воздействия внешней среды, преимущество получили такие, развитие циклов которых сопровождалось появлением „буферной“ коллоидной оболочки, окружающей ядро. Молекулы исходных продуктов, поступающих внутрь этой оболочки, вступают в реакцию с адсорбированными здесь молекулами активных промежуточных продуктов (энзимами).

Основной особенностью физико-химических процессов в цитоплазменной оболочке является то, что конечные продукты этих процессов имеют значительно меньшие колебания по составу, чем исходные продукты (буферный эффект). Эти конечные продукты и диффундируют в ядро клетки. В результате буферный эффект обеспечивает в достаточной мере развитие циклического процесса (при $k_m > 0$), несмотря на случайные неблагоприятные колебания в составе продуктов, поступающих в цитоплазму. Тем не менее возможность изменчивости, обусловленной изменением системы молекул M_i , естественно, сохраняется ⁽²⁾ (п. 3).

Таким образом, процесс химической эволюции привел к появлениям живой клетки как (в основном) двухфазной или даже многофазной коллоидной системы, способной обеспечить бесперебойное развитие циклического процесса указанного выше типа (автолокализация, самодиспергирование, буферный эффект при $k_m > 0$ и изменчивость).

Итак, мы приходим к установлению следующего основного принципа эволюционного зарождения жизни.

Во всякой молекулярной системе, где могут одновременно протекать многообразные как гомогенные, так и гетерогенные химические реакции, в частности цепные процессы, имеет место непрерывная их эволюция, вызванная наличием трех основных факторов: 1) влияние внешней среды приводит к изменениям типа промежуточных продуктов, определяющих характер цикла; 2) цикличность процессов приводит к передаче свойств от цикла к циклу; 3) возможность подавления одними реакциями других ведет к естественному отбору циклических процессов, наиболее приспособленных к условиям внешней среды.

Таким образом, эволюция химических превращений приводит при определенных условиях к появлению самодиспергирующихся многофазных коллоидных систем с последующим переходом эволюции химических превращений в биологическую эволюцию.

Поступило
29 VI 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Опарин, Возникновение жизни на земле, изд. АН СССР, 1941.
² Т. Д. Лысенко, О наследственности и ее изменчивости, 1949. ³ Н. С. Акулов, ДАН, 48, № 9 (1945).