

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

Физический факультет

Кафедра общей и молекулярной физики

Термодинамика нелинейных биологических процессов. Переход к хаосу

Хрестоматия

Екатеринбург

2008

1. Роль энтропии как меры хаоса. Знаменитое второе начало (закон) термодинамики в формулировке немецкого физика Р. Клаузиуса звучит так: «Теплота не переходит самопроизвольно от холодного тела к более горячему». Закон сохранения и превращения энергии (первое начало термодинамики), в принципе, не запрещает такого перехода, лишь бы количество энергии сохранялось в прежнем объеме. Но в реальности это никогда не происходит. Данную односторонность, однонаправленность перераспределения энергии в замкнутых системах и подчеркивает второе начало термодинамики.

Для отражения этого процесса в термодинамику было введено новое понятие - «энтропия». Под энтропией стали понижать меру беспорядка системы. Более точная формулировка второго начала термодинамики приняла такой вид: при самопроизвольных процессах в системах, имеющих постоянную энергию, энтропия всегда возрастает. Физический смысл возрастания энтропии сводится к тому, что состоящая из некоторого множества частиц изолированная (с постоянной энергией) система стремится перейти в состояние с наименьшей упорядоченностью движения частиц. Это и есть наиболее простое состояние системы, или термодинамическое равновесие, при котором движение частиц хаотично. Максимальная энтропия означает полное термодинамическое равновесие, что эквивалентно хаосу.

2. В физической картине мира до 70-х годов XX века царствовали два закона классической термодинамики. Первый закон термодинамики (закон сохранения и превращения энергии) фиксировал всеобщее постоянство и превращаемость энергии. Закон констатировал, что в замкнутой системе тел нельзя ни увеличить, ни уменьшить общее количество энергии. Этот закон утверждал независимость такого изменения энергии от уровня организации животного, человека, общества и техники. Второй закон термодинамики выражает направленность перехода энергии, именно переход теплоты от более нагретых тел к менее нагретым. Иногда этот закон формулируют так: тепло не может перетечь самопроизвольно от холодного тела к горячему. Этому могут способствовать только затраты дополнительной работы.

В соответствии с классическими физическими представлениями в замкнутой системе происходит выравнивание температур, система стремится к своему термодинамическому равновесию, порядку, соответствующему максимуму энтропии. В физической картине мира принцип возрастания энтропии соответствует одностороннему течению явлений, т. е. в направлении хаоса, беспорядка и дезорганизации. Один из основателей классической термодинамики Р. Клаузиус в своей попытке распространить законы термодинамики на Вселенную пришел к выводу: энтропия Вселенной всегда возрастает. Если принять этот постулат как реальный факт, то во Вселенной неизбежно наступит тепловая смерть. С тех пор, как физика открыла этот процесс рассеивания, деградации энергии, люди чувствовали «понижение теплоты вокруг себя». Многие ученые не соглашались с выводами Клаузиуса. В. И. Вернадский утверждал, что «жизнь не укладывается в рамки энтропии». В природе наряду с энтропийными процессами происходят и антиэнтропийные процессы. Многие ученые высказывали сомнение по поводу распространения второго закона термодинамики на всю Вселенную. Но в мире, как мы знаем, не только господствует тяга к тепловой или другой смерти. В мире постоянно идет процесс возникновения нового, эволюции и развития разного рода систем. Согласно эволюционной теории Дарвина, живая природа развивается в направлении усовершенствования и усложнения всё новых видов растений и животных. В обществе наблюдается процесс социального творчества, т. е. созидания нового. Спрашивается, как из всеобщей тенденции к энтропии, дезорганизации может появиться «порядок» в живой природе и социуме. Возникновение нового казалось невероятным чудом.

Ответить на вопрос, как происходит эволюция и возникновение в природе, как происходит организация порядка из хаоса, «решила» новая наука синергетика (совместно с новой неравновесной термодинамикой, теорией открытых систем).

Классическая термодинамика в своем анализе систем отвлекалась от их сложности и проблем взаимосвязи с внешней средой. По существу, она

рассматривала изолированные, закрытые системы. Но в мире есть и открытые системы, которые обмениваются веществом, энергией информацией со средой. В открытых системах тоже возникает энтропия, происходят необратимые процессы, но за счет получения материальных ресурсов, энергии и информации система сохраняется, а энтропию выводит в окружающую среду. Открытые системы характеризуются неравновесной структурой. Неравновесность связана с адаптацией к внешней среде (система вынуждена изменять свою структуру), система может претерпевать много различных состояний неопределенность и т. д. Переход от термодинамики равновесных процессов, к анализу открытых систем ознаменовал крупный поворот в науке, многих отраслях научных знаний. В открытых системах обнаружен эффект самоорганизации, эффект движения от хаоса к порядку.

3. Однако, исходя из теории изменений Пригожина, энтропия - не просто безостановочное соскальзывание системы к состоянию, лишенному какой бы то ни было организации. При определенных условиях энтропия становится прародительницей порядка. Идеи Брюссельской школы, существенно опирающиеся на работы Пригожина, образуют новую, всеобъемлющую теорию изменений. В сильно упрощенном виде суть этой теории сводится к следующему. Некоторые части Вселенной действительно могут действовать как механизмы. Таковы замкнутые системы, но они в лучшем случае составляют лишь малую долю физической Вселенной. Большинство же систем, представляющих для нас интерес, открыты - они обмениваются энергией или веществом (можно было бы добавить: и информацией) с окружающей средой. К числу открытых систем, без сомнения, принадлежат биологические и социальные системы, а это означает, что любая попытка понять их в рамках механической модели заведомо обречена на провал.

Кроме того, открытый характер подавляющего большинства систем во Вселенной наводит на мысль о том, что реальность отнюдь не является ареной, на которой господствует порядок, стабильность и равновесие: главенст-

вующую роль в окружающем нас мире играют неустойчивость и неравновесность.

Если воспользоваться терминологией Пригожина, то можно сказать, что все системы содержат подсистемы, которые непрерывно флуктуируют. Иногда отдельная флуктуация или комбинация флуктуацией может стать (в результате положительной обратной связи) настолько сильной, что существовавшая прежде организация не выдержит и разрушится. В этот переломный момент (который авторы книги называют особой точкой или точкой бифуркации) принципиально невозможно предсказать, в каком направлении будет происходить дальнейшее развитие: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и более высокий уровень упорядоченности или организации, который авторы называют диссипативной структурой. (Физические или химические структуры такого рода получили название диссипативных потому, что для их поддержания требуется больше энергии, чем для поддержания более простых структур, на смену которым они приходят).

Один из ключевых моментов в острых дискуссиях, развернувшихся вокруг понятия диссипативной структуры, связан с тем, что Пригожин подчеркивает возможность спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации.

Обобщая, мы можем утверждать, что в состояниях, далеких от равновесия, очень слабые возмущения, или флуктуации, могут усиливаться до гигантских волн, разрушающих сложившуюся структуру, а это проливает свет на всевозможные процессы качественного или резкого (не постепенного, не эволюционного) изменения. Факты, обнаруженные и понятые в результате изучения сильно неравновесных состояний и нелинейных процессов, в сочетании с достаточно сложными системами, наделенными обратными связями, привели к созданию совершенно нового подхода, позволяющего установить связь фундаментальных наук с «периферийными» науками о жизни и, возможно, даже понять некоторые социальные процессы.

4. ПОРЯДОК И ХАОС. Немецкий физик Герман Хакен термином «синергетика» предложил обозначить совокупный, коллективный эффект взаимодействия большого числа подсистем, приводящих к образованию устойчивых структур и самоорганизации в сложных системах. Конечно, феномен перехода от хаоса к порядку, упорядочения ученые знали и до этого. В качестве примеров организации порядка из хаоса в неживой природе можно привести авторегуляцию, принцип наименьшего действия и принцип Ле-Шателье. Было открыто самопроизвольное образование на Земле минералов с более сложной кристаллической решеткой. В химии известны процессы, приводящие к образованию устойчивых структур во времени. Примером является реакция Белоусова-Жаботинского, где раствор периодически меняет свой цвет от красного к синему в зависимости от концентрации соответствующих ионов.

В физике явления самоорганизации встречаются от атомных объектов и кончая галактическими системами. Появление лазера - организация порядка из хаоса. Атомы, внедренные в лазер, могут возбуждаться действием энергии извне, например, путем освещения. Если внешняя энергия недостаточна, лазер работает как радиолампа. Когда же она достигает мощности лазерной генерации, атомы, ранее испускавшие волны хаотично и независимо, начинают излучать один громадный цуг волн длиной около 300 000 км. Выделяя при этом очень большую энергию, передаваемую на большие расстояния. Атомная антенна начинает резонировать, все атомы начинают излучать согласованно, и волны совершают как бы одно коллективное движение.

Биологические и социальные системы поддерживают упорядоченные состояния, несмотря на возмущающие влияния окружающей среды. Синергетика исследует особые состояния систем в области их неустойчивого состояния, способность к самоорганизации, точки бифуркации (переходные моменты, переломные точки). Синергетические закономерности Как же синергетика объясняет процесс движения от хаоса к порядку, процесс самоорганизации, возникновения нового»?

1. Для этого система должна быть открытой, и от точки термодинамического равновесия. По мнению Стенгерс, большинство систем открыты -- они обмениваются энергией, веществом информацией с окружающей средой. Главенствующую роль в окружающем мире играет не порядок, стабильность и равновесие, а неустойчивость и неравновесность, от есть непрерывно флуктуируют.
2. Фундаментальным условием самоорганизации служит возникновение и усиление порядка через флуктуации.
3. В особой точке бифуркации флуктуация достигает такой силы, что организации системы не выдерживает и разрушается, и принципиально невозможно предсказать: станет ли состояние системы хаотичным или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности. В точке бифуркации система может начать развитие в новом направлении, изменить свое поведение. Под точкой бифуркации понимается состояние рассматриваемой системы, после которого возможно некоторое множество вариантов ее дальнейшего развития. Примером бифуркаций могут служить «выбор спутника жизни», " ситуации выбора учебного заведения». Наглядный образ бифуркации дает картина В. М. Васнецова «Рыцарь на распутье».
4. Новые структуры, возникающие в результате эффекта взаимодействия многих систем, называются диссипативными, потому что для их поддержания требуется больше энергии, чем для поддержания более простых, на смену которым они приходят. В точке бифуркации система встает на новый путь развития. Те траектории или направления, по которым возможно развитие системы после точки бифуркации и которое отличается от других относительной устойчивостью, иными словами, является более реальным, называется аттрактором. Аттрактор- это относительно устойчивое состояние системы, притягивающее к себе множество «линий» развития, возможных после точки бифуркации. Случайность и необходимость взаимно дополняют друга в процессе возникновения нового.

5. Диссипативные структуры существуют лишь постольку, поскольку система рассеивает энергию, а, следовательно производит энтропию. Из энтропии возникает порядок с увеличением общей энтропии. Таким образом, энтропия не просто соскальзывает системы к дезорганизации, она становится прародительницей порядка, нового. Так из хаоса (неустойчивости) в соответствии с определенной информационной матрицей рождается Космос.

ХАРАКТЕРИСТИКИ (АТТРИБУТЫ) ПОРЯДКА И ХАОСА

Говоря о методологической и исторической судьбе понятий "хаос" и "порядок", мы можем отметить следующий парадокс: являясь наиболее древними обобщающими первообразами, матрицами мироописания, известными еще со времен мифов и космогонии, и находя впоследствии применение в самых разных науках, эти понятия, тем не менее, так и не обрели до сих пор своей терминологической четкости. Специфика и объемы этих понятий не были строго определены ни в одной из использующих их наук (к примеру, в современной физике используются более десяти характеристик хаоса: молекулярный хаос, термодинамический хаос, диффузный хаос, диссипативный хаос, детерминированный хаос, турбулентный хаос и др). До сих пор не ясны границы применимости этих понятий и специфика их "преломления" при переходе из одних познавательных сфер в другие. В настоящее время это, скорее, даже не понятие, а некие понятийные пространства, где сопрягаются и пересекаются интуитивные представления, культурно-смысловые контексты, конкретно-научные интерпретации и их философское осмысление.

Можно сказать, что в истории науки речь шла не об изучении феноменов хаоса и порядка как таковых, а об исследовании отдельных атрибутивных характеристик этих феноменов. Так, в естественнонаучном плане (в первую очередь, в термодинамике) соотношение хаоса и порядка определялось и измерялось ростом энтропии как показателем раз упорядоченности. Другими научными направлениями, проявляющими особый интерес к проблемам хаоса и порядка, были социология и общенаучные концепции (кибернетика, общая теория систем), в которых хаос и порядок сопрягались с развитием соци-

альных систем разного уровня. Именно благодаря последним двум направлениям (аккумулирующим в своем методологическом становлении наработки современного им уровня естествознания) сложилась целая система понятийных антиномий, в рамках которых определялись основные параметры (атрибуты) порядка как организации: равновесность - неравновесность, открытие - закрытие системы, устойчивость - неустойчивость, динамика - гомеостаз, единообразие -разнообразие, симметрия - асимметрия, линейность - нелинейность, актуализация потенциальность, предсказуемость - непредсказуемость.

Исследуя эволюцию этих научных направлений, мы выявили в ней определенную тенденцию - тенденцию смены теоретических моделей образов порядка. Первая модель равновесного классического порядка (где доминирующими атрибутами упорядочения выступают устойчивость, стационарные состояния, гомеостаз, предсказуемость) представлена в классической социологии, классической кибернетике и системном подходе. Вторая модель неравновесного (неклассического) порядка, где доминирующими атрибутами упорядочения являются неустойчивость, изменчивость, непредсказуемость, связана с появлением более поздних концепций энтропийно-информационного подхода, кибернетики второго порядка, теории социальной энтропии, новейших системных теорий.

Однако в результате перечисленных теоретических разработок сложились крайне противоречивые, порой взаимоисключающие представления о характере порядка в сложных системах и о роли хаоса в процессе порядкообразования. Назовем лишь несколько вопросов, которые возникают при знакомстве с различными позициями:

Что является условием формирования порядка - открытость системы потоку внешних воздействий (флуктуации как проявлений хаоса) или, наоборот, умение системы эти воздействия (флуктуации) подавлять, бороться с ними. избавляя себя от изменений и потрясений?

Является ли однородность элементов системы, в том числе социальной, атрибутом порядка или таковая ведет к дезорганизации и хаосу (как это следует из термодинамики)? И может быть, в таком случае структурное разнообразие есть гарант устойчивости и, следовательно, более сложного и надежного порядка?

Можно ли отождествить порядок с устойчивостью (гомеостазом) системы или динамические изменения ее структуры есть залог ее жизнедеятельности? Достаточно ли для решения этого вопроса введения системного понятия текущего равновесия, которое фиксирует сохранение постоянства системы в процессе непрерывного обмена и движения составляющих ее элементов?

Если интуитивно образ порядка связан с такими характеристиками, как симметрия и однородность элементов системы, то почему процесс порядкообразования описывается как нарушение симметрии и установление неоднородности?

Почему и при каких условиях в ходе процесса упорядочения происходит своего рода "переключение режимов": нелинейная система начинает вести себя как линейная или, например, в открытых системах начинают происходить процессы, сходные с процессами внутри закрытых систем, связанные с возрастанием энтропии (ростом хаоса)?

Где границы устойчивости в зоне неустойчивости и что может быть определено для системы как критическое состояние и, следовательно, где границы управляемости системой, предсказуемости ее поведения, что имеет особое значение для социальных систем?

Эти и другие вопросы - не просто плод поиска вдумчивым читателем логических противоречий в литературе по проблемам порядка и хаоса, они значат собой необходимость и преддверие глобального методологического синтеза в этой исследовательской области - синтеза, способного примирить данные логические противоречия в рамках единой, целостной объяснительной модели.

Такую модель мы находим в синергетике - молодом научном направлении, представляющем междисциплинарную универсальную теорию самоорганизации процессов самой различной природы. Возникшая на стыке физики, химии, биологии, астрофизики и других естественных наук и вобравшая в себя общенаучные системные идеи, синергетическая модель самоорганизации является на сегодняшний день наиболее обобщающей и наиболее эвристически плодотворной объяснительной моделью, описывающей взаимопереходы порядка и хаоса в эволюции систем, в том числе и социальных

СИНЕРГЕТИКА

Наука о сложном.

В конце XX века все большее развитие получает *синергетика* -- наука о сложном, о том, как в хаосе устанавливается определенный порядок, который, однако, рано или поздно разрушается.

Синергетика - междисциплинарное направление научных исследований, возникшее в начале 70-х г.г. и ставящее в качестве своей основной задачи познание общих закономерностей и принципов, лежащих в основе процессов самоорганизации в системах самой разной природы: физических, химических, биологических, технических, экономических, социальных.

Под самоорганизацией в синергетике понимаются процессы возникновения макроскопически упорядоченных пространственно временных структур в сложных нелинейных системах. Система под воздействием самых незначительных возмущений, или флуктуаций, может резко изменить свое состояние. Этот переход часто характеризуют как возникновение порядка из хаоса.

Интересно, что как в установлении, так и в разрушении порядка огромную роль играют маленькие воздействия (флуктуации). Благодаря этим воздействиям система в одних случаях приобретает упорядоченность, в других эта упорядоченность, исчерпав себя, разрушается, при этом система попадает в состояние неустойчивости. Смена режимов устойчивости и неустойчивости происходит в системах, где есть подвод вещества, энергии и информации. До развития синергетики наука рассматривала отдельно хаос и порядок,

причем основное внимание уделялось имен-но порядку, ибо его можно описать относительно простыми математическими уравнениями. Синергетика выявляет пути зарождения в хаосе порядка, его поддержания и распада.

Представьте себе нагрев воды в кастрюле. За счет подвода энергии вода начинает нагреваться, появляются пузырьки воздуха в воде. А возникают они на случайных местах, в силу случайностей. Но если пузырек образовался, то в уже достаточно нагретой воде он увеличивается в размерах и поднимается к поверхности воды, где лопается. При нагревании воды хаотичность движения ее молекул возрастает, но именно в этом хаосе устанавливается порядок, развивается история капель, наполненных водяными парами.

Нечто аналогичное происходит в товарно-денежных отношениях. Здесь хаос -- это рынок. Одни продают, другие покупают, при этом разброс чувств, мнений огромен. Но в хаосе рынка устанавливаются определенные закономерные отношения, которые изучает экономика как наука.

Сложной системой с хаосом и порядком является любой естественный язык. Филологи хорошо знают, что грамматические закономерности возникают случайным образом, одни случайно-сти «вымирают», а другие, наоборот, приобретают все новых сторонников. Язык -- это шум, хаос, в котором есть порядок.

Исходя из успехов синергетики ученые объясняют возникновение и развитие упорядоченных систем перестройкой хаоса. Все возникает из хаоса. Поскольку система «забывает» свои прошлые состояния, то неизвестно, что было до хаоса и в принципе это невозможно узнать.

Предмет же синергетики охватывает все этапы универсального процесса самоорганизации как процесса эволюции порядка - его возникновения, развития, самоусложнения и разрушения, т.е. весь цикл развития системы в аспекте ее структурного упорядочения. Иными словами, синергетику можно считать наиболее полной, интегральной теорией порядка и хаоса потому, что она исследует различные фазы (уровни) порядка и проявления различной роли хаоса на этих этапах порядкаобразования.

Методологическое преимущество синергетики, по сравнению с упомянутыми нами ранее теориями, заключается в том, что последние анализируют процессы упорядочения и организации под специфическим исследовательским углом зрения (доминирующим гештальтом). Так, например, классическая социология и кибернетика акцентируют свое внимание преимущественно на проблемах устойчивости и равновесности систем, а значит - их управляемости; теория социальной энтропии - на роли неравновесности в формировании социального порядка; системный подход - на условиях сохранения целостности системы и ее адаптивных способностях при изменении окружающей среды. Предмет же синергетики охватывает все этапы универсального процесса самоорганизации как процесса эволюции порядка - его возникновения, развития, самоусложнения и разрушения, т.е. весь цикл развития системы в аспекте ее структурного упорядочения. Иными словами, синергетику можно считать наиболее полной, интегральной теорией порядка и хаоса потому, что она исследует различные фазы (уровни) порядка и проявления различной роли хаоса на этих этапах порядкаобразования.

Порядок и хаос: механизм перехода (самоорганизация)

Первый вопрос, который возникает при изучении закономерностей самоорганизации, состоит в том, как она совершается. Богатейший опыт социального развития на протяжении нескольких тысячелетий однозначно свидетельствует в пользу того, что социальная самоорганизация выступает как чередование двух исключаящих друг друга процессов - иерархизации и деиерархизации. Иерархизация представляет собой последовательное объединение элементарных диссипативных структур в диссипативные структуры более высокого порядка; деиерархизация -- последовательный распад сложных диссипативных структур на более простые. Практически это проявляется, в частности, в периодическом образовании грандиозных империй и их последующем катастрофическом распаде. Однако подобная картина наблюдается не только в сфере политических, но и любых других социальных институтов.

В сфере политической жизни этот процесс выглядит более драматически и поэтому привлекает к себе особое внимание.

Более углубленный анализ этих процессов показывает, что они могут протекать в разных направлениях: диссипативные структуры могут объединяться в разной последовательности и по разным правилам, в результате чего могут возникать иерархические системы разного типа. Аналогичная картина наблюдается и в случае деиерархизации: сложная диссипативная структура может распадаться на более простые разными способами, в результате чего в роли элементарных структур также могут выступать диссипативные структуры разного типа.

Тем не менее, спектр направлений, в которых может протекать иерархизация или деиерархизация, отнюдь не произволен: он задается природой той системы, которая претерпевает указанную эволюцию, и характером внешней среды. Другими словами, он определяется бифуркацией - разветвлением старого качества на конечное множество вполне определенных потенциально новых качеств. Это так называемая нелинейность первого рода, которая придает процессу самоорганизации с самого начала неоднозначный ("стохастический") характер. Переход социальной системы от одного состояния к другому требует выбора из множества возможных новых структур какой-то одной. Поэтому на место традиционного динамического детерминизма (в духе П. Далласа) приходит существенно новый "стохастический" или вероятностный детерминизм (цепочка бифуркаций и последовательность актов выбора).

Картина самоорганизации этим не ограничивается. Цепочка бифуркаций может не только увести самоорганизующуюся систему от исходного состояния, но и вернуть ее в это состояние. Для конкретной системы, взаимодействующей с конкретной средой, существует свой аттрактор - предельное состояние, достигнув которого, система уже не может вернуться ни в одно из прежних состояний. В существовании аттракторов легко убедиться, наблюдая как иерархизацию, так и деиерархизацию. Процесс иерархизации в условиях взаимодействия с внешней средой не может продолжаться бесконечно: достигнув

некоторого предельного состояния ("простой аттрактор"), он останавливается. То же самое происходит и с процессом деиерархизации: распад системы заканчивается, достигнув некоторого предельного состояния ("странный аттрактор").

С этой точки зрения диссипативная структура претерпевает множество бифуркаций, как бы балансируя между простыми и странными аттракторами. Если за исходную систему отсчета принять состояние, в котором реальность подвергается не иерархизации, а деиерархизации, то процесс самоорганизации примет форму чередования дифференциации и интеграции социальной реальности.

Социальная синергетика как постмодернистская философия истории

Социальная синергетика исследует общие закономерности социальной самоорганизации, т.е. взаимоотношений социального порядка и социального хаоса. В первом приближении эти понятия могут быть определены следующим образом. Под "порядком" обычно подразумевается множество элементов любой природы, между которыми существуют устойчивые ("регулярные") отношения, повторяющиеся в пространстве или во времени, или в том и другом. Соответственно "хаосом" обычно называют множество элементов, между которыми нет устойчивых (повторяющихся) отношений. Поскольку самоорганизация есть качественное и притом структурное изменение некоторой объективной реальности, постольку синергетика является теорией развития. Однако такое утверждение требует существенного обновления самого понятия "развитие".

Традиционная теория (диалектическая концепция Г. Гегеля и К. Маркса) рассматривала развитие как процесс перехода от одного порядка к другому. Хаос при этом или вообще не учитывался, или рассматривался как некий побочный и потому несущественный продукт закономерного перехода от порядка одного типа к порядку другого (обычно более сложного) типа. Для синергетики же характерно представление о хаосе как о таком же закономерном этапе развития, что и порядок. Причем, в отличие от древних наивных

представлений о рождении "космоса" (порядка) из первичного хаоса и о последующем превращении этого "космоса" снова в хаос, синергетика рассматривает процесс развития как закономерное и притом многократное чередование порядка и хаоса (так называемый детерминированный хаос [1]). Любопытно, что в грандиозной гегелевской системе полярных категорий, образующих многочисленные антиномии, есть все что угодно, кроме одного - антиномии порядка и хаоса. Великий диалектик как бы потерял ее. И не случайно: это отражало состояние науки и философии того времени. Поэтому синергетика никоим образом не является простым переводом старой теории развития на новый язык, а представляет собой ее далеко идущее развитие и обобщение.

Подобно тому как различают статический (повторение только в пространстве) и динамический (повторение во времени) порядок, можно различить также статический (беспорядок в пространстве) и динамический (беспорядок во времени) хаос.

Синергетическая концепция хаоса существенно отличается и от интерпретаций этого понятия, которые абсолютизируют хаос (современный деконструктивизм): если развитие есть закономерное чередование порядка и хаоса, то это значит, что хаос обладает, вообще говоря, творческой силой (способностью) рождать новый порядок. При этом существенно, что с синергетической точки зрения рождение нового порядка из хаоса не вынуждается какой-то внешней (по отношению к данной реальности) силой, а имеет спонтанный характер. Вот почему синергетика является теорией самоорганизации (а не организации).

Исследование проблемы взаимоотношений порядка и хаоса не сводится к изучению их взаимопереходов. Оно предполагает и анализ более тонкого и сложного вопроса: каким образом в результате таких переходов стирается само различие между этими аспектами реальности и осуществляется их синтез? Простейшая форма такого синтеза - понятие диссипативной структуры - концептуальный фундамент синергетики. В отличие от равновесной струк-

туры, диссипативная структура [2] может существовать лишь при условии постоянного обмена со средой, в общем случае веществом, энергией и информацией. Посредством этого обмена она поддерживает свою упорядоченность (говоря физическим языком, низкую энтропию) за счет усиления беспорядка во внешней среде (за счет, так сказать, сбрасывания избыточной энтропии во внешнюю среду). Таким образом, синтез порядка и хаоса в понятии диссипативной структуры имеет два аспекта: а) ее "порядок" существует лишь за счет "хаоса", вносимого в среду; б) благодаря своему "порядку" она приобретает способность адекватно реагировать на хаотические воздействия среды и этим сохранять свою устойчивость; в ее упорядоченном поведении появляются "хаотические" черты, но эти черты становятся необходимым условием ее "упорядоченного" существования.

Полный обмен веществом, энергией и информацией характерен только для очень сложных диссипативных структур, каковыми являются биологические и социальные структуры. Длительное время казалось, что в неживой природе возможно устойчивое существование только равновесных структур. Выдающимся открытием XX века было обнаружение диссипативных структур в неживой природе, существующих за счет обмена со средой веществом и энергией (гидродинамические ячейки Бенара, химические часы Белоусова и т.п.). Тем самым было найдено промежуточное звено между равновесными структурами и информационными диссипативными структурами, благодаря чему понятие диссипативной структуры приобрело общенаучный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, в синергетическом понимании не существует единого, раз и навсегда данного образа порядка. Порядок предстает как живой, развивающийся процесс - становящийся, но не ставший. Поэтому следует говорить о разных закономерностях и характеристиках (атрибутах) порядка и хаоса на разных этапах порядкаобразования - в период зарождения порядка и в период сохранения этого порядка.

Синергетическая интерпретация порядка как процесса позволяет примирить обозначенные нами противоречия в понимании порядка и хаоса, сложившиеся в науке к середине нашего столетия. Становится ясно, что перед нами не столько различные образы (модели) порядка, сколько взаимодополняющие характеристики различных фаз единого процесса порядкообразования.

Синтезирующая роль синергетической модели порядка как процесса проявилась также и в том, что в её контексте поновому прочитываются древние космогонические представления о порядке и хаосе, поскольку очевидны атрибутивные корреляции между ними и современными естественнонаучными характеристиками взаимосоотношений хаоса и порядка.

В мифологическом сознании миропорядок также предстает как процесс становления -космогенеза, рождения Космоса из Хаоса. Древний образ Небытия (первородного Хаоса) как бесформенного первоначала всех мировых структур порядка можно рассматривать как метафорический аналог современного понимания нелинейной среды, в которой в потенции в непроявленном виде содержится весь спектр возможных форм (структур-аттракторов эволюции).

Двойственная роль Хаоса по отношению к структурам порядка связана в древних воззрениях с пониманием "рождающей и поглощающей" природы Хаоса. Хождение героя (Бога) в глубины Хаоса во имя обновления созданного, но ослабевающего порядка есть прообраз амбивалентной синергетической трактовки хаоса. Говоря современным языком, речь идет, с одной стороны, об опасности энтропийного угасания созданной структуры, лишенной энергетической подпитки (разрушительная роль хаоса), с другой стороны - о роли хаоса как носителя новационных флуктуации (Хаос как сокровищница мудрости) и хаоса как формообразующей диссипативной силы (высвобождение героем созидательных сил Хаоса). Космогоническую идею о том, что Хаос никогда не исчезает и присутствует в порядке, можно интерпретировать в контексте синергетических идей о сосуществовании в созданных структурах макроскопической упорядоченности и микроскопической разупорядоченности.

Возникновение порядка античная мифологическая традиция связывала с понятием меры. Синергетика также утверждает, что порядок (сложная структура) возникает при критических значениях в зоне баланса (соразмерности) энтропийных и негэнтропийных тенденций и сам этот порядок есть своего рода компромисс (мера) между устойчивостью и неустойчивостью.

Космогоническое мировидение различает процессы, сопровождающие рождение порядка, и процессы, сопровождающие сохранение порядка. Первые связаны с напряжением, деструкцией, конфликтом, "враждой и распрей", которые сопровождают сам момент рождения Космоса из Хаоса; в однородном бесформенном Хаосе возникает неоднородность и дифференциация рождающихся первоэлементов (первостихий) мироздания. Вторые связаны с воссозданием гармонии, синхронизации процессов, космической "симпатии и любви", "содружеством Космоса самим с собой", что соответствует в синергетике состоянию системы, близкой к равновесию, слабо чувствительной к флуктуациям. Циклическое чередование этих тенденций в едином процессе космогенеза отражено в космогонических воззрениях Гераклита (идеи о диакосмезе и экипрозе) и Эмпедокла (круговорот Любви и Вражды в божественном Сфэросе), а также в древнекитайском учении о Дао как взаимочередовании космообразующих принципов Ян и Инь.

Синергетическая модель порядкаобразования, как интегративная и универсальная в современном мироописании, позволяет придать новую трактовку многим социальным процессам и феноменам, в частности, разрешить многовековую дилемму о характере социального порядка.

Те социальные процессы, которые в обыденном сознании отождествляются с беспорядком, деструкцией (усиление социальной неоднородности, экономической и политической дифференциации, борьба противоположных общественных сил, стремительная социальная динамика и т.п.), есть не исчезновение порядка, но, напротив, показатель тенденции зарождения нового порядка. Те же социальные процессы, которые обычно связывают с проявлениями социального порядка (рост социальной однородности, устойчивая социаль-

ная иерархия, централизм и авторитаризм, отсутствие кардинальных перемен и т.п.), есть не столько "вечный образ порядка", сколько временный этап сохранения порядка в социальной системе, который неизбежно уступит место следующему этапу исторического процесса социального порядкообразования.

Илья Пригожин, физикохимик по роду занятий, мыслитель по существу, русский по происхождению, франкоязычный бельгиец по культурной принадлежности — человек с чрезвычайно своеобразной интеллектуальной судьбой. Еще своеобразнее культурные последствия того, что он сделал. Его называют «современным Ньютоном», а сделанное им в науке признают основой возможной в будущем новой модели мироздания — третьей в европейское Новое время после моделей Ньютона и Эйнштейна.

Всю свою естественнонаучную жизнь он занимался неравновесной термодинамикой открытых систем - термодинамикой вдали от равновесия, которую он же, со своими брюссельскими коллегами, и создавал. Ему обязана существованием брюссельская школа термодинамики - крупнейшая в своей области; с нею - важный этап в становлении термодинамики необратимых процессов; одна из самых удачных, как говорят, математических моделей в теории самоорганизации и химических колебательных систем - так называемый брюсселятор. В 1977 году Пригожин получил Нобелевскую премию - за достижения сугубо химические: "за работы по термодинамике необратимых процессов и химических колебательных систем, особенно за теорию диссипативных структур". Он ввел само понятие "диссипативные структуры" (исходно - устойчивое упорядоченное неравновесное состояние системы, через которую проходят потоки энергии, массы и энтропии). И еще одно, настолько популярное в последние десятилетия, что оно как будто потеряло авторство: "самоорганизация".

Неравновесными процессами в открытых системах в ушедшем веке занимались многие: один из основателей общей теории систем Л. Берталанфи, Л. Онзагер, Л.И. Мандельштам, М.А. Леонтович, М. Эйген, создатель синергетики Г. Хакен... Но место Пригожина в этом ряду - особенное. Он перенес свои модели с физико-химических структур вещества на структуры вообще: можно, пожалуй, сказать - на структуры бытия: придал естественнонаучным суждениям статус онтологических. И это имело очень большое влияние далеко за пределами области его профессиональных занятий.

Книги Пригожина по неравновесной термодинамике - "Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой", "Время, хаос, квант: К решению парадокса времени" (обе - в соавторстве с И. Стенгерс), "От существующего к возникающему", "Конец определенности: Время, Хаос и новые законы природы" - выдержали не одно издание, с увлечением читаются непрофессионалами, включая и безнадежных гуманитариев, которых пугает самый вид формул. Названия их стали нарицательными, словесные обороты из них вошли в расхожий лексикон гуманитарных текстов, включая публицистику и повседневные разговоры. Узкоспециальная терминология быстро превратилась в элементы культурного языка, понимание которого уже как будто не требует знания ни химии, ни физики.

Издавался он много, в том числе по-русски, но ранние его книги - "Введение в термодинамику необратимых процессов", "Неравновесная статистическая механика", "Химическая термодинамика", "Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций" - не читались как мировоззренческие, философские, хотя там практически все для этого уже было. Только после 1977 года сам Пригожин приступил к осуществлению программы, конечной целью которой было изменить состав фундаментальных законов физики: включить в него необратимость и вероятность. Занявшись выяснением математических и физических оснований Времени (понятого как принцип бытия - потому мы и пишем его здесь с большой буквы), он поставил себе цель про-

следить эти основания до самых - естественнонаучно формулируемых - корней бытия. Так химик Пригожин стал превращаться в философа.

Перелом (для "массового" читателя) знаменовала в этом отношении книга Пригожина и Стенгерс "Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой", вышедшая во французском оригинале в 1979 году. По-русски первым изданием она вышла в 1986-м и стала интеллектуальным событием. Вот там-то и были заявлены претензии, по сути дела, на эпистемологическую революцию: на то, чтобы пересмотреть базовые принципы, установки, мыслительные привычки современной науки, восходящие, по меньшей мере, к Ньютону. Сформулировать такие законы природы, которые учитывали бы хаос, возникающий в неустойчивых динамических системах. А таких, по убеждению Пригожина, большинство.

Новый диалог, его онтология и этика

Фундаментальные характеристики мироздания, утверждает он - нестабильность, неравновесность, нелинейность, ни к чему простому не сводимая сложность. Классическое естествознание числило такие процессы по разряду отклонений, которыми следует пренебрегать при окончательном описании объектов. Пригожин увидел в них норму. Сложность первична; простота - частный случай. Разнообразие, множество вариантов возможного развития - первичны; единообразие и предсказуемость - частный случай. Перемены - закон; неизменность - преходяща. Обратимые процессы - частый случай: они происходят только в достаточно простых системах (в качестве примера Пригожин обыкновенно приводит маятник). Но большинство систем в природе - сложные, и процессы в них необратимы. Вся природа по существу - постоянное порождение новых форм, принципов, состояний; она сама - открытая динамическая система, которая "выбирает" свой дальнейший путь в точках бифуркации. Нельзя ни точно предсказать, что будет выбрано, ни вполне надежно это контролировать: в критические моменты все решает случай. При-

рода-система регулирует себя сама. И должны быть развиты сугубо научные, рациональные средства к тому, чтобы понять мир в таком качестве. Переход от Хаоса к Порядку поддается математическому моделированию; существует ограниченный набор моделей такого перехода - универсальных, которые работают на всех уровнях природного целого.

Пригожин предпринял радикальную ревизию коренных понятий европейского естествознания и мировосприятия вообще. Он предельно расширил понятие Природы, включив в него вообще все, в том числе и человека с его свободой, творчеством и их продуктами. С этих позиций он переосмыслил то, как человек должен себя вести по отношению к своему Большому Целому.

В пределах классического мировосприятия, говорит Пригожин, человек рассматривал природу как механизм и надеялся подчинить себе без остатка. Он же утверждает ее самовольность и самовластность. "Новый диалог" с ней, считает он, должен исключать принуждение и насилие. То есть управлять природой - и отдельными ее частями - в рамках таких представлений очень даже можно: зная механизмы самоорганизации, намеренно ввести в среду нужную флуктуацию - и направить развитие. Правда, лишь в соответствии с возможностями самой среды. Известная свобода выбора у человека есть, но ей придется считаться с собственной "свободой" объекта. Тем более что последствия своих неверных действий человек тоже не может ни предсказать, ни контролировать. В мире Пригожина природу предписывается внимательно выслушать, а затем уже предложить ей что-то такое, с чем она могла бы согласиться. В качестве идеологии все это, может быть, и банально, но Пригожин отличается от прочих рассуждающих на подобные темы тем, что сформулировал конкретные естественнонаучные основания такой этики.

Пока коллеги-профессионалы спорили с Пригожиным, от его концепции, едва ли не сразу по ее возникновении, стали расходиться круги по многим областям знания. Уже сам Пригожин предложил рассматривать через призму

понятий неравновесных процессов и открытых, самоорганизующихся систем социальные, психические, биологические явления, - и принято это было очень быстро. Его модели заработали в экономике и географии, геологии и лингвистике, экологии и медицине, демографии и метеорологии, - вообще едва ли не везде, где можно обнаружить развивающиеся системы: я сама сталкивалась с ними в текстах о "путях аграрного развития России", о "проблеме предотвращения конфликтов в Центральной Азии", об "истории структуры 1-й Государственной думы и ее фракций", о "законе кармы".

Время: мысли и чувства

Стержнем всего проекта и главной своей интеллектуальной заслугой сам Пригожин считает "переоткрытие" понятия Времени. Действительно, отношение ко времени (отождествленному с необратимостью) в "гуманитарном" и "естественнонаучном" пластах новоевропейской культуры издавна было очень разным. Насколько озабочено неумолимым временем было все, связанное с человеком, - настолько пренебрегали им в науках, занимавшихся "внечеловеческой" природой. Со времен Ньютона наука - чем дальше, тем больше претендовавшая на то, чтобы быть мировоззрением вообще, - утверждала, что в фундаментальных структурах мироздания никакого времени нет. Иллюзия его возникает в мире, статичном по существу, из-за того, что меняется положение и точка зрения самого наблюдателя. Время - в человеке; это, в каком-то смысле, сам человек.

Обратимым - по существу иллюзорным - время оставалось и для автора первого после Ньютона большого научного переворота - Эйнштейна. "Природа знать не знает о былом, ей чужды наши призрачные годы..."

Тут надо сказать, что пересмотр отношений со временем (в частности, нетривиальная для прежних эпох идея его "многомерности") - одна из сквозных идей XX века. Пересмотр отношений с культурными константами столь глубокого залегания - свидетельство радикальных переломов в культурной ис-

тории. В этот пересмотр Пригожин включился по-особенному: как традиционалист - представитель и продолжатель самой что ни на есть классической для Нового времени традиции. Он внедрил в описание фундаментальных уровней бытия ("законов природы") идею, она же и чувство, на которой европейская культура строилась веками. Ей ведь совершенно чужда невозможность восточных, например, культур в отношении времени. Напряженное, динамичное чувство времени - одно из самых характерных европейских чувств. Европейец живет постольку, поскольку все время преодолевает свои прежние состояния, поскольку его выталкивают из этих состояний силы, которые он описывает как законы истории.

Последние два столетия различные формы историзма (интеллектуальной чувствительности ко Времени) интенсивно, но очень неравномерно вращались в разные области знания. Раньше всего это произошло в искусствах и гуманитарных науках (и не удивительно: они ближе всего к живому человеческому чувству). В XVIII веке Время заметила в своих объектах космология (космогоническая теория Канта - Лапласа). Затем, в XIX - геология (историческая геология Лайеля). Далее - биология: эволюционизм Дарвина. В физике же и химии - занимающихся "фундаментальными" процессами в веществе - дело обстояло куда сложнее.

Эволюционизм здесь наталкивался на неколебимое представление (глубокое - на уровне интуитивного чувства), что на самом глубоком уровне никаких изменений - и никакого времени - быть не может. Поэтому в семидесятые годы XIX века потерпел неудачу крупный физик Людвиг Больцман, последовательный сторонник эволюционной теории Дарвина, попытавшийся стать Дарвином в физике. Он, кстати, впервые ввел временную необратимость в описании системы на микроуровне. Современное Больцману научное сообщество не поняло программы "эволюционизма" в физике и не приняло ее. Ей предстояло ждать своего часа еще почти столетие, а "Дарвином" физики суждено было стать, вероятно, Пригожину.

Возможно, впечатление, которое произвел Дарвин на своих современников, нам теперь трудно как следует оценить и прочувствовать. Оно апеллировало напрямую не только к умственным привычкам времени, но и к самим его мировоззренческим установкам. Может быть, идеи Дарвина определили все дальнейшие отношения европейского человека со Временем и Развитием. От его теории ждали, что она даст универсальный объяснительный принцип, который будет успешно работать на внебиологических материалах - в той же физике. Больцман, например, готов был перенести ее и на методы самого мышления. Соблазны "парадигматизации" дарвиновского подхода появились немедленно, закрепились в культурной памяти и потом уже воспроизводились при удобных случаях. Ведь нечто подобное произошло и с пригожинской теорией диссипативных структур! И это совсем не случайно.

Как интеллектуальное событие Пригожин был подготовлен по меньшей мере всем XIX веком, на протяжении которого происходили, накапливаясь, события разной степени радикальности, в целом "сдвигавшие" научное мировосприятие от жесткого детерминизма и механистичности в сторону статистического и вероятностного подхода. Развитие, эволюция - вообще ведущие понятия в мышлении XIX века; понятие "абсолютного" за всем этим в течение последних двух веков постепенно теряется, пока не исчезает, наконец, совсем. В немецком идеализме, философской доминанте начала века, под Развитием понимается еще развитие Абсолютного Субъекта - богочеловечества. Но в следующую эпоху в эволюционизме Дарвина, Конта, Спенсера оно уже - развитие природы, а история человека - завершающая фаза естественнo-исторического процесса. Отныне Время, форма развития живого, связывается с непрерывным порождением нового. Идея развития проникала в структуру мысли все глубже, пока, наконец, не встал вопрос о механизмах и природе развития как такового. И наука, и культура в целом ко времени Пригожина уже были "готовы" к тому, чтобы кто-то задумался наконец о возможной "общей теории изменений".

Оправдание Случая

До-пригожинским европейским мышлением была освоена в основном необратимость "с человеческим лицом". Оно знало ее, например, под именем Судьбы, Рока. А вместе с ними, в том же букете понятия, которым Пригожин тоже предложил полноценный естественнонаучный - и на основе этого философский статус: Случайность, Вероятность, Выбор... - все то, из чего рождается, в чем осуществляется Судьба-Необратимость в ее человеческих обликах. А Пригожин взялся показать, как все это происходит на уровне "естественных", глубоких структур бытия. Опираясь на работы русских математиков А.Н. Колмогорова, Я.Г. Синая, В.И. Арнольда, он описал новые классы неустойчивых динамических систем, поведение которых можно охарактеризовать как случайное. Так Случай получил естественнонаучный статус и стал предметом рационального моделирования.

Случай и Вероятность постигла в европейской культуре в известном смысле та же судьба, что и Время с его необратимостью. О них много говорили - только не в пределах науки. Классическая наука занималась связями и закономерностями существенными, необходимыми, общеобязательными. Случай же - вещь принципиально "иррациональная" - властвовал над человеческой, слишком человеческой, далекой от всякой науки жизнью (опять человек и Большая Природа оказались как бы по разные стороны "барьера" - как будто в различно устроенных сферах бытия).

Научная история неопределенности началась тоже в XIX веке. Немецкий физик, физиолог, натурфилософ Г.Т. Фехнер (1801 - 1887) первым всерьез заговорил об индетерминизме в естественных науках, даже выделил там разные его варианты. Причем интересно, что идея неопределенности у него связана с представлением о мире как едином органическом целом и о некоем "высшем" законе, через который мир может быть описан в качестве такого целого. Пригожин, разумеется, не наследник и не продолжатель Фехнера; здесь

преимущество не концепций, а тем и интуиций. Да, у Фехнера такие интуиции возникали в пределах совершенно других установок, которые нынешней культурой чувствуются как безнадежно архаичные. Но уверенность его в том, что есть неопределенность, корнящаяся в самом процессе с его непредсказуемым развитием, оказалась точным попаданием и нашла продолжение в вероятностных теориях XX века. Продолжил эту тему и Пригожин.

Энтропия, или Судьбы необратимости

У образа необратимости - большой, космологической - в новоевропейской мысли были свои этапы развития. Первый из них определялся представлением, согласно которому ее нет - или, что то же, для понимания мироздания ею можно пренебречь. Следующий этап начался в XIX веке и ознаменовался формулировкой второго начала термодинамики. Новое понимание гласило: необратимость есть, она разрушительна; в перспективе - неизбежная тепловая смерть Вселенной. Третий этап начался в XX веке и связан с именем Пригожина. Основные идеи: необратимость, во-первых, пронизывает все уровни мироздания, а во-вторых, она способна быть конструктивной - вообще она скорее синоним жизни, чем смерти. Пригожин - чего до него, кажется, никто не делал - показал конструктивную роль разрушения - известного классической термодинамике под именем энтропии.

Несмотря на свое греческое имя, как бы автоматически свидетельствующее о древности понятия, энтропии нет и полутора веков. Его ввел в 1865 году Р. Клаузиус как понятие физическое: энтропия (S) в термодинамике - функция состояния термодинамической системы. Согласно второму началу термодинамики, в замкнутой системе неравновесные процессы сопровождаются ростом энтропии и приближают систему к состоянию равновесия, в котором она максимальна. Это состояние необратимо; в нем система уже не способна совершать работу; теплообмен прекращается. Особый драматизм закону прида-

ет статистическая интерпретация. В ней энтропия - мера беспорядка в системе, а конечный результат действия второго начала термодинамики - однородность, лишенная формы, иерархии, вообще какой-либо дифференциации. Другое ее имя - смерть.

Неравновесные процессы в открытых (сообщающихся со своей средой) системах, которые изучает термодинамика Пригожина, тоже связаны с возрастанием энтропии, но наделяются новым смыслом. Она перестает быть синонимом смерти.

Классическую термодинамику сам Пригожин назвал теорией "разрушения структуры" и взялся дополнить ее теорией "создания структуры". Дав четкую естественнонаучную формулировку конструктивной роли, которую на всех уровнях природы играют необратимые процессы, он предложил основы будущей всеобщей теории формообразования: кристаллизации порядка из неупорядоченных (и неравновесных) состояний. Необратимость была введена в уровень фундаментальных законов физики.

В открытых системах отток энтропии наружу способен уравновесить ее рост в самой системе. Тогда может возникнуть и поддерживаться стационарное состояние (Берталанфи назвал его "текущим равновесием"). По своим характеристикам оно может быть близко к равновесным состояниям; в этом случае производство энтропии будет минимальным (это - так называемая теорема Пригожина, которую он доказал еще в 1947 году). Но если отток энтропии превысит ее внутреннее производство - возникнут и станут разрастаться до макроскопического уровня крупномасштабные флуктуации. Начнется самоорганизация системы: из первоначального хаоса станут возникать все более упорядоченные структуры, все более сложно организованные состояния.

Хаос от Гесиода до Пригожина, или История Хаоса как часть истории Логоса

Заговорив о Хаосе, Пригожин затронул - и привил к стволу европейского классического рационализма - одну из очень древних тем (не древнее ли темы Времени?). Корни ее - там, где мысль еще едина со своими мифологическими истоками. Ведь мир возникает из первоначального Хаоса едва ли не во всех мифологиях. В европейской традиции это имя впервые произнес Гесиод, и обозначало оно темную зияющую пра-бездну, которая возникла прежде всего остального.

В самом своем начале интеллектуальная история Хаоса была очень интенсивной. Философы-досократики, очень любившие рассуждать о нем, порой трактовали Хаос чуть ли не по-пригожински: как неупорядоченное первовещество, первоначало Вселенной (чаще всего его отождествляли с водой), из которого - случайно или под воздействием неких сил, противоборствующих или упорядочивающих, - рождается мир. Эта же мысль знакома и стоикам: Хаос у них - кладовая первовещества, из нее подпитывается Космос-порядок.

С началом христианской эры Хаос приобретает однозначно негативные коннотации. Он появляется уже в Книге Бытия: "тьма над бездною", бывшая до сотворения мира, - это тьма именно над хаосом. Бездна - в греческом тексте Септуагинты, "темная, бездонная, страшная пустота" - очень близка к хаосу греков. Но этот Хаос уже не мог быть первоматерией, источником возникновения всего: ведь библейский мир сотворен из ничего. Хаосу осталась роль Ада: в этом качестве он и продолжает существовать, и именно оттуда в конце времен, как сказано в Апокалипсисе, предстоит выйти Зверю.

В Средние века опять вспомнили о Хаосе; Василий Великий, Беда Достопочтенный, Фома Аквинский увидели в нем так называемую вторичную материю (*sylva*) - результат первого акта творения. "Беспорядочное смешение телесной твари, которое древние звали хаосом" (так назвал Фома эту разреженную массу беспорядочно движущихся первоэлементов), была первым со-

стоянием вселенной, до существования оформленных тел - правда, лишь логически, а не по времени. В этом явно отозвался Хаос стоиков.

В Новое же Время мысль как будто забыла о Хаосе. Новоевропейская наука не занимается им, она интересуется порядком. Впрочем, может быть, для нее никакого хаоса в мире-механизме и вовсе нет? Он если где и есть, то разве только в душах и делах неразумных людей. То есть раз его нет в объективном составе бытия - он, как и необратимое Время, - в каком-то смысле иллюзорен.

К Хаосу после перерыва в несколько столетий вернулись в начале XX века. Правда, им занялось скорее воображение, чем мысль, а если и мысль - то в основном художественная и гуманитарная. Сохранялось чувство, что Хаос (как и Время) - это принадлежность человеческих дел. Следующий этап интеллектуальной истории Хаоса начался во второй половине века: этап научного, рационального его освоения; им занялись естественные науки и технологии. Это неспроста совпало с возникновением чувства, что старые модели рациональности не годятся, их нужно или расширять (как предлагает Пригожин), или радикально трансформировать. Очень популярна стала тема ограниченности знания. Логос обращается к Хаосу, когда у него возникают проблемы с самим собой, с собственными возможностями и границами - как к своему ре-зерву?

Пригожин был не одинок в интеллектуальной "реабилитации" Хаоса, но роль ему принадлежала очень большая, в своем роде единственная. Так же, как это было со Временем, он предложил основы естественнонаучного языка, на котором стало можно говорить о Хаосе. Хаос и порядок теперь видятся как части одного целого. Они предполагают друг друга, нуждаются друг в друге, возникают друг из друга. Хаос, утверждал Пригожин, способен быть продуктивным. На микроуровне он присутствует всегда; он - физическая основа неустойчивости. А благодаря ей объекты в определенных условиях становятся

чувствительными к возмущениям на микроуровне, флуктуациям - и те влияют на макромасштабное поведение объекта! В классических подходах такие влияния вообще не рассматривались. Бывший синоним "иррационального", "темноты", "бездны", Хаос вошел в границы Логоса, стал его частью. Из области "иррационального" (надо ли говорить, насколько "иррациональное" - культурный конструкт!) переместился в другую культурно сконструированную область: "рационального".

Пригожин довел до глубоких следствий процессы, начавшиеся в европейском мышлении задолго до него. Прежде всего - это вращивание понятия Времен в структуру понимания все новых и новых областей реальности. Но корни сделанного им - не понятийные, они прежде всего ценностные.

Имена

Берталанфи (Bertalanffy) Людвиг фон (1901-1972) - австрийский, затем канадский и американский биолог-теоретик и философ, один из тех, кому обязана своим существованием очень характерная для XX века область знаний под названием "общая теория систем". Ему принадлежит сама идея построить теорию, которая описывала бы общие принципы устройства и поведения систем вообще, независимо от природы элементов, которые их составляют. Пригожин, по сути дела, работал в том же направлении: создания средств к тому, чтобы выявлять изоморфизм законов в разных областях реальности и таким образом в конечном счете описывать реальность в целом. То есть решать философские по природе задачи естественнонаучными средствами.

Винер (Wiener) Норберт (1894-1964) - американский математик, один из основателей кибернетики. Сформулировал общий замысел и основные положения новой науки с таким названием (1948) и дал ей само название, которое немедленно прижилось. Усмотрел подобие между процессами управления и связи в машинах, живых организмах и биологических сообществах: во всех

названных областях это, считал он, - прежде всего процессы передачи, хранения и переработки информации. Информацию же - начало, противоположное, по его убеждениям, энтропии - Винер включил в число фундаментальных характеристик мироздания, наряду с веществом и энергией, а науку кибернетику замыслил как общую теорию организации - то есть в конечном счете борьбы с Мировым Хаосом. (Задачу создания общей теории организации решал на свой лад, как можно заметить, и Пригожин.)

Дарвин (Darwin) Чарлз Роберт (1809-1882) - английский естествоиспытатель - геолог, ботаник и зоолог, создатель эволюционного учения, получившего, с легкой руки Т. Гексли (1860), имя "дарвинизма". Обобщив и результаты собственных наблюдений, и взгляды многих эволюционистов начала XIX века, дал формулировку основных факторов эволюции органического мира. Был так впечатлен достижениями современной ему биологии и селекционной практики, что распространил идею селекции и на действия Всевышнего Существа по отношению к своим созданиям - увидев вначале в изменениях видов селекцию, проводимую Создателем. Затем, в "Происхождении видов путем естественного отбора" (1859), представил процесс уже как естественный - Творец, однако ж, упоминался. В конце жизни разочаровался в эволюционной идее.

Комт (Comte) Огюст (1798-1857) - французский философ, одна из ключевых фигур позитивизма как интеллектуальной программы. Все его теоретические построения пронизаны идеей развития. Задачу самой философии он видел в описании развития мысли - прежде всего научной. По его мнению, человечество в своей умственной эволюции проходит три стадии: теологическую, метафизическую и позитивную, то есть научную; и точно те же стадии проходит в своем развитии каждая наука. Дал, между прочим, первое систематическое изложение истории естествознания.

Спенсер (Spencer) Герберт (1820-1903) - английский философ и социолог, еще один столп позитивизма. Имел целью создание синтетической философии, которая объединяла бы данные всех наук и формулировала общие для них закономерности. Для синтеза же всех знаний, полагал он, необходимо представление об универсальном законе эволюции: роста степени дифференциации материи и ее структурной организованности (это и есть, по его мнению, прогресс). Не уставал подчеркивать то обстоятельство, что свой "закон прогресса" он сформулировал еще за год до появления в печати "Происхождения видов" Дарвина и таким образом предвосхитил дарвиновскую идею эволюции. В Дарвине, впрочем, он видел не соперника, но, напротив, того, кто дал его закону биологическое подтверждение, а биологию сделал образцовой наукой, потеснившей в этом отношении физику и математику.

(Вообще, стоит обратить внимание на то, насколько устойчива в европейских умах связь между стремлением дать разным уровням и областям реальности единое, цельное описание - и идеей эволюции.)

Хайдеггер (Heidegger) Мартин (1889-1976) - немецкий философ. Радикальным образом соединил понятия человека и времени: считал конечность, она же временность, самой существенной характеристикой человека, которую тот должен осознать и принять в полной мере, чтобы обрести собственную подлинность и постичь истину бытия. Во многом определил духовный контекст, в котором формировались европейские интеллектуалы поколения Пригожина.

Хакен (Haken) Герман (р. 1927) - немецкий физик. Во второй половине 60-х, на основе анализа модели статистических характеристик излучения вблизи порога лазерного генерирования, выдвинул междисциплинарную концепцию самоорганизации и назвал ее "синергетикой", от греческого "ухнесгейб" - содействие, сотрудничество. Термин был призван акцентировать внимание на согласованности взаимодействия частей при образовании структуры как еди-

ного целого и прижился очень быстро, сделавшись обозначением междисциплинарного направления научных исследований процессов самоорганизации в системах самой разной природы. Термин стали распространять и на теорию Пригожина, называя его, наряду с Хакеном, основоположником синергетики. Объективно говоря, это справедливо, хотя сам Пригожин от этого термина дистанцируется. В его глазах "синергетика" - лишь частная формулировка феноменологической теории лазера, которая и была в свое время предложена Г. Хакеном (впрочем, с точки зрения Хакена пригожинская теория диссипативных структур - тоже не более чем раздел нелинейной неравновесной термодинамики). Тем не менее, как бы ни относились друг к другу Пригожин и Хакен, важно, что у них оказались до известной степени общие результаты в смысле влияния на умственный климат времени: обоих прочитали и восприняли в контексте большого интереса к концепциям самоорганизации, причем к таким, которые могли бы объединить разные области знания.