

# ФИЛОСОФИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

И. ПРИГОЖИН

Вопросы философии.— 1991.— №6.— С. 46—57

У термина "нестабильность" странная судьба. Введенный в широкое употребление совсем недавно, он используется порой с едва скрываемым негативным оттенком, и притом, как правило, для выражения содержания, которое следовало бы исключить из подлинно научного описания реальности. Чтобы проиллюстрировать это на материале физики, рассмотрим элементарный феномен, известный, по-видимому, уже не менее тысячи лет: обычный маятник, оба конца которого связаны жестким стержнем, причем один конец неподвижно закреплен, а другой может совершать колебания с произвольной амплитудой. Если вывести такой маятник из состояния покоя, несильно качнув его груз, то в конце концов маятник остановится в первоначальном (самом нижнем) положении. Это — хорошо изученное устойчивое явление. Если же расположить маятник так, чтобы груз оказался в точке, противоположной самому нижнему положению, то рано или поздно он упадет либо вправо, либо влево, причем достаточно будет очень малой вибрации, чтобы направить его падение в ту, а не в другую сторону. Так вот, верхнее (неустойчивое) положение маятника практически никогда не находилось в фокусе внимания исследователей, и это несмотря на то, что со времени первых работ по механике движение маятника изучалось с особой тщательностью. Можно сказать, что понятие неустойчивости было, в некоем смысле, идеологически запрещено. А дело заключается в том, что феномен неустойчивости естественным образом приводит к весьма нетривиальным, серьезным проблемам, первая из которых — проблема предсказания.

Если взять устойчивый маятник и раскачать его, то дальнейший ход событий можно предсказать однозначно: груз вернется к состоянию с минимумом колебаний, т.е. к состоянию покоя. Если же груз находится в верхней точке, то в принципе невозможно предсказать, упадет он вправо или влево. Направление падения здесь существенным образом зависит от флюктуации. Так что в одном случае ситуация в принципе предсказуема, а в другом — нет, и именно в этом пункте в полный рост встает проблема детерминизма. При малых колебаниях маятник — детерминистический объект, и мы в точности знаем, что должно произойти. Напротив, проблемы, связанные с маятником, если можно так выразиться, перевернутым с ног на голову, содержат представления о недетерминистическом объекте.

Это различие между детерминистическими законами природы и законами, не являющимися таковыми, ведет нас к более общим проблемам, которые мне и хотелось бы здесь вкратце обсудить.

## **Человек и природа**

Прежде всего, спросим себя: почему именно сегодня в естествознании заговорили о нестабильности, тогда как прежде господствовала точка зрения детерминизма? Дело в том, что идея нестабильности не только в каком-то смысле теоретически потеснила детерминизм, она, кроме того, позволила включить в поле зрения естествознания человеческую деятельность, дав, таким образом, возможность более полно включить человека в природу. Соответственно, нестабильность, непредсказуемость и, в конечном счете, время как сущностная переменная стали играть теперь немаловажную роль в преодолении той разобщенности, которая всегда существовала между социальными исследованиями и науками о природе.

В чем, однако, смысл тех изменений, которые произошли (в интересующем нас плане) в отношениях человека к природе? В детерминистском мире природа поддается полному контролю со стороны человека, представляя собой инертный объект его желаний. Если же природе, в качестве сущностной характеристики, присуща нестабильность, то человек просто обязан более осторожно и деликатно относиться; к окружающему его миру, — хотя бы из-за неспособности однозначно предсказывать то, что произойдет в будущем.

Далее, принимая в науке идею нестабильности, мы достигаем тем самым и более широкого понимания существа самой науки. Мы начинаем понимать, что западная наука, в том виде, как она до недавних пор существовала, обусловлена культурным контекстом XVII в. — периода зарождения современного естествознания и что эта наука ограничена. В результате начинает складываться более общее понимание науки и знания вообще, понимание, отвечающее культурным традициям не только западной цивилизации.

К сожалению, однако, приходится признать, что современная культурная жизнь крайне разобщена даже внутри западной цивилизации. В книге, имевшей недавно большой успех в США, Алан Блум утверждает, что наука является материалистическим, редукционистским, детерминистическим феноменом, полностью исключаящим время. Но если упрек Блума и справедлив относительно науки 20—30-летней давности, то к сегодняшней науке эти характеристики явно не применимы, — она не сводима ни к материализму, ни к детерминизму.

## **Лейбниц: исключение нестабильности**

Для того чтобы понять идущие в современной науке процессы, необходимо принять во внимание, что наука — культурный феномен, складывающийся в определенном культурном контексте. Иллюстрацией

этому может служить, например, дискуссия между Лейбницем и Кларком, представлявшим в их споре взгляды Ньютона. Лейбниц упрекает Ньютона в том, что его представление об универсуме предполагает периодическое вмешательство Бога в устройство мироздания ради улучшения функционирования последнего. Ньютон, по его мнению, недостаточно почитает Бога, поскольку искусность Верховного Творца у него оказывается ниже даже искусности часовщика, способного раз и навсегда сообщить своему механизму движение и заставить его работать без дополнительных переделок[1].

Лейбницеvские представления об универсуме одержали победу над ньютоvнианскими. Лейбниц апеллировал к всеведению вездесущего Бога, которому вовсе нет никакой нужды специально обращать свое внимание на Землю. И он верил при этом, что наука когда-нибудь достигнет такого же всеведения — ученый приблизится к знанию, равному божественному. Для божественного же знания нет различия между прошлым и будущим, ибо все присутствует во всеведущем разуме. Время, с этой точки зрения, элиминируется неизбежно, и сам факт его исключения становится свидетельством того, что человек приблизился к квазибожественному знанию.

Высказанные Лейбницем утверждения принадлежат к базовому уровню идеологии классической науки, сделавшей именно устойчивый маятник объектом научного интереса, — неустойчивый маятник в контексте этой идеологии предстает как неестественное образование, упоминаемое только в качестве любопытного курьеза (а по возможности вообще исключаемое из научного рассмотрения). Но изложенная концепция вечности грешила тем, что в ней не оставалось места для уникальных событий (впрочем, и в ньютоvновском подходе не было места для новаций). Материя, согласно этой концепции, представляет собой вечно движущуюся массу, лишенную каких бы то ни было событий и, естественно, истории. История же, таким образом, оказывается вне материи. Так исключение нестабильности, обращение к детерминизму и отрицание времени породили два противоположных способа видения универсума:

—универсум как внешний мир, являющийся в конечном счете регулируемым автоматом (именно так и представлял его себе Лейбниц), находящимся в бесконечном движении;

—универсум как внутренний мир человека, настолько отличающийся от внешнего, что это позволило Бергсону сказать о нем: "Я полагаю, что творческие импульсы сопровождают каждое мгновение нашей жизни".

Действительно, любые человеческие и социальные взаимодействия, а также вся литературная деятельность являются выражением неопределенности в отношении будущего. Но сегодня, когда физики пытаются конструктивно включить нестабильность в картину универсума, наблюдается сближение внутреннего и внешнего миров, что, возможно, является одним из важнейших культурных событий нашего времени.

## **Новые открытия**

Разумеется, введение нестабильности является результатом отнюдь не только идеологических особенностей истории науки XX в. Оно стало реальностью лишь благодаря сочетанию ряда собственно научных экспериментальных и теоретических открытий. Это, во-первых, открытие неравновесных структур, которые возникают как результат необратимых процессов и в которых системные связи устанавливаются сами собой; это, во-вторых, вытекающая из открытия неравновесных структур идея конструктивной роли времени; и, наконец, это появление новых идей относительно динамических, нестабильных систем, — идей, полностью меняющих наше представление о детерминизме.

В 1986 г. сэр Джеймс Лайтхил, ставший позже президентом Международного союза чистой и прикладной математики, сделал удивительное заявление: он извинился от имени своих коллег за то, что "в течение трех веков образованная публика вводилась в заблуждение апологией детерминизма, основанного на системе Ньютона, тогда как можно считать доказанным, по крайней мере с 1960 года, что этот детерминизм является ошибочной позицией.

Не правда ли, крайне неожиданное заявление? Мы все совершаем ошибки и каемся в них, но есть нечто экстраординарное в том, что кто-то просит извинения от имени целого научного сообщества за распространение последним ошибочных идей в течение трех веков. Хотя, конечно, нельзя не признать, что данные, пусть ошибочные, идеи играли основополагающую роль во всех науках — чистых, социальных, экономических, и даже в философии (учитывая, что в рамках последней сложилась кантовская проблематика). Более того, эти идеи задали тон практически всему западному мышлению, разрывающемуся между двумя образами: детерминистический внешний мир и индетерминистический внутренний.

И наконец, продолжая начатый выше перечень открытий, следует упомянуть об открытиях в области элементарных частиц, продемонстрировавших фундаментальную нестабильность материи, а также о космологических открытиях, констатирующих, что мироздание имеет историю (тогда как традиционная точка зрения исключала какую бы то ни было историю универсума, ибо универсум рассматривался как целое, содержащее в себе все, что делало бессмысленным саму идею его истории) Заметим, вместе с тем, что простейшие из вышеперечисленных открытий легко доступны нам, так как лежат в сфере макроскопических, химических и атмосферных явлений. Так, например, закон роста энтропии был сформулирован еще в XIX в. Другое дело, что на фоне установки, исключающей время из научного описания, он рассматривался лишь как закон роста беспорядка, а установка эта являет нам очевидный пример идеологичности научных суждений. Впрочем, сегодня мы можем согласиться: наука и есть в некотором смысле идеология — она ведь также укоренена в культуре. И нет поэтому ничего удивительного в том, что новые вопросы, вливающие в науку свежие силы, часто исходят из традиций вопрошания, коренящихся в совсем иных культурах. А тот факт, что сегодня самые разные культурные образования принимают участие в развитии

научной культуры, является для нас источником новых надежд. Мы верим — будут сформулированы иные вопросы, ведущие к новым направлениям научной деятельности.

## Порядок и беспорядок

Сегодня мы знаем, что увеличение энтропии отнюдь не сводится к увеличению беспорядка, ибо порядок и беспорядок возникают и существуют одновременно. Например, если в две соединенные емкости поместить два газа, допустим, водород и азот, а затем подогреть одну емкость и охладить другую, то в результате, из-за разницы температур, в одной емкости будет больше водорода, а в другой азота. В данном случае мы имеем дело с диссипативным процессом, который, с одной стороны, творит беспорядок и одновременно, с другой, потоком тепла создает порядок: водород в одной емкости, азот — в другой. Порядок и беспорядок, таким образом, оказываются тесно связанными — один включает в себя другой. И эту констатацию мы можем оценить как главное изменение, которое происходит в нашем восприятии универсума сегодня.

Долгое время наше видение мира оставалось неполным. Как неполным будет, скажем, вид, открывающийся из окна самолета при подлете к Венеции: пока в поле нашего зрения находятся величественные здания и площади, нас не оставляет образ совершенной, упорядоченной, грандиозной структуры. По прибытии в город мы обнаруживаем и не слишком чистую воду, и назойливую мошкарку, но именно таким путем перед нами предстают обе стороны объекта. Что касается современного видения мира, то интересно отметить, что космология теперь все мироздание рассматривает как в значительной мере беспорядочную — а я бы сказал, как существенно беспорядочную — среду, в которой выкристаллизовывается порядок. Новейшие же исследования показали, что на каждый миллиард тепловых фотонов, пребывающих в беспорядке, приходится по крайней мере одна элементарная частица, способная стимулировать в данном множестве фотонов переход к упорядоченной структуре. Так, порядок и беспорядок сосуществуют как два аспекта одного целого и дают нам различное видение мира.

Наше восприятие природы становится дуалистическим, и стержневым моментом в таком восприятии становится представление о неравновесности. Причем неравновесности, ведущей не только к порядку и беспорядку, но открывающей также возможность для возникновения уникальных событий, ибо спектр возможных способов существования объектов в этом случае значительно расширяется (в сравнении с образом равновесного мира). В ситуации далекой от равновесия дифференциальные уравнения, моделирующие тот или иной природный процесс, становятся нелинейными, а нелинейное уравнение обычно имеет более, чем один тип решений. Поэтому в любой момент времени может возникнуть новый тип решения, не сводимый к предыдущему, а в точках смены типов решений — в точках

бифуркации — может происходить смена пространственно-временной организации объекта.

Примером подобного возникновения новой пространственно-временной структуры могут служить так называемые химические часы — химический процесс, в ходе которого раствор периодически меняет свою окраску с голубой на красную. Кажется, будто молекулы, находящиеся в разных областях раствора, могут каким-то образом общаться друг с другом. Во всяком случае, очевидно, что вдали от равновесия когерентность поведения молекул в огромной степени возрастает. В равновесии молекула "видит" только своих непосредственных соседей и "общается" только с ними. Вдали же от равновесия каждая часть системы "видит" всю систему целиком. Можно сказать, что в равновесии материя слепа, а вне равновесия прозревает. Следовательно, лишь в неравновесной системе могут иметь место уникальные события и флуктуации, способствующие этим событиям, а также происходит расширение масштабов системы, повышение ее чувствительности к внешнему миру и, наконец, возникает историческая перспектива, т.е. возможность появления других, быть может более совершенных, форм организации. И, помимо всего этого, возникает новая категория феноменов, именуемых аттракторами.

Вернемся к нашему примеру с маятником. Если сдвинуть груз маятника недалеко от его самого нижнего положения, то в конце концов он вернется в исходную точку — это точечный аттрактор. Химические часы являются периодическим аттрактором. В дальнейшем были открыты гораздо более сложные аттракторы (странные аттракторы), соответствующие множеству точек. В странном аттракторе система движется от одной точки к другой детерминированным образом, но траектория движения в конце концов настолько запутывается, что предсказать движение системы в целом невозможно — это смесь стабильности и нестабильности. И, что особенно удивительно, окружающая нас среда, климат, экология и, между прочим, наша нервная система могут быть поняты только в свете описанных представлений, учитывающих как стабильность, так и нестабильность. Это обстоятельство вызывает повышенный интерес многих физиков, химиков, метеорологов, специалистов в области экологии. Указанные объекты детерминированы странными аттракторами и, следовательно, своеобразной смесью стабильности и нестабильности, что крайне затрудняет предсказание их будущего поведения.

## **Новое отношение к миру**

Не нами выбран мир, который нам приходится изучать; мы родились в этом мире и нам следует воспринимать его таким, каким он существует, приспособлявая к нему, насколько возможно, наши априорные представления. Да, мир нестабилен. Но это не означает, что он не поддается научному изучению. Признание нестабильности — не капитуляция, напротив — приглашение к новым экспериментальным и теоретическим исследованиям, принимающим в расчет специфический характер этого мира.

Следует лишь распротиться с представлением, будто этот мир — наш безропотный слуга. Мы должны с уважением относиться к нему. Мы должны признать, что не можем полностью контролировать окружающий нас мир нестабильных феноменов, как не можем полностью контролировать социальные процессы (хотя экстраполяция классической физики на общество долгое время заставляла нас поверить в это).

Открытие неравновесных структур, как известно, сопровождалось революцией в изучении траекторий. Оказалось, что траектории многих систем нестабильны, а это значит, что мы можем делать достоверные предсказания лишь на коротких временных интервалах. Краткость же этих интервалов (называемых также темпоральным горизонтом или экспонентой Ляпунова) означает, что по прошествии определенного периода времени траектория неизбежно ускользает от нас, т.е. мы лишаемся информации о ней. Это, кстати, служит еще одним напоминанием, что наше знание — всего лишь небольшое оконце в универсум и что из-за нестабильности мира нам следует отказаться даже от мечты об исчерпывающем знании. Заглядывая в оконце, мы можем, конечно, экстраполировать имеющиеся знания за границы нашего видения и строить догадки по поводу того, каким мог бы быть механизм, управляющий динамикой универсума. Однако нам не следует забывать, что, хотя мы в принципе и можем знать начальные условия в бесконечном числе точек, будущее, тем не менее, остается принципиально непредсказуемым.

И еще, заметим, новое отношение к миру предполагает сближение деятельности ученого и литератора. Литературное произведение, как правило, начинается с описания исходной ситуации с помощью конечного числа слов, причем в этой своей части повествование еще открыто для многочисленных различных линий развития сюжета. Эта особенность литературного произведения как раз и придает чтению занимательность — всегда интересно, какой из возможных вариантов развития исходной ситуации будет реализован. Так же и в музыке — в фугах Баха, например, заданная тема всегда допускает великое множество продолжений, из которых гениальный композитор выбирал на его взгляд необходимое. Такой универсум художественного творчества весьма отличен от классического образа мира, но он легко соотносим с современной физикой и космологией. Вырисовываются контуры новой рациональности, к которой ведет идея нестабильности. Эта идея кладет конец претензиям на абсолютный контроль над какой-либо сферой реальности, кладет конец любым возможным мечтаниям об абсолютно контролируемом обществе. Реальность вообще не контролируема в смысле, который был провозглашен прежней наукой.

## **Повествование в науке**

Современная наука в целом становится все более нарративной. Прежде существовала четкая дихотомия: социальные, по-преимуществу нарративные науки — с одной стороны, и собственно наука, ориентированная на поиск законов природы, — с другой. Сегодня эта дихотомия разрушается.

В прежней идеологии науки уникальные события — будь то зарождение жизни или зарождение мироздания — представлялись почти антинаучно. Это можно проиллюстрировать известным рассказом Айзека Азимова. Высокоразвитая цивилизация спрашивает компьютер о том, как опровергнуть второе начало термодинамики. Компьютер ссылается на недостаток исходных данных и начинает расчеты, которые длятся миллионы и миллионы лет, пока не исчезает все, кроме гигантского считающего компьютера, извлекающего данные непосредственно из пространства-времени. Наконец, компьютер уясняет, как опровергнуть второе начало. В тот же момент рождается новый мир. Сегодня, однако, мы лучше понимаем, каким образом элемент повествования (или элемент события) входит в наше видение природы.

Согласно известной формуле Фрейда, история науки есть история прогрессирующего отчуждения — открытия Галилея продемонстрировали, что человек не является центром планетарной системы, Дарвин показал, что человек — всего лишь одна из многочисленных биологических особей, населяющих землю, а сам Фрейд обнаружил, что даже наше собственное сознание является лишь частью объемлющего его бессознательного. Аналогичную идею о том, что история науки представляет собой не что иное, как отчуждение, мы обнаруживаем также в одной из работ Жака Моно. Однако обсуждаемые в данной статье представления о реальности предполагают обратное: в мире, основанном на нестабильности и созидательности, человечество опять оказывается в самом центре законов мироздания.

Такое понимание мироздания становится важным фактором, способствующим окончанию эпохи культурной раздробленности цивилизации. Например, в Китае была развита впечатляющая наука, никогда, однако, не касавшаяся вопроса о том, как падает камень, — идея законов природы в том юридически-правовом смысле, в каком мы их понимаем, была чужда китайской цивилизации. Для китайца Вселенная представляла собой когерентное образование, где все события взаимосвязаны. Я надеюсь, что наука будущего, сохраняя аналитическую точность ее западного варианта, будет заботиться и о глобальном, целостном взгляде на мир. Тем самым перед ней откроются перспективы выхода за пределы, поставленные классической культурой Запада.

## **Риск и ответственность**

В детерминистическом мире риск отсутствует, ибо риск есть лишь там, где универсум открывается как нечто многовариантное, подобное сфере человеческого бытия. Я не имею возможности детально обсуждать здесь эту проблему, но представляется очевидным, что именно такое, многовариантное видение мира, положенное в основание науки, с необходимостью раскрывает перед человечеством возможность выбора — выбора, означающего, между прочим, и определенную этическую ответственность. Когда-то Валери совершенно правильно, на мой взгляд, отметил, что "время — это



конструкция". Действительно, время не является чем-то готовым, предстающим в завершенных формах перед гипотетическим сверхчеловеческим разумом. Нет! Время — это нечто такое, что конструируется в каждый данный момент. И человечество может принять участие в процессе этого конструирования.

*Перевод с англ. Я. И. Свирского*

## **Интервью с С.П. Курдюмовым**

*По просьбе редакции статью И. Пригожина комментирует член-корр. АН СССР Сергей Павлович Курдюмов*

Сергей Павлович, темы, поднятые в статье Пригожина “Философия нестабильности”, существенным образом связаны с Вашими профессиональными интересами. Не могли бы Вы, в связи с этим, сказать несколько слов о своем отношении к выдвигаемым в статье положениям.

Статья Пригожина не может оставить читателя равнодушным прежде всего в силу широты и актуальности поставленных в ней вопросов. В Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша не один десяток лет ведутся исследования процессов самоорганизации в открытых нелинейных средах. Особенно импонирует мне, что автор предпринимает попытку прояснить на уровне философских обобщений качественные изменения, произошедшие в современных физических представлениях о природе и мире в целом. Стержнем этих изменений можно считать, и здесь я полностью разделяю позицию Пригожина, признание неустойчивости и нестабильности в качестве фундаментальных характеристик мироздания, что заставляет не только по-иному взглянуть на прежние теоретические концепции, восходящие к построениям ньютоново-лапласовского типа, но и в какой-то степени по-новому оценить положение человека в космосе.

Однако сама идея нестабильности мира, по-видимому, не столь уж нова.

Биологическая, социальная, космологическая эволюции известны давно. С 19 века известно также второе начало термодинамики, фиксирующее направленность природных процессов в сторону увеличения энтропии. Однако в общефизическом плане, и это, кстати, хорошо показано в работах самого Пригожина, все эти представления, вносящие серьезные коррективы в построения классической механики, тем не менее сущностным образом привязаны к последней и во многом разделяют ее исследовательские установки. Это может быть проиллюстрировано, например, разработкой кинетической теории, перетолковывающей в свете классических подходов феноменологические законы термодинамики. Теперь же, благодаря открытиям как в области физической теории, так и в области эксперимента (прежде всего вычислительного эксперимента), в физической картине мира стали происходить качественные изменения. Прежде всего, и на это опять-таки указывается в статье Пригожина, даже те области, которые раньше считались детерминированными в строгом смысле (в смысле Ньютона, т.е. когда, зная начальные данные, можно проследить траекторию объекта беспрестанно в будущее и прошлое), неожиданным образом включили в себя

неустойчивость. Но именно здесь мне и хотелось бы сделать ряд полемических замечаний в адрес статьи, поскольку, как мне кажется, этот важнейший пункт выражен в ней не совсем корректно, что может привести к невольной дезориентации не посвященного в суть проблемы читателя.

На мой взгляд, как это ни парадоксально. Пригожий, по крайней мере в данной статье, слишком расширил роль нестабильности, настаивая на принципиальной непредсказуемости поведения сложных систем (к которым, несомненно, принадлежит и наш мир в целом). В качестве образа, подтверждающего справедливость данного представления, автор приводит математический объект, именуемый странным аттрактором. Действительно, странные аттракторы представляют собой крайне необычные математические объекты. С одной стороны, для их описания используются системы дифференциальных уравнений, в которых все определено, детерминировано и не содержится никаких стохастических членов. А с другой стороны — и это в самом деле чудо! — поведение решений такой системы уравнений на продолжительном временном интервале приобретает хаотический, непредсказуемый (внутри области аттрактора) характер. Полностью детерминированная, с точки зрения традиционных представлений, система тем не менее порождает индетерминированный, хаотический процесс. И самое интересное, что в природе обнаружены явления, моделировать которые можно только с помощью указанного типа аттракторов. Причем явления такого рода наблюдаются отнюдь не только в экзотических областях физической реальности, вроде микро- или мегамира, но и на масштабах, соразмерных масштабу человека. Например, изменения погоды, как правило, моделируются именно странными аттракторами, которые в фазовом пространстве изображают смену состояний метеорологического объекта.

Однако не следует забывать, что странный аттрактор — это именно область в фазовом пространстве, а не все пространство в целом. И это не точка в пространстве, символизирующая стационарное состояние равновесия системы, и не замкнутая кривая, описывающая режим устойчивых колебаний, а область, внутри которой по ограниченному спектру состояний блуждает с определенной вероятностью реальное состояние системы. Поскольку же такая область ограничена (а значит в какой-то степени предсказуема) и поскольку возможны отнюдь не какие угодно состояния, постольку имеет смысл говорить о наличии здесь элементов детерминизма. Несмотря на то, что мы переходим в сферу вероятностного поведения объекта, вероятность в данном случае не как угодно произвольна — что говорит о необходимости сохранения представлений о детерминизме (пусть и модифицированных). Иными словами, здесь надо четко указать, в каком смысле детерминизм исчез. Детерминизм, утверждающий, что состояния исследуемого объекта будут строго находиться в данной области фазового пространства, — такой детерминизм остался.

Тем не менее, как Вы только что отметили, образ странного аттрактора явился сокрушающим для многих классических представлений, привнося в мир макромасштабных объектов дух неопределенности, присутствующий в квантовой механике.

Да, это так. Еще более разрушительным для классики является утверждение В.И. Арнольда о существовании комет, поведение которых носит стохастический характер и определяется странным аттрактором, т.е. оно неустойчиво настолько, что их траекторию нельзя предсказать. И это действительно крайне важный тезис: на макроуровне имеют место явления, принципиально не укладывающиеся в рамки жесткого детерминизма. Но это, я повторяю, не означает, что детерминизм в принципе неверен и должен быть полностью отброшен, как может показаться по прочтении статьи. Вообще, по-видимому, любые повороты и перевороты в мышлении не могут сопровождаться полным отбрасыванием каких-либо представлений, присутствовавших в прошлом: что-то сохраняется, что-то оставляется вне поля зрения, а что-то перетолковывается, и именно перетолковывание, переинтерпретация наработанного материала в русле новых теоретических представлений (которые, кстати, могут иметь своим источником ранее отброшенные концепции) составляют суть концептуальных сдвигов, позволяющих говорить о переходе от одного уровня понимания к другому. Поэтому, когда Пригожий не считает нужным подчеркнуть, что странный аттрактор — это именно область, а делает акцент только на вероятностном поведении, то здесь, на мой взгляд, у читателя может возникнуть ложное представление, будто все, что было сделано раньше, теперь неверно или, как говорит Пригожин, цитируя сэра Джеймса Лайтхила, было "введением широкой общественности в заблуждение".

Но тогда в чем суть нестабильности и какова, на Ваш взгляд, ее роль в современной научной картине мира?

В трактовке сути самой нестабильности я согласен с Пригожиным. Зримый образ нестабильности — состояние маятника, когда груз находится в верхней точке. По сути — это неустойчивость объекта по отношению к малым возмущениям. Раньше, в классических подходах, малые возмущения просто не рассматривались. Сегодня оказалось, что малые возмущения и флюктуация на микроуровне влияют на макромасштабное поведение объекта. Конечно же, такого рода влияния действительны отнюдь не всегда, но лишь в определенных условиях. Примером таких условий может быть наличие положительных обратных связей в системе, — эти связи играют гигантскую роль в различных областях, от кибернетики до социологии. Так, всякий рост социальной напряженности, да и революции — это проявления положительных обратных связей.

Я хотел бы пояснить роль малых флюктуаций на примере из той области физических исследований, которая является предметом моего профессионального интереса. Я занимаюсь исследованием процессов самоорганизации устойчивых структур в нелинейных горящих средах, т.е. пытаюсь вместе со своими коллегами выявить механизмы локализации тепла. Как известно, существенную роль в подобных средах играют диссипативные процессы, размывающие любую возникающую неоднородность. Поэтому здесь полагалось немислимое образование чего-либо устойчивого, способного существовать в течение достаточно длительного промежутка времени. Однако последние исследования в этой области, проведенные

большей частью с привлечением мощных электронно-вычислительных средств, показали, что в некоторых случаях малое возмущение вместо того, чтобы загаситься за счет действия диссипативных процессов, неимоверно разрастается, захватывая обширные области пространства. Это поразительное явление. Представьте себе сплошную открытую среду, т.е. среду, обладающую источниками и стоками энергии. Такая среда однородна и в некоем смысле совершенна. Но через некоторое время, именно из-за своей открытости и нелинейного характера источников и стоков энергии (приход и расход энергии или вещества описываются с помощью нелинейных дифференциальных уравнений), на ней начинают возникать динамические структуры определенной конфигурации. Удивительная вещь: непрерывная однородная среда самоорганизуется, распадается на дискретные структуры, и при этом обнаруживаются механизмы самоорганизации, останавливающие разрушительное действие диффузионных процессов, а кроме того следует подчеркнуть, что источники и стоки энергии находятся в каждой точке этой среды, т.е. каждая точка излучает и поглощает энергию.

Далее, возникшие структуры развиваются в режиме с обострением. Это означает, что за конечное время параметр, характеризующий состояние системы — температура — должен достигнуть бесконечной величины. Однако в реальном мире подобное произойти не может, и объясняется это тем, что вблизи точки обострения структура теряет устойчивость, и в действие опять вступают малые флуктуации, теперь способствующие уже распаду структуры.

Таким образом, неустойчивость как бы пронизывает мироздание сверху донизу, обеспечивая на разных уровнях разный ход событий?

Совершенно верно. В одном случае, когда среда однородна, неустойчивость к малым флуктуациям ведет к образованию сложных структур, в другом — к их разрушению. Причем физическим обеспечением неустойчивости выступает всегда присутствующий на микроуровне хаос. Хаос, по словам Пригожина, ставшим уже почти поговоркой, порождает порядок. Причем порядок, который выражается еще и в том, что возникать могут не какие угодно структуры, а лишь их определенный набор, задаваемый собственными функциями среды. Последние описывают идеальные формы реально возможных образований и являются аттракторами, к которым только и может эволюционировать рассматриваемый объект.

В отличие от классической термодинамики, где имелся лишь один конечный пункт эволюционирования — термодинамическое равновесие, здесь возможно множество путей развития, но опять же: не какое угодно их число, а строго определенное. И в этом плане хотелось бы сделать еще одно замечание по поводу статьи Пригожина: о неединственности путей развития автор говорит, однако совершенно опускается момент их строгой количественной заданности, а следовательно, если вернуться к предыдущим нашим рассуждениям, он опять проходит мимо некой предопределенности или детерминированности, несущей с собой своеобразные правила запрета и налагающей весьма жесткие ограничения на способы существования природных объектов. Те объекты, которые в силу обстоятельств оказались на

запрещенном пути эволюционирования, либо распадутся, погибнут, либо перейдут на допустимый путь и будут двигаться по направлению к соответствующему аттрактору. Здесь можно увидеть аналогию с борьбой за существование или с морфогенезом. Саморазвитие, усложнение среды происходит за счет уничтожения, изъятия запрещенных, т.е. нежизнеспособных форм. При этом следует отметить, что в моменты перехода от одного пути к другому — в точках бифуркации — также решающую роль играют малые возмущения, в этих точках также проявляется неустойчивость и нестабильность.

Таким образом, мы видим, сколь сложным путем включается нестабильность в современное понимание природы, не отменяя при этом некоторых элементов детерминизма, — детерминизма, вступающего, если угодно, в нетривиальные отношения со свободой выбора. И я согласен с Пригожиным, что сегодня наблюдается смыкание проблем, касающихся неживой природы, с вопросами, поднимаемыми в области социологии, психологии, этики, где сознательный выбор, определение верной установки к действию являются предметами специального исследования.

Иными словами, введенное таким образом представление о нестабильности, подразумевающее помимо всего прочего многовариантность путей эволюции природных и не только природных объектов, позволяет говорить о внутренних тенденциях, присущих тому или иному фрагменту реальности, о наличии в последнем некоего внутреннего измерения?

Да, причем признание подобных тенденций ведет к переосмыслению также и отношения к миру. В этом случае окончательно разрушается образ Великого Администратора, направляющего движение каждого атома по заданной траектории. Достаточно лишь возбудить действие внутренних тенденций, и природа сама построит необходимую структуру. Нужно только знать потенциальные возможности данной природной среды и способы их стимуляции. Я согласен с Пригожиным, что на человека налагается ответственность за выбор того или иного пути развития. Человек, зная механизмы самоорганизации, может сознательно ввести в среду соответствующую флуктуацию, — если можно так выразиться, уколоть среду в нужных местах и тем самым направить ее движение. Но направить, опять же, не куда угодно, а в соответствии с потенциальными возможностями самой среды. Свобода выбора есть, но сам выбор ограничен возможностями объекта, поскольку объект является не пассивным, инертным материалом, а обладает, если угодно, собственной "свободой".

Мне кажется. Пригожий, с одной стороны, преувеличивает возможности свободного человеческого действия, а с другой — мирится с бессилием человека в предсказании будущих событий. Подобная амбивалентность текста статьи, его некая расплывчатость, что, конечно, обусловлено и краткостью изложения, может вызвать искаженное представление у читателя о том, к каким мировоззренческим выводам приводят исследования в области самоорганизации, а ключевое для данной темы понятие — понятие неустойчивости — может предстать в одностороннем виде.

То же самое можно сказать и о рассуждениях Пригожина по поводу краха материализма и редукционизма.

Тем не менее, сам пафос статьи, посвященной вопросу: "Почему сегодня говорят о нестабильности?", не может не заставить задуматься. Действительно, согласно нашим представлениям, все сложные структуры в мире должны быть нестабильными, носить, например, колебательный характер. В одном режиме они локализуют и удерживают хаос в определенной форме, а в другом— вблизи момента обострения — само это удержание посредством положительной обратной связи способствует действию хаоса, что влечет за собой статистическое поведение системы и ее "радиоактивный" распад. Причем описанный механизм удивительно напоминает древние натурфилософские построения. Тут можно вспомнить и круги возрождений древних индусов, и цикличность эволюции мироздания Эмпедокла, и многое другое. Сопоставление этих учений с современными теоретическими представлениями могло бы иметь эвристическую ценность для дальнейших разработок в теории самоорганизации.

*Беседу вел Я. И. Свирский*

---

[1] Здесь, видимо, уместно привести одно из высказываний по этому поводу самого Лейбница: "Я не говорю, что телесный мир — это машина или часовой механизм, работающий без вмешательства Бога; я достаточно подчеркиваю, что творения нуждаются в непрерывном его влиянии. Моё утверждение заключается в том, что это часовой механизм, который работает, не нуждаясь в *исправлении* его Богом; в противном случае пришлось бы сказать, что Бог в чем-то изменил свои решения. Бог все предвидел, обо всем заранее позаботился" (Лейбниц. Соч., т. I, 1982, с. 436). — *Прим. перев.*