

Т. А. Шорникова, Г. И. Халитова (Пенза, Пензенский ГТУ).
Развитие систем на внешних потоках.

Исследуем термодинамические свойства самоорганизующихся систем, для чего рассмотрим вначале энергию внешнего сопрягающего процесса, его влияние на развитие сопряженных систем и вытекающие из этого закономерности. Обозначив поток энергии от сопрягающего процесса как W , и рассматривая процесс самоорганизации как некоторую полезную работу A , запишем к. п. д. этого процесса в виде:

$$\eta = \frac{A}{W} \leq 1. \quad (1)$$

Согласно законам сохранения, величина полезной работы, производимой системой, не может превышать величину используемой для совершения работы энергии, поэтому η в выражении (1) всегда меньше или равно единицы. Тогда изменение работы по самоорганизации системы со временем должно описываться не одним уравнением, а системой вида:

$$\begin{cases} \frac{dA}{dt} = W \left(\frac{d\eta}{dt} \right) + \eta \left(\frac{dW}{dt} \right) \geq 0, \\ \eta = \frac{A}{W} \leq 1. \end{cases} \quad (2)$$

Рассмотрим поведение системы в целом и все возможные случаи изменения внешнего потока энергии.

$dW/dt > 0$. Случай постоянного увеличения внешнего потока энергии, приводящий к выполнению соотношения (2) при любых значениях η является чисто гипотетическим — в природе неизвестны системы, увеличивающие до бесконечности производство энергии. Этот тип развития может встречаться лишь на начальном этапе освоения какой-либо новой ресурсной ниши.

$dW/dt < 0$. Этот вариант более реалистичен и характеризует иссякающий энергетический источник. Сохранение dA/dt большим или равным нулю достигается в этом случае только ростом η (эффективности использования энергии), т. е. фактически — переходу от экстенсивного к интенсивному пути развития. Однако второе уравнение накладывает естественные ограничения на развитие системы по этому пути — рано или поздно она достигнет предела эффективности и дальнейшее снижение внешнего притока энергии неминуемо приведет к началу деградации. На этом этапе $dA/dt > 0$ функционирование системы будет адекватно описываться в терминах энтропии — $dS/dt > 0$.

$dW/dt = 0$ — внешние потоки энергии постоянны. Этот вариант представляет особый интерес при рассмотрении биосферных процессов в макроскопическом приближении, так как потоки солнечной энергии, поступающие на Землю, являются до

известной степени постоянными на значительных временных интервалах. В этом случае изменение внешних потоков становится нулевым и первое уравнение системы (2) приобретает вид

$$\frac{dA}{dt} = W(d\eta/dt), \quad (3)$$

т. е. изменение работы по самоорганизации оказывается прямо пропорциональным изменению к. п. д. системы:

$$\frac{dA}{d\eta} = W = \text{const}. \quad (4)$$

Отсюда следует, что потенциал самоорганизации системы определяется ее эффективностью, способностью полезно использовать получаемую энергию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Свирижев Ю. М.* Устойчивость и сложность в математической экологии. — Устойчивость геосистем. М.: Наука, 1983.
2. *Эйген М.* Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973.