Диалектическое измерение феномена фрактальности

Слемнев М.А.

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова», Витебск

Диалектический способ мышления активно проникает в современную науку. Ярким подтверждением тому является новое научное направление междисциплинарных исследований – синергетика. Данная область знания существенно обогатила и конкретизировала все базовые принципы и важнейшие законы диалектики как философского учения о развитии и всеобщей связи и взаимной обусловленности явлений.

Цель статьи – определение вклада синергетических воззрений о фрактальном устройстве мира в теоретическое «ядро» диалектики – категориально-понятийную презентацию органического единства и вечного противоборства противоположных сторон бытия.

Материал и методы. *Осуществлена философско-методологическая рефлексия фрактальных представлений о мире, развиваемых в работах И.Р. Пригожина, Г. Хакена, Б. Мандельброта, Э. Морена, С.П. Курдюмова, Н.Н. Моисеева, Г.А. Котельникова, Е.Н. Князевой, В.С. Степина и др. Исследование выполнено в диалектической традиции с ориентацией на объективность, конкретность и историчность рассмотрения предмета познания. Используются общелогические и общенаучные методы.*

Результаты и их обсуждение. *Идеальных фракталов, «масштабно инвариантных» объектов ни в природе, ни в обществе нет. Реально существуют лишь фракталоподобные образования. Математические и геометрические «фрактальные игры» можно использовать в качестве удобных моделей для изучения открытых природных и социальных систем. Синергетические представления о возникновении фрактального порядка из турбулентного хаоса являются хорошей иллюстрацией диалектического понимания развития как противоречивого единства изменчивого и устойчивого, вариативного и инвариантного, прерывного и непрерывного. Проходя в своем развитии через многочисленные «точки бифуркации», природа действует весьма экономно. В соответствии с законом «диалектического снятия» она стремится сохранить тот алгоритм конструкторской деятельности, который выдержал суровые испытания естественного отбора. Для адекватного описания противоречивой дискретно-континуальной «красоты хаоса» необходимо создание специального математического исчисления.*

Заключение. *Важной чертой современной междисциплинарной науки является ее активная диалектизация. Это, в частности, отчетливо видно в синергетических исследованиях феномена фрактального устройства мира. Известный лозунг о необходимости творческого союза философии, основанной на принципах диалектики и частных наук, весьма актуален для наших дней.*

Ключевые слова: *диалектика, синергетика, развитие, открытые системы, фрактал, самоподобие, метрическая инвариантность, хаос, порядок, противоположности, противоречие.*

(Ученые записки. – 2015. – Том 19. – С. 101–105)

Dialectical Dimension of the Phenomenon of Fractality

Slemnev M.A.

Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masherov», Vitebsk

Dialectical way of thinking is actively penetrating into contemporary science. The vivid confirmation of this is synergetics, a new research direction of interdisciplinary studies. This field of knowledge has substantially enriched and specified all basic principles and most important laws of dialectics as a philosophic doctrine of development as well as general link and mutual conditioning of phenomena.

The purpose of the work is identification of the input of synergetic ideas on the fractal arrangement of the world into a theoretical «nucleus» of dialectics – category and notion presentation of organic unity and eternal counteraction of opposite sides of being.

Material and methods. *Philosophic and methodological reflection on fractal ideas of the world, which are developed in works by I.R. Prigozhin, G. Haken, B. Mandelbrott, E. Morren, S.P. Kurdiunov, N.N. Moiseyev, G.A. Kotelnikov, E.N. Kniazeva, V.S. Stepin and others, is exercised. The study is performed in dialectical tradition aiming at objectivity, specificity and historicity of consideration of the object of cognition. Traditional general logical and general research methods are used.*

Findings and their discussion. *Ideal fractals, «scale invariant ones», do not exist either in nature or in society. Only fractal type formations are real. Mathematical and geometric «fractal games» can be used as convenient models to study open natural and social systems. Synergetic ideas of the emergence of fractal order out of turbulent chaos are a good illustration of dialectical understanding of development as a contradictory unity which is changeable or stable, variable or*

Адрес для корреспонденции: e-mail: mihail_slemnev@mail.ru – М.А. Слемнев

invariable, breakable or continuous. Passing in its development through multiple «bifurcation points» nature acts in a saving way. In accordance with the law of «dialectical removal» it strives to retain the algorithm of designing activity which passed the hard test of natural selection. To adequately describe the contradictory discrete and continual «beauty of chaos» it is necessary to create special mathematical calculation.

Conclusion. *An important feature of contemporary interdisciplinary science is its active dialectization. This is clearly traced, in particular, in synergetic studies of the phenomenon of fractal composition of the world. An outstanding slogan on the necessity of the creative union of philosophy, based on the principles of dialectics, and separate sciences is topical nowadays.*

Key words: *dialectics, synergetics, development, open systems, fractal, self resemblance, metric invariant, chaos, order, oppositions, contradiction*

(Scientific notes. – 2015. – Vol. 19. – P. 101–105)

При рассмотрении истории развития науки обычно выделяют три этапа: классический, неклассический и постнеклассический. В классической науке (от зарождения опытного естествознания в середине XVI до конца XIX в.), объектом исследования которой преимущественно были простые механические системы, диалектический характер природы просматривался весьма смутно. Поэтому идеи диалектики в ней были востребованы слабо. В неклассический (конец XIX – середина XX в.) и постнеклассический периоды (середина XX в. и по настоящее время), ситуация радикально изменилась: наука по сути начала говорить на языке диалектики. Это вполне объяснимо, ибо объектом ее исследования стали самоорганизующиеся и саморазвивающиеся системы. Показательным примером стремительного проникновения диалектического способа мышления в современную науку является новое междисциплинарное направление – синергетика. Она изучает структуру и закономерности функционирования и развития открытых природных и социальных систем сложной конфигурации. Синергетику иногда называют «прикладной диалектикой». И в этом есть резон. Сегодня можно с полной уверенностью сказать, что данная отрасль научного знания с помощью своего оригинального понятийного аппарата («самоорганизация», «нелинейное развитие», «аттрактор», «диссипативное», «бифуркация» и др.) обогатила основополагающие принципы и законы диалектики как философского учения о развитии и всеобщей связи и обусловленности явлений, раскрыла механизмы взаимодействия количественных и качественных изменений, необходимого и случайного, возможного и действительного в развивающихся системах. Существуют и иные зоны концептуального пересечения синергетики и диалектики.

Цель статьи – определение вклада синергетических воззрений о фрактальном устройстве мира в теоретическое «ядро» диалектики –

категориально-понятийную презентацию органического единства и вечного противоборства противоположных сторон бытия.

Материал и методы. Осуществлена философско-методологическая рефлексия фрактальных представлений о мире, развиваемых в работах И.Р. Пригожина, Г. Хакена, Б. Мандельброта, Э. Морена, С.П. Курдюмова, Н.Н. Моисеева, Г.А. Котельникова, Е.Н. Князевой, В.С. Степина и др. Исследование выполнено в диалектической традиции с ориентацией на объективность, конкретность и историчность рассмотрения предмета познания. Использованы общелогические и общенаучные методы.

Результаты и их обсуждение. Слово «фрактал» (лат. – «fractus») переводится как дробленный, сломанный, разбитый. В качестве научного термина оно было впервые использовано американским математиком Б. Мандельбротом во второй половине прошлого века. Фракталами он назвал математические и геометрические объекты, изменение метрического стандарта которых по дробному алгоритму приводит к появлению фигур со специфическими свойствами: каждый их отдельный элемент является уменьшенной копией целостного образования. Такая метрическая регулярность именуется «масштабной инвариантностью», «самоподобием», «дробной размерностью» [1].

Эффект воспроизведения исходного целого в его частях, а частей – в частях части выражается при помощи особых математических формул. Для иллюстрации феномена фрактальности можно прибегнуть к наглядным геометрическим образам. Например, для придания зримых очертаний математическому фракталу Э. Кох на бесконечной прямой выделяются отрезки длиной l . Каждый отрезок делится на три равные части и на средней строится равносторонний треугольник со стороной $l/3$. Далее процесс повторяется. На отрезках $l/3$ строятся треугольники $l/9$, на них – треуголь-

ники со сторонами $1/27$ и т.д. В итоге получается ломаная линия, каждый элемент которой в уменьшенном виде является ее повторением. По подобному принципу конструируется и фрактал Г. Минковского. При его построении вместо системы треугольников на прямой строятся меандры – «прямоугольные волны» бесконечно убывающих размеров [2, с. 156].

Такие специфические свойства фракталов, как самоподобие, масштабная инвариантность, дробная размерность, можно выразить средствами компьютерной графики на языке звука, цвета, и даже получить их удивительное по красоте объемное изображение [3, с. 65–66]. Подобной трансформации неосознанного абстрактного в чувственно-конкретное подверглись, например, фрактальные уравнения Б. Мандельброта и Г. Жюлиа [4, с. 14–16].

Важно отметить, что математические и геометрические «фрактальные игры» имеют под собой объективное основание. Отыскать адекватный аналог самоподобных математических и геометрических структур в мире природных и социальных систем, конечно же, нельзя. Как нельзя, допустим, материализовать такие теоретические конструкты, как «идеальный газ», «математический маятник», «точечный заряд». Это все абстракции. Но они являются условными, схематичными референтами различных фрагментов материального мира. То же самое можно сказать о математических и геометрических фракталах. За ними скрываются фракталоподобные природные и социальные объекты и процессы, которые либо очень, либо слегка похожи на соответствующие математические и геометрические структуры.

Феномен реальной фрактальности обусловлен тем, что, как отметил Р. Фейнман, «вышивая свой узор, природа пользуется лишь самыми длинными нитями, и всякий, даже самый маленький, образчик его может открыть нам глаза на строение целого» [5, с. 34]. Природа весьма экономна, действует как рациональный хозяин и не «множит сущности без необходимости» (У. Оккам). Пройдя в своем развитии через многочисленные «точки бифуркации», она стремится сохранить с соответствующими модификациями тот алгоритм конструкторской деятельности, который выдержал суровые испытания «естественного отбора» [6, с. 46–65]. Все это уже давно нашло отражение в известной диалектической трактовке развития как единства изменчивого и устойчивого, уничтожения и сохранения,

дискретного и континуального, инвариантного и вариативного. С определенными оговорками можно сказать, что концептуальной основой (насколько осознаваемой, это уже другой вопрос) синергетических воззрений о существовании в мире масштабно инвариантных, самоподобных, обладающих дробной размерностью структур является идея «диалектического снятия», в которой акцент делается на удержании положительного, сохранении ростков нового в старом, повторении ранее достигнутого в процессе прокладывания необходимостью дороги через массу случайностей.

Наличие в природе и обществе экстенсивных и интенсивных изменений позволяет выделить вертикальную и горизонтальную фрактальность мира. Вертикальная фрактальность выражается в том, что в процессе эволюционного развития «послевзрывной материи» на темпоральном отрезке длиной приблизительно в 15 млрд лет алгоритм строения и функционирования низших уровней организации материи с определенными коррективами воспроизводится на высших, более сложных уровнях (элементарные частицы – ядра – атомы – молекулы – молекулярные соединения – ... звезды – звездные системы – галактики – метагалактики и т.д.). При таком динамическом «срезе» мир предстает «в виде сетевой иерархии процессов становления, необходимых переходов потенциального в актуальное» [7, с. 80]. Упрощенная модель – популярная русская игрушка «Матрешка». В отношении горизонтальной фрактальности находятся объекты, принадлежащие одному и тому же уровню структурной сложности. Наглядным примером может служить обычное дерево. Ветвь дерева – это дерево в миниатюре, а ответвления ветви подобны и материнской ветви, и самому дереву. По такому же ризомному принципу устроены его листья и корневище, береговая линия озер, морей и океанов, зимние узоры на окнах, облака.

Вертикальная и горизонтальная масштабная инвариантность, структурная и функциональная похожесть качественно разнородных объектов является основой «умеренного редуционизма» и дает возможность сведения сложного к простому в допустимых границах [8, с. 24–29]. Именно фрактальное устройство мира позволяет исследовать законы движения земли по своей орбите на наклонной плоскости, обыкновенном маятнике или, допустим, свободно падающем теле, элементарные час-

тицы моделировать с помощью колеблющейся струны, атом – водяной капли, электромагнитное поле – волн на воде, ген – двойной спирали, представлять онтогенез в виде логически свернутого во времени филогенеза, создавать эскизный портрет развитого организма на базе изучения всего лишь одной его клетки.

Ориентация на фрактальные аналогии, родственность качественно различных явлений, поиск единого во многом была всегда и является сегодня магистральным направлением научного познания. Эта методологическая установка четко просматривается, например, в попытках отыскания точек соприкосновения четырех фундаментальных видов взаимодействия: гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного. Важным шагом на пути возможного синтеза существующих физических теорий явилось создание обобщенной модели электромагнитного и слабого взаимодействия, сформулированной в 60-х годах XX века Ш. Глэшоу, С. Вайнбергом и А. Саламом. Это позволило объяснить электромагнитное и слабое взаимодействие с единой точки зрения и свести все многообразие элементарных частиц к двум видам: лептонам и кваркам. Предпринимаются достаточно успешные попытки включить в разработанную теоретическую схему и сильное взаимодействие. Более того, физики приблизились к объединению всех вышеназванных типов взаимодействия на базе идеи супергравитации. В итоге появляется возможность связать два больших класса элементарных частиц – фермионов и бозонов. Заслуживает также внимания унификация физического знания, связанная с т.н. «струнным» подходом. Предложенная в 1985 году Дж. Шварцем и М. Грином идея о представлении элементарных частиц в виде особых протяженных сущностей – струн, а в последнее время мембран, расценивается многими физиками как перспективное направление по конструированию «теории Всего».

Как видим, создаваемая крупными синергетическими мазками фрактальная картина мира органически вписывается в диалектическую концепцию развития. Точнее, в ту ее часть, где подчеркивается наличие устойчивого, повторяющегося, инвариантного, стабильного в любых природных и социальных процессах. Но у развития есть и другая, неразрывно связанная с первой, сторона – изменчивость, подвижность, текучесть всего сущего. Можно с удовлетворением констатировать, что это тоже зафиксировано во фрактальных

воззрениях. Отмечая «поразительное сходство между совершенно различными явлениями, например, между излучением лазера и социальными процессами или эволюцией» [9, с. 53], один из основоположников синергетики Г. Хакен называет все это лишь «вершиной айсберга» [9, с. 53]. Его огромная подводная часть, которой присуща дробная размерность чрезвычайно низкого порядка, представляет собой турбулентный, континуальный, лишенный структуры хаос. Именно хаос является той субстратной основой, из которой вырастает стройный, симметричный, упорядоченный фрактальный мир. Подобное взаимодействие порядка и хаоса есть типичное проявление напряженного, динамичного, противоречивого единства противоположностей, о котором так много размышляли Гераклит, Кузанский, Лейбниц, Гегель, Маркс и другие носители диалектического сознания.

Наглядное представление о возникновении порядка из хаоса можно получить при длительном дроблении изящных фрактальных фигур. Итоговый результат не поддается здесь зримому восприятию. В результате многократного увеличения линий и поверхностей, обрамляющих микро-фрактальный уровень организации материи, видно, что они состоят из пористой массы каких-то «спиралей и завитков» [10, с. 14]. Но каждый из этих элементов, подобно монаде Лейбница, репрезентирует «в малом масштабе саму фигуру» [10, с. 14]. Безусловно, реальный хаос таким не является. Равно как постоянный ток не является направленным потоком электронов, перемещающихся по прямой, а переменный – по синусоиде. Но противоречивую суть феномена фрактальности такой образ в общих чертах передает.

Системная организация реального турбулентного хаоса с последующим запоминанием и воспроизведением алгоритма его организации в случае размывания установленного порядка происходит приблизительно по одному и тому же сценарию. В открытой системе, которая обменивается веществом, энергией и информацией с окружающей средой, внешнее воздействие, иногда весьма незначительное, приводит к возникновению «новой динамики самоорганизации, которая генерирует более когерентные и дифференцированные структуры и производит радикальное переструктурирование системы» [11, с. 31]. Так, например, квантовая «накачка» атомных образований, находящихся в неравновесном состоянии, приводит к возникновению упорядоченного

лазерного излучения. Похожие процессы происходят и в хаотичных молекулярных ансамблях. В случае повышения их температуры до соответствующего порогового значения наблюдается феномен конвекции Бенара: группировка молекул в стройные динамические паттерны. По такой же схеме совершаются фазовые переходы ферромагнетика в области точки Кюри [4, с. 15; 11, с. 30].

Геометрическая презентация взаимосвязи беспорядочного хаоса и фрактального порядка в мире открытых систем дает весьма приблизительное представление о сути происходящего. Саму же суть можно выразить только с помощью специального математического аппарата. Есть мнение, что соответствующее ему математическое исчисление может быть получено путем обобщения операций дифференцирования и интегрирования на дробные, включающие комплексные порядки производной и кратности интеграла. В этом случае традиционное дифференциальное и интегральное исчисление будет распространено на множество всех действительных и комплексных чисел [11]. Если это получится, то тогда математика дробной метрической размерности включит в себя в «снятом виде» дифференциальное и интегральное исчисление подобно тому, как это произошло с евклидовой геометрией и классической механикой, которые стали соответственно частным случаем геометрии неевклидовой, специальной и общей теории относительности и квантовой физики. Принцип же соответствия, который является конкретизацией идеи диалектического отрицания, сможет тогда в очередной раз продемонстрировать эвристическую силу. В свою очередь, математический синтез дополнительного корпускулярного и волнового, дискретного и континуального описаний дает возможность зафиксировать в четком формализованном виде противоречивую пространственно-временную сущность движения, отмеченную Гегелем: двигаться, значит «здесь быть теперь и не теперь» и «теперь быть здесь и не здесь».

Заключение. Говорить в постмодернистской философской среде на языке категорий классической диалектики «количество», «качество», «мера», «противоположность», «противоречие», «возможность», «действительность», «необходимость», «случайность» ста-

ло считаться чуть ли не правилом дурного тона. На смену им пришли вычурные термины, типа «симулякр», «метарассказ», «нарратив», «номадическое распределение», «смерть автора» и т.д. Софистический, субъективно-релятивистский дискурс постмодернистской философии оказался не востребуемым современной наукой. В известном смысле ее профессиональным языком стал конкретизированный, детализированный, формализованный язык диалектики. Это, в частности, отчетливо проявляется в синергетических исследованиях феномена фрактальности мира. Популярный в недалеком нашем прошлом лозунг о необходимости творческого союза диалектики как учения о всеобщей связи, взаимной обусловленности и противоречивой сущности всех явлений с естественными, социогуманитарными и техническими науками актуален и сегодня.

Литература

1. Пайтген, Х.-О. Красота фракталов / Х.-О. Пайтген, П.-Х. Рихтер. – М.: Мир, 1993. – 179 с.
2. Шишлова, А. «Ломаная» антенна / А. Шишлова // Наука и жизнь. – 1998. – № 7. – С. 156.
3. Козинцев, С. Ландшафты фрактальных миров / С. Козинцев // Наука и жизнь. – 1995. – № 12. – С. 65–67.
4. Транковский, С. Красота хаоса / С. Транковский // Наука и жизнь. – 1994. – С. 14–16.
5. Фейман, Р. Характер физических законов / Р. Фейман. – М.: Наука, 1968. – 158 с.
6. Слемнев, М.А. Простое и сложное в природе и познании / М.А. Слемнев. – Минск: Наука и техника, 1976. – 144 с.
7. Аршинов, В.И. Синергетика конвергирует со сложностью / В.И. Аршинов // Вопросы философии. – 2011. – № 4. – С. 73–84.
8. Морен, Э. Метод. Природа Природы / Э. Морен. – М.: Прогресс-Традиция, 2005. – 464 с.
9. Синергетике – 30 лет. Интервью с профессором Г. Хакеном // Вопросы философии. – 2000. – № 3. – С. 53–62.
10. Хоружий, С.С. Что такое SYNERGIA? Синергия как универсальная парадигма: ведущие предметные сферы, дискурсивные связи, эвристические ресурсы / С.С. Хоружий // Вопросы философии. – 2011. – № 12. – С. 19–37.
11. Цицин, Ф.А. Астрономическая картина мира: новые аспекты / Ф.А. Цицин // Астрономия и современная картина мира. – М.: РАН, 1996. – С. 3–39.

Поступила в редакцию 02.03.2015 г.