

## **Илья Пригожин – творец новой модели мироздания**

*Доклад на семинаре «Философские проблемы современной физики»  
Würzburg 24.12.2006*

На наших заседаниях уже неоднократно и в докладах, и в дискуссиях упоминалось имя Ильи Пригожина, бельгийского физика, физико-химика, философа, лауреата Нобелевской премии, человека, который наверняка войдёт в историю мировой науки в одном ряду с такими титанами, как Ньютон и Эйнштейн. Правда, сегодня он ещё не настолько популярен в широких народных массах, а известен более в научной среде. По крайней мере, если вы станете останавливать прохожих на улице и спрашивать, кто такой Эйнштейн, то большинство из них не затруднится с ответом. Ответы, конечно, могут быть самыми разными, но ответ «не знаю» можно будет услышать достаточно редко. В отношении Ильи Пригожина картина, к сожалению, будет обратной. Пока. Надо полагать, что со временем его идеи станут не менее популярны, чем идеи Ньютона или Эйнштейна. Это, конечно, достаточно смелое утверждение, но думаю, в ходе доклада мне удастся показать, что оно, по крайней мере, не лишено оснований. Илья Пригожин – выдающаяся фигура даже среди Нобелевских лауреатов. Он создал целую эпоху в истории современной науки, эпоху, свидетелями и соучастниками которой являются все, кто так или иначе приобщен к науке, даже если мы не отдаем себе отчета, что многие идеи и подходы были сформулированы именно Ильей Пригожиным. Анализ работ Ильи Пригожина, однако, не является предметом моего доклада. Это будет сделано другими докладчиками в ходе наших последующих заседаний. В мою задачу входит лишь краткое изложение его жизненного пути и наиболее общее, контурное обозначение основных направлений научной деятельности Пригожина.

Начав свой рассказ с сопоставления имени Ильи Пригожина с именами Исаака Ньютона и Альберта Эйнштейна, я с вашего позволения продолжу использование этого приёма, обратив, однако при этом внимание на одно формальное отличие. Если Ньютон, живший в 17 – 18 веке, отстоит от нас по времени почти на триста лет, Эйнштейн лишь соприкоснулся опять же по времени с нашим поколением в период нашей молодости, то Пригожина вполне можно считать нашим современником. Он, к сожалению, уже ушёл из жизни, но с момента его кончины прошло всего лишь три с половиной года. Это произошло 28 мая 2003 года в одной из брюссельских больниц на 87 году жизни учёного.

Среди знаков внимания, которыми почтили его память, был и венок от Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, почётным доктором которого Пригожин был избран 5 июня 1993 года. По просьбе ректора университета Виктора Садовниченко венок возложил

известный историк науки доктор геолого-минералогических наук Абрам Блох, близко знавший Илью Пригожина и не раз встречавшийся с ним в последние годы. Сведения, содержащиеся в статье Абрама Блоха, опубликованной в журнале «Поиск», наряду с другими источниками легли в основу моего доклада.

Именно Абрам Блох определил Пригожина как одного из последних титанов естествознания XX столетия. Из тех, кто своими фундаментальными построениями сумел изменить философское восприятие человечеством окружающего мира, кто владел уникальной способностью к универсализму собственного мышления. И кто, как сам он признался в одном из московских выступлений, умел оставаться в одиночестве в начале очередного выбранного им пути к познанию. Имелось в виду непонимание многих идей ученого маститыми коллегами, вчерашними соратниками, мысль которых не поспевала за его озарениями. Зато он всегда находил поддержку у окружавшей его молодёжи, чьи мозги быстрее воспринимали вероятность невероятного. Это, кстати, отличало его от Альберта Эйнштейна, который тоже владел мастерством одиночества, но мечтал при этом о месте смотрителя маяка. Последнее для Пригожина было абсолютно чуждым, хотя многие за мощь в охвате познаваемого называли его "вторым Эйнштейном"...

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, а 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». Так во всяком случае считает Ольга Балла — автор статьи «Феномен Пригожина» в журнале «Знание — сила», хотя в других источниках, в частности в Википедии, утверждается, что авторство понятия «самоорганизация» принадлежит Уильяму Эшби. Впрочем, оба этих учёных работали над названными проблемами практически в одно и то же время: 1947 - 1948 годы. Поэтому вопрос о приоритете понятия «самоорганизация», как философской категории может быть спорным.

Вот именно это понятие «Самоорганизация материи» и ляжет по всей вероятности в основу по крайней мере одного из докладов, а может быть и нескольких докладов, которые предполагается включить в план работы нашего семинара на следующий календарный год. Сегодня я попытаюсь, как уже говорил лишь контурно обозначить это понятие, насколько это позволит моё собственное понимание, признаться, достаточно ограниченное. А более подробно и обстоятельно объяснят нам, я надеюсь, Евгений Евгеньевич и Станислав Юрьевич. Но это будет уже в следующем году. А пока обратимся к описанию жизненного пути Ильи Романовича Пригожина.

Илья Пригожин родился в Москве 25 января 1917 года. Отец, выпускник Московского высшего технического училища, химик-технолог по образованию, в 1913 году организовал у Крестовской заставы, тогдашней окраины Москвы, лакокрасочное производство. Там же, в самом конце Большой Переяславской улицы, жила и семья молодого предпринимателя. В 1918 году заводик национализировали, а бывшего владельца назначили его директором. Благодаря стараниям матери Юлии Вихман Илья с детства играл на пианино. Ноты, как она позднее вспоминала, Пригожин научился читать раньше, чем слова. Когда в 1921 году начались аресты, отец предпочел уехать, оставив квартиру семье родной сестры. Сначала они жили сначала в Литве и Германии, а с 1929 г. поселились в Бельгии. Годы переездов, по словам Пригожина, породили у него «острую восприимчивость к переменам»: «Начав изучать физику и химию, я был поражен тем, что исчез фактор времени». Пригожин в юности интересовался историей и философией. Будущее же свое он тогда связывал с профессией концертирующего пианиста. Когда уезжали в 1921 году из Москвы, отец, прощаясь с сестрой, сказал, что надеется вскоре вернуться, что должно же здесь, в конце концов, все утихомириться. Но вновь побывать в родном городе удалось лишь через 34 года, когда после смерти Сталина чуть приоткрылся железный занавес. Илья Романович побывал в отчем доме вместе с отцом в 1957 году. Тогда здание, в котором они жили, еще не снесли. Как он потом рассказывал, зайдя в квартиру, сразу узнал отцовские книги в знакомом шкафу, свою фисгармонию, на которой с трехлетнего возраста играл под руководством мамы.

Была тихая радость возвращения, хотя бы на миг, в ушедшее детство. И была обида, непонимание происходящего. Встретиться, как и отец, он смог лишь с двумя тетками и их дочерьми. Остальные Пригожины от встреч уклонились. В том числе и любимый кузен Владимир Борисович, который, будучи старше Ильи на восемь лет, был его покровителем и защитником в детских играх. Причина уклонения от встреч для тех лет предельно банальная. Чтобы не оказаться под колпаком жестокой власти в положении "политически подозрительных", в анкетной графе "есть ли родственники за границей" они указывали - "нет". То же повторяли миллионы их сограждан.

После этого Пригожин приезжал в Москву еще пять раз, но только при седьмом визите, наконец, увидел всех своих родственников. Произошло это 26 декабря 1992 года, через 70 с лишним лет после эмиграции. Когда в переполненном встречавшими небольшим VIP-помещении аэропорта навстречу друг другу медленно двинулись до невероятности похожие фигурой и ростом два пожилых человека, у присутствовавших перехватило горло. Владимир Борисович, перед тем как обняться, тихо сказал: "Здравствуй, Илья". И услышал в ответ: "Здравствуй, Вова"...

Именно в этот приезд, выступая в Институте истории естествознания и техники РАН (ИИЕТ), Илья Романович рассказал собравшимся, как он вошел в науку, о достижениях, которые принесли ему в 1977 году Нобелевскую премию.

Начальное и среднее образование Пригожин получил в школах Берлина и Брюсселя. Чувствуя в сыне склонность к гуманитарным знаниям, родители посоветовали ему готовить себя к профессии юриста. Юноша набрал стопу книг по юриспруденции и при их просмотре понял: чтобы успешно исполнять обязанности юриста, следует хорошо разбираться в психологии людей. Так, на его столе появились тома только что вышедшей энциклопедии по психологии. Но чтобы понять, о чем там шла речь, потребовалось знание биологии. Взавшись за нее, убедился, что не обойтись без химии, физики, математики.

В конце концов, поиски привели юношу на химический факультет Свободного Университета в Брюсселе где уже учился его старший брат. Там его особенно привлекала термодинамика – наука, связанная с тепловой и другими формами энергии. Став здесь же в 1943 г. бакалавром естественных наук, Пригожин написал диссертацию о значении времени и превращения в термодинамических системах, за которую два года спустя был удостоен докторской степени. В 1947 г. он был назначен профессором физической химии в Свободном университете, а в 1962 стал директором Солвеевского международного института физики и химии в Брюсселе. Таким образом, начало жизненного пути от мечты стать концертирующим пианистом через намерение родителей сделать сына юристом к профессии физико-химика было преисполнено неожиданными поворотами судьбы. То есть впервые на собственном опыте Пригожин убедился в приоритете случайного, в заведомой непредсказуемости эволюции, будь то жизнь человека или течение природного процесса. В дальнейшем это становится одним из важнейших тезисов его учения о термодинамике неравновесных процессов, увенчанного нобелевской наградой.

Неравновесными процессами в открытых системах в ушедшем веке занимались многие: один из основателей общей теории систем Людвиг фон Бергаланфи, Леонид Мандельштам, Михаил Леонтович, создатель

синергетики Герман 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», «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.

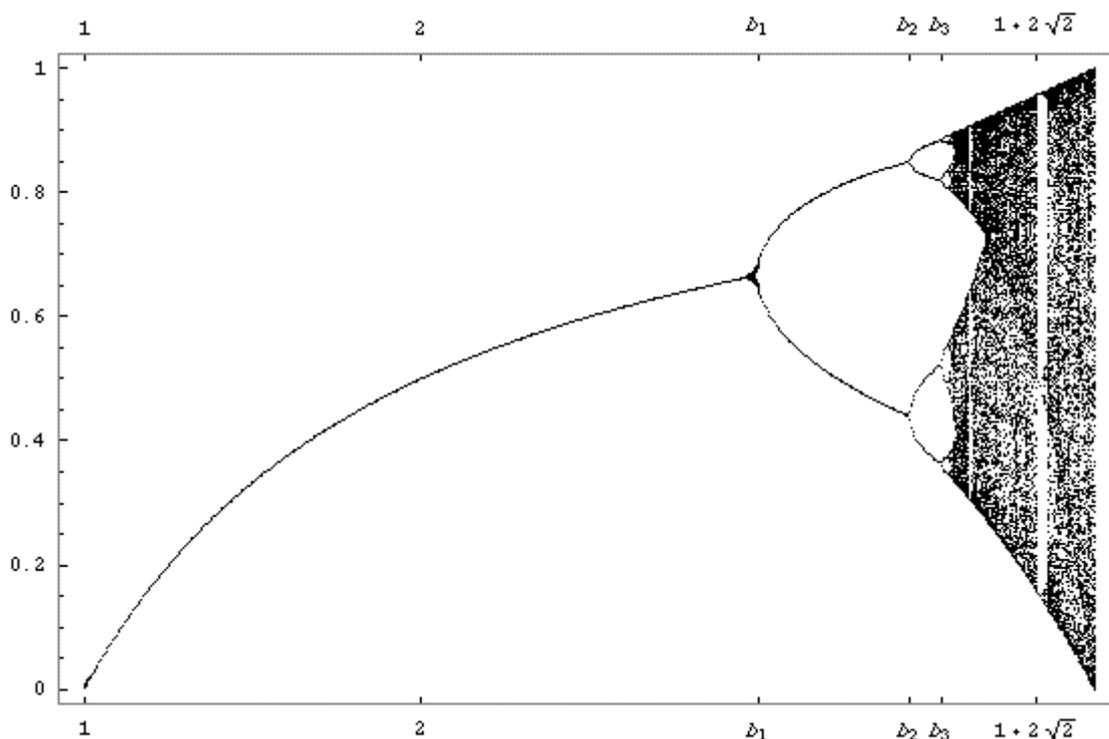
Издавался он много, в том числе по-русски, но ранние его книги — «Введение в термодинамику необратимых процессов», «Неравновесная статистическая механика», «Химическая термодинамика», «Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций» — не читались как мировоззренческие, философские, хотя 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, он поставил себе цель проследить 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 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.

Здесь я позволю себе напомнить о бифуркационной диаграмме, которую нам демонстрировал и подробно объяснял Станислав Юрьевич Яржембовский в своём докладе «Детерминистский хаос и фрактальность как следствия нелинейности мира» в марте прошлого года:



Нельзя ни точно предсказать, что будет выбрано, ни вполне надежно это контролировать: в критические моменты все решает случай. Природа-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.

Вот на этом моменте, следует, по-видимому, сделать особый акцент. Дело в том, что фактор количественной ограниченности моделей перехода приводит к выводу о том, что детерминизм не может быть полностью исключён из модели мироздания. А ведь именно отрицание детерминизма лежит в основе одной из программных статей Пригожина «Философия нестабильности». Критика такого подхода содержится в комментарии к этой статье академика Сергея Курдюмова. О неединственности путей развития Пригожин говорит, однако совершенно опускается момент их строгой количественной заданности, а следовательно, он проходит мимо некой предопределенности или детерминированности, несущей с собой своеобразные правила запрета и налагающей весьма жесткие ограничения на способы существования природных объектов. Те объекты, которые в силу обстоятельств оказались на запрещенном пути эволюционирования, либо распадутся, погибнут, либо перейдут на допустимый путь и будут двигаться по направлению к соответствующему аттрактору. Здесь можно увидеть аналогию с борьбой за существование или с морфогенезом. Саморазвитие, усложнение среды происходит за счет уничтожения, изъятия запрещенных, т.е. нежизнеспособных форм. При этом следует отметить, что в моменты перехода от одного пути к другому - в точках бифуркации - также решающую роль играют малые возмущения, в этих точках также проявляется неустойчивость и нестабильность.

Далее возникшие структуры развиваются в режиме с обострением. Это означает, что за конечное время параметр, характеризующий состояние системы - температура - должен достигнуть бесконечной величины. Однако в реальном мире подобное произойти не может, и объясняется это тем, что вблизи точки обострения структура теряет устойчивость, и в действие опять вступают малые флуктуации, теперь способствующие уже распаду структуры. Тем не менее, сложные структуры всё же самоорганизуются и даже стабилизируются на период времени, достаточный для того, чтобы достигнуть следующей точки бифуркации, а преодолев её под влиянием очередной флуктуации, организовать в ещё более сложную структуру, причём зачастую с нарушением принципа наименьшего действия и, как это происходит в сложных биохимических структурах, по сложнейшей и тончайшей программе, что едва ли увязывается с представлением о полном отсутствии детерминизма в таких процессах.

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 её без остатка. Сам же Пригожин 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 всё 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.

### **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

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 истории. 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 невозмутимость восточных, например, культур в отношении времени. Напряженное, динамичное чувство времени — одно из самых характерных европейских чувств. Европейец живёт постольку, поскольку всё 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 описание 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.

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 естественноисторического 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 её, 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 её человеческих обличьях. 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.

## Энтропия, или Судьбы необратимости

У образа необратимости — большой, космологической — в новоевропейской мысли были свои этапы развития. Первый из них определялся представлением, согласно которому её 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 в классической термодинамике под именем энтропии.

Несмотря на своё 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 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 нём система уже не способна совершать работу; теплообмен прекращается. Особый драматизм закону придает 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.

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 ещё 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, всё более сложно организованные состояния

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

Заговорив о Хаосе, Пригожин затронул одну из очень древних тем. 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.

В монотеистических религиях 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.

Вообще во всех древнейших мировоззрениях, представлениях о возникновении мироздания просматривается удивительная вещь. Не располагая инструментами современной нам науки и вынужденные поэтому пользоваться мифологическими образами, мыслители древности, тем не менее, интуитивно, но довольно точно определяли те понятия, которыми в иных формулировках оперирует современная физическая наука и современная философия. Библейскому представлению о сотворении мира из

ничего вполне соответствует современное понимание возникновения элементарных частиц и античастиц из вакуума.

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 смещение телесной твари, которое древние звали хаосом» (так назвал Фома эту разреженную массу беспорядочно движущихся первоэлементов), была первым состоянием 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.

Пригожин был не одинок в интеллектуальной «реабилитации» Хаоса, но роль ему принадлежала очень большая, в своём 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 нестабильности. 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.

Пригожин довел до глубоких следствий процессы, начавшиеся в европейском мышлении задолго до него. Прежде всего — это вращивание

понятия Времени в структуру понимания все новых и новых областей реальности.

Гигант в науке - в жизни он был скромным и обаятельным человеком. Он любил свою историческую родину и преклонялся перед ее фундаментальной наукой. Когда в 1990-х годах она стала золушкой для властей, Илья Романович возвысил голос в ее защиту. "Для Европы, - говорил он на встрече с президентом РАН Ю.Осиповым, - сохранение русской науки - важнейшая задача. Проблемы эти должны решаться прежде всего на политическом уровне".

На упоминавшейся в начале доклада встрече в Институте истории естествознания и техники он заявил, что до сих пор 90 процентов новых математических идей продолжают поступать на Запад из России. И перечислил кумиров, перед которыми снимал шляпу, - Боголюбов, Колмогоров, Гельфанд, Арнольд, Ляпунов...

Вспоминая о раскрытых им закономерностях состояний вдали от равновесия, добавил, что и здесь ему подставила плечо русская наука. Ученый имел в виду открытую советскими учеными реакцию БЖ (Белоусова - Жаботинского) - так называемые "химические часы". Это достижение он рассматривал как экспериментальное подтверждение реальности его теоретических представлений, без коего Нобелевская премия могла бы пройти мимо него.

Кстати, и по поводу нобелевских наград у него имелись собственные представления. "Нобелевская премия, - рассуждал он, - всегда немного случай. Она, несомненно, один из важных критериев, но отнюдь не главное".

Приезжая в Россию (а всего он побывал здесь одиннадцать раз - десять в Москве и один - в Санкт-Петербурге), он, по его словам, не всегда адекватно понимал, где он - дома или в гостях. Но именно Бельгия стала для него истинной второй родиной, спасшей к тому же во время Второй мировой войны жизнь ему и его семье.

Бельгия вместе с Данией сумели оказаться своеобразным оазисом в оккупированной Европе. Гитлеровские расовые законы если там и действовали, то на четверть силы - исключительно "заботами" оккупационных властей. Правительства этих стран при широчайшей поддержке населения принципиально отмежевывались от участия в депортациях по расовому признаку. Когда оккупанты потребовали от бельгийских евреев регистрации, подавляющее большинство их проигнорировало распоряжение. Те же, кто подчинился ему, вскоре были арестованы и погибли в концлагерях.

Тем не менее, Илья Романович летом 1943 года с женой и ее матерью в концлагере все же оказался. Собравшись отдохнуть за городом, он воспользовался любезным предложением друга семьи, бельгийского генерала, пожить в его пустующей вилле. Там их гестаповцы и прихватили. Вилла, оказалось, служила явкой для партизан и находилась под непрерывным наблюдением гестапо, о чем хозяин не подозревал.

Илья Романович, вспоминая о том драматическом эпизоде, продолжавшемся десять недель, говорил, что по большому счету своим спасением обязан Сталинграду. После разгрома на Волге нацисты поняли, что война проиграна, и отцу жены, опытному адвокату, удалось при содействии подпольщиков Сопротивления собрать деньги и за банальную взятку выкупить узников у гестаповского начальника.

Но грехи у Пригожина перед оккупантами все же имелись, и о них он вспоминал во время заключения не без содрогания. После оккупации все университеты были в Бельгии закрыты. Однако преподавание продолжалось. Нелегально, преимущественно по частным квартирам. Среди преподавателей был и Пригожин. После изгнания нацистов бельгийское правительство наградит его медалью Сопротивления. Среди невероятного для одного ученого числа наград разных стран, которых он был удостоен за свою жизнь, эта награда для него всегда являлась самой дорогой...

Вообще Илья Пригожин получил свыше 40 научных наград и премий, был почетным членом академий многих стран мира, включая Академию наук СССР, и президентом Королевской академии Бельгии, почетным доктором 38-ми университетов в 19-ти странах. Удостоен 22 ученых премий и стольких же научных медалей. С 1962 являлся директором Международного института физики и химии (Сольве, Бельгия). В 1967 г. Пригожин был назначен директором Центра статистической механики и термодинамики Ильи Пригожина, который он основал при Техасском университете в Остине. С тех пор он работал одновременно и в Брюсселе, и в Остине.

Было у Ильи Пригожина и хобби – археология. Особенно близкой для него стала зримо воплощенная в этой науке идея «стрелы времени». Гостиная в обширной квартире ученого буквально превратилась в зал археологического музея. А брюссельские музейные учреждения подчас заимствовали у него экспонаты для выставочных показов. Друзья вспоминают, что на одной из стен, как напоминание о родине, висела православная икона дониконова письма.

Таковы основные вехи биографии ученого. Отдавая безусловную дань его достижениям в области химии и физики, мы все же решимся на рискованное утверждение о том, что переворот в методологии научного знания и в мировоззрении современной эпохи он совершил именно благодаря своей философской концепции. А если быть еще точнее, его идеи о фундаментальных законах мироздания, его язык описания сложных,

открытых, неравновесных систем (сред), созданная им модель Универсума стали результатом синтеза естественнонаучного знания и философии. Предложенный Ильей Пригожиным синтетический трансдисциплинарный подход, как все гениальное, оказался прост, несмотря на сложнейшую внутреннюю структуру. Прост и одновременно совершенен, гармоничен и по-настоящему красив, как может быть красиво произведение искусства. Поэтому Пригожина недаром 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.

Сейчас, когда великий ученый завершил свой жизненный путь и ушел в Историю, на обоих полушариях, несомненно, станут мемориальными немало мест, связанных с его именем, в том числе, надо надеяться, и в Москве.

Пока же, к сожалению, я не имею возможности проиллюстрировать свой доклад какими бы то ни было интересными фотоматериалами. Всё что удалось разыскать в Интернете – это несколько фотопортретов Пригожина, практически однообразных, выполненных в скучно-официальном ракурсе, но, самое главное, зажатых до единиц килобайт, что при развёртывании на демонстрационный экран даст только размытое пятно. Биографические сведения пока тоже довольно скудны и, как ни странно, иногда противоречивы. Тем не менее, есть уверенность в том, что издание фундаментальной академической биографии учёного – дело недалёкого будущего, поскольку он пользовался большой известностью в мире науки и вообще в широких кругах мировой интеллектуальной элиты. Но главное – неоценимый вклад Пригожина в мировую науку, в естествознание и философию, его идеи, перевернувшие научное и общественное мировоззрение – всё это нам с вами ещё предстоит изучить, чем, как уже говорилось, мы и будем заниматься в следующем году.

**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.

## Берталанфи, Людвиг фон

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

**Карл Людвиг фон Берталанфи** (англ. *Ludwig von Bertalanffy*; 19 сентября 1901, Вена — 12 июня 1972, Нью-Йорк) — австрийский биолог, постоянно проживавший в Канаде и США с 1949 года. Первооснователь обобщённой системной концепции под названием «**Общая теория систем**». Постановщик системных задач. Прежде всего, в сфере разработки математическим аппаратом описаний типологически несходных систем. Исследователь изоморфизма законов в различных сегментах научного знания

## Самоорганизация

**Самоорганизацией** (синонимы: **самоуправление**, **автономия**) называется внутренний процесс, происходящий в **открытой системе**, по **стабилизации** или улучшению внутренней **структуры** системы без **управления** и руководства с внешней, по отношению к ней, стороны.

### История

Идея, что **динамика** системы может сама по себе стремиться увеличивать порядок системы имеет долгую историю. Одним из первых это предположение высказал философ **Декарт** в пятой части "Рассуждения о методе", где он представляет его гипотетически. Более подробно Декарт разработал эту идею в никогда не напечатанной книге "Le Monde".

Древние последователи теории **атома** считали, что нет необходимости в понятии разумного Творца: если есть достаточное количество пространства и материи, порядок в конце концов неизбежно наступит. Декарт добавил, что к порядку систему ведут самые обычные законы природы.

Натуралисты **XVIII века** стремились найти "универсальный закон форм" чтобы объяснить многообразие наблюдаемых форм живых организмов. Их идеи, вместе с теорией эволюции **Ламарка**, не были признаны до начала **XX века**. Современная наука подтвердила существование универсальных законов (основанных на фундаментальных законах физики и химии), управляющих развитием биологических систем.

Первое известное упоминание в печати этого термина ([англ. \*Self-organization\*](#)) появилось в статье [Уильяма Эшби](#) "Principles of the Self-Organizing Dynamic System", Journal of General Psychology (1947), volume 37, pages 125--128. Термин использовался в [1960-е](#) годы в теории систем, а в [1970-е](#) — [1980-е](#) стал использоваться в [физике сложных систем](#).

[править]

## **Самоорганизация и другие науки**

Явление самоорганизации наблюдается в самых разных областях науки, таких как

- [Физика](#)
- [Химия](#)
- [Биология](#)
- [Кибернетика](#)
  - [Искусственный интеллект](#)
  - [Коллективный интеллект](#)
- [Общественные науки](#)
  - [Психология](#)
  - [Социология](#)
  - [Экономика](#)
  - [Антропология](#)

[править]

## **Свойства самоорганизующихся систем**

- **Отсутствие внешнего контроля**
- **Динамичность**
- **Взаимозависимость и меньшая свобода элементов**
- **Порядок во всей системе, возникающий из локальных взаимодействий**
- **Сложность**
- **Внутренние иерархии**

[править]

## **Самоорганизация и энтропия**

Согласно [второму закону термодинамики](#) в [закрытых системах](#) количество энтропии (меры беспорядка) не уменьшается. Поэтому в таких системах в целом организованность и сложность увеличиваться не могут. Самоорганизация может происходить лишь в [открытой системе](#) (либо в открытой подсистеме закрытой системы).

Так [Илья Пригожин](#) показал, что самоорганизация происходит в диссипативных (рассеивающих) системах, далеких от теплового равновесия. Такие системы потребляя большое количество энергии, увеличивают энтропию окружающей среды, уменьшая свою, и, таким образом, общее количество энтропии не уменьшается.

Хотя всё ещё есть исследователи, которые считают, что понятие самоорганизации вступает в конфликт со вторым законом термодинамики. [Стюарт Кауффман](#) предположил, что самоорганизация уравнивает увеличение энтропии, предотвращая [тепловую смерть](#) вселенной, и назвал это "четвертым законом термодинамики".

## Диссипативная система

**Диссипативная система** (или **диссипативная структура**) — это [открытая система](#), которая оперирует вдали от [термодинамического равновесия](#). Иными словами, это устойчивое состояние, возникающее в неравновесной среде при условии [диссипации](#) (рассеивания) энергии, которая поступает извне. Диссипативная система иногда называется еще *стационарной открытой системой* или *неравновесной открытой системой*.

Диссипативная система характеризуется спонтанным появлением сложной, зачастую хаотичной структуры.

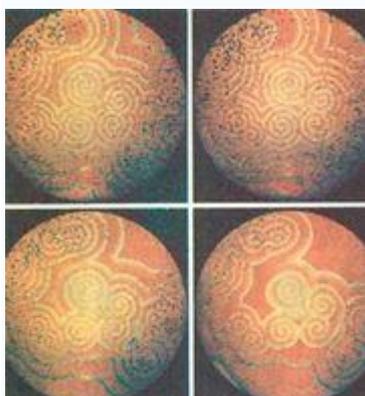
Простым примером такой системы являются [ячейки Бенара](#). В качестве более сложных примеров называются [лазеры](#), [реакция Белоусова-Жаботинского](#) и даже сама биологическая [жизнь](#).

Термин «диссипативная система» введен [Ильёй Пригожиным](#).

## Реакция Белоусова-Жаботинского

**Реакция Белоусова—Жаботинского** — [химическая реакция](#), в которой возникают [хаотические](#) автоколебательные процессы. В настоящее время найдены многие реакции с таким свойством.

В 1951 [Б. П. Белоусов](#) обнаружил [автоколебания](#) в реакции окисления [бромата калия](#)  $\text{KBrO}_3$  [малоновой кислотой](#)  $\text{HOOC-C-COOH}$  в кислотной среде в присутствии катализатора — ионов [церия](#)  $\text{Ce}^{+3}$ . Течение реакции меняется со временем и раствор периодически меняет цвет от бесцветного ( $\text{Ce}^{+3}$ ) к жёлтому ( $\text{Ce}^{+4}$ ) и обратно. Эффект ещё более заметен в присутствии [индикатора pH ферроина](#). Сообщение Белоусова было встречено в научных кругах скептически, поскольку считалось, что автоколебания в химических системах невозможны.



Некоторые конфигурации, возникающие при реакции Белоусова—Жаботинского в тонком слое в чашке Петри

В 1961 механизм реакции Белоусова был объяснён аспирантом [Анатолием Жаботинским](#), но эта работа оставалась малоизвестной до 1968 года. В 1969 Жаботинский с коллегами обнаружили, что если реагирующую смесь разместить тонким плоским слоем, в нём возникают волны изменения концентрации, которые видны невооружённым глазом в присутствии индикаторов.

Сейчас известно довольно много реакций типа Белоусова-Жаботинского, например, [реакция Бриггса-Раушера](#).

## Пригожин, Илья Романович

**ПРИГОЖИН ИЛЬЯ РОМАНОВИЧ** 1917, Москва, физиохимик. На фотографии справа. С 1929 года живет в Бельгии. Лауреат Нобелевской премии за работы по термодинамике необратимых процессов. Удостоен ряда других престижных премий, наград и титулов. Почетный гражданин многих городов мира. Отец – Роман Пригожин, инженер-химик. Мать – Юлия Вихман, музыкант.

**Илья Рома́нович Приго́жин** (фр. *Ilya Prigogine*) (25 января 1917, Москва, Россия — 28 мая 2003 Брюссель, Бельгия) — бельгийский физикохимик, лауреат Нобелевской премии по химии 1977 года.

В возрасте шести лет вместе с родителями эмигрировал в Бельгию. Окончил Брюссельский университет (1942).

Основная масса его работ посвящена неравновесной термодинамике и статистической механике необратимых процессов. Одно из главных достижений заключалось в том, что было показано существование неравновесных термодинамических систем, которые при определённых условиях, поглощая массу и энергию из окружающего пространства, могут совершать качественный скачок к усложнению ([Диссипативные структуры](#)). Причём такой скачок не может быть предсказан, исходя из классических законов статистики. Такие системы позже были названы его именем. Расчёт таких систем стал возможен благодаря его работам, выполненным в 1947 году.

Доказал одну из основных теорем термодинамики неравновесных процессов — о минимуме производства [энтропии](#) в открытой системе.

В 1982 году Пригожин становится иностранным членом [Академии наук СССР](#). Его работы много переводились на русский язык, однако до сих пор он остается практически неизвестен в России, хотя на Западе к его работам обращаются многие ученые, не только физики и химики, но и биологи, палеонтологи и математики.

## Эшби, Уильям Росс



Уильям Росс Эшби

**Уильям Росс Эшби** (William Ross Ashby), родился 6 сентября 1903 г. в Лондоне, Англия — умер 15 ноября 1972 г. Английский психиатр, специалист по кибернетике, пионер в исследовании **сложных систем**. Окончил Кембриджский университет; с 1930 работал психиатром.

Несмотря на явные заслуги в развитии **кибернетики**, **теории систем** и исследований **сложных систем**, он не так известен как другие первые исследователи в указанных областях, включая **Герберта Симона**, **Норберта Винера**, **Людвига фон Бергаланфи** и **Стюарта Кауфманна**.

С 1947 по 1959 годы Эшби был руководителем исследований в госпитале **Barnwood House Hospital** в Глочестере, Англия. В 1959—60 директор Берденского неврологического института в Бристоле (**Burden Neurological Institute**). С 1960 проф. кибернетики и психиатрии Иллинойского университета, Department of Electrical Engineering (Эрбана, США). В 1971 году Эшби стал членом Королевского колледжа психиатрии **Royal College of Psychiatry**.

Эшби принадлежит изобретение **гомеостата** (1948). Он ввел понятие **самоорганизации**.

## Гомеостат

**Гомеостат** (от гомео... и греч. statós — стоящий, неподвижный), **самоорганизующаяся** система, моделирующая способность живых организмов поддерживать некоторые величины (например, температуры тела) в физиологически допустимых границах (см. **Гомеостаз**).

Английский учёный **У. Р. Эшби**, изобретатель Г., сконструировал его (1948) в виде устройства, состоящего из четырёх магнитных систем, имеющих перекрёстные обратные связи. Каждая связь регулируется при помощи кольцевого реостата с отводами, которые переключаются при перемещениях магнитов и обеспечивают системе несколько сотен тысяч различных состояний. При неустойчивом состоянии магниты перемещаются, случайно изменяя схему соединений Г., отыскивая новое положение, при котором достигается состояние устойчивого равновесия. Г. обладает способностью самоорганизации, то есть может в известной степени обучаться и приспосабливаться формами своего поведения к устойчивому равновесию с окружающей средой при

некоторой случайности во внутреннем строении (например, при изменении параметров, связей с окружающей средой, частичной поломке).

**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 единого 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.

## Хакен, Герман

**Хакен (Haken) Герман (р. 1927)** — нем. физик-теоретик, основатель [синергетики](#). Изучал физику и математику в ун-тах Галле (1946—1948) и Эрлангена (1948—1950), получил степени доктора философии и доктора естественных наук. С 1960 является проф. теоретической физики ун-та [Штутгарта](#). До ноября 1997 был директором Ин-та теоретической физики и синергетики ун-та Штутгарта. С декабря 1997 является почетным проф. и возглавляет Центр синергетики в этом Ин-те, а также ведет исследования в Центре по изучению сложных систем в ун-те Флориды, Бока Рэтон, США. Он является издателем шпрингеровской серии книг по синергетике, в рамках которой к настоящему времени опубликовано уже 69 томов.

## Синергетика

**Синергетика** — междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является познание природных явлений и процессов на основе принципов [самоорганизации систем](#) (состоящих из *подсистем*).

Термин «синергетика» ввёл [Герман Хакен](#) (в 1977 году вышла его книга «Синергетика»), образовав его из греческих слов *син* — «совместное» и *эргос* — «действие».

Синергетика изначально представлялась как междисциплинарный подход, так как принципы, управляющие процессами самоорганизации, одни и те же безотносительно природы систем.

До сих пор не улажен спор о целесообразности введения термина «синергетика», так как её предмет исследования лежит среди различных дисциплин, а основные методы синергетики взяты от **нелинейной неравновесной термодинамики**.

Существуют несколько школ, в рамках которых развивается синергетический подход:

1. **Брюссельская школа Ильи Пригожина**, в русле которой разрабатывалась теория **диссипативных систем**, раскрывались исторические предпосылки и мировоззренческие основания теории самоорганизации;
2. Школа Г. Хакена, профессора Института синергетики и теоретической физики в Штутгарте. Он объединил большую группу учёных вокруг шпрингеровской серии книг по синергетике, в рамках которой к настоящему времени увидели свет более 60 томов.
3. Математический аппарат **теории катастроф** для описания синергетических процессов разработан российским математиком В. И. **Арнольдом** и французским математиком Рене **Тома**.
4. В рамках школы академика А. А. **Самарского**, члена-корреспондента РАН С. П. **Курдюмова** разработана теория самоорганизации на базе математических моделей и вычислительного эксперимента. В России вклад в развитие синергетики внесли академик Н. Н. **Моисеев** — идеи универсального эволюционизма и **коэволюции** человека и природы; синергетический подход в биофизике имел место в трудах членов-корреспондентов РАН М. В. **Волькенштейна** и Д. С. **Чернавского**.

Постепенно предмет синергетики распределился между различными направлениями:

- теория **динамического хаоса** исследует сверхсложную упорядоченность, напр. явление **турбулентности**;
- теория **детерминированного хаоса** исследует хаотические явления, возникающие в результате детерминированных процессов (в отсутствие случайных шумов);
- теория **фракталов** занимается изучением сложных самоподобных структур, часто возникающих в результате самоорганизации, процесс самоорганизации также может быть фрактальным;
- теория катастроф исследует поведение самоорганизующихся систем в терминах **бифуркация, аттрактор, неустойчивость**.

**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 Всевидящего 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.

## Понятия

**Аттракторы** (от английского to attract — притягивать) — геометрические структуры, которые характеризуют поведение системы в фазовом пространстве по прошествии

длительного времени. Траектории, выйдя из начальных состояний, в конце концов приближаются к аттракторам. Упрощенно говоря, аттрактор — это то, к чему система стремится прийти — к чему она «притягивается». Самый простой случай аттрактора — неподвижная точка. Именно в нее всегда неизбежно возвращается маятник — простейшая колебательная система — после того, как оказывается выведенным из состояния равновесия. Аттракторы же хаотические, которые соответствуют «непредсказуемому» (то есть лишь в ограниченной степени предсказуемому) движению, имеют сложную геометрическую форму.

**Бифуркация** (от латинского *bifurcus* — двузубый, раздвоенный) — буквально означает «раздвоение», разделение, разветвление. В этом смысле слово употребляется, например, в анатомии («бифуркация бронха»), в географии (так обозначается разделение реки на две ветви). В математике термин применяется в более широком смысле — для обозначения качественных изменений объектов при изменении параметров, от которых эти объекты зависят. Переход через бифуркацию — процесс случайный, подобный бросанию монеты.

**Флуктуация** (от латинского *fluctuatio* — колебание) — случайное отклонение величины, характеризующей систему из большого числа частиц, от ее среднего состояния. Именно флуктуация вынуждает систему выбрать ту ветвь, по которой будет происходить дальнейшая эволюция системы.

## Источники информации

А.Блох. Илья Романович Пригожин. («Поиск» 05.06.2003)

О.Балла. Феномен Пригожина. («Знание – сила» № 3 2002 г.)

Голубович И.В. Время, Хаос и Космос Ильи Пригожина (штрихи к интеллектуальной биографии учёного)

Пригожин Илья. (Энциклопедия «Кругосвет»)

И.Пригожин. Философия нестабильности. («Вопросы философии» № 6, 1991)

И.Пригожин. Детерминизма нет ни в обществе, ни в природе. (Futura, 2000)

И.Пригожин. Мы только начинаем постигать природу. Конспект лекции, прочитанной на международной конференции по синергетике в г. Пущино в июле 1983 года. (в книге «Краткий миг торжества. О том, как делаются научные открытия». Составитель В.Черникова. Изд. «Наука». Москва. 1989).