

## **Синергетика как направление естественнонаучных исследований**

В 70-е гг. XX в. появилось новое междисциплинарное направление научных исследований, которое получило название синергетика [1: 13; 2: 108]. Под синергетикой (СН) понимают теорию, исследующую процессы самоорганизации (СО), устойчивости, распада, а также возрождения различных структур как живой, так и и неживой природы [3: 110].

Появлению СН способствовало наличие общих свойств, которые присущи природным системам, т.е. целостность, самоорганизованность, открытость, устойчивость и др. Системы, которые без специального воздействия извне способны совершенствовать свою организацию в направлении увеличения сложности и упорядоченности называют самоорганизующимися (СС). Предметом изучения СН являются процессы самоорганизации и возникновения, поддержания, устойчивости и распада структур различной природы. Данные процессы изучаются физикой и экономикой, химией и социологией, биологией и лингвистикой, математикой [4: 97].

СН востребована в современном ЕЗ для обоснования наметившейся тенденции глобального эволюционного синтеза всех естественнонаучных дисциплин в познании живой и неживой природы. В качестве систем изучают разнородные и разнокачественные объекты, например, атом, клетку, орган, здание, человеческое общество и т. д.

Благодаря СН было проведено моделирование сложных СС [2: 34; 5: 88]. Для выявления общих закономерностей СС синергетика использует методы из нелинейной неравновесной термодинамики.

Все предметы и явления живой и неживой природы представляют собой открытые системы. Системой является совокупность элементов определенного целостного образования, между которыми устанавливаются взаимосвязь и взаимодействие, что приводит к появлению новых свойств, присущих системе в целом [6:95]. Например, молекула поваренной соли –  $\text{NaCl}$  – это химическая природная система, состоящая из атома натрия и атома хлора. Натрий является типичным металлом. Он обладает металлическим блеском и пластичностью, проводит тепло и электрический ток. А хлор ( $\text{Cl}_2$ ) при обычных условиях является ядовитым газом желто-зеленого цвета с резким запахом. Молекула же  $\text{NaCl}$  является белым кристаллическое веществом, хорошо растворимое в воде, соленое на вкус. Свойство системы, обуславливающее появление новых свойств и качеств, не присущих элементам, входящих в состав системы называется эмерджентностью (от англ. emerge – появляться, возникать). Эмерджент-

ность рассматривают как форму выражения закона диалектики – перехода количественных изменений в качественные. Для появления нового качества достаточно объединить в целое хотя бы два элемента. Водород ( $H_2$ ) и кислород ( $O_2$ ) – это молекулы газообразных веществ, соединяясь, они образуют молекулу воды, которая является жидкостью и приобретает совершенно новые свойства. Интересным случаем, когда части системы обладают свойствами системы в целом, является так называемое фрактальное построение системы. Фракталы наблюдаются в природе, например, иерархическое управление в живых организмах, тождество организации на различных уровнях в естественно растущих системах – биологических, геологических, демографических и т.п. Общим свойством любой природной системы является целостность. Воздействие на один или несколько элементов системы обязательно вызывает ответную реакцию, и изменение других элементов. Через взаимодействие и взаимосвязь элементов, система существует и выполняет свои функции в природе. Например, в человеческом организме в 1 с совершается около 15 миллиардов актов реакций, многие из которых давно и хорошо изучены. Для живого специфичен определенный порядок этих реакций, их последовательность и объединение в целостную систему [4:89]. Факторы внешней среды могут оказывать воздействие на любую природную систему, но она может функционировать, не меняясь, если сохраняет свои свойства. В этом проявляется устойчивость системы, которая противодействует ее разрушению и обеспечивает существование системы во времени, делая природные системы эмпирически фиксируемыми. Устойчивость любой системы не является абсолютной, поскольку внутренние процессы и внешние воздействия изменяют её. В качестве примера приведем особенности СО в живом организме, а также возможные последствия ее нарушений (табл.1).

Для обозначения относительного динамического постоянства состава и свойств внутренней среды, а также устойчивости основных функций системы, ввел термин гомеостаз (от греч. *homoios* – тот же; *stasis* – состояние) [4: 81; 8: 101]. Согласно современным научным представлениям, элементарным процессом эволюции является СО которая реализуется не только через взаимодействия системы с факторами внешней среды, но и заложенной в систему генетической информации. Процессы, протекающие в открытых системах, проявляют способность к самоорганизации, когда из хаоса самопроизвольно возникают упорядоченные структуры, когда системы подвержены колебаниям, благодаря которым они движутся к относительно устойчивым структурам [7:263]. В качестве примера можно привести несколько примеров СО в неживой природе (табл.2) Важнейшим свойством открытых систем является нелинейность, которая связана

с постоянным выбором путей развития открытых СС. Как правило, нелинейными являются процессы на Солнце и на планетах, а также внутри их. Большинство процессов на Земле, внутри ее и во внешних оболочках (землетрясения, цунами, вулканизм, вихри в атмосфере и океане) – также нелинейны. Активно взаимодействуя с внешней средой, открытые неравновесные системы могут приобретать особое динамическое состояние – диссипативность. Благодаря диссипативности, в неравновесных системах могут спонтанно возникать новые типы структур, совершаются переходы от хаоса и беспорядка к порядку и организации, возникают новые динамические состояния материи. [6:153]. Примером образования структуры нарастающей сложности служат ячейки Бенара (табл.2) [7:179].

Таблица 1.

***Роль СО в деятельности сердечно-сосудистой и иммунных систем и последствия ее нарушений***

| Пример СС                                       | Цель СО  | Факторы, нарушающие СО   | Эндогенные составляющие работы системы   | Возможные последствия нарушения СО  |
|---|--|--|--|---|
| Автоматизм сердца                               | Способность сердца к сокращению без стимуляции извне     | Болевой шок, в т.ч. и при инфаркте миокарда, травмах, отравление кардиотоксическими средствами   | Мышечные клетки миокарда, расположенные в правом предсердии  | Остановка сердца  |
| Рефлекторное поддержание артериального давления | Поддержание артериального давления на оптимальном уровне | Эмоциональный стресс (повышение уровня адреналина), электролитные нарушения (снижение концентрации калия и повышение концентрации кальция в крови) | Центральная нервная система (продолговатый и спинной мозг), симпатические и парасимпатические нервные волокна  | Гипертензия или гипотензия  |
| Гуморальное поддержание артериального давления  |  | Психоземональное напряжение, патология надпочечников, нарушение работы почек, шоковые состояния, сахарный диабет.                                  | Ренин, ангиотензин, альдостерон, простагландины E,D,F, простаглицлин, норадреналин, адреналин, брадикинин, допамин, эндотелиальный релаксирующий фактор, натрийуретические пептиды | Гипертония, гипертонический криз, острое нарушение мозгового кровообращения |

|           |   |                                      |  |   |
|-----------|---|--------------------------------------|--|---|
| Иммунитет | Адекватный ответ организма на чужеродные агенты | Первичный и вторичные иммунодефициты | Заболевание крови (лейкоз и др.), ВИЧ-инфекция, антибиотикотерапия, онкологические заболевания, поражения печени, синдром мальабсорбции, почечная недостаточность, глистные инвазии, | Развитие инфекционных заболеваний, риск развития онкологических заболеваний, развитие аллергического ответа |
|-----------|---|--------------------------------------|--|---|

Таблица 2.

*Примеры самоорганизации в неживой природе*

| Пример СС                    | Что представляет  | Результат СО  | Использование человеком   |
|------------------------------|---|---|---|
| Ячейки Х. Бенара.            | упорядоченные структуры в виде шестигранных призм (конвективных ячеек)  | Поддерживание максимальной скорости тепловых потоков.   | Изучение несоразмерных жидкостей  |
| Работа лазера                | Когерентное коллективное излучение атомов рубина  | Атомы рубина приходят в возбужденное состояние и начинают излучать свет. При определенном (критическом) значении мощности накачки происходит скачкообразный переход работы лазера от хаотического излучения к самосогласованному. | Медицина, машиностроение и др.  |
| Химические часы              | Появление в жидкой среде концентрических волн (или периодическое изменение цвета раствора) с красного на синий и наоборот | Окислительно-восстановительная реакция: окисление малоновой кислоты бромидом калия  | Изучение скорости окислительно-восстановительных реакций и факторов, влияющих на их течение |
| Рост кристаллов из растворов | Рост кристаллов является переходом из одного агрегатного состояния  | Получение монокристаллов из расплава путем спонтанной кристаллизации, т.е. медленным охлаждением, раствор-расплавным методом, из газовой фазы, из водных растворов солей).  | Получение кристаллов алмаза, рубина, изумруда, фианита; использование в радиоэлектронике..  |

Таким образом, возникнув из неравновесной термодинамики, син-

теза естественнонаучных знаний, СН направлена на раскрытие механизмов самоорганизации сложных природных и социальных систем. Благодаря синергетике появилось понимание единства мира, понимание того, что чередование порядка и хаоса является универсальным принципом мироустройства.

### ***Библиографический список***

1. Аршинов В. И. Синергетика как феномен постнеклассической науки. М.: Прогресс, 1999. 123 с.
2. Василькова В. В. Порядок и хаос в развитии социальных систем: Синергетика и теория социальной самоорганизации. СПб.: Лань, 1999. 187 с.
3. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики: Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб.: Алетейя, 2002. 414 с.
4. Мир вокруг нас: Беседы о мире и его законах / В.Г. Астахова, Е.В. Дубровский, И.И. Жерневская и др. М.: Политиздат, 1983. 197 с.
5. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985. 206 с.
6. Трубецков Д.И., Мчедлова Е. С., Красичников Л. В. Введение в теорию самоорганизации открытых систем, 2-е изд. М.: Физматлит, 2005. 212 с.
7. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах, М.: Мир, 1985. 423 с.
8. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 320 с.