

Ершова-Бабенко И.В.,
доктор философских наук,
профессор кафедры искусствознания и общегуманитарных дисциплин
Международный гуманитарный университет

Козобродова Д. М.,
соискатель кафедры философии
Южноукраинский национальный педагогический университет им. К.Д. Ушинского

ПОСТНЕКЛАССИКА: ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЛОЖНЫХ СРЕДАХ И СИСТЕМАХ. ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКИЙ АНАЛИЗ (ОТ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ К СОЦИОГУМАНИТАРНОЙ СФЕРЕ)

СТАТЬЯ 1—я

Аннотация. В работе рассматривается понятие самоорганизации (нелинейности, сложности) в естествознании и в социогуманитарной сфере сквозь призму историко-философского анализа постнеклассической эволюции научных представлений о самоорганизующихся сложных средах и системах. К их числу в постнеклассике относят социальные, информационные, биологические, физические и химические среды, культуру, время, психику человека, в т. ч. личность и ее сферы, мышление (когнитивные процессы) и др. Авторами предложен краткий обзор различных постнеклассических подходов к исследованию и описанию признаков, особенностей и механизмов поведения такого рода сред/систем как самоорганизующихся (нелинейные и сложные). Подчеркивается существенный вклад украинской философской школы в разработку социогуманитарного знания постнеклассической науки в исследовании процессов самоорганизации (нелинейности, сложности).

Ключевые слова: социогуманитарное знание, самоорганизация, нелинейность, сложность, постнеклассическая наука.

Развитие научного знания привело к осознанию трех этапов этого процесса, обозначенных терминами классическая (XVI — XIX вв.), неклассическая (к. XIX — сер. XX вв.) и постнеклассическая (сер. XX — нач. XXI вв.) наука (Степин, 1989). В первое десятилетие XXI в. также была высказана точка зрения (Киященко, 2009), что концептуальное наполнение термина «этап» в этом случае может осуществляться подобными друг другу концептуальными позициями из разных времен. Это позволило «под постнеклассикой понимать некоторый блок концептуальных позиций, отдельные составляющие которого могут присутствовать в разных временных зонах, т. е. и в «допостнеклас-

ических» периодах развития науки — в классике и неклассике» (Ершова—Бабенко, 2015. С. 12).

Исследование самоорганизующихся сред/систем вошло в круг важнейших научных задач во второй половине XX века и получило широкое развитие в XXI в. не только в естественнонаучном (Пригожин, 1947—2003; Николис, Пригожин, 1979; Хакен, 1980; 1991; 2000; 2005; Ахромеева и др., 1979; Белинцев, 1989; 1990; Самарский, Курдюмов, 1972; Князева, Курдюмов, 1994; Малинецкий, Потапов, 2002 и др.), но и в социогуманитарном знании (Добронравова, 1990; 2017; Ершова—Бабенко, 1992; 2005; 2015; Хакен, 1999; 2003; Бевзенко, 2002; Предборская, 2003; Каган, 2004; Астафьева, 2004; Астафьева, Добронравова, 2009; Буданов, 2007; Князева, Курдюмов, 1994; Богатая, 2010; Донникова, 2012; Ханжи, 2014; Мелков, 2014; Нестерова, 2016).

Особенно широко разработка вопросов философии и методологии исследования социо-гуманитарных аспектов самоорганизации представлена в работах украинских ученых. Это работы по исследованию самоорганизации мышления и когнитивных процессов (Добронравова, Ершова—Бабенко, Богатая, Нестерова), психики, психокоррекции и реабилитации (Ершова—Бабенко), социума и культуры (Бевзенко, Предборская, Донникова, Кочубей), антропного времени (Ханжи), человекомерности (Мелков), проблемы взаимоотношений человекомерных сред и технических систем (Ершова—Бабенко, Гончарова) [23—31].

К числу самоорганизующихся сред/систем с середины XX в. стали относить социальные, информационные и биологические, физические и химические среды, самого человека и его психику, головной мозг, восприятие, мышление, личность и ее сферы, культуру. Наступило осознание, что трансформация физических представлений по своему значению вышла за пределы физических

наук, перешла на уровень космологических проблем (вопрос происхождения необратимости в эволюционной парадигме И. Пригожина) [1986]. Стало понятно, что исследование самоорганизации находится на границе естествознания, социогуманитарного знания и философии, медицины и техники, философии и методологии науки, что необходимо создание определенной картины мира [5, Моисеев, 92], а результаты исследования самоорганизации могут применяться в науках о человеке и быть мостом между естественными и социальными науками (6 Хакен, 1999; 2003).

В развитии естествознания и философии этот период оценен как эпоха, когда миновала возможность безапелляционных утверждений и взаимоисключающих позиций. [4, Пригожин, 86]. Таким образом, если к концу XX в. философское — методологическое и мировоззренческое осмысление явления самоорганизации было оценено как символ перехода в XXI век (7 Ершова—Бабенко, 2005), то расширение социально—гуманитарной области его исследования позволяет нам рассматривать понятие самоорганизации как предмет социально—философского анализа во втором десятилетии XXI в. Этим и мотивируется наше стремление разобраться, прежде всего, в истории вопроса и содержании терминов.

В большинстве естественнонаучных источников периода 60—х — 90—х гг. XX в. специалисты относят *самоорганизующиеся* среды/системы к подклассу сложных и сверхсложных. Их исследование осуществляется в рамках определенного класса математических моделей, отражающих многие общие свойства нелинейных сред, т. е. самоорганизующихся, т. к. нелинейность определяет возникновение структур. Одной из первых считается работа А.Тьюринга по математическому моделированию морфогенеза (1952). Дальнейшее исследование самоорганизующихся (нелинейных) сред находит свое развитие в биологии, биохимии, физике, гео— и радиофизике, при решении экологических задач (Обзор см. в: 9 Ахромеева и др., 1992).

Если в начале подчеркивается, что самоорганизующиеся среды отличаются в первую очередь своей *многокомпонентностью*, наличием большого количества элементов и в этом состоит их сложность, то уже к концу 80-х гг. XX в. такой подход классифицирован, например, немецким ученым Хакеном Г. (1988, на англ.) как наивный подход (10, С. 14, 19).

Самоорганизация — в ее результате хаотическое движение превращается в организованное, когерентное, при котором большое количество частиц движется совместно, синфазно.

Идея самоорганизации тесно связана с понятиями флуктуации и отбора, т. е. с выяснением роли случайного и закономерного. Считается, что именно идея о случайности, недетерминированности поведения многих объектов, как элементарных так и высокоорганизованных, наиболее трудна для понимания и встречает наибольшие возражения.

В разных науках понятие самоорганизации формировалось в разное время, ценность полученных с их помощью результатов также очень различна и зависит от класса сложности исследуемых систем. Первоначально ценные результаты были получены в физике, химии и биологии. В области же социально—гуманитарных наук, ее исследование получило развитие с 90—х гг. XX в., например, в методологии исследования нелинейности мышления (Добронравова, 1990) и нелинейности психики человека (Ершова—Бабенко, 1992). Именно в этой области сегодня наиболее велик интерес к процессам самоорганизации, и темпы развития этого направления очень высоки. Например, только последние 15 лет социо—гуманитарные знания пополнилось новыми монографическими исследованиями самоорганизации украинскими учеными [23—31].

В этой серии статей мы рассмотрим историю возникновения и развития понятия самоорганизации в естественных и социо—гуманитарных науках, а также обозначенные исследователями в связи с этим философские и методологические проблемы. Конечно, нам не удастся соблюсти точное разделение наук, и они будут взаимно перекрываться, но это неизбежно, учитывая широту представленности самоорганизации в природе, в человеке и в социальной действительности. Для начала рассмотрим происхождение и основные позиции явления самоорганизации в естествознании — в физике (статья 1), в химии, биологии и экологии (статья 2), а затем их распространение в социо—гуманитарную сферу (статья 3).

Часть 1. История исследований явления самоорганизации в естествознании.

Физика

Естественно, что именно в физике — науке, изучающей самые основные, фундаментальные принципы построения Вселенной, понятие самоорганизации получило наибольшее развитие и строгое математическое выражение. Эти результаты имеют большое общенаучное, общечеловеческое и философское значение. К началу 90—х гг. они дали возможность рассматривать вопросы постнеклассической методологии не только в естествознании, но и в социогуманитарном знании — в психологии (3;7;10—12) и социологии, педагогике и др.

Самоорганизация в 80-е гг. рассматривалась философами как естественнонаучное выражение принципа самодвижения, происходящего в силу присущих материи внутренних причин, без привлечения каких-либо внешних сил [13, Рузавин, 1984 С. 39–51] материи. (Можно также говорить об информации как самостоятельном понятии или трактовать его как разновидность материи). При этом сами философы подчеркивают, что в философии эта позиция не является новой и выражена, например, Спинозой. Он рассматривал материю как причину самой себя, как субстанцию, которая «существует сама в себе и представляется сама через себя» [14, Рузавин С.48–55].

Для гуманитариев конкретное представление механизмов самоорганизации, причин и условий ее возникновения достаточно сложно, поэтому вначале необходимо рассмотреть основные понятия и термины, необходимые для ее описания, а также причины, приведшие к их возникновению.

Одной из таких причин специалисты называют *кризис в физике в начале XX века*, связанный с осмыслением фундаментальной роли случайности и ее неизбежности в нашем мире, то есть с решением вопроса: можем ли мы сколь угодно точно предсказать поведение (развитие) систем во времени (при наличии сколь угодно точной начальной информации)? Иначе говоря, детерминировано ли поведение окружающего нас мира? Это сложный и важный как в физике, так и в философии вопрос, известный как проблема Эйнштейна, поэтому рассмотрим его подробно.

Проблема Эйнштейна. Классическая динамика — одна из самых разработанных и строгих частей современной теоретической физики, со времен Ньютона отвечала на этот вопрос утвердительно — все может быть рассчитано, по крайней мере, теоретически. С этим утверждением связано одно из основных понятий динамики — *мировая линия*. Это траектория движения точки (частицы) в системе координат, одной из которых является время. Это построение очень удобно и симметрично — факт постоянства скорости света в любой системе отсчета позволяет измерять время не в привычных секундах, а в метрах (как это принято в теории относительности [15, Матвеев, 1976.]), и фактически сводит решение задач кинематики к геометрическому построению. При этом предполагается, что для каждой точки мировая линия только одна и на ней отсутствуют какие-либо точки ветвления — то есть мы можем определить координаты и скорости частиц в любой сколь угодно отдаленный момент в прошлом или будущем. В соответствии с этой точкой зрения любое состояние системы частиц является обратимым — достаточно в какой-то момент времени заменить

скорости всех частиц на обратные, и система пройдет обратный путь развития по тем же мировым линиям.

С этой точки зрения наш мир является полностью детерминированным, что выражено в знаменитой фразе А. Эйнштейна: «Бог не играет в кости». Пример такой системы — бильярд. Когда мы разбиваем пирамиду, то начальное упорядоченное расположение шаров превращается в хаотическое, случайное. Если трение отсутствует, то замена в какой-то момент всех скоростей на обратные должна привести к восстановлению начального расположения, эта система обладает свойством обратимости, по крайней мере в теории.

Но при воплощении этих теоретических построений в практику возникают большие сложности. Широко известны успехи небесной механики, позволяющей предсказывать движение планет, комет и космических аппаратов, но малоизвестно, что все используемые в ней расчеты являются приближенными.

Только «задача двух тел» имеет точное решение! Уже при рассмотрении системы трех тел, не говоря о более сложных, сколь угодно точное задание начальных условий не позволяет прогнозировать поведение системы на достаточно большие промежутки времени. Поэтому специалистам приходится использовать приближенные решения, то есть вместо одной мировой линии рассматривать целый их ансамбль, совместимый с начальными условиями.

Нам неизбежно приходится иметь дело со случайностью. Именно случайность и разрушает обратимость. В примере с бильярдом даже если нам удастся абсолютно точно обратить скорости шаров, микронеровности поверхности шаров и стола (в конечном счете на квантовом уровне, о чем ниже) будут вносить возмущения в движение, накапливающиеся с каждым соударением. Это не даст точно восстановить исходную пирамиду, а если до момента обращения прошло достаточно много соударений, то нам вообще не удастся восстановить упорядоченность — расположение шаров так и останется хаотичным.

Конечно, невозможность восстановить исходный порядок можно приписать несовершенству наших измерительных и расчетных методов, как считали и считают многие ученые, но в физике постнеклассического этапа развития научного знания это полагают фундаментальным свойством нашего мира: он является не жестко детерминированным, но вероятностным. Это положение подтверждает вся квантовая механика.

В основе квантовой механики лежит представление о корпускулярно-волновом дуализме, то есть о том, что в поведении микрообъектов

проявляются как корпускулярные, так и волновые черты. Поведение каждой частицы описывается волновой функцией, которая трактуется как *волна вероятности*, и определяет возможность обнаружения частицы в какой-либо точке пространства. Понятие траектории (мировой линии) в этом случае теряет свой смысл. Более того, согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга существуют пары величин (например, координаты частицы и ее скорость), которые не могут быть одновременно точно определены: если точно измерить координаты частицы, то неопределенность в измерении скорости стремится к бесконечности. То есть, если выше говорилось о невозможности получить точные решения даже при наличии полной исходной информации, то этот закон утверждает, что даже исходная информация может быть только приближенной. Существуют две трактовки этого закона:

1. Неопределенность является следствием тех неизбежных возмущений, которые вносит наблюдатель во время измерения.

2. Неопределенность — фундаментальное свойство нашего мира.

С точки зрения практики обе трактовки равнозначны — точную информацию получить принципиально невозможно, но с теоретической точки зрения вторая трактовка более последовательна. И. Пригожин считает, что следствием ее является несимметричность и само существование времени — прошлое и будущее нельзя поменять местами [16, Пригожин, 1985].

Это означает наличие случайности и необратимых процессов, как явления природы, а не следствия недостаточности наших знаний. Как совместить эти взгляды с точными, по крайней мере для каких-то классов задач, построениями классической механики? Из соотношения неопределенностей вытекает, что чем больше масса частицы, тем более определено ее движение, для макроскопических тел неопределенность чрезвычайно мала. В примере с бильярдом, если бы нарушения движения имели только квантовую природу, то число столкновений, после которого движение стало бы действительно хаотичным, необратимым, было бы очень большим. Но это не значит, что квантовые явления не могут оказывать влияние на макроскопические процессы. И. Пригожин ввел понятие точки бифуркации (раздвоения), в которой это возможно [4, Пригожин И., Стенгерс, 1986].

В равновесном состоянии существует только одно стационарное состояние системы, и ее поведение детерминировано. Если выводить систему из равновесия, то в какой-то момент она достигнет предела устойчивости, после чего ее

развитие может происходить по двум или более направлениям (ветвям), и любое, сколь угодно малое воздействие может направить развитие по одной или другой ветви. Это критическое состояние и называется точкой бифуркации. И. Пригожин считает, что в ней принципиально невозможно предсказать, в какое состояние перейдет система. Случайность подталкивает систему на новый путь развития, после чего ее поведение определено, детерминировано — до следующей точки бифуркации. (Полная аналогия с историческим процессом). Естественно, и историю развития системы можно проследить только до точки бифуркации. Именно этот принцип случайности и положен в основу рассмотрения всех процессов самоорганизации в различных системах, хотя ранее считалось, что случайность — враг любой упорядоченности.

Случайные процессы наиболее полно рассмотрены в термодинамике, науке, изучающей поведение ансамблей очень большого количества частиц. Известно, что если система включает в себя достаточно много частиц, то именно случайность поведения каждой из них приводит к очень строгим законам для всей системы в целом. Как было сказано выше, точное решение в этом случае невозможно (для каждой молекулы или атома), поэтому все законы термодинамики являются статистическими, то есть для них всегда возможны отклонения — флуктуации, и они постоянно наблюдаются на микроуровне. Но если система содержит хотя бы 10^6 частиц, то эти законы уже очень точны, а при переходе к мало-мальски заметным количествам вещества (напомним, что в 1 грамме водорода содержится $\sim 6 \cdot 10^{23}$ молекул) их точность становится практически абсолютной.

Для вопросов самоорганизации наиболее важным является второе начало термодинамики. Оно гласит, что в замкнутой системе (не обменивающейся веществом и энергией с окружающей средой) в результате всех происходящих в ней процессов энтропия (мера беспорядка, хаоса) может только возрастать или, в лучшем случае, оставаться неизменной. Если энтропия возрастает, то процесс является необратимым, пример таких процессов — уже рассмотренный ранее бильярд, растворение чернил в воде, выравнивание температур тел при контакте и многое другое.

Другими словами, при наличии случайностей в поведении элементов сложные системы неизбежно должны разрушаться или же оставаться неизменными (для чего требуется прекращение всех процессов!), любое развитие, усложнение запрещено. Это очень пессимистический закон, сформулированный в 1850 г. Р. Клаузиусом на

основании анализа работ С. Карно, согласно которому «естественным» является разрушение и смерть всего и вся.

Конечно, многие и философы, и физики не могли принять эту теорию. Само существование нашей Вселенной, жизни и разума позволяло надеяться на существование обратных процессов. Много сил и времени было потрачено в попытках опровержения второго начала, однако многочисленные проверки приводили только к его подтверждению. В 60–е гг. XX в. выход был найден не в опровержении этого закона, а в уточнении границ его применения. Важнейшую роль в этом сыграли работы бельгийской школы во главе с И. Пригожиным [17, Пригожин, 1964]. В них показано, что если второе начало термодинамики действительно справедливо для любой замкнутой системы целиком, то для ее частей (подсистем) это уже не так. Эти подсистемы являются разомкнутыми, неравновесными, они обмениваются веществом и энергией с окружающим миром (диссипативные системы), и для них антиэнтропийные процессы усложнения, *самоорганизации* не только возможны, но и действительно происходят и могут экспериментально наблюдаться. (Спустя годы постнеклассика обогатится работой 18 И. Пригожина и Кондепуди «Неравновесная термодинамика», 2002).

Более того, случайность, приводящая к неравновесности, неустойчивости и хаосу, которая ранее рассматривалась как досадная помеха, оказывается абсолютно необходимой — она дает исходные формы, образования, из которых благодаря процессам самоусиления (положительной обратной связи) закрепляются и получают развитие те, которые наиболее соответствуют существующим в данной системе правилам отбора.

Если в подсистеме происходит процесс *самоорганизации*, то ее энтропия убывает, но только за счет того, что она «сбрасывается» в окружающую среду, и общий баланс по прежнему подводит второе начало — при возникновении антиэнтропийных процессов в какой-то части энтропия всей системы стремительно растет.

Не случайно Г. Фестер писал, что лучше говорить не «самоорганизующиеся системы», а «дезорганизирующие системы», имея в виду, что это относится к системе в целом [19, Фестер, 1964]. Так всегда бывает в процессах, направленных противоположно «естественному» ходу событий — производство холода обходится приблизительно в 10 раз дороже производства того же количества тепла, то есть холодильник, в конечном счете, только нагревает вашу комнату. И это опять дает пищу для спекуляций пессимистам — само существование жизни (самой высокоорганизованной

материи) рассматривается некоторыми специалистами как «болезнь» Вселенной, расходующей ее ресурсы и стремительно приближающей ее тепловую смерть (см. ниже). Отрадно, что до этой смерти (если она действительно наступит) еще очень далеко.

Итак, подводя предварительный итог, можно зафиксировать следующие принципы, присутствующие в естественнонаучном знании, в частности, в физике:

1. Антиэнтропийные процессы *самоорганизации* могут происходить только в открытых, сильно неравновесных средах/системах.

2. Процессы самоорганизации пороговые, они начинаются только при превышении соответствующим параметром некоторой критической величины (процессы усиления начинают превалировать над процессами затухания).

3. Системы должны быть достаточно сложными, состоящими из большого количества взаимодействующих элементов.

4. Поведение элементов системы должно быть в какой-то мере случайным.

5. Направление эволюции среды/системы задается существующими в ней правилами отбора.

Теперь рассмотрим, как эти принципы используются при решении самых различных вопросов, связанных с *самоорганизацией*, то есть вопросов, связанных с формами движения и процессами, идущими, вообще говоря, противоположно «естественному» ходу событий в природе, определенному вторым началом термодинамики.

Пожалуй, самая масштабная задача физики — само существование нашей Вселенной.

Прямое применение второго начала термодинамики привело к возникновению понятия «тепловой смерти Вселенной», предсказанной Р. Клаузиусом в 1865 г. В мире в результате процессов теплообмена, трения, диффузии все выравнивается, и соответственно возможность совершать работу (для чего обязательно требуется градиент, перепад чего-нибудь — энергии, концентрации) непрерывно убывает. В конечном итоге должна наступить полная равномерность, энтропия достигнет максимального значения, все процессы с перепадами энергии, в том числе жизнь, станут невозможными.

Но если обсуждается вопрос о смерти Вселенной, тогда естественным образом встает вопрос о ее рождении, и в этом был первый предложенный выход из этого тупика.

Второе начало термодинамики — закон статистический, и хотя время ожидания отклонений от него (флуктуаций) на макроскопическом уровне чрезвычайно велико, именно это позволило Л. Больцману в 1872 году высказать следующую

гипотезу: состояние равновесия (тепловая смерть) является нормальным для Мета Вселенной (включающей Вселенную как часть) состоянием, а вся наша современная наблюдаемая Вселенная является одной большой флуктуацией (но это же означает, что наша Вселенная неизбежно умрет, а где-то в другом месте и в другое невообразимое время возникнет следующая гигантская флуктуация).

В рамках постнеклассических воззрений этот вывод не совсем корректен [20, Зельдович, Новиков, 1975], хотя бы потому, что в нем не учитывалось влияние тяготения. В 90-е гг. XX в. считается, что Вселенная возникла в результате «Большого взрыва» (хотя, может, это и есть Больцмановская флуктуация?), и является резко нестационарной. Тогда процессы возникновения скоплений галактик, галактик, звезд и планет вполне могут быть описаны как эволюция, *самоорганизация* вещества вследствие развития начальных флуктуаций в основном под влиянием сил тяготения, и Вселенная и далее должна оставаться нестатичной. Эта модель ничего не говорит о том, что было до Большого взрыва, но, что интересно, сейчас считается, что понятия «время» и «пространство» утрачивают свое значение в момент Большого взрыва (точка сингулярности также как и все известные физические законы в окрестности этой точки. Тогда вопрос, что было «до», теряет свой смысл, а значит мы можем исследовать только «после». Очевидно, что это полностью соответствует Пригожинской «точке бифуркации». Конечно, эта проблема далеко не закрыта, и нужно ожидать новых работ в этой области, но сейчас можно сформулировать следующее: решение космогонических проблем было найдено в том, что Вселенную перестали считать замкнутой и стационарной.

Подобного рода антиэнтропийные процессы *самоорганизации* происходят и в более привычном нам по временным и пространственным масштабам мире, и они изучены более подробно, т. к. допускают прямую экспериментальную проверку. Удивительно, но процессы на микро-, макро- и мегауровне во многом совпадают, что позволяет не только проводить между ними аналогии, но и моделировать крупномасштабные и даже космогонические процессы.

Одна из первых задач, рассмотренная с точки зрения *самоорганизации* — проблема Бенара, иначе — конвективная неустойчивость, обнаруженная еще в 1900 году. Если горизонтальный слой жидкости снизу подогревать, то в нем возникает температурный градиент, выражающийся безразмерным числом Релея R . Пока R не очень велико, жидкость находится в покое, а тепло переносится

за счет теплопроводности. При превышении R некоторого критического значения внезапно возникает конвективное движение, вначале хаотическое, но через некоторое время устанавливается очень правильная, регулярная структура движения, цилиндрическая, либо гексагональная, на поверхности жидкости при этом наблюдаются ячейки в виде полос или шестиугольников, очень близких по размерам. Жидкость либо поднимается в центре ячеек и опускается по краям, или наоборот. При этом, хотя размеры ячеек задаются внешними условиями (толщиной слоя жидкости, ее вязкостью и т. д.), расположение их на плоскости случайно и зависит от малых начальных флуктуаций. Такое движение жидкости организовано более высоко, чем хаотические микроскопические движения в состоянии покоя — что бы картину течения можно было наблюдать глазом, огромное количество молекул должно двигаться когерентно достаточно долго и на заметных расстояниях [16, Пригожин, 1985].

Эта достаточно простая модель интересна тем, что в ней очень хорошо просматриваются *ключевые факторы процессов самоорганизации: неравновесность* (подогрев), *пороговость*, *случайность*. Так же очень важно, что с точки зрения теории вероятности вероятность возникновения такой организованной системы в сложившемся виде практически равна нулю (возражение, которое часто выдвигали в это время противники концепции *самоорганизации*, особенно в биологии, как будет сказано ниже). Здесь же можно точно проследить, как при превышении критического значения параметра R некоторые флуктуации усиливаются за счет обмена энергией со своим окружением и порождают макроскопическое течение. (В роли макро- может выступать L по отношению к отдельной своей сфере или по отношению к своему внутреннему миру).

Зарождение этого течения случайно, но его самоусиление и развитие строго закономерный процесс. Пределы роста этого течения определяются внешними условиями — рост остановится тогда, когда поступление энергии из внешней среды сравняется с затратами на поддержание циркулярного течения.

Возможен и другой вариант — чрезмерно разросшаяся ячейка становится неустойчивой, и делится на две. Также нужно отметить, что установившееся течение является устойчивым, новые процессы *самоорганизации* затруднены, так как энергетические ресурсы системы поглощаются уже сложившимися структурами. Все эти явления присутствуют и в других *самоорганизующихся* процессах.

Схожей является задача Тейлора — возник-

новение вихрей в слое жидкости, помещенном между взаимно перемещающимися поверхностями. Обе эти задачи, несмотря на их кажущуюся искусственность, имеют крупномасштабные природные аналоги. Зарождение и развитие циклонов и антициклонов — это процессы, происходящие в тонком (относительно) слое атмосферы подогреваемого поверхностью Земли (но процессы здесь значительно сложнее — необходимо учитывать подвижную сферичность Земли, ее рельеф, вращение, неоднородность нагрева, гравитационные и другие эффекты). Структуры, очень похожие на вихри Тейлора наблюдаются в атмосфере Юпитера.

Интересно отметить, что в США было отмечено существенное снижение количества возникающих смерчей на равнинах в дни, когда движение на дорогах по каким либо причинам уменьшалось. В качестве объяснения была выдвинута гипотеза, что небольшие вихри, возникающие междудвигающимися друг навстречу другу машинами на шоссе служат зародышами смерчей. Это хороший пример того, как малое воздействие может приводить к большим и даже катастрофическим результатам.

Эффекты *самоорганизации* чрезвычайно сильно проявляются в активных, возбудимых средах. В простейшем случае они могут находиться в двух состояниях — основном и возбужденном. Главное здесь то, что проходящий сигнал усиливается за счет энергии, запасенной в среде (ситуация существенно неравновесная с точки зрения термодинамики), и такая среда играет роль усилителя или же, в других случаях, генератора. Поведение сигналов в таких средах сильно зависит от геометрии среды и от внешних, граничных условий. Так же нужно учитывать, что после прохождения сигнала среда оказывается обедненной, и требуется некоторое время, чтобы она, за счет внутренних или внешних процессов, восстановила свой энергетический потенциал. Возникающие в таких средах волновые, колебательные процессы оказываются очень схожими для очень различных классов явлений — диффузионных, электрических, световых и т. д.

Приведем простейший модельный эксперимент из области физики.

Широко известны волны горения, которые играют очень важную роль во многих процессах, и которые активно изучаются и применяются (например, для синтеза новых материалов при помощи СВЧ — самораспространяющегося высокотемпературного синтеза). Эти волны в демонстрационном варианте часто используют в качестве простого и наглядного примера прохождения сигнала по активной среде.

Для этого берется фитиль, погруженный в горючую жидкость, и его капиллярные свойства подбираются так, что бы скорость поступления топлива была недостаточна для поддержания постоянного горения. Тогда при однократном поджиге мы увидим просто одиночную вспышку пламени (аналог усилителя сигналов) — после прохождения фронта горения пламя гаснет вследствие выгорания топлива. Если фитиль контактирует с источником высокой температуры, то эти вспышки будут регулярными, периодическими и частота их зависит от скорости поступления топлива на поверхность фитиля (так возникает генератор!). Если поверхность фитиля сделать достаточно большой, двумерной, то можно наблюдать сферические и спиральные волны горения, как в реакции Белоусова—Жаботинского (1952—58) (см. статью 2, раздел «Химия»).

Если взять кольцевой фитиль, то можно наблюдать следующее явление: при однократном поджиге огонек разбивается на два, движущиеся по кругу в противоположных направлениях, когда они встретятся на противоположных сторонах круга, огонь погаснет. Если же один из этих огоньков погасить, то второй obeжит полный круг, и если к этому времени запас топлива в фитиле успеет восстановиться, то он будет двигаться по кругу до полного выгорания топлива.

Это же явление было получено в биологии при опытах на медузах. В них нервное волокно так же представляет собой круг, проходящий по краю зонтика медузы. Импульс возбуждения начинается в одной точке, и, пробегая по кругу, заставляет зонтик схлопываться. Когда импульсы встречаются на противоположной стороне, они гасятся, так как и для нервного волокна необходим некоторый период релаксации, после которого оно снова способно проводить сигнал. Если у медузы искусственно погасить один из импульсов и отключить их источник, то второй нервный импульс будет так же безостановочно двигаться по кругу, вызывая уже не схлопывание, а волнообразное подергивание зонтика. (Обнаружение подобного сходства на первый взгляд совершенно различных процессов стало символом постнеклассики, междисциплинарного подходов.)

Эффект Ганна был обнаружен в 1963 году и заключается в самопроизвольной генерации сверхвысокочастотных колебаний электрического тока в полупроводниковых структурах с N-образной вольт—амперной характеристикой. Причиной возникновения колебаний, как и во всех других случаях, является сильная неравновесность системы — N-образная характеристика возникает вследствие появления в сильном электрическом поле так называемых «горячих» электронов, и означает

наличие участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением, т. е. такого, на котором сила тока падает при увеличении напряжения (ситуация прямо противоположна «естественной»). Поэтому случайно возникшее отклонение в плотности электронов не рассасывается, как обычно, а усиливается, в результате чего в образце появляется и перемещается по нему область сильного электрического поля, называемая доменом Ганна. Прохождение этих доменов по образцу и вызывает регулярные колебания тока, частота которых зависит от приложенного электрического поля. Таким образом, был получен генератор периодических колебаний не в виде привычной системы сложно связанных элементов, а виде одного кристалла. Правда, работа его основывается на достаточно сложном взаимодействии электронной и ионной подсистем.

Лазеры — оптические квантовые генераторы — являются еще более впечатляющим *примером самоорганизации* в процессах взаимодействия света и вещества в неравновесном, активном состоянии. Это также прекрасный пример изобретения, сделанного на стыке наук, причем со значительным опозданием. В лазерах используется явление вынужденного излучения, существование которого было постулировано А. Эйнштейном еще в 1916 г. и затем подтвержденного экспериментально. Уже тогда были достаточно разработаны вопросы построения генераторов и усилителей для радиоволн, базирующихся на принципе обратной связи. Однако, прошло почти полвека, прежде чем эти принципы были объединены и были построены первые квантовые генераторы, сначала в микроволновом диапазоне — мазеры (Н. Г. Басов, А. М. Прохоров, 1954 г.), и затем в оптическом — лазеры (Т. Мейман, 1960).

Случайно ли, что именно на это время приходится очень много работ, объединяющих, синтезирующих знания различных наук?

Трудно даже перечислить все уникальные свойства лазерного излучения — примера самоорганизации в физике [21, Матвеев, 1985] и все области его применения. Большинству людей наиболее известна высокая направленность, малая расходимость лазерного пучка, что позволяет при помощи лазера концентрировать световую энергию в пространстве и делает его аналогом знаменитого гиперболоида инженера Гарина. Довоевого применения лазеров как непосредственно оружия дело еще, по открытым данным, не дошло, но они достаточно широко используются в промышленности для раскроя и обработки особо прочных и тугоплавких материалов.

Очень интересна следующая деталь: после выхода в свет знаменитого романа А. Н. Толстого

многие физики доказывали абсолютную невозможность построения устройства, подобного гиперболоиду, и с точки зрения классической оптики они были совершенно правы — для этого требуется чрезвычайно маленький (точечный) источник света с очень большой мощностью свечения. Это считалось недостижимым на практике, но после построения лазеров (использующих неклассические, квантовые принципы), оказалось, что именно их свет можно сфокусировать в предельно малом объеме.

Таким образом, появление лазеров решило и обратную задачу — создания точечных источников света. Менее известны (но не менее ценны) другие уникальные свойства лазерного излучения — примера самоорганизации в физике: возможность концентрировать световую энергию во времени — создавать сверхкороткие световые импульсы (используются при попытках получить управляемую термоядерную реакцию), монохроматичность лазерного света и особенно его *когерентность* — пожалуй, наиболее важные его свойства, использующиеся в очень многих практических приложениях, например, в голографии.

Все эти характеристики лазерного света объединяет одно — они являются такими, как если бы свет испускался только одним квантовым источником — атомом или молекулой. Поскольку, практически, все исследователи, в том числе и в области социо-гуманитарных наук, например, при рассмотрении самоорганизации человека, его системы психической реальности, восприятия, мышления, личности и под., ссылаются на работу лазера как исходную модель самоорганизации, оказавшуюся стартовой в синергетике Г. Хакена, рассмотрим подробнее как лазер работает. В принципе его устройство очень просто, лазер — это активная среда, помещенная в резонатор.

Активной средой в первом лазере являлся кристалл рубина, сейчас используют также многие другие вещества: кристаллы сапфира и кремния, неодимовое стекло, газы и их смеси (наиболее употребительна смесь гелия и неона), растворы различных красителей. Главное свойство активной среды — ее способность усиливать световой сигнал (аналогично всем рассмотренным выше случаям). Это свойство совершенно отлично от простого испускания света. Если все атомы (или молекулы, или ионы, но для определенности будем говорить об атомах) вещества находятся в основном, невозбужденном состоянии, то при прохождении по нему луч света может только ослабляться. Кванты света поглощаются атомами, которые при этом переходят в возбужденное состояние, и поглощенная энергия в большинстве случаев расходуется на нагрев среды, безвозвратно теряясь.

Возможен другой вариант — возбужденные атомы сами испускают свет (люминесценция), но это еще не усиление — спонтанно испускаемые возбужденными атомами кванты света имеют произвольное направление распространения, фазу и поляризацию, т. е. никак не связаны с исходным лучом. Возможности для усиления открывает не спонтанное, а вынужденное излучение. Этот эффект заключается в следующем: если квант света взаимодействует с возбужденным атомом, то он может вынудить его испустить добавочный квант света, причем, в отличие от спонтанного излучения, характеристики этих квантов будут полностью совпадать. Но и здесь исходный луч света будет усиливаться только тогда, когда количество возбужденных атомов превысит количество невозбужденных (так называемая инверсная населенность электронных уровней).

Инверсная населенность уровней, как следует из названия, является обратной по отношению к нормальной, и ее нельзя получить, просто нагревая среду, более того, такое распределение может быть только при температуре ниже абсолютного нуля! Это состояние неравновесное, неустойчивое, и достигается оно различными искусственными способами накачки среды. Накачка может производиться светом, как это было в первом рубиновом лазере, током, химически и т. д. [22, Звелто, 1984]. В результате возбужденная среда не только начинает испускать собственный свет вследствие явления люминесценции, но и способна усиливать проходящий по ней внешний пучок света.

Таким образом получают усилитель света. Следующий шаг — построение генератора. Как хорошо известно из теории радиоустройств, генератор — это усилитель, охваченный положительной обратной связью. В лазере такая связь осуществляется резонатором. В простейшем случае это просто два плоских зеркала (одно из них полупрозрачное для вывода излучения наружу), расположенных параллельно друг другу и с активной средой между ними. Как будет работать такое устройство?

Возбужденные атомы среды непрерывно спонтанно излучают кванты света, распространяющиеся во всех направлениях. Если один из них совершенно случайно распространяется *точно по оси* резонатора, *перпендикулярно его зеркалам*, то после отражения он опять возвращается в активную среду. (Меня это зацепило, подумала, что это вообще модель возникновения нового — жизни или мысли). Проходя по ней исходный квант за счет вынужденного излучения может превратиться в два или более квантов, абсолютно неотличимых друг от друга. При последующих

переотражениях процесс нарастает лавинообразно до установления равновесия между усилением и потерями — начинается генерация лазерного света. Часть света, выходящая наружу сквозь полупрозрачное зеркало, и образует лазерный луч. Все упоминавшиеся выше уникальные характеристики лазерного света являются следствием того, что все его световые кванты являются потомками одного исходного кванта.

Таким образом, все ранее рассмотренные свойства *самоорганизующихся* сред/систем можно наблюдать в лазере, а именно:

1. Активная среда является существенно неравновесной. Лазерное излучение пороговое, генерация начинается только при таком уровне возбуждения, когда усиление в активной среде превысит потери в среде и резонаторе.

2. Исходное излучение спонтанно, хаотично, но из него отбирается и усиливается только та часть, которая соответствует правилам отбора, задаваемым резонатором (квант имеет нужное направление распространения, поляризацию и энергию). Результирующее излучение монохроматично и когерентно — порядок возникает из хаоса.

3. Очень интересны конкурентные процессы в лазерах, когда незначительные изменения параметров приводят к значительным сдвигам в характеристиках лазерного излучения. На этом принципе основана внутрирезонаторная спектроскопия, позволяющая определять наличие примесей в газах в очень малых, следовых количествах. Для лазера даже можно осуществить ситуацию, ранее рассмотренную для волн горения и медузы, и создать кольцевой лазер с непрерывно обтекающей его волной возбуждения.

4. На этом принципе построены лазерные гироскопы, которые очень чувствительны к поворотам и поэтому используются в высокоточных навигационных приборах.

В качестве еще более впечатляющего *примера самоорганизации* можно привести лазер с распределенной обратной связью, в котором резонатором является периодическая динамическая структура (модуляция показателя преломления), возникающая в активной среде лазера под влиянием самого лазерного излучения. Таким образом, круг замыкается — без излучения не может возникнуть резонатор, а без резонатора — излучение!

Без глубокого понимания процессов самоорганизации, самоусиления и отбора разобраться в их проявлениях в человеко— и психомерных, социо— и культуромерных средах, на наш взгляд, сложно и, порой во взаимосвязанных вопросах невозможно. Показательно, что начиная с 90-х гг. XX в., аспект методологии исследования самоорганизации (нелинейности, сложности) процессов

мышления (нелинейного, открытого) (Добронравова, 1990), структуры и поведения психомерных сред (психики человека, ее структуры и составляющих, системы психической реальности) (Ершова—Бабенко, 1992), самоорганизации других человекомерных объектов исследования в социогуманитарной сфере получили широкое развитие в монографических работах украинских философов, социологов и психологов (11;12)

(Продолжение: Разделы Химия. Биология. Экология см. в статье №2)

Литература:

1. Степин В. С. . Научное познание и ценности техногенной цивилизации // Вопросы философии, № 10, 1989, с. 3 — 18 Он же: Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различения. — // Постнеклассика: философия, наука, культура: Коллективная монография. Изд. Дом «Мирь», 2009. — С. 249 — 296
2. Киященко Л. П. Постнеклассическая философия — опыт трансдисциплинарности // Постнеклассика: философия, наука, культура: Коллективная монография. Изд. Дом «Мирь», 2009. — С. 137 — 169
3. Ершова—Бабенко И. В. Психосинергетика. Монография. — Херсон, Изд-во «Гринь Д. С.», 2015. — 485 с.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. — М.: Прогресс. 1986.
5. Моисеев Н. Н. Проблема возникновения системных свойств // Вопросы философии. 1992. № 11. С. 25—32
6. Хакен Г. можем ли мы применять синергетику в науках о человеке? / Психология и синергетика. — М.: «ЯНУС-К», 1999. — С. 11—25; Он же Синергетика как мост между естественными и социальными науками. — В кн.: Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. — М.: Прогресс—Традиция. 2003. — С. 106 — 123
7. Ершова—Бабенко И. В. Психосинергетические стратегии человеческой деятельности. Концептуальная модель: монография / И. В. Ершова—Бабенко. — В.: KNYGA NOVA, 2005. — 368 с.
8. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986. — 495 с.
9. Ахромеева Т. С., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г., Самарский А. А. Нестационарные структуры и диффузный хаос. — М., 1992.
10. Хакен Г. Принципы работы головного мозга: монография / Г. Хакен. — 2000.
11. Добронравова И. С. Синергетика: становление нелинейного мышления. — К.: Либидь, 1990. — 230 с. Она же Практическая философия науки / Ирина Добронравова. — Сумы: Университетская книга, 2017. — 352 с.
12. Ершова—Бабенко И. В. Методология исследования психики как синергетического объекта. Монография. — Одесса: ОДЭКМО, 1992. — 124 с.
13. Рузавин Г. И. Синергетика и принцип самодвижения материи. // Вопросы философии., — 1984. — №8. — С. 39—51.
14. Рузавин Г. И. Синергетика и системный подход. // Философские науки, 1985. — №5. — С. 48—55.
15. Матвеев А. Н. Механика и теория относительности. — М.: Высшая школа, 1976.
16. Пригожин И. От существующего к возникающему. — М.: Наука, 1985.
17. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. 1964. — М.: Наука.
18. Пригожин И., Кондепуди К. Неравновесная термодинамика. — 2002

19. Фестер Г. О самоорганизующихся системах и их окружении. В сб.: Самоорганизующиеся системы. — М.: Мир, 1964.
20. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д.. Строеение и эволюция Вселенной. — М, 1975.
21. Матвеев А. Н. Оптика. — М.: Высшая школа, 1985.
22. Звелто О. Принципы лазеров. — М.: Мир. 1984.
23. Бевзенко Л. Д. Самоорганизационные процессы в социологии. Монография. — Институт социологии НАН Украины, Киев, 2002. — 437 с.
24. Астафьева О. Н., Добронравова И. С. Социокультурная синергетика в России и Украине: предметная область, история и перспективы // Постнеклассика: философия, наука, культура: Коллективная монография. Изд. Дом «Мирь», 2009. — С. 634 — 669
25. Кочубей Н. В. Синергетические концепты и нелинейные контексты: монография / Н. В. Кочубей. — Сумы: Университетская книга, 2009. — 236 с.
26. Богатая Л. Н. На пути к многомерному мышлению: монография / Л. Н. Богатая. — Одесса: Печатный дом, 2 10. — 384 с.
27. Донникова И. А. Культурогенная сущность социальной самоорганизации: монография / И. А. Донникова; ред.: М. Н. Верников. — Одесса: Печатный дом, 2011. — 280 с.
28. Ханжи В. Б. Парадигмы времени: от онтологического к антропологическому пониманию: монография / В. Б. Ханжи. — Херсон: Издатель: Гринь Д. С., 2014. — 360 с.
29. Мелков Ю. А. Человекомерность постнеклассической науки: монография / Ю. А. Мелков. — Киев, ПАРАПАН, 2014. — 254 с.
30. Нестерова М. Когнитивистика: истоки, вызовы, перспективы: монография / М. Нестерова. — Сумы, Университетская книга, 2016. — 334 с.

Ершова—Бабенко І., Козобродова Д.М. Постнекласіка: еволюція уявлень про самоорганізовані складні середовища і системи. Історико—філософський аналіз. (Від природознавства до соціогуманітарної сфери). — Стаття.

Анотація. В роботі розглядається поняття самоорганізації (нелінійності, складності) в природознавстві і в соціогуманітарній сфері крізь призму історико—філософського аналізу постнекласичної еволюції наукових уявлень про самоорганізовані складні середовища і системи. До їх числа у постнекласіці відносять соціальні, інформаційні, біологічні, фізичні і хімічні середовища, культуру, час, психіку людини, в т. ч. Особистість і її сфери, мислення (когнітивні процеси) і ін. Авторами запропонований короткий огляд різних постнекласичних підходів до досліджень і опису роду середовищ / систем, що самоорганізуються (нелінійні і складні). Підкреслюється істотний внесок української філософської школи в розробку соціогуманітарного знання постнекласичної науки в дослідженні процесів самоорганізації (нелінійності, складності).

Ключові слова: соціогуманітарне знання, самоорганізація, нелінійність, складність, постнекласична наука.

Ershova—Babenko I., Kozobrodova D. Post—nonclassics: the Evolution of Representations about Self—organizing Complex Environments and Systems. Historical and Philosophical Analysis (From Natura IScience to the Socio—humanitarian Sphere). — Article.

Summary. The paper deals with the concept of self—organization (non—linearity, complexity) in the natural sciences and in the socio—humanitarian sphere through the prism of the historical and philosophical analysis of post—nonclassical evolution of scientific concepts of self—organizing complex environments and systems. The social, information, biological, physical and chemical environments, culture, time, the human psyche, including personality and its spheres, thinking (cognitive processes), etc. , are among them in the postnonclassic. The authors offer a brief overview of various post—nonclassical approaches to research and description of features, features and mechanisms of behavior of such environments/ systems as self—organizing (nonlinear and complex). The significant contribution of the Ukrainian philosophical school to the development of social and humanitarian knowledge of post—non—classical science in the study of the processes of self—organization (nonlinearity, complexity) is emphasized.

Key words: socio—humanitarian knowledge, self—organization, non—linearity, complexity, postnonclassical science.