



Экономическая теория

Оксана МИХАЙЛОВСКАЯ

**ГЛОБАЛЬНЫЕ СЦЕНАРИИ  
РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ  
В КОНТЕКСТЕ ТЕОРИИ  
ЭНТРОПИЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

**Резюме**

Проанализированы основные тенденции эволюции глобальной экономической системы и ее взаимодействия с природной системой. Установлено, что научно-технический прогресс открывает новые возможности замены невозобновляемых природных ресурсов другими их видами, внедряет новые экологически безопасные технологии и таким образом избегает перехода в фазу энтропийного колебательного цикла.

**Ключевые слова**

Глобальная экономическая система, энтропийный колебательный цикл, вертикальная интеграция, разрушительные процессы, процессы самоорганизации.

**Классификация по JEL:** F01.

---

© Оксана Михайловская, 2012.

Михайловская Оксана, докт. экон. наук, Институт мировой экономики и международных отношений НАН Украины.

**Постановка проблемы.** В прогнозируемом аспекте вопрос относительно режима эволюции мировой экономической системы является одним из важнейших, поскольку ответ на него определяет, по каким закономерностям будет эволюционировать мировая экономика. Квазистационарное линейное или спиралеобразное развитие, каскад бифуркационных превращений, колебания стабильных и нестабильных состояний с превращениями, подобными фазовым переходам в физике, – это режимы, в которых может происходить эволюция мировой экономической системы и цивилизации в будущем.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Как отдельное направление экономической науки на основе синергетической парадигмы в последние десятилетия достаточно интенсивно разрабатывается экономическая синергетика, или физическая экономика, теоретический базис которой построен на методологии и математических моделях точных и естественных наук, прежде всего физики. Однако, как справедливо отмечают российские исследователи Д. С. Чернавский, Н. И. Старков, А. В. Щербаков, такой «физической экономики» как целостной науки еще не создано. Впрочем, усилиями вышеуказанных и некоторых других зарубежных специалистов, преимущественно российских, это направление экономической науки сегодня интенсивно развивается.

Среди украинских специалистов, работающих в этом русле, следует отметить следующих: Л. Лыско, В. Решетило, В. П. Соловьев, О. Б. Шевчук, В. А. Вагурин, В. Д. Дербенцев, С. И. Дорогунцов, А. Н. Ральчук и др.

**Выделение ранее не решенных частей общей проблемы.** Преимущественное большинство экономистов до сих пор пользуется традиционным подходом, составляющим основу «ортодоксальной экономики» (терминология по Р. Нельсону, С. Уинтеру). На наш взгляд, это не случайно. Двойственность ситуации с применением аппарата синергетики во время исследования экономических процессов и явлений заключается в том, что в преобладающем большинстве публикаций, посвященных этой проблематике, аппарат синергетики используется формально-описательно. В худшем случае, просто используются термины синергетики и других наук как дань моде, без применения собственно синергетической методологии для объяснения сущности явлений и процессов, происходящих в социально-экономических системах. Причем часто это происходит даже тогда, когда применение синергетического подхода является некорректным.

**Целью статьи** является исследование глобальных сценариев развития мировой экономики в контексте теории энтропийных колебаний.

**Основные результаты исследования.** Вообще в отношении глобальной экономики возникает двойственная ситуация. Национальные экономики становятся более открытыми, чему способствует глобализация мирового хозяйства. Именно для открытых систем возможными являются процессы самоорганизации, происходящие преимущественно либо вследствие перехода системы в состояние с высокой энтропией и дальнейшего кооперированного действия агентов, либо по принципу самосборки. Однако оба типа самоорганизации предусматривают открытость системы. Процессы самоорганизации, которые наблюдаются в отдельных процессах глобальной экономики и ее составляющих – национальных экономиках, подтверждают факт их открытости. Впрочем, глобальная экономика – это экономическая система наивысшего уровня. Возникает вопрос: является ли она открытой? Это важно, потому что для открытых систем существуют критерии, определяющие знак изменения энтропии в открытой системе. Они позволяют определить конкретные условия, при выполнении которых в системе обязательно возникнут процессы упорядочения и самоорганизации, а в случае невыполнения – процессы дезорганизации [1, 2]. Этот вопрос является принципиальным, поскольку он определяет, какой режим развития (упорядочения или последовательность хаотических состояний) будет определять дальнейшую эволюцию мировой экономической системы. Для замкнутой системы энтропия, как известно, не может уменьшаться (второе начало термодинамики, означающее, что система может эволюционировать лишь в режиме дезорганизации (или, по крайней мере, в режиме со степенью организованности, которая не увеличивается). Другими словами, если система замкнутая, то в ней неминуемо рано или поздно возникнут процессы дезорганизации.

Если рассматривать  $S(X)$  как энтропию равновесного состояния замкнутой (изолированной) системы, то размыкание соответствует ситуации задачи дополнительных условий. Тогда  $S(X | Y)$  – энтропия стационарного состояния после размыкания (система становится незамкнутой), в результате которого в системе возникли изменения, описываемые дополнительной переменной  $Y$ . Известно, что энтропия системы после размыкания не может быть больше энтропии замкнутой системы [3]

$$S(X) > S(X | Y). \quad (1)$$

Рассмотрим, как это связано с глобальной экономикой. Для этого воспользуемся понятием энтропата. Под последним понимают большую систему, которая взаимодействует с исследуемой системой и в которой скорость изменения значений параметров и характеристик элементов намного ниже скорости изменения параметров и характеристик исследуемой системы.

Понятие энтропата рассмотрим с помощью таких суждений. Предположим, что исследуемая система 1 взаимодействует с системой 2, вместе они составляют полностью замкнутую систему. Согласно закону увеличения энтропии, общая система остается в равновесии, если изменение энтропии

в исследуемой системе  $\Delta S_1$  будет равняться изменению энтропии второй системы  $\Delta S_2$  с противоположным знаком.

Это дает основание получить два *основных правила управления порядком* в системе (в работе [2] эти правила были названы «первым способом управления энтропийными закономерностями»).

1. Для увеличения порядка в системе необходимо увеличить степень ее открытости. Тогда новому значению будет соответствовать новый высший критический уровень организации. В результате в системе будут преобладать процессы упорядочения и самоорганизации, повышающие ее организацию до нового критического уровня.

2. Для уменьшения порядка в системе (уменьшения организованности) необходимо уменьшить степень ее открытости. При этом снизится критический уровень, что вызовет преобладание процессов, которые дезорганизуют систему до нового значения  $\beta$ .

Так, в специальной литературе приводятся примеры, когда в государствах, на границах которых усиливается пропускной режим (уменьшается степень открытости), происходят деструктивные процессы в экономике, культуре и других сферах деятельности, на которые распространяется ограничение по обмену с внешней средой. Наоборот, ослабление пропускного режима на границах (увеличение степени открытости) сопровождается усилением процессов организации [5].

С изменением степени открытости системы последняя оставляет свое бывшее стационарное состояние и за счет тех или иных процессов эволюционирует к новому. Однако с достижением системой нового стационарного состояния в ней могут возникнуть энтропийные колебания. Воспользуемся теоремой И. Пригожина о минимальном производстве энтропии, в соответствии с которой вблизи стационарного состояния увеличения энтропии системы будут происходить согласно условию [6]

$$\frac{\partial P}{\partial t} \leq 0, \quad (2)$$

где  $P = \frac{\partial S}{\partial t}$  – производство энтропии в системе; равенство нулю соответствует стационарному состоянию.

Условие отображает тот факт, что в процессах, происходящих с увеличением энтропии ( $dS > 0$ ), экстремум функции  $P$  соответствует минимуму энтропии.

Впрочем, обратим внимание на важное обстоятельство: в системах, взаимодействующих с энтропостатом, возможна ситуация, когда производство

энтропии становится отрицательным, то есть экстремум функции  $P$  может соответствовать максимуму энтропии. Действительно, из приведенных критериев *изменения энтропии в открытой системе (которая взаимодействует с энтропостатом)* вытекает, что увеличение степени открытости системы переводит ее в новое стационарное состояние с меньшей энтропией:  $S_{\beta_1} < S_{\beta_0}$ , если  $\beta_1 > \beta_0$ . Поэтому такой переход сопровождается уменьшением энтропии системы ( $\Delta S < 0$ ). В этом случае производство энтропии  $P$  становится негативным и в условии выражения (2) изменяется знак. Понятно, что возможна и противоположная ситуация: уменьшение степени открытости ведет к увеличению энтропии нового стационарного состояния:  $S_{\beta_1} > S_{\beta_0}$ , если  $\beta_1 < \beta_0$ , при этом  $\Delta S > 0$ ,  $P$  – положительная величина и в условии выражения (2) знак сохраняется.

Запишем неравенство (2) в виде уравнения, добавив некоторую функцию  $F(P, S)$ :

$$\frac{\partial P}{\partial t} + F(P, S) = 0. \quad (3)$$

На уравнение (3) распространяются те же ограничения, что и на теорему Пригожина. В частности, она выполняется в области линейных процессов. Последнее позволяет пренебречь всеми слагаемыми, кроме линейных, в случае разложения функции  $F$  около стационарного состояния. В результате уравнение (3) приобретает вид

$$\frac{\partial^2 S}{\partial t^2} + \alpha \frac{\partial S}{\partial t} + \mu S = \mu S_{\beta}, \quad (4)$$

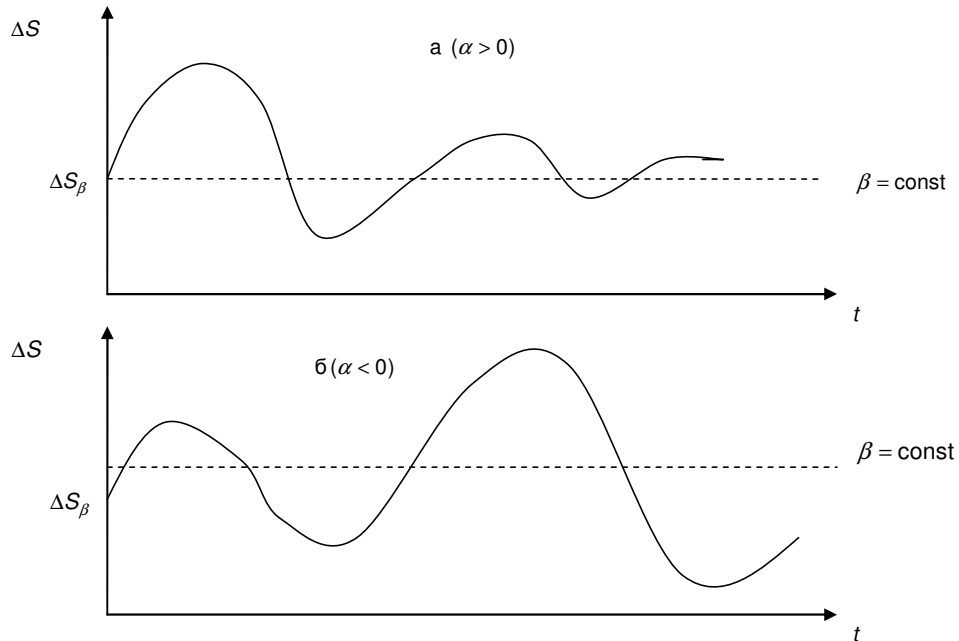
где  $\alpha = \left(\frac{\partial F}{\partial P}\right)_{P_{\beta}}$ ;  $\mu = \left(\frac{\partial F}{\partial S}\right)_{S_{\beta}}$  – частичные производные функции  $F$  в состоянии, характеризующемся определенной степенью открытости системы  $\beta$ .

Если  $\mu < 0$ , уравнение (4) имеет только неустойчивые стационарные решения. Если  $0 < \mu < \frac{\alpha^2}{4}$ , то решение этого уравнения является устойчивым и периодичным. В случае если  $\mu > \frac{\alpha^2}{4}$ , стационарные решения этого уравнения означают устойчивое колебание вокруг  $S_{\beta}$  (или, что то же, вокруг  $\Delta S_{\beta}$ ).

Если  $\alpha > 0$ , энтропийные колебания затухают (рис. 1, а). Когда  $\alpha < 0$ , амплитуда колебаний со временем нарастает (рис. 1, б).

Рисунок 2

Энтропийные колебания вокруг стационарного состояния, характеризующегося открытостью  $\beta$



Источник: разработано автором согласно [4].

С позиций синергетики, причина возникновения энтропийных колебаний связана с фундаментальным положением о том, что скорость любого взаимодействия нескончаема. В этом случае имеется в виду, что действия процессов самоорганизации и дезорганизации уравниваются друг друга только на критическом уровне организации системы. Если уровень организации системы ниже или выше него, то она «будет стремиться» к этому уровню, то есть в ней за счет разных механизмов обратной связи будут преобладать процессы самоорганизации или дезорганизации. Достигнув критического уровня, преобладание процессов того или иного вида не сможет прекратиться мгновенно.

Следовательно, для режима эволюции исследуемой системы важен уровень ее открытости и организованности. Эти характеристики взаимосвязаны. В каждой системе, взаимодействующей с внешней средой, существует особый уровень организации, названный критическим.

Для характеристики степени открытости мировой экономики (с позиции ее взаимосвязей с естественной средой) целесообразно воспользоваться коэффициентом открытости (влияния), который определим таким образом:

$$k = \frac{n_{us}}{N}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент широты связи мировой экономики с естественной средой;  $n_{us}$  – количество элементов естественной среды, с которыми взаимодействует мировая экономическая система;  $N$  – количество элементов естественной среды, с которыми потенциально может взаимодействовать глобальная экономика.

Для каждого элемента естественной среды, с которым взаимодействует мировая экономическая система, введем интенсивность его использования (влияния)

$$I_m = \frac{V_m}{V_m^*}, \quad (6)$$

где  $I_m$  – интенсивность использования  $m$ -го элемента естественной среды;

$V_m$  – объем  $m$ -го элемента естественной среды, который используется в глобальной экономике;

$V_m^*$  – максимально возможный для использования в мировом хозяйстве объем  $m$ -го элемента естественной среды.

Тогда степень открытости (влияния) мировой экономики относительно природной среды  $P$  определим в виде двухпараметричной зависимости  $P(K, \{I_1, \dots, I_{n_{us}}\})$ . То есть показатель  $P$  зависит от количества элементов естественной среды, используемых мировой экономической системой, и от набора интенсивности их использования.

Взаимодействие означает использование тех или иных элементов естественной среды в хозяйственной деятельности. В этом смысле, чем больше таких элементов используется, тем в большей степени зависимым от окружающей среды становится мировое хозяйство. Ведь в случае дефицита этих элементов или перехода их в какой-либо новое состояние «нормальное» развитие мирового хозяйства становится невозможным. С другой стороны, использование элементов природы является не чем иным, как влиянием глобальной экономической системы на окружающую среду. К этому добавляется влияние на окружающую среду как естественную для существования человека. Если рассматривать исторический ракурс взаимодействия экономики и естественной среды, то существенные тенденции усиления влияния на последнее со стороны мирового хозяйства начались в

период развития мануфактурного производства и промышленности. В эти времена произошло быстрое увеличение масштабов использования природных ресурсов, преимущественно за счет минерального сырья и топлива. Параллельно возросли используемые земельные, водные, лесные ресурсы. В. И. Вернадский отмечает, что человечество до XX века использовало в производстве 19 химических элементов, в начале XX века количество используемых химических элементов составляло 59 [7]. За последнее столетие динамика этого процесса существенно ускорилась, и в XXI в. в мировом хозяйстве используют почти все химические элементы таблицы Менделеева. Таким образом, можно приблизительно оценить, что

$$\frac{k_{1900}}{k_{2000}} \approx 3 - 4 \text{ раза,} \quad (7)$$

где  $k_{1900}$ ,  $k_{2000}$  – коэффициенты широты влияния мировой экономики на естественную среду, соответственно, на начало XX и XXI веков.

Следовательно, коэффициент широты влияния мировой экономики на естественную среду невозможно оценить точно, однако можно уверенно констатировать наличие тенденции к его существенному (в 3–4 раза за столетие) росту.

К этому следует добавить увеличение масштабов использования, то есть роста коэффициентов интенсивности использования элементов естественной среды. Например, за последние 45 лет добыча нефти возросла более чем вдвое (рис. 2).

Если в 1965 году в мире было добыто из 1567,3 млн т нефти, то в 2010 году – 3913,7 млн т. И хотя на этом временном промежутке были периоды уменьшения добычи нефти, глобальной тенденцией является рост потребления данного природного ресурса.

Аналогичная тенденция существовала и в отношении добычи угля (рис. 3).

В 1981 году мировая добыча каменного угля составляла 1852,7 млн т. За три десятилетия она удвоилась и в 2010 году достигла 3731,4 млн т. Таким образом, на примере нефти и каменного угля можно прийти к выводу, что в глобальном масштабе соответствующие коэффициенты интенсивности влияния составляют (не учитывая изменений разведывательных запасов, которые увеличились незначительно):

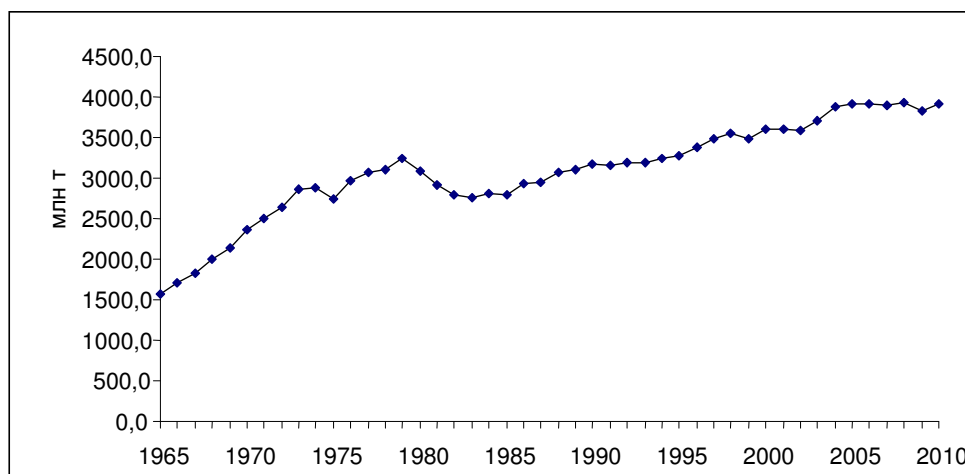
$$\text{для нефти: } \frac{I_{oil\_2010}}{I_{oil\_1965}} \approx 2,5 \text{ раза;}$$

$$\text{для каменного угля } \frac{I_{coal\_2010}}{I_{coal\_1981}} \approx 2 \text{ раза.}$$



*Рисунок 2*

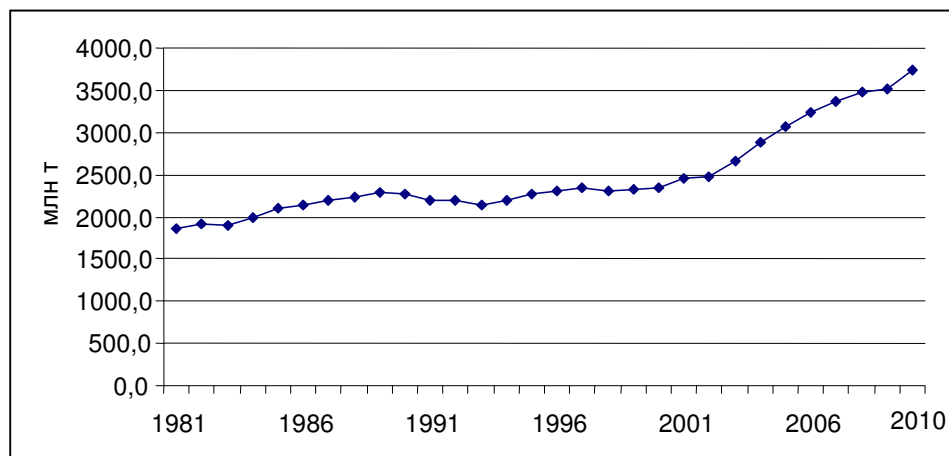
**Динамика мировой добычи нефти**



Источник: построено автором согласно [8].

*Рисунок 3*

**Динамика мировой добычи каменного угля в 1981–2010 гг.**



Источник: построено автором согласно источнику [8].

Как видим, коэффициенты интенсивности влияния (использования) вышеуказанных элементов природы в мировой экономике возросли слишком динамично.

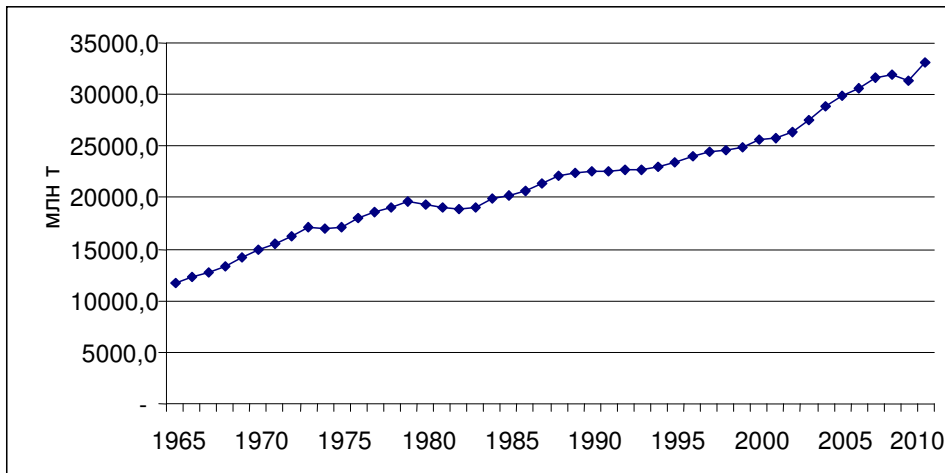
Всего из естественной среды ежегодно добывается приблизительно 35–40 млрд т разных материалов и продуктов. В прошлом веке интенсивно уничтожались леса для промышленности и расширения сельскохозяйственных угодий. В начале XXI века со всей площади суши почти 45 млн кв. км, или около 1/3, уже занято пахотными, сенокосными, пахотными угодьями, садами и плантациями. Леса занимают свыше 40 млн кв. км всей суши, из них большая часть разрабатывается (ежегодно заготавливают свыше 2 млрд куб м древесины).

За счет сжигания топлива в год связывается около 15–20 млрд т свободного кислорода атмосферного воздуха, а количество воды, которое ежегодно выбирается из источников, оценивается более чем в 560 млрд т (которые частично безвозвратно утрачиваются, частично сбрасываются как сточные воды).

Обратным процессом является генерирование большого количества двуокиси углеводорода (углекислого газа), который эмитируется в окружающую среду (рис. 4).

Рисунок 4

**Динамика выбросов двуокиси углеводорода  
в атмосферу вследствие функционирования мирового хозяйства**



Источник: построено автором согласно источнику [8].

Если в 1965 году суммарная эмиссия углекислого газа в мире составляла 11 744,7 млн т, то в 2010 году – 33 158,4 млн т. Менее чем за полвека интенсивность влияния на окружающую среду через этот канал почти утроилась.

Вышеприведенное указывает на то, что влияние со стороны глобальной экономической системы на окружающую природную систему достаточно велико. Мы не можем корректно обосновать, достигла ли критического уровня открытость мировой экономики относительно природной системы, впрочем, по крайней мере, считаем, что по открытости (влиянию) на природную систему она к нему уверенно приближается. В свою очередь, это означает, что масштаб зависимости мировой экономики от этого элемента природы возрастает.

Следует дополнительно отметить, что потребности мирового хозяйства в природных ресурсах быстро увеличиваются. Согласно оценкам, для доведения в перспективе потребления первичных материалов и продуктов населением Земли до современного уровня их потребления в наиболее развитых странах необходимо утроить суммарный объем их добычи, а в отношении важнейших видов полезных ископаемых (ископаемые, топливо, металлы) – увеличить их добычу в более чем 10 раз. С учетом увеличения населения и дальнейшего роста уровня удельных затрат первичных материалов и продуктов на душу населения общая потребность в природных ресурсах будет гораздо выше.

Это означает, что коэффициенты интенсивности использования элементов природной системы мировым хозяйством возрастут приблизительно в 10 раз.

Сегодня можно считать однозначно доказанным, что влияние мировой экономики на окружающую среду все больше возрастает.

Это имеет прямую связь с режимом развития глобальной экономической системы. Ведь это означает, что природную систему уже нельзя считать энтропостатом, поскольку изменением энтропии в ней пренебречь невозможно. А взаимосвязь систем «глобальная экономика» – «естественная среда» перейдет в режим так называемых энтропийных колебаний. Суть этого режима заключается в том, что с превышением критического уровня влияния одной системы на другую (это означает рост уровня организованности в естественной среде) в нем повышается вероятность событий, обуславливающих увеличение энтропии. Это значит, что события, связанные с увеличением энтропии, начинают происходить чаще. Система переходит в состояние энтропийных колебаний.

Возникает вопрос: почему энтропийные колебания рассматриваются как синергетический эффект? Ответ достаточно прост. В данном случае есть все признаки классического синергетического эффекта. Система уда-

ляется от состояния равновесия. Вследствие скооперированного действия (разных процессов) система приобретает новые свойства (изменяется режим). Отметим, что это изменение является вероятностным. Так, если преобладание процессов дезорганизации изменяется режимом преобладания процессов дезорганизации, это происходит именно в вероятностном аспекте: вероятность развития процессов дезорганизации выше, чем процессов самоорганизации.

**Выводы.** Следует констатировать, что мировая экономическая система приближается к критическому уровню организованности. А вследствие усиления ее влияния на природную систему к такому же (но своему) уровню приближается и природная система. В результате происходят изменения в эволюции обеих взаимосвязанных систем. Утверждаем, что в результате этих изменений синергетические закономерности выходят на первый план, они фактически начали формировать основные тенденции эволюции глобальной экономической системы и ее взаимодействия с природной системой.

Отметим, что стихийные бедствия (наводнения, землетрясения, ураганы), техногенные катастрофы (экологические кризисы, аварии, пожары и т. д.), финансовые потрясения, социальное и политическое напряжение имеют общее свойство – по природе они являются разрушительными процессами, то есть увеличивают энтропию среды. Однако изменение энтропии регулируется фундаментальными законами природы. Поэтому, на наш взгляд, в глобальной экономике и природной системе наблюдается развитие некоторой опасной тенденции преобладающего разрушения.

Выводы Форрестера [10] и его последователей привлекли внимание мировой общественности и научного сообщества к глобальным проблемам. Решение их требует пересмотра парадигмы развития мировой экономики и общества, прежде всего относительно природных ресурсов. Ведь существующее состояние заводит в безысходное положение: по Форрестеру – вследствие исчерпаемости природных ресурсов, согласно теории энтропийных колебаний – вследствие все большего количества ресурсов, необходимых для противодействия разрушительным процессам.

2. Возможен другой режим эволюции глобальной экономической системы и цивилизации в целом. С точки зрения синергетического подхода, такой путь означает повышение степени открытости экономики относительно естественной среды. Фактически, это высокая степень интегрированности экономики в естественную среду. В понятиях классической науки на роль такой новой парадигмы претендует идея «устойчивого развития» (от англ. *sustainable development*, что буквально переводится как «согласованное, взаимоподдерживающее развитие»), впервые озвученная в 1986 г. Гру Харлемом Брундтландом в докладе «Наше общее будущее». Именно с этих пор в средствах массовой информации употребляют термин *sustainable development*, под которым понимают модель развития, согласно

которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без уменьшения такой возможности для будущих поколений. Если рассматривать этот тезис в контексте энтропийных колебаний, то он предусматривает содержание естественной среды в состоянии, которое было бы неизменным относительно критического уровня организации. Концепция устойчивого развития получила поддержку в 1992 г. на конференции ООН в Рио-де-Жанейро, где была принята Декларация по окружающей среде и развитию – декларация надлежащих мероприятий для проведения в жизнь стратегии устойчивого развития.

Преращение тенденции к достижению критического уровня влияния мировой экономики на естественную среду и недопущение ее перехода в режим «сдерживания процессов, повышающих энтропию» в XXI веке предусматривает смещение акцентов на рациональное использование природных ресурсов. В этом аспекте проявляется еще один канал влияния научно-технического прогресса на динамику глобального экономического развития. Ведь именно научно-технический прогресс открывает новые возможности замены невозпроизводимых природных ресурсов другими их видами, в частности, разного рода синтетическими материалами, внедряет новые экологически безопасные технологии, позволяющие уменьшить влияние мирового хозяйства на природную систему и тем самым избежать перехода в фазу энтропийного колебательного цикла, который характеризуется большей вероятностью развития разрушительных процессов, чем процессов самоорганизации.

### **Литература**

1. Співак В. М. Другий тип глобалізації: проблеми та перспективи дослідження / В. М. Співак // Вісник ДАКККиМ. – 2010. – № 3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: – [http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/Vdakk/2010\\_3/38.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vdakk/2010_3/38.pdf).
2. Прангишвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности: вопросы управления сложными системами / И. В. Прангишвили. – М. : Наука, 2003. – С. 70.
3. Климентович Ю. Л. Статистическая физика / Ю. Л. Климентович. – М. : Наука, 1982. – С. 55.
4. Шаповалов В. И. Законы синергетики и глобальные тенденции / В. И. Шаповалов, Н. В. Казаков // Общественные науки и современность. – 2002. – № 2. – С. 143.

5. Попов В. Эволюция человечества и экономика / В. Попов, И. Крайнюченко // Общество и экономика. – 2006. – № 6. – С. 186.
6. Пригожин И. От существующего к возникающему / И. Пригожин. – М. : Наука, 1985. – С. 72.
7. Вернадский В. И. Живое вещество и биосфера / В. И. Вернадский; ред. А. Яншин; РАН. Комиссия по разработке научного наследия В. И. Вернадского, Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. – М. : Наука, 1994. – С. 28.
8. BP Statistical Review of World Energy – 2011 (June) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.bp.com/assets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/spreadsheets/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.xls](http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/spreadsheets/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.xls).
9. Number of disasters reported 1900–2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.emdat.be/sites/default/files/Trends/natural/world\\_1900\\_2010/1a.jpg](http://www.emdat.be/sites/default/files/Trends/natural/world_1900_2010/1a.jpg).
11. Форрестер Дж. Мировая динамика: Пер. с англ. / Дж. Форрестер. – М. : АСТ; СПб. : Terra Fantastica, 2003. – С. 124–125.

Статья поступила в редакцию 30 января 2012 г.