

(Опубликовано в сб. «Автоматизация производства», 2005, №3, с.1-21)

## **ЭНТРОПИЯ, САМООРГАНИЗАЦИЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ**

В.И. Шаповалов, к. ф.-м. н.  
Московский экономико-финансовый институт

В 1999 году в августовском номере еженедельника «Интерфакс ВРЕМЯ» вышла статья со знаменательным названием «Глобальная экология: люди могут жить без войн». На статью тогда почти никто не обратил внимания. А между тем в ней есть строки, смысл которых уже сейчас для многих очевиден и с каждым днем становится все более актуальным. Авторы статьи, один из них – ваш покорный слуга – рассказали о начале развития некоторой тенденции, последствия которой могут коснуться каждого из нас. При этом было отмечено, что об ее начале можно судить по усилению и учащению стихийных бедствий, обострению экологического кризиса, заметному повышению вероятности несчастных случаев и локальных конфликтов в человеческом обществе. Теперь, когда эта тенденция уже набирает силу, продолжать отмалчиваться и делать вид, что, мол, все под контролем, было бы, мягко говоря, недальновидным.

Об этой тенденции, о фундаментальных причинах, порождающих ее, и пойдет ниже речь. Однако чтобы полная картина стала более понятной, мы начнем с явления, которое в последнее время находится под пристальным вниманием практически всех наук – явления самоорганизации.

## **1. НА ПУТИ К ПОНИМАНИЮ ЯВЛЕНИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ**

Хотя не многие об этом задумывались, но в жизни каждого из нас большое число событий связано с так называемым законом возрастания энтропии.

Старение окружающих нас предметов и нас самих обусловлено этим законом. Наличие хлама на территории, где ведется строительство какого-либо здания, обусловлено тем же законом. Если токарь на своем станке выточил деталь, рядом обязательно будет находиться куча из стружки. Если в семье появился ребенок, то в квартире будет наблюдаться некоторое увеличение беспорядка. Вообще, если вы беретесь за какое-нибудь дело, то по мере его выполнения вокруг вас неизбежно будет происходить увеличение беспорядка. Причем, чем сложнее дело, тем больше усилий потребуется, чтобы противостоять возникающему беспорядку.

Закон, который порождает все это, формулируется следующим образом: в абсолютно замкнутой системе все процессы сопровождаются увеличением энтропии. Если же абсолютно замкнутая система находится в равновесии, то ее энтропия постоянна и равна своему максимальному (для данной системы) значению.

Из приведенных примеров видно, что действие данного закона уменьшает упорядоченность в нашем мире, т.е. он порождает процессы, стремящиеся: а) из организованных систем сделать менее организованные; б) компенсировать сложность структурной организации системы появляющимся вокруг нее беспорядком.

С этой точки зрения энтропию часто определяют как количественную меру беспорядка. Чем больше энтропия системы, тем меньше ее упорядоченность. Причем возрастанию энтропии соответствует также «упрощение» системы, стирание ее индивидуальности по отношению к окружающему миру. Последнее объясняется тем, что сложность и порядок связаны между собой: любое сложное действие включает в себя определенный порядок следования нескольких – не меньше двух – операций, принятых за элементарные, а простое действие – только одну операцию.

Связь между энтропией и беспорядком была установлена благодаря работам Л. Больцмана в конце XIX века. Согласно Больцману, энтропия пропорциональна логарифму числа вариантов взаимодействия элементов системы между собой. Причем учитываются только те варианты, которые соответствуют одному и тому же состоянию (каждый такой вариант в отдельности называется микросостоянием). Ясно, что чем больше порядок, тем больше ограничений наложено на поведение элементов и, как следствие, меньше число вариантов их взаимодействий. В случае беспорядка – ситуация противоположная. Образно говоря, беспорядок может быть реализован большим числом способов взаимного расположения элементов, чем порядок, что соответствует большему значению энтропии. Например, энтропия кирпичей в состоянии «куча» больше энтропии тех же кирпичей в состоянии «здание». Таким образом, увеличение энтропии системы означает увеличение беспорядка в ней, а уменьшение энтропии – увеличение порядка.

Согласно известному статистическому выражению, энтропия жестко связана с вероятностью происходящих событий. Поэтому на практике действие энтропийных закономерностей приводит к *увеличению вероятности* событий, способствующих их реализации. Другими словами, эти события начинают происходить чаще других.

Подчеркнем еще раз, что закон возрастания энтропии сформулирован для абсолютно замкнутой системы. Для нее он оставляет единственный путь развития – в направлении все большей дезорганизации. Энтропия такой системы обязательно возрастает, и знак ее изменения больше нуля.

Однако нельзя не заметить, что на Земле, по крайней мере, с тех давних пор, когда появились материки, океаны и атмосфера, действуют мощные процессы самоорганизации: простые молекулы соединяются в сложные, появляются живые существа и, наконец, – человеческое общество. Другими словами, несмотря на то, что закон возрастания энтропии, разумеется, действовал и в то далекое время, на Земле происходили не только процессы упрощения систем, но и процессы их усложнения.

Вообще под термином «самоорганизация» понимается самопроизвольное возникновение новых структур. А поскольку появление новой структуры в системе означает, что ее элементы организовались в новый порядок, то получается, что самоорганизация системы одновременно сопровождается и ее упорядочением (при котором, напомним, энтропия уменьшается).

В настоящее время явление самоорганизации вызывает интерес не только у экспериментаторов, но и у теоре-

тиков. Поставщиком главных идей здесь служит теория неравновесных состояний. И это естественно, так как в процессе самоорганизации происходят структурные изменения систем, взаимодействующих с внешним миром и, следовательно, неравновесных. Вообще системы, в которых возможны процессы самоорганизации и дезорганизации, принято называть *диссипативными*. Первым на особую роль таких систем указал основоположник современной теории самоорганизации бельгийский ученый лауреат Нобелевской премии И. Пригожин. В физических системах благодаря явлению диссипации (т.е. рассеянию энергии – переходу энергии движения в тепловую) процессы становятся необратимыми. В нефизических системах, в которых нельзя ввести понятие энергии, например, в социальных, необратимость является основным признаком диссипативности систем. При этом диссипативность, несмотря на этимологию самого термина, понимается в более широком смысле, чем в физике, а именно как свойство, отвечающее за необратимость происходящих в системе процессов (с этой точки зрения, рассеяние энергии является лишь частным проявлением данного свойства в физических системах). Почему так много внимания уделяется необратимости? Потому что энтропия, и, следовательно, порядок могут изменяться только в необратимых процессах. Обратимость же характерна для систем, которые получили название консервативных. В таких системах энтропия всегда постоянна, и появление новых структур (т.е. самоорганизация) в них невозможна.

Другим ученым, заложившим основы современных представлений о самоорганизации, является профессор

Штуттгартского университета (ФРГ) Г. Хакен. Еще в начале 70-х годов Хакеном было замечено, какую важную роль в самоорганизующихся системах играют самосогласованные, коллективные движения частиц. Тогда же им был введен в современный научный язык термин «*синергетика*», которым теперь обозначается область науки, включающая в себя изучение любых кооперативных явлений природы.

В концептуальной основе синергетики лежит так называемая «идея нововведения». Согласно И. Пригожину, эту идею можно сформулировать следующим образом. При объединении частиц в систему у последней появляются новые (системные) свойства, которые отсутствуют у каждой из частиц, взятой в отдельности [1,2]. При этом также имеется в виду, что если мы знаем свойства каждой частицы, то исходя только из этого знания, нам не удастся предсказать всех свойств системы, образованной этими частицами.

На первый взгляд данная идея может показаться достаточно очевидной. Действительно, любому старшекласснику хорошо известно, что все окружающие нас предметы состоят из одних и тех же элементарных частиц: электронов, протонов и нейтронов. Другими словами, все, что по планете ходит, летает, плавает или просто лежит, есть ни что иное, как кучки элементарных частиц этих трех видов. Причем электроны, протоны и нейтроны, из которых состоит, например, какой-нибудь великий мыслитель или талантливый полководец, абсолютно идентичны электронам, протонам и нейтронам, составляющим различные предметы его домашнего обихода: столы, стулья и др. На

уровне элементарных частиц нет никакой разницы между людьми, животными, растениями и любыми неживыми объектами как искусственного, так и естественного происхождения. Причина же наблюдаемого вокруг великого разнообразия систем заключается в том, что одни и те же элементарные частицы в разных системах по-разному организованы.

Итак, чтобы создать новый объект, не нужно искать какие-то новые частицы. Достаточно взять те же частицы, что составляют уже существующие объекты, и по-новому их соединить, т.е. по-новому заставить их взаимодействовать между собой. При этом в системе возникнет новая структура, порождающее новое свойство. В результате внешний мир, который различает объекты по их свойствам, увидит появление новой системы.

Теперь сформулируем суть проблемы. При объединении частиц в систему у последней возникают свойства, *новые* по отношению к свойствам составляющих ее частиц. Как это происходит? Почему, наблюдая за поведением каждой частицы системы и зная все свойства этих частиц, мы не можем предвидеть их коллективное поведение, т.е. поведение самой системы? Как получается, что система обладает определенной самостоятельностью по отношению к элементам, ее образующим? Ведь, в конце-то концов, в ней же ничего нет кроме ее элементов.

Чтобы эти вопросы не показались надуманными, давайте проведем мысленный эксперимент. Представьте себе ситуацию: два человека беседуют друг с другом. Разумеется, в них нет ничего, кроме атомов. Вы, сторонний наблюдатель, тщательно следите за поведением каждого атома

собеседников. Допустим, что одного из беседующих пригласили к телефону. Так вот, анализируя поведение каждого атома этого человека и исходя только из свойств атомов, Вы никогда не узнаете, почему кучка атомов вдруг приобрела направленное движение в сторону столика с телефоном.

Собственно, синергетика и выделилась в отдельную область естествознания специально для того, чтобы найти ответы на указанные вопросы. Заметим, что появление у системы нового свойства означает, что возникла новая структура, порождающая это свойство, т.е. произошла самоорганизация (см. выше определение самоорганизации). Поэтому часто синергетику называют наукой о самоорганизации.

Характерной чертой современных теоретических исследований в области синергетики является упор на изучение нелинейного поведения системы (напомним, что под нелинейным поведением понимается неоднозначная реакция системы на внешнее воздействие). И это понятно, так как нелинейные процессы всегда присутствуют при возникновении новых структур. Благодаря изучению нелинейных процессов было, в частности, описано и как бы заново открыто такое удивительное явление как бифуркация. Суть этого явления заключается в следующем. Если по какой-либо причине текущее состояние системы окажется неустойчивым, то перед ней может возникнуть выбор из нескольких новых состояний – произойдет бифуркация. Например, для ученика, который только что окончил школу, предыдущее состояние «учеба в школе» становится неустойчивым, однако перед ним возникает широкий выбор



новых состояний – происходит бифуркация. И вообще, когда мы сталкиваемся с необходимостью изменить линию своего поведения и при этом делаем выбор из нескольких вариантов, то это означает, что мы находимся в режиме бифуркации. Нелинейность как явление имеет свои универсальные закономерности, которые в настоящее время интенсивно исследуются [3-5].

При изучении самоорганизации между энтропийным подходом и методами нелинейной динамики имеется несомненная связь. Дело в том, что основные законы нелинейного поведения систем анализируются в так называемом фазовом пространстве. Точками этого пространства являются те самые микросостояния, логарифму числа которых, согласно Больцману, пропорциональна энтропия. В нелинейной динамике необратимость процессов проявляется в виде сжатия с течением времени области фазового пространства, занимаемой системой. При этом система попадает в асимптотически устойчивое стационарное состояние – аттрактор. Сжатие фазового пространства означает уменьшение числа микросостояний и, следовательно, должно сопровождаться уменьшением энтропии. Последнее, напомним, соответствует упорядочению в системе, и является обязательным условием самоорганизации. Другими словами, энтропийный подход и методы нелинейной динамики представляют собой два способа изучения одного и того же явления – самоорганизации систем. Отказавшись от энтропийного подхода, исследователь рискует упустить некоторые важные аспекты явления самоорганизации. В частности, несколько лет назад в журнале «Автоматика и телемеханика» была опубликована работа, в ко-

торой было показано, что энтропийный подход позволяет объяснить центральную идею самоорганизации – возникновение нового качества (Шаповалов В.И. // Автоматика и телемеханика. 2001. № 6. С.57-68).

Обычно, когда говорят о синергетике, имеют в виду именно аспекты нелинейного поведения систем. Однако не они являются темой, обсуждаемой ниже. Мне хотелось бы привлечь внимание читателей к той области этой науки, которая тесно связана с энтропийными законами изменения порядка в природе.

Почему именно энтропийными? Наверное, мало кто сомневается в том, что за прошедшие годы в наших отношениях с природой произошли далеко не лучшие изменения. Подчеркнем главное: наводнения, землетрясения, крупные пожары, ураганы, экологические кризисы, техногенные катастрофы, череда несчастных случаев и, наконец, человеческие войны имеют одно общее свойство – они несут разрушения, т.е. увеличивают энтропию среды. Но изменение энтропии регулируется фундаментальными законами природы и не может произойти вне зависимости от них (например, только лишь по чьему-либо волевому решению). Иначе говоря, по мнению автора этих строк, совпадающему с мнением ряда других ученых, в природе в настоящее время наблюдается развитие некоторой опасной тенденции – тенденции преобладающего разрушения.

Осознать эту тенденцию оказалось возможным благодаря новым закономерностям, открытым сравнительно недавно и в силу этого еще не получившим широкую известность [6,7]. Данные закономерности сформулированы в виде критериев, определяющих знак изменения энтропии

в открытой системе. Они указывают точные условия, при выполнении которых в системе обязательно возникнут процессы упорядочения и самоорганизации, а при невыполнении – процессы дезорганизации. Остановимся на этом подробнее.

## 2. КРИТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Закон возрастания энтропии выполняется на все сто процентов только для абсолютно замкнутой системы. Мир же вокруг нас наполнен системами в той или иной степени открытыми по отношению друг к другу. Взяв одну какую-либо систему и изменяя величину внешнего воздействия на нее, мы, естественно, будем менять и *степень ее открытости*. Например, увеличивая интенсивность внешнего воздействия, мы получим последовательность состояний системы со все возрастающей степенью открытости. Ясно, что в самом общем случае эта последовательность будет начинаться с нулевой открытости (абсолютно замкнутая система) и кончаться максимальной (абсолютно разомкнутая система). К настоящему времени получено строгое доказательство одного очень важного положения: при сравнении двух стационарных состояний системы более высокий порядок соответствует состоянию с большей степенью открытости, т.е. большей величине внешнего воздействия.

Поясним, о каком внешнем воздействии идет речь. Здесь и далее подразумевается, что внешняя среда, с которой взаимодействует система, является энтроостатом. Под энтроостатом понимается такая среда, влияние которой на

систему значительно превышает обратное влияние системы на среду [8]. Например, сильный ветер навстречу идущему человеку вынуждает его наклоняться вперед, т.е. совершать определенные действия. Поскольку эти действия не оказывают влияние на то, что происходит в атмосфере, последняя является энтроостатом по отношению к человеку. Большой шум за открытым окном, созданный потоком транспорта, скорее всего заставит нас закрыть окно, при этом транспортный поток-энтроостат даже не заметит нашего поступка. Хорошо известно, что легче выполнить бюрократическую инструкцию, чем добиться ее отмены, т.е. законы общества – это правила, которые одному человеку, взаимодействующему с обществом-энтроостатом, изменить практически невозможно. И подобных примеров можно привести множество.

Важно отличать ситуации, в которых ни одна из двух взаимодействующих систем не может считаться энтроостатом. Представьте себе, что в теплоизолированную комнату с нормальной температурой около  $+20^{\circ}\text{C}$  внесли кастрюлю с кипятком. Ясно, что через некоторое время температура воды в кастрюле и температура воздуха в комнате сравняются. При этом изменение температуры окажется заметным как в одной, так и в другой системе. Следовательно, ни одна из них не может выступать в качестве энтроостата. Теперь предположим, что в комнате широко открыто окно. Спустя какое-то время горячая вода в кастрюле неизбежно остынет, ее температура будет в точности равна температуре воздуха за окном. А так как температура воздуха после остывания кастрюли останется прежней, то в этом случае его обязательно следует считать

энтростатом.

Итак, в системе, взаимодействующей с энтростатом, порядок тем выше, чем выше ее степень открытости. Отсюда, в частности, следует вывод об однозначном соответствии последних: уровень порядка в системе – так называемый *критический уровень организации* – однозначно соответствует степени открытости, т.е. величине внешнего воздействия на систему.

Критическим уровень организации – это такой уровень порядка в системе, каким она обладает в стационарном состоянии. На этом уровне процессы самоорганизации и дезорганизации уравнивают друг друга, иначе состояние не было бы стационарным. Критический уровень организации имеет следующие свойства: если система организована ниже критического уровня, то в ней преобладают процессы упорядочения и самоорганизации, если выше – процессы дезорганизации. Напомним, что на практике преобладание любого из этих процессов изменит вероятность событий в нужную для его реализации сторону, т.е. породит тенденцию.

Однозначное соответствие между степенью открытости системы и ее критическим уровнем организации является чрезвычайно важным в методологическом отношении. В частности, оно подсказывает общее правило управления структурообразованием в системе. Если мы хотим увеличить порядок в системе, то нам необходимо увеличить ее степень открытости, новому значению которой будет соответствовать новый более высокий критический уровень организации. В результате в системе будут преобладать процессы упорядочения и самоорганизации, повы-

шающие ее организацию до нового критического уровня. Наоборот, если требуется дезорганизовать систему, то необходимо уменьшить ее степень открытости. При этом понизится и критический уровень, что вызовет преобладание процессов, дезорганизующих систему до нового его значения. Другими словами, для системы, взаимодействующей с энтроостатом, *размыкание приводит к ее самоорганизации, а замыкание – к дезорганизации.*

Каждый из нас может найти вокруг себя множество примеров, иллюстрирующих данные закономерности. Возмутите спокойную гладь пруда, бросив в него камешек, – в месте падения обязательно возникнет неоднородность водной поверхности. В закрытом сосуде, полностью заполненном некоторой жидкостью, движение молекул жидкости равновероятно по всем направлениям. При этом если давление в сосуде выше, чем во внешней среде, то стоит проделать отверстие, как молекулы жидкости образуют новую структуру – поток жидкости в направлении отверстия, т.е. происходит самоорганизация. Чтобы поддерживать себя в хорошей физической форме, мы занимаемся различными силовыми упражнениями – подвергаем себя внешнему воздействию, вызывая внутри организма процессы самоорганизации. Ослабление режима физической нагрузки неизбежно приводит к некоторой дезорганизации нашего организма. Живое существо, будучи инфицировано вирусом, заболевает. Но даже в этом случае в его организме происходят мощные процессы самоорганизации, в результате которых оно, во-первых, выздоравливает, и во-вторых, на некоторое время становится невосприимчивым к воздействию данного вируса. Конечно, спустя какое-то

время ввиду отсутствия этого вируса в окружающей среде организм немного дезорганизуется и опять станет способным к заболеванию. Собственно, медицинские прививки – это и есть то небольшое внешнее воздействие, которое заставляет организм самоорганизоваться до уровня, достаточного, чтобы оказать сопротивление вирусу.

Человеческое общество – тоже система, поэтому и в нем действуют описанные закономерности. Например, не углубляясь в историю развития различных государств, все же можно заметить, что государства, на границах которых ужесточается пропускной режим (уменьшается степень открытости), испытывают внутри себя усиление деструктивных процессов и в области экономики, и в области культуры, и в других областях человеческой деятельности, попавших под таможенный пресс. Наоборот, ослабление пропускного режима на границах (увеличение степени открытости) приводит к усилению прогрессивных процессов.

Что делают родители, чтобы уменьшить беспорядок, постоянно возникающий вокруг растущего ребенка? Они его воспитывают, т.е. воздействуют на него, порождая в его психике процессы самоорганизации. Но стоит только немного отвлечься от воспитания ребенка – увеличить его замкнутость по отношению к родителям, как в нем неизбежно начинают преобладать процессы дезорганизации, и в результате происходит то, что называется “отбился от рук”. Разумеется, кроме семьи, на ребенка воздействует все многообразие внешнего мира, формируя в нем целый ряд других критических уровней организации, к которым он неизбежно будет стремиться. Важно, чтобы уровень, сформированный родителями, оказался не последним в

этом ряду.

Размыкая систему с целью ее самоорганизации, необходимо тщательно следить за тем, чтобы интенсивность размыкания не превысила некоторый порог, выше которого система, не успев самоорганизоваться, разрушится. Например, военная интервенция – это тоже размыкание государства, которое подверглось нападению. Согласно приведенным закономерностям, в этом государстве обязательно возникают мощные процессы самоорганизации: мобилизация, интенсификация работы всех производительных сил, интенсификация международных контактов и т.д. Однако, если интервенция проходит быстро, а государство является небольшим, то оно не успеет выстроить эффективную защиту и будет разрушено. Величина порога зависит прежде всего от характерной скорости передачи взаимодействия внутри системы. В электромагнитном поле – это скорость света, в воздухе – скорость звука, в человеческом обществе – скорости перемещения материальных и информационных ресурсов.

### **3. ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ**

Наша планета – это тоже система. Поэтому к ней применимы все закономерности, описанные выше для произвольной системы. Так как Земля не является абсолютно замкнутой, то у нее имеется определенная степень открытости, которой соответствует определенный критический уровень организации.

Наверное, при возникновении Земли ее начальный уровень организации был меньше критического. Поэтому



на ней с самого начала процессы упорядочения и самоорганизации преобладали над процессами дезорганизации. Следствием этого, очевидно, явилось образование из простых молекул сложных органических соединений, затем – живых существ и, наконец, – человеческого общества.

Человек преобразует окружающую его среду. При этом его деятельность сопровождается как уменьшением, так и увеличением энтропии среды. Когда из кучи кирпичей строится дом, то энтропия дома меньше энтропии кучи – налицо уменьшение энтропии среды, т.е. увеличение порядка. Однако в процессе строительства появляется много мусора и, кроме того, применяются механизмы, которые сжигают свое топливо и, следовательно, увеличивают энтропию среды, что уже соответствует увеличению беспорядка. Возникает вопрос, каково итоговое изменение энтропии, производимое всем человечеством: больше или меньше нуля? Благодаря введенному выше представлению о критическом уровне организации мы теперь можем ответить на этот вопрос.

Если система «Земля» организована ниже критического уровня, то в ней должны преобладать процессы, уменьшающие энтропию (процессы упорядочения и самоорганизации), если выше – процессы, увеличивающие энтропию (процессы дезорганизации). В первом случае человечество, преобразуя окружающий мир, в целом увеличивает в нем порядок больше, чем беспорядок. До каких пор это может продолжаться? До тех пор, пока, созидая, оно не превысит критический уровень организации планеты. В этом случае окажутся преобладающими уже процессы дезорганизации. В результате вероятность разрушительных событий повысится, и излишек, который человечество построило, выйдя за критический уровень, будет уничтожен

(или будет скомпенсирован разрушениями в окружающей среде). По инерции разрушено будет немного больше, чем нужно, чтобы опуститься до критического уровня. Ниже критического уровня будут преобладать процессы самоорганизации, и человечество опять будет строить дома, перегораживать плотинами реки и т.д., т.е. уменьшать энтропию Земли. Спустя некоторое время оно опять превысит критический уровень. И опять возникнут процессы, разрушающие то, что оно построило, и т.д. [9].

Если говорить конкретно о процессах разрушения, то к ним, прежде всего, следует отнести стихийные бедствия, разрушение экосистем, возникновение человеческих конфликтов и несчастных случаев. Действительно, все эти три класса явлений приводят к одному результату – увеличению энтропии (беспорядка) на планете – и, следовательно, не могут не быть связанными с превышением критического уровня организации Земли.

Система, организованная выше критического уровня, стремится вернуться к нему, инициируя максимально широкий спектр процессов, способных разрушить излишек ее организации. Ясно, что необходимое состояние будет достигнуто с помощью самых быстрых из них. Нетрудно сообразить, что среди названных трех классов явлений к одним из самых быстрых процессов разрушения относятся войны. Собственно, вот уже почти два века именно мировые войны являются единственными процессами, эффективно тормозящими общий объем человеческого строительства. Во всяком случае, пока человечество в мирное время увеличивает объем своего строительства, оно неизбежно приближается к критическому уровню, а следовательно, к войне и/или к такому стихийному бедствию, которое по масштабам и скорости разрушения сравнимо с войной. При этом о начале самого процесса можно было бы судить по усилению и учащению стихийных бедствий,

обострению экологического кризиса, заметному повышению вероятности несчастных случаев, техногенных катастроф, эпидемий, социальных конфликтов, локальных войн, а также любых других событий, которые вместе с названными формируют разрушительную тенденцию на планете [8].

Следует ли отсюда, что нам нужно забросить технический прогресс и перейти к укладу первобытного общества? Не обязательно. Во-первых, не получится. Дело в том, что ниже критического уровня преобладают процессы самоорганизации, ответственные в том числе и за технический прогресс. Это означает, что события, способствующие этому прогрессу, будут иметь большую вероятность, благодаря чему цивилизация все равно будет двигаться к критическому уровню и через некоторое время превысит его. А во-вторых, осознание описанной тенденции не только позволяет предвидеть грядущие тяжкие испытания, но и подсказывает способ их обойти.

Напомним, что величина критического уровня организации зависит от степени открытости системы. Следовательно, систему «Земля – человечество» надо еще более открыть, заселив, например, Луну. Фантастично? Но ведь размыкание системы должно быть соразмерно, иначе изменения не будут заметны. Система «Земля – человечество – Луна» получится менее замкнутой, чем прежняя, поэтому критический уровень у нее будет выше и энтропию можно будет уменьшить на большую величину, прежде чем возникнет угроза общего уничтожения. А за это время можно успеть освоить Марс, тем самым разомкнув систему еще больше, и т.д. Необходимо признать, что до тех пор, пока человечество не научится управлять законами убывания и возрастания энтропии, мир, в котором мы живем, придется постоянно размыкать [8,9].

Разумеется, вместо освоения Луны можно попробо-

вать отправлять наши отходы в отдаленный космос, как предлагается авторами некоторых публикаций. Это тоже размыкание. В то же время удаление мусора с Земли – это удаление частички ее самой. Ну и как долго мы сможем уменьшать нашу планету? Пока она не исчезнет? А ведь интенсивность указанного процесса должна быть отнюдь не маленькой, чтобы, повторим, размыкание для планеты оказалось заметным. Соразмерность размыкания является очень важным условием. Только в этом случае процессы самоорганизации окажутся преобладающими, и вероятность разрушительных событий понизится. Как это может проявиться на практике? Освоение Луны – ближайшего соразмерного с Землей объекта – может быть осуществлено только благодаря объединенным усилиям многих государств. Следовательно, вместо войны придется объединяться.

Подведем краткий итог. Сравнительно постоянная степень открытости Земли задает определенный критический уровень упорядочения на планете. Человечество же, созидая в мирное время, неизбежно стремится превысить этот уровень. И когда это происходит, то, несмотря ни на какие мирные инициативы и экологические программы, на Земле обязательно должны преобладать процессы дезорганизации (т.е. должна повышаться вероятность любых событий, ведущих к разрушениям). В то же время увеличение открытости планеты (например, в результате целенаправленного и масштабного освоения космоса) повысило бы и значение ее критического уровня, что привело бы к преобладанию процессов самоорганизации, и только тогда экологические программы смогли бы эффективно восстанавливать природную среду, а человечество пришло бы к состоянию устойчивого мирного сосуществования.

Между прочим, приведенные рассуждения переводят статус известного “парникового эффекта” из причины

в следствие. Действительно, считаясь ответственным лишь за стихийные явления, этот эффект не обуславливает острых социальных конфликтов, но в то же время наряду с ними (и экологическим кризисом) делает одно общее дело – увеличивает энтропию на Земле – и, следовательно, подчиняется описанным здесь закономерностям. Сведение же причин глобального потепления только к этому эффекту снижает действенность мер, направленных на стабилизацию системы «Земля», поскольку основная причина выпадает из внимания.

### Литература

1. *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985.
2. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. М.: Мир, 1990.
3. *Хакен Г.* Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985.
4. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Введение в синергетику. М.: Наука, 1990.
5. *Колесников А.А.* Основы теории синергетического управления. М.: Испо-Сервис, 2000.
6. *Шаповалов В.И.* // Прикладная физика. 2004. №5. С.25-33.
7. *Шаповалов В.И.* Основы теории упорядочения и самоорганизации. М.: Испо-Сервис, 2005.
8. *Шаповалов В.И., Казаков Н.В.* // Общественные науки и современность. 2002. №3. С.141-148.
9. *Шаповалов В.И.* Энтропийный мир. Волгоград: Перемена, 1995.