РЕФЕРАТ

ДИНАМИКА НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ МИРА, ИЛИ БОРЬБА В МИРЕ НАУКИ

Пожалуй, впервые в нашей жизни мы соприкасаемся с наукой, начав обучение в школе. Наука является нам в виде различных школьных дисциплин - таких, к примеру, как история, география, биология, математика и физика. При этом наука представляется некоей данностью, раз и навсегда установленной еще в незапамятные времена. Исполненные исследовательского пыла молодые люди оказываются введены в заблуждение тем, что все на свете кажется им уже открытым и изученным, и Земля - уже обшаренной до последнего уголка.

Но вместе с тем мы все же время от времени слышим о научных открытиях или изобретении чего-то совершенно нового. Открыта звезда, яркость которой изменяется случайным образом; обнаружены новые элементарные частицы, названные глюонами; при помощи лазера - источника света нового типа - теперь можно сверлить толстые стальные плиты; математики наконец нашли решение задачи о четырех красках, которой уже больше ста лет. Задача эта кажется до того простой, что множество раз за ее решение брались даже дилетанты - однако старания их оказывались столь же тщетными, как и усилия маститых математиков. Задачу эту можно изложить всего в нескольких словах. Страны, граничащие друг с другом, окрашиваются на политических картах в разные цвета (рис.1). Для больших карт, на которых изображено множество стран, потребуется, как может показаться, и множество разноцветных красок. Однако печатники в девятнадцатом веке методом проб обнаружили, что для любой отдельной карты оказывается достаточно всего-навсего четырех красок. Математики решили выяснить, насколько универсален этот полученный опытным путем результат: действительно ли для любой карты всегда достаточно четырех цветов и нельзя ли придумать такую карту, для печати которой было бы необходимо использовать, к примеру, пять различных красок? С момента возникновенияэтих вопросов прошло более ста лет, и лишь несколько лет назад Кеннету Аппелю и Вольфгангу Хакену удалось найти ее решение с помощью компьютерной программы, составленной таким образом, что компьютеру удалось самостоятельно выполнить полное и подробное доказательство.

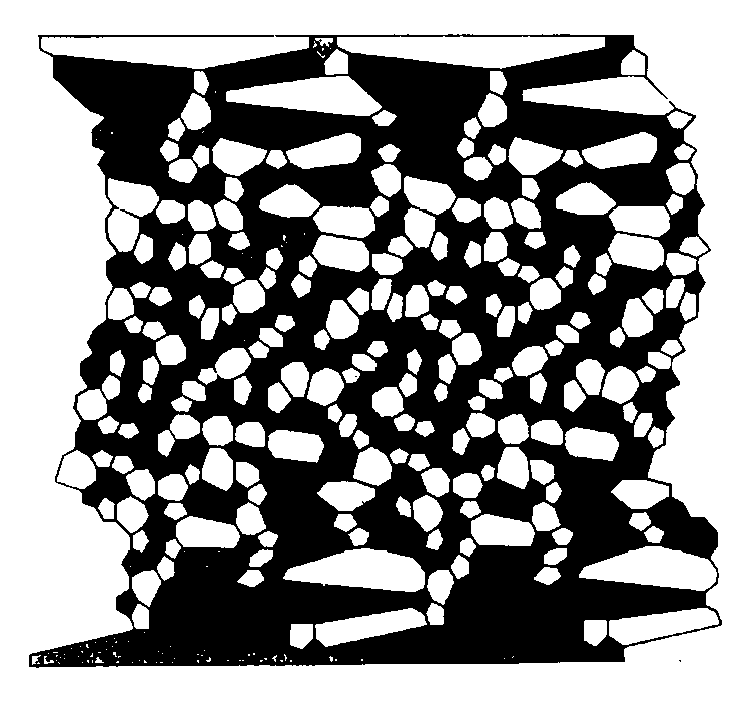


Рис.1. Модель "четырехкрасочной" географической карты с использованием белого, черного, светло- и темно-серого цветов.

Во всех этих и многих других примерах наука предстает перед нами совершенно в ином свете. Многочисленны примеры того, как отдельные ученые и исследователи полностью изменяли наши представления о мире. Так, например, Эйнштейн, создав теорию относительности, перевернул представления человечества о природе пространства и времени. Гейзенберг и Шредингер разработали квантовую теорию, представив нам абсолютно новую картину микромира. Крик и Уотсон открыли двойную спираль, несущую в себе всю наследственную информацию. Во время обучения и позднее, когда он становится уже самостоятельным исследователем, человека захлестывает поток научных публикаций. Со всех сторон на нас обрушиваются сообщения о все новых и новых открытиях, ведь ежедневно в мире публикуется более двадцати тысяч научных работ. Таким образом, наука только на первый взгляд может показаться чем-то статичным, застывшим в состоянии покоя; при ближайшем же рассмотрении становится ясно, что она находится в непрерывном движении, в состоянии, так сказать, эволюционного развития.

Здесь мы вновь вернемся к соображениям, которые уже не единожды встречались нам при рассмотрении проблем синергетики. Изучая различные явления, установили, что при изменении уровня или характера внешнего воздействия система продолжает на протяжении некоторого промежутка времени развиваться более или менее равномерно. Однако при определенных обстоятельствах скачкообразно возникает совершенно новое макроскопическое состояние порядка. Для описания этого состояния как нельзя лучше подходят идеи, представленные известным историком науки Томасом С. Куном в книге "Структура научных революций" и вполне вписывающиеся в создаваемую синергетикой картину мира. В своей книге Кун отделяет нормальную науку от случающихся в научном мире переворотов. Нормальная наука также способна к развитию, но оно идет медленно и постепенно, за счет расширения и углубления уже имеющихся в распоряжении ученых знаний. Например, в основе мостостроения лежат давно известные физические законы, на основании которых инженеры создают новые конструкции мостов, развивая тем самым данную отрасль. Возможно, здесь не создается ничего принципиально нового, однако некоторый прогресс науки и техники все же налицо. Или другой пример: эксперименты физиков, целью которых является более точное измерение скорости света. В биологии сюда можно отнести непрекращающиеся исследования способов передачи электрического заряда сквозь клеточные мембраны. Однако именно такие исследования порой приносят науке совершенно новые знания о мире. Скажем, к началу двадцатого века было накоплено достаточно много свидетельств того, что законы механики неприменимы к движению электронов вокруг атомных ядер, так как, в соответствии с этими законами, ни один атом не мог находиться в устойчивом состоянии: электроны, вращающиеся вокруг ядра, должны были бы в конце концов неминуемо на это самое ядро упасть. Иными словами, следовало признать, что существующие законы неверны или, по крайней мере, их истинность ограничена определенными рамками.

Наука, с точки зрения синергетики, является открытой системой, в которую постоянно проникают всевозможные новые идеи. Открытия могут быть до такой степени радикальными, т.е. ведущими к коренным переменам, что потрясают самые основы существовавшей прежде науки и изменяют картину мира, созданную представителями этой науки. Ученые пребывают в сомнениях. В синергетическом смысле при этом возникают все более сильные флуктуации, проявляющие себя в форме новых идей или новых экспериментов, которые приобретают сторонников и тем самым набирают все большую силу; затем многие из этих идей опровергаются и отвергаются, их сменяют другие идеи, и так продолжается до тех пор, пока не появится идея, которая окажется в состоянии объяснить многие до сих пор необъяснимые явления, а потому будет окончательно принята учеными. Новая научная идея - такая, например, как уже упоминавшаяся квантовая теория - влечет за собой, по мнению Томаса Куна, научную революцию. С точки же зрения синергетики, такая новая идея, объединяющая прежде разрозненные научные факты, является не чем иным, как параметром порядка. Этот параметр порядка, называемый в книге Куна "парадигмой", обладает всеми свойствами и характеристиками, присущими любому из известных синергетике параметров порядка. Он даже способен "подчинять" себе работы ученых, которые занимаются разработкой нового научного направления, развивают его в духе возникшей идеи, расширяют, углубляют и в конце концов доводят до состояния "нормальной" науки. И наоборот: благодаря работам этих ученых новая идея (или новая парадигма) распространяется все шире, чем и обеспечивается продолжение существования именно этого параметра порядка. Переход от одного состояния научного сознания к другому оказывается своего рода фазовым переходом. Новая идея, новый основополагающий принцип или новая парадигма приводят к возникновению нового стиля, нового порядка в мышлении.

Такого рода параметры порядка могут быть в некотором смысле привнесены в науку извне – например, в результате какого-либо открытия; однако они могут возникать и исчезать, подобно модам, в соответствии с общим духом времени. Едва ли можно отрицать тот факт, что во все времена существует теснейшая связь между научными воззрениями и другими сферами духовной жизни; не на пустом месте возникла и давняя глубокая полемика между религиозно-философскими рассуждениями и научным познанием.

Из синергетики нам известно, что параметр порядка подчиняет себе элементы системы; в рассматриваемом случае такими элементами оказываются отдельные ученые, и в науке действительно имеет место именно такой процесс подчинения. Отрасль научного знания как таковая может существовать только тогда, когда она получает признание если и не большинства, то хотя бы большого числа ученых. Научная дисциплина создает свой собственный язык, обзаводится собственной терминологией, общей для всех представителей этой дисциплины. Человек со стороны или ученый, занимающийся другой наукой, практически не в состоянии понять этого языка, будь то язык медицины, компьютерных наук или математики. Таким образом, наука самостабилизируется; идеи, положенные в основу этой науки, становятся настолько стабильными, что могут показаться даже застывшими догмами. Эти идеи отчасти бездумно перенимаются последующими поколениями, и это обстоятельство в значительной степени усложняет жизнь молодых ученых. Им удается с относительной легкостью публиковаться в научных журналах - но лишь до тех пор, пока их работы остаются в рамках общепринятых воззрений и ставших традиционными условностей. Гораздо сложнее опубликовать принципиально новую идею, лежащую за пределами традиционных представлений, и при этом еще найти сторонников этой идеи. Молодой ученый, таким образом, оказывается перед подлинной дилеммой: для того, чтобы выделиться, выдвинуться, показать себя и получить признание в научном мире, ему, вообще говоря, следует обзавестись своими собственными, отличными от традиционных, абсолютно новыми идеями и опубликовать их. Реферативная же система научных журналов, предусматривающая рецензию каждой из присланных в редакцию работ и последующее решение относительно публикации той или иной статьи, оказывается своего рода заслоном, преграждающим путь новым идеям, ведь рецензенты, как правило, принадлежат к "старой школе" мышления. Естественно, и здесь встречаются исключения, но все же в физике, к примеру, для того чтобы открыть путь в науку гениальным идеям Эйнштейна, потребовался гений самого Макса Планка.

Разумеется, проблема продвижения новых идей представлена мною здесь в несколько утрированном виде. Для того чтобы двигать вперед науку, колоссальные усилия необходимы и при ее нормальном, в отсутствие революционных идей, развитии; редкому ученому посчастливится наткнуться на действительно новую фундаментальную идею и посвятить свою жизнь продвижению этой идеи. Чаще всего события развиваются в полном согласии со сценарием, предусмотренным для других синергетических систем.

Наступают времена, готовые к принятию некоей идеи, и она, едва будучи выдвинутой, легко и быстро продвигается вперед. Момент времени, когда наука и общество "созревают" для того, чтобы принять новую идею, часто характеризуется еще и тем, что разные ученые одновременно и при этом независимо выдвигают похожие, а порой и совершенно совпадающие друг с другом идеи.

Хотя всегда находится несколько выдающихся ученых, добившихся особенно значительных результатов, наука все-таки остается коллективным предприятием. Научные достижения отдельных ученых передаются остальным, и через них позднее становятся достоянием студенческих и даже школьных учебников. И наоборот: ученый создает свой труд, опираясь на знания, добытые предыдущими поколениями. Такое положение делает науку как таковую предметом изучения для новой научной дисциплины - для социологии науки. Один из основателей этой дисциплины, Роберт Мертон, увлекательнейшим образом представляет мир социальных отношений в науке как с научной, так и с чисто человеческой точки зрения. Красной нитью через всю его книгу проходят два мотива: борьба ученых за приоритет и так называемый "эффект Матфея". При ближайшем рассмотрении, как уже было отмечено, выясняется, что открытие отнюдь не всегда есть плод трудов одного отдельного ученого. Часто случается так, что несколько ученых оспаривают друг у друга право считаться авторами некоего фундаментального открытия. Истории известны открытия, сделанные практически одновременно разными людьми. Это и дифференциально-интегральное исчисление, открытое почти в одно и то же время независимо друг от друга Ньютоном и Лейбницем; в биологии таким примером может быть случай Дарвина и Уоллеса, работавших над основополагающими принципами теории эволюции. Дарвин и Уоллес доброжелательно относились друг к другу, а вот Ньютон, скажем, вел против Лейбница ожесточенную борьбу, утверждая, что последний попросту украл у него идею нового способа исчисления. Однако все тот же Ньютон должен-таки был в конце концов признать, что термин "сила" первым использовал его соотечественник Роберт Гук.

В этой связи вновь вспоминается высказывание Ж.-Ж. Руссо.

Какая же сила движет учеными, и каким образом синергетика может помочь нам получить представление о происхождении научных знаний?

В деятельности ученого - как и любого другого человека - определенную роль играет, естественно, вопрос поддержания жизни. Однако решающее значение, по всей видимости, имеют все же иные мотивы, метко выраженные в эпиграфе к книге Гарриет Цукерман "Научная элита"2. Выбранные в качестве эпиграфа строки принадлежат перу Симоны Вейль: "Наука сегодня должна искать источник вдохновения в чем-то высшем, нежели она сама, иначе ее ждет гибель. Для занятий наукой имеются, в сущности, три причины: во-первых, практическая полезность, во-вторых, игра, вроде шахмат, и в-третьих, путь к Богу. (Привлекательность шахмат, к слову, усиливается соревнованиями, призами и медалями)"

В наше время, вероятно, можно говорить уже не только о практической полезности научных знаний, но и о применимости их вообще. Об общественной значимости научных исследований написано так много, что на этой теме я лишь кратко остановлюсь в самом конце.

Последний пункт, "путь к Богу", также вполне понятен: это поиски истины, поиски того, "на чем держится мир".

Но что бы мог означать второй пункт, "игра в шахматы"? Это выражение представляет науку как интеллектуальный поединок за первенство в раскрытии очередной тайны, хранимой Природой, это борьба ученых между собой за радость, которая доступна только первооткрывателю, за признание в научном мире, воплощаемое, вероятно, и в премиях и медалях. Точно так же, как гроссмейстеры сражаются за первенство, ученые вступают в интеллектуальные споры, ведь борьба за признание в мире науки есть, в конечном счете, не что иное, как борьба за первенство, т.е. за приоритет. Кто первым сделал открытие? Кто первым опубликовал идею? И хотя в век "работы в команде" такая позиция часто выглядит абсурдной, мы не должны забывать и о том, что конкурентная борьба в науке становится все жестче и жестче. Здесь опять-таки применимы основные принципы синергетики. Ученых в мире очень много, но их научный потенциал и возможность открыть нечто действительно новое ограничены. Это и приводит к дальнейшему ужесточению конкурентной борьбы; в результате этой борьбы выживает "сильнейший", "лучший". Подобно тому, как "выживает" единственная лазерная волна, одерживая победу над другими волнами, в результате конкурентной борьбы в научном мире на самом верху остается только один победитель - одно имя или один труд. Именно это имя у всех на устах, именно этот труд снова и снова цитируется, проникая таким образом в сознание ученых, занимающихся исследованиями в данной области, а в конце концов, возможно, и в сознание людей, даже не принадлежащих научным кругам.

Поначалу это утверждение может показаться притянутым за уши - что, впрочем, лишь роднит его с другими идеями синергетики. И все же именно оно и было определено Робертом Мертоном как "эффект Матфея" и проиллюстрировано множеством примеров. В Новом Завете, в Евангелии от Матфея, говорится: "Ибо, кто имеет, тому дано будет и приумножится; а кто не имеет, у того отнимется и то, что имеет." Стоит только какому-то имени выделиться, как оно все чаще и чаще начинает упоминаться разными авторами и по разным причинам; это происходит до тех пор, пока оно в конце концов не останется единственным упоминаемым в этой связи именем. Эффект этот в значительной степени усиливается за счет премий, особенно если это премии известные. Ученых в мире много, а потому новые результаты часто бывают получены одновременно разными учеными независимо друг от друга. Однако если один из ученых будет награжден за это открытие премией, то велика вероятность того, что именно его будут в дальнейшем цитировать, и именно ему будут приписаны все последующие открытия в данной области - включая и те, к которым он не имел ни малейшего отношения. Следует заметить, что и деятельность комитетов, ответственных за присуждение тех или иных премий, тоже характеризуется определенной динамикой. Если среди лауреатов какой-либо премии имеется несколько представителей одного научного направления, то возникает тенденция, в соответствии с которой в дальнейшем премии будут присуждаться представителям именно этого направления - ведь награждение происходит по предложениям обладателей данной премии. Это, естественно, приводит к своего рода накоплению премий представителями определенных научных направлений или "школ".

Интересно, кстати, что ученые пытаются либо как-то противодействовать этому давлению конкуренции, либо же использовать его в собственных интересах. Для ученого, желающего добиться признания и известности, важно, чтобы результаты его исследований применялись и цитировались в работах других авторов. В США, например, издается обширный справочник, который называется "Индекс цитируемости"3. Допустим, некто X опубликовал некогда научную работу. С помощью упомянутого справочника можно получить отсортированные в хронологическом порядке сведения о том, какие именно авторы, когда и сколько раз ссылались в своих трудах на данную работу, и таким образом подсчитать, насколько "цитируем" наш автор X. Разумеется, уважение к ученому определяется не одним лишь количеством ссылок на его труды. Возможен, к примеру, такой случай: некто X опубликовал работу, где важность поставленной проблемы неоспорима, а вот подход к ней или ее решение неверны; многие ученые, интересующиеся той же проблематикой, прочтя эту работу, опубликуют собственные уточнения и поправки к ней. На этом примере (а мы взяли крайний случай) становится ясно, что "Индекс цитируемости" может являться лишь косвенным указанием на то влияние, которое ученый оказывает на своих коллег. Впрочем, поговаривают, что некоторые американские фирмы и университеты при оплате труда сотрудников руководствуются данными "Индекса цитируемости", а те ученые, на работы которых коллеги ссылаются чаще, получают более высокую зарплату. Это вновь возвращает нас непосредственно к рассматриваемому вопросу о попытках ученых уйти от давления конкуренции. Хотя речь здесь идет лишь об единичных случаях, не типичных для большинства ученых, эти случаи все же представляются, с точки зрения синергетики, по-настоящему интересными. Воспользовавшись все тем же "Индексом цитируемости", можно обнаружить, что кое-где - особенно в больших странах - существуют группы ученых, которые в своих работах ссылаются почти исключительно друг на друга, в то время как не входящие в группу авторы цитируются крайне редко, а зачастую и вовсе не упоминаются. Таким образом, члены "клуба" взаимно повышают друг другу частоту ссылок на собственные работы, а с нею и степень уважения и почета в научных кругах.

В определенном смысле такое поведение напоминает тот образ действий, сконцентрированной в одном месте и способной за счет такой концентрации вытеснить отдельные, "рассредоточенные", магазины. Поскольку подобных "клубов" в мире немало, конкуренция между отдельными учеными теперь превратилась в конкуренцию между их "клубами". Возникновение такого рода "клубов" может показаться, на первый взгляд, опасным для естественного развития науки. Действительно, может случиться так, что какой-нибудь "клуб" займется распространением каких-то ложных идей - безусловно, полностью исключить вероятность такого развития событий нельзя. Однако при этом не следует недооценивать роль научной самокритичности, возникающей как следствие борьбы за приоритет: именно поэтому особенно значительным достижением в науке может стать доказательство того, что какая-то из существующих теорий или идей ложна. Вполне возможно также и то, что любая новая идея, отличная от идей, бытующих среди членов подобного "клуба" или научной школы, будет сталкиваться при своем обосновании со значительными трудностями.

Прежде в таких случаях новую идею можно было продвинуть в жизнь лишь со сменой поколений в науке. Допустим, по какому-то вопросу представители старого поколения ученых никак не могли сойтись во мнениях; пришедшие в науку вслед за ними выбирают то решение проблемы, которое им кажется правильным, и забывают о предшествовавшей борьбе. Наше время - а вместе с ним и наша наука - изменяется настолько стремительно, что сейчас для создания новой парадигмы уже вряд ли необходима смена поколений. Кому же в конечном счете идет на пользу вся эта конкурентная борьба в науке? Ответ может вас удивить: самому человечеству, если ради собственного будущего оно сумеет ответственно распорядиться добытыми с таким трудом знаниями. В итоге второй и третий пункты из эпиграфа к книге Г. Цукерман могут быть столь же важны и полезны для человечества, как и первый, касавшийся практической полезности результатов научных исследований.

Конкурентная борьба между учеными есть не что иное, как борьба за результаты; именно результаты и являются той целью, что ставит перед собой ученый. Наука - это самоорганизующаяся система. Отдельные моменты развития науки напоминают о процессе зарождения самой жизни-в том виде, в каком представляют себе этот процесс биологи. Сначала случайно возникшие органические молекулы (к примеру, аминокислоты) объединяются во все более крупные образования, которые затем вдруг достигают такого состояния упорядоченности, которое приводит к переходу на более высокий уровень и появлению каких-то совершенно новых структур, наделенных качественно иными функциями. В этом смысле научные знания, возникавшие как накопление в большей или меньшей степени отрывочных, фрагментарных сведений, объединяются затем на более высоком уровне, образуя новую парадигму.

А нельзя ли вместо ожидания подобных "случайностей" и собирательства всевозможных "фрагментов", заняться систематическим планированием науки? С наукой дела обстоят почти так же, как с нашими собственными мыслями: мы не можем принудить себя изобрести нечто новое или совершить открытие, просто использовав формулу "Завтра я непременно совершу открытие или что-нибудь изобрету". Добьемся ли мы успеха в своих начинаниях, зависит от многого, и не в последнюю очередь от того, правильно ли сложатся в единую картину отдельные "фрагменты" наших мыслей и идей - сложатся опять-таки сами собой, т.е. путем самоорганизации. Именно этот эмпирический факт и превращает планирование науки, ведение научной политики в столь сложное дело.

Однако мы можем многому научиться, изучая самоорганизующиеся системы в природе: например, постановке общих целей, не вдаваясь в детали, поощрению молодых ученых, а также содействию в совместной работе, сотрудничестве и обмене мыслями представителей различных научных дисциплин. Идеи часто оказываются весьма плодотворными в нескольких различных областях и приносят с собой новое видение взаимосвязей между ними, порой даже ведущее к прорывам в науке. Например, я слышал, что идея серийного производства автомобилей осенила Форда, когда он задумчиво наблюдал за процессом сборки сельскохозяйственной техники.

При всей благотворности подобных воздействий нельзя не учитывать, что именно выдающиеся ученые обладают особым "инстинктом" чувствовать, что есть важно, что есть релевантно, что достижимо, что осуществимо. Фрустрацию у ученых при таком положении дел могут вызывать прежде всего непрестанные упреки в неспособности открыть что-либо новое, исходящие от людей не особенно смыслящих в науке или даже вовсе от нее далеких. Способность что-то открыть означает, собственно, умение отыскать перспективные, многообещающие области - а для этого, помимо всего прочего, нужны и большой опыт научной работы, и удача, и тот самый "инстинкт".

Если бы было возможно спланировать все заранее, предусмотреть каждое открытие и изобретение, то наука, кажется, была бы не нужна нам; однако опыт истории доказывает, что это не так. Многие вещи были открыты случайно, причем прежде никто даже не подозревал об их существовании - примером тому могут послужить рентгеновские лучи, значение которых, впрочем, ученые очень быстро сумели оценить. Отсюда следует вывод: научная политика должна заключаться в установке самых общих задач и тенденций развития и оставлять при этом достаточно места для самоорганизации.

Одно из проявлений самой сущности самоорганизующихся систем состоит в том, что и формулировка цели постоянно претерпевает все новые изменения в соответствии с новыми условиями существования системы. В случае с наукой (и техникой, которую я всегда включаю в понятие "наука") это возможно только благодаря постоянному диалогу с обществом: каждая из сторон - и наука, и общество - является непременным условием существования другой стороны. Наука и общество существуют в истинном симбиозе, которому необходимо содействовать повсюду, где это возможно. В ходе такого диалога происходит некоторое видоизменение общих (иногда даже слишком общих) целей, стоящих перед человечеством, и они начинают звучать, скажем, так: "Решить энергетическую проблему" или "Решить проблему рака". Диалог между наукой и обществом становится тем более необходим еще и ввиду растущей враждебности, проявляемой людьми в отношении науки: для некоторых из них наука и техника таят в себе некую угрозу, только усугубляемую языковым барьером, выстроенным наукой, - из-за этого барьера образ мышления, намерения и влияние науки понятны и доступны далеко не каждому человеку. В итоге мы наблюдаем, как растет у людей ощущение того, что наука и техника используется исключительно для манипуляции ими и для подавления их свободы.

## Конкуренция среди научных журналов

Принцип конкурентной борьбы, идет ли речь о физике, об экономических науках или о социологии, действителен не только в научных кругах, но и среди, например, научных журналов. Для освещения событий, происходящих в новых областях науки, возникают новые журналы; в то же время приходят в упадок журналы уже существующие. При этом в равной степени важную роль играют и вопросы научного престижа, и экономические обстоятельства. Допустим, несколько журналов благодаря опубликованным в них работам значительных ученых приобретают больший вес в научных кругах, чем остальные издания. Именно в эти журналы и будет в результате поступать множество статей, претендующих на публикацию (и проходящих отбор у референтов). Таким образом, тиражи их растут, а вместе с этим происходит все более широкое распространение ставших престижными журналов. Однако финансовые возможности библиотек ограничены; это обстоятельство ведет к неизбежной гибели других изданий: в связи со снижением спроса на свои издания, издатели - во избежание окончательного экономического краха - вынуждены устанавливать для покупателей более высокие цены, однако это лишь ускоряет гибель журнала, так как библиотеки оказываются и вовсе не готовы к тому, чтобы покупать те же журналы, но уже дороже.

Не менее важную роль (хотя часто ее недооценивают) в распространении научных журналов играет язык, на котором они публикуются. Прежде таким языком была латынь, затем в естественных науках это место занял немецкий язык, сегодня же языком мировой науки можно считать английский. При переходе от немецкого языка к английскому имел место "фазовый переход", который можно точно проследить во времени. В тридцатые годы из Германии эмигрировали многие значительные ученые, и их последующие работы, увидевшие свет в США и Великобритании, были написаны уже по-английски.

В больших странах - таких как США - даже не учитывая большого количества библиотек, контингент платежеспособных читателей весьма обширен, так что издательства могут издавать здесь свои журналы в очень благоприятных условиях и с большой эффективностью. Одновременно эти издатели получают возможность сотрудничества с целым рядом выдающихся ученых, а это приводит к тому, что их издания начинают играть на мировом рынке ведущие роли; с позиций синергетики это положение можно оценить таким образом: ведущие научные журналы берут на себя роль параметров порядка. С этим обстоятельством опять-таки связан колоссальный экспорт идей, следствием которого - как утверждают некоторые европейские ученые - является порой не совсем справедливая оценка действительной картины общемировой научной деятельности. Так, к примеру, некоторые результаты исследований европейских ученых не находят подлинного признания на родине, и в конце концов начинает казаться, что все научные достижения попадают к нам из США.

Достоин упоминания здесь и еще один феномен. Следовало бы считать, что ученые каждой отдельной страны должны в равной степени уделять внимание работам всех своих зарубежных коллег. Согласно моим личным наблюдениям, это отнюдь не так; существует некий уклон в направлении с востока на запад. Русские ученые оказываются на удивление хорошо осведомлены о работах своих западных (т.е. европейских и американских) коллег. Европейские ученые не так уж хорошо осведомлены о результатах исследований, проводимых в России, до определенной степени знакомы с работами европейских же ученых и очень хорошо - с публикациями из США. И наконец, американские ученые: все их внимание поглощено проводимыми именно в США исследованиями. Разумеется, я несколько утрирую; тем не менее, я думаю, со мной согласятся многие мои коллеги.

## Синергетика о синергетике

Синергетика относится к числу тех немногих научных дисциплин, которые могут применить свои принципы к самим себе. Синергетика ведет себя совершенно аналогично возникшей в какой-то отдельной отрасли науки новой парадигме, в свете которой процессы, воспринимавшиеся до сих пор как различные, оказываются связаны неким единством: синергетика так же позволяет рассматривать с единых позиций явления совершенно различной, казалось бы, природы, до сих пор находившиеся под наблюдением различных же научных дисциплин. Когда я стоял у самых истоков синергетики, это дело казалось мне весьма отчаянным предприятием, в ходе которого очень легко потерять свое имя и репутацию в научном мире. На тот момент утверждение о существовании неких универсальных закономерностей представлялось смелым и даже рискованным. Однако вскоре пришло - "созрело" - время, когда идея синергетики оказалась признана, продвинулась и распространилась довольно широко. Так синергетика сама стала типичным примером возникновения новой науки.

При сравнении появления новой парадигмы, новой основополагающей идеи с физическим фазовым переходом возникает вопрос: а существуют ли и в духовной сфере "критические флуктуации" такого рода? Существуют ли и здесь флуктуации, сопровождающие - а возможно, и опережающие, предваряющие - "рождение" новой идеи, флуктуации, которые затем окажутся вытеснены или поглощены ею? Эти общие положения нашли блестящее подтверждение и в области самой синергетики как науки. Собственно, практически одновременно с синергетикой на свет появились еще две идеи, имевшие своей целью объединение всей науки. В первую очередь речь идет о теории катастроф, которая в общественном сознании связана с именем Рене Тома. В действительности же в создании этой теории принимали активное участие и другие математики - такие как Э.К. Зееман, Т. Постон и В.И. Арнольд. Пожалуй, едва ли к какой-то другой математической теории нового времени лучше подходят строки Шиллера из "Лагеря Валленштей-на": "В истории приязнь или вражда его могучий образ искажают". Как же вообще могло случиться так, что математическая теория - кристально ясное, абстрактное умопостроение - оказалась связана с столь экспрессивным выражением? Начать следует несколько, может быть, издалека.

После того как теория катастроф получила широкое признание в математических кругах, на нее посредством публикаций научно-популярных статей в международных журналах было обращено внимание общественности. На сопровождающих тексты статей иллюстрациях были показаны всевозможные катастрофы: разрушенные пожаром или землетрясением дома, сошедшие с рельсов поезда и т.п. Неужели теперь в нашем распоряжении появилась теория, с помощью которой становится возможно предсказание таких катастроф? Для ответа на этот вопрос нам, по-видимому, придется еще более углубиться в предмет. Теория катастроф в рамках определенных математических уравнений занимается различными макроскопическими изменениями - в этом смысле теория катастроф очень похожа на синергетику, главным объектом исследований которой оказываются разного рода внезапно возникающие состояния. Так, к примеру, теория катастроф позволяет изучить, каким образом происходит разрушение моста при критических нагрузках - впрочем, инженеры пришли к тем же результатам и независимо от теории катастроф. Однако существует пункт, по отношению к которому мнения разделились: любая математическая теория, любая математическая теорема связаны с определенными условиями. Скажем, в начальной школе нас учат, что сумма всех углов в треугольнике равна 180 градусам. Позднее - в университете или же в старших классах - мы узнаем, что это связано с определенным условием, а именно - с аксиомами, лежащими в основе евклидовой геометрии. Если на поверхности шара (допустим, на глобусе) начертить треугольник из больших окружностей, то сумма его углов вовсе не обязательно будет равна именно 180 градусам. Аналогично обстоит дело и с теорией катастроф: она связана с так называемым потенциальным условием, подробнее останавливаться на котором мы сейчас не будем, так как объяснения могут оказаться слишком уж специальными. Однако для вынесения общего суждения все же важны два момента, которые и будут приведены.

Множеству математиков теория Тома так понравилась потому, что она была очень "красива", ведь Том должен был иметь весьма смутные предположения о потенциальном условии. С точки же зрения инженеров и естествоиспытателей теория катастроф во многих - и при этом важнейших - случаях (например для открытых систем) просто бесполезна, так как в этих случаях потенциальное условие вообще не выполняется. Можно доказать, что в открытых системах оно принципиально невыполнимо; иными словами, во всех открытых системах, а также в большинстве закрытых систем, природные процессы протекают в соответствии с совершенно иными, нежели постулируемые теорией катастроф, закономерностями.

Итак, теория катастроф поначалу была принята с восторгом, но затем вдруг подверглась резкой критике. Г.Б. Колата опубликовал на эту тему статью под названием "The Emperor Has No Clothes" - "А король-то голый!".

Название статьи - намек на известную сказку мудрого датского писателя Ханса Кристиана Андерсена (1805-1875). В этой сказке рассказывается о том, как к одному королю явились чужеземцы, утверждавшие, будто они умеют ткать чудесные ткани и шить из них прекрасные наряды, которые обладают волшебным свойством быть невидимыми для глупцов. И вот ловкие ткачи начинают "ткать" - да только ткань при этом никто не видит, хоть и не решается признаться в этом, опасаясь прослыть глупцом. Наконец состоялось большое шествие, в котором принимал участие и сам король в своем новом "платье", и все вокруг дивились и восторгались красотой этого наряда (кстати, эту сказку можно считать вкладом Андерсена в изучение темы "общественное мнение"). Восторги длились до тех пор, пока какой-то мальчишка не выкрикнул: "А король-то голый!"

Атака на теорию катастроф, предпринятая как Г.Б. Колатой, так и X.И. Зуссманом и Р.С. Цалером, вызвала шквал негодования со стороны тех, кто эту теорию применял, что и нашло свое отражение в многочисленных письмах-статьях в журналы, опубликовавшие в свое время статью Колаты. Сегодня в основном преобладает сдержанный научный подход, пусть даже поначалу это и не бросается в глаза - мы наблюдаем здесь знакомое нам по фазовым переходам медленное затухание критических флуктуации. На данный момент в среде ученых все более утверждается мнение - своего рода коллективное осознание - о том, что теория катастроф применима лишь в ограниченной и очень специальной области. Вдобавок ко всему, сам Том отрицает существование флуктуации. Высказав это мнение на одном из организованных мною симпозиумов по синергетике, Том столкнулся с явным недоумением, возникшим среди физиков; из примеров, становится совершенно ясно, что флуктуации зачастую играют главную роль во многих синергетических процессах.

Еще одна интересная попытка унификации научного подхода к исследованиям природы была предпринята Ильей Пригожиным, и в основе ее лежали результаты изучения Пригожиным химических и биологических процессов. Пригожий различал при этом два типа структур: такие, что, возникнув, сохраняются и без дальнейшего притока к ним энергии извне (например, кристаллы), и такие, которые продолжают свое существование лишь до тех пор, пока извне поступает энергия, а в некоторых случаях и материя. Примером последнего типа могут служить ячеистые структуры, образующиеся в слое жидкости, постоянно подогреваемом снизу. Непрерывно подводимая к жидкости тепловая энергия частично преобразуется в энергию движения гексагональных ячеек. Структуры же, возникающие в жидкости, достигают стабильного, устойчивого состояния, поскольку движение ячеек сопровождается постоянными потерями энергии вследствие трения; происходит "рассеяние" энергии, или - говоря на языке науки - диссипация энергии. Для обозначения таких структур Пригожий использовал термин "диссипативные структуры".

Образование диссипативных структур должно происходить в соответствии с определенным универсальным принципом. Этот принцип, установленный П. Глансдорфом и И. Пригожиным, описывает, каким образом на микроскопическом уровне диссипативные процессы приводят к росту энтропии, или, иначе, к хаосу. Как показали исследования, проведенные Рольфом Ландауэром и Рональдом Ф. Фоксом, принцип этот, к сожалению, не универсален, и кроме того, не всегда согласуется с так называемой функцией Ляпунова. (Смысл этой функции, кстати, очень легко представить: подобно потенциальному ландшафту, по которому катается шарик, символизирующий состояние системы, функция Ляпунова показывает, стремится ли рассматриваемая система к устойчивому состоянию) Хотя это обстоятельство, пожалуй, может представлять интерес только для экспертов, можно взглянуть на проблему и с другой стороны: описываемый принцип оказывается не в состоянии предсказать, какие именно "диссипативные структуры" могут возникнуть в том или ином конкретном случае; принцип этот не смог дать прогноза ни относительно свойств лазерного света, ни относительно формы ячеек Бенара - уже не раз упоминавшихся нами гексагональных структур, возникающих в нагреваемой снизу жидкости. Сделать такой прогноз удается лишь с помощью математических методов, используемых в синергетике (или даже специально для этой цели разработанных).

Больших успехов добились ученые, следующие другим путем, также проложенным представителями брюссельской школы Пригожина. Суть его заключается в математической формулировке и разработке химической модели, содержащей механизмы для запуска макроскопических колебаний концентрации двух веществ, а также их пространственных структур. В рамках этой модели два химических вещества должны вступать в реакцию друг с другом согласно определенным правилам и диффундировать в одном либо в двух измерениях (как на промокательной бумаге), аналогично тому, как это происходит в модели Гирера и Мейнхардта, уже обсуждавшейся нами ранее в связи с биологическим морфогенезом. Обе эти модели можно рассматривать как существенно расширенную модель Тьюринга. Модель Тьюринга призвана была описать течение химической реакции, обеспечивающей такой обмен веществ между двумя клетками, который приводил бы к "клеточной дифференциации". Что же касается дальнейших работ представителей брюссельской школы, то они в целом приняли направление, в котором с самого начала велись синергетические исследования, например, того же лазера.

Следует упомянуть о таком "детище науки", как теория хаоса. Зачастую к теории хаоса относят буквально все, что прежде разрабатывалось в рамках синергетики, и в частности - закономерности процессов самоорганизации. Однако мы уже имели возможность убедиться в том, что теория хаоса изучает только совершенно определенный пласт феноменов, связанных с самоорганизацией. Поскольку при самоорганизации наиважнейшую роль играет нелинейное взаимодействие, синергетику (и не только ее) именуют "нелинейной динамикой" или даже "теорией динамических систем", хотя при этом оказываются "свалены в одну кучу" совершенно различные понятия. К примеру, теория динамических систем полностью игнорирует флуктуации, имеющие для синергетики ключевое значение. В целом же ситуация напоминает одну из описанных нами выше: некая фирма, выпустив на рынок совершенно новый и к тому же удачный продукт, неожиданно для себя вдруг обнаруживает существование фирм-конкурентов.