

О СИНЕРГЕТИКЕ Стеценко В.Ю.

Стеценко Владимир Юзефович – доктор технических наук,
г. Могилев, Республика Беларусь

Аннотация: в статье показано, что конвекция в ячейках Бенара, реакция Белоусова – Жаботинского, кристаллизация металлических расплавов являются равновесными процессами, в которых происходят процессы самоорганизации. Основные положения синергетики являются гипотетическими. В общем, процессы, происходящие в природе, являются равновесными, поскольку вещественная Вселенная является термодинамически равновесной системой, существующей вечно. В природе могут происходить локальные неравновесные процессы, но они вызывают специальные силы, которые восстанавливают равновесия. Законы природы призваны защищать равновесные процессы.

Ключевые слова: синергетика, термодинамика, неравновесные и равновесные процессы, обратимые процессы, самоорганизация, энергия Гиббса.

ABOUT SYNERGETICS Stetsenko V.Yu.

Stetsenko Vladimir Yuzefovich – Doctor of Engineering Science,
MOGILEV, REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: the article shows that convection in Benard cells, the Belousov – Jabotinsky reaction, and crystallization of metal melts are equilibrium processes in which self-organization processes occur. The main provisions of synergetics are hypothetical. In general, the processes occurring in nature are equilibrium, since the material universe is a thermodynamically equilibrium system that exists forever. Local nonequilibrium processes can occur in nature, but they cause special forces that restore equilibrium. The laws of nature are designed to protect equilibrium processes.

Keywords: synergetics, thermodynamics, nonequilibrium and equilibrium processes, reversible processes, self-organization, Gibbs energy.

УДК 539.1

Синергетика – наука о самоорганизации в неравновесных системах и процессах. Научная основа синергетики – термодинамика неравновесных систем, разработанная И. Пригожиным. Главным термодинамическим параметром этой термодинамики является энтропия.

Синергетика основана на следующих основных положениях [1, 2]:

- главным критерием равновесности служит энтропия;
- равновесная система, равновесный процесс обладают максимумами энтропии, поэтому они не способны к самоорганизации;
- неравновесность системы, процесса является необходимым условием самоорганизации.

Принято считать, что экспериментальными доказательствами синергетики служат следующие системы, процессы.

1. Конвективные ячейки Бенара. Они имеют вид правильных шестиугольников и возникают при нагреве не слишком толстого слоя вязкой жидкости. Считается, что ячейки Бенара являются неравновесными системами, а конвекция в них – неравновесным процессом.

2. Химическая реакция Белоусова – Жаботинского. Она представляет собой процесс окисления малоновой кислоты броматом калия, катализируемым солями церия. В результате этой реакции раствор периодически окрашивается в красный и синий цвета. Считается, что этот процесс является неравновесным.

Синергетика используется для объяснения процессов самозарождения кристаллов фаз из атомов при кристаллизации металлических расплавов. Принято считать, что этот процесс является неравновесным [3–6].

Согласно второму началу термодинамики, критерием возможности протекания процессов в любой термодинамической системе служит не энтропия, а энергия Гиббса [7]. При этом, если изменение этой энергии больше нуля, то какие-либо самопроизвольные процессы в системе невозможны. Эти процессы могут происходить, если изменение энергии Гиббса в системе будет меньше или равно нулю [7]. Если изменение энергии Гиббса меньше нуля, то процесс является неравновесным. Если изменение энергии Гиббса равно нулю, то процесс является равновесным. Из этого условия вытекает основное правило термодинамического равновесия: если процессы обратимы, то они являются равновесными [7].

Применим это правило к конвекции в ячейках Бенара, химической реакции Белоусова – Жаботинского, процессу кристаллизации металлических расплавов.

Конвекция в ячейках Бенара происходит в результате двух процессов. Первый – вязкая жидкость, получив тепло от источника тепловой энергии внизу, нагревается, становится легче и поднимается вверх. Второй – нагретая вязкая жидкость вверх, отдав тепло в окружающую среду, охлаждается, становится тяжелее и опускается вниз. Здесь она снова нагревается, поднимается вверх, охлаждается, опускается вниз и т. д. В конвективных ячейках Бенара процессы нагрева и охлаждения вязкой жидкости являются циклическими, обратимыми, а конвекция – равновесным процессом. Следовательно, конвективные ячейки Бенара – равновесная система.

Химическая реакция Белоусова – Жаботинского также является равновесным процессом, поскольку осуществляется по циклическому, обратимому механизму: раствор периодически окрашивается в красный и синий цвета.

Термодинамические расчеты показывают, что изменение энергии Гиббса процесса кристаллизации металлических расплавов равно нулю [8]. Это свидетельствует о том, что кристаллизация металлов и сплавов является равновесным процессом, а формирование кристаллов фаз происходит в равновесной системе. Кроме этого, процессы плавления и кристаллизации металлов и сплавов являются обратимыми, что соответствует основному правилу термодинамического равновесия [9, 10].

В общем, процессы, происходящие в природе, являются равновесными, поскольку вещественная Вселенная является термодинамически равновесной системой, существующей вечно [11, 12]. Поэтому Вселенная не может распадаться, теряя структуру, не может исчезать во времени и в пространстве. Вселенная также не могла образоваться в результате Большого взрыва, поскольку этот процесс является неравновесным [11]. В равновесной вещественной Вселенной существуют равновесные (стабильные) объекты (образования), составляющие основу вещественной Вселенной. Такими объектами являются атомы. Их электроны находятся в равновесном состоянии. Но если вывести атомы из равновесного состояния, облучив их фотонами, то, стремясь сохранить равновесие, атомы отдадут лишние фотоны в пространство.

В равновесной вещественной Вселенной могут происходить локальные неравновесные процессы, но они вызывают специальные силы, которые восстанавливают равновесия. Например, если создать локальный неравновесный процесс путем кратковременного нагрева одного конца металлического стержня, то это вызовет силы теплопроводности, которые по закону Фурье будут выравнивать тепло и температуру по всему стержню до установления теплового равновесия. Если организовать локальный неравновесный процесс, создав в объеме среды кратковременное повышение концентрации вещества, то это вызовет силы диффузии, которые по I закону Фика будут выравнивать концентрацию вещества по всему объему среды.

Законы природы призваны защищать равновесные процессы. Поэтому любое насилие (нарушение равновесия) над природой вызывает силы, противодействующие разрушению природы. Поэтому человечество, которое постоянно стремится разрушить природу, создавая неравновесные процессы, не сможет ее разрушить. Природа постоянно восстанавливается, устраняя неравновесные процессы, и создает угрозы жизни людей, разрушающих природное равновесие. Этими угрозами являются: изменения климата в сторону, неблагоприятную для людей, стихийные бедствия, эпидемии, неурожаи и т.п.

Таким образом, самоорганизация в неравновесной системе невозможна, поскольку изменение энергии Гиббса этой системы больше нуля. Самоорганизация возможна в термодинамически обратимых, равновесных системах, для которых изменение энергии Гиббса равно нулю.

Список литературы / References

1. *Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980. 406 с.
2. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985. 423 с.
3. *Гуляев А.П.* Металловедение: учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
4. *Лившиц Б.Г.* Металлография. М.: Металлургия, 1990. 236 с.
5. *Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.* Материаловедение: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
6. *Новиков Н.Н., Золоторевский В.С., Портной В.К. и др.* Металловедение. Т. 1. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. 496 с.
7. *Жуховицкий, А.А., Шварцман Л.А.* Физическая химия. М.: Металлургия, 2001. 688 с.
8. *Марукович, Е.И., Стеценко В.Ю., Стеценко А.В.* О термодинамическом равновесии тепловых литейных процессов // Литье и металлургия. 2024. № 2. С. 12–16.

9. *Стеценко В.Ю., Стеценко А.В.* Кристаллизация и перекристаллизация литейных бинарных сплавов – наноструктурный процесс // Проблемы современной науки и образования. 2025. № 4. С. 11–15.
10. *Стеценко В.Ю.* Наноструктурная кристаллизация основных литейных сплавов // Проблемы современной науки и образования. 2025. № 10. С. 13–21.
11. *Стеценко В.Ю.* Равновесная Вселенная // Проблемы современной науки и образования. 2025. № 3 С. 13–18.
12. *Стеценко В.Ю.* Структура и физические свойства Вселенной // Проблемы современной науки и образования. 2025. № 10. С. 4–12.