

# Жизнь под знаком исследования времени

## К 100-летию со дня рождения И.Р.Пригожина

Время и люди

Р.Н.Щербаков,  
доктор педагогических наук  
Таллин (Эстония)

Мы лишь начинаем понимать уровень  
природы, на котором живем...

И.Пригожин

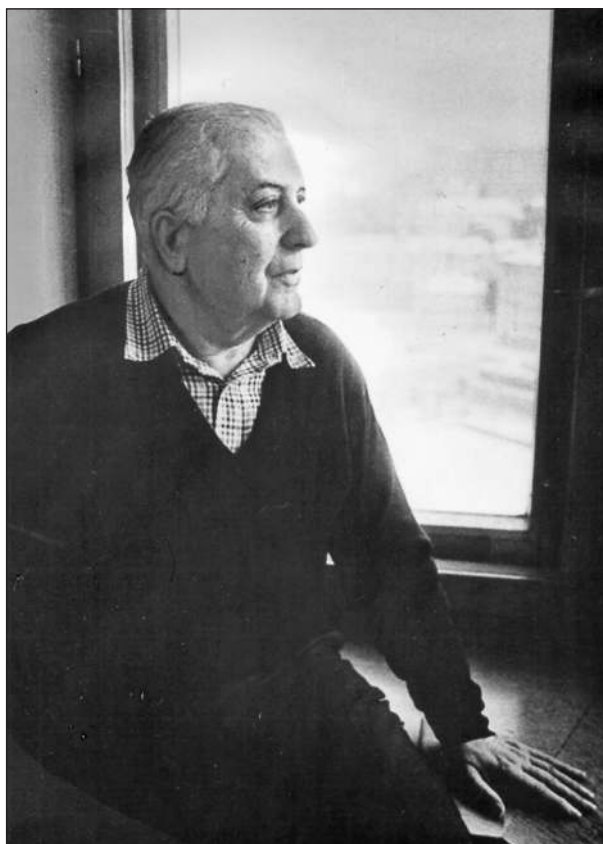
Если век XX был веком теории относительности и квантовой механики, атомной и ядерной физики и космологии, то последняя его треть — временем расцвета исследований открытых неравновесных систем и их роли в эволюции природы. В создание их теории внес свой вклад бельгийский ученый российского происхождения Илья Романович Пригожин, лауреат Нобелевской премии по химии.

Илья Пригожин родился в Москве 25 января 1917 г. в семье фабриканта, по образованию инженера-химика (это скажется позднее на выборе им будущей специальности). В 1922 г. семья вначале эмигрировала в Берлин, но позднее, уже в 1929 г., окончательно поселилась в Брюсселе. Свое школьное образование младший Пригожин, начав в Германии, закончил уже в Бельгии.

Еще в детстве Илья увлекся музыкой (и не расставался с ней всю жизнь), а потом и профессией адвоката. Для понимания ее специфики он обращался к основам психологии, затем к философии и естественным наукам. Но в итоге, подобно отцу и старшему брату, решил получить химическое образование. В 18 лет Пригожин поступил в Свободный университет Брюсселя, где со временем и возникло его главное научное увлечение.

Постигая физику и химию, он был весьма удивлен тем, что в них время считалось лишь иллюзией. Я часто спрашивал своих учителей о смысле времени, но их ответы были противоречивы. Для философов смысл времени был одной из труднейших проблем. Физики находили мой вопрос несколько наивным, поскольку, по их мнению, ответ на него дал еще Ньютон и впоследствии уточнил Эйнштейн [1, с.214].

Трезво оценив недостаточность своих знаний для разгадки тайны времени, Пригожин под влиянием основателей брюссельской школы термодинамики профессоров Т.де Донде и Ж.Тиммерманса



Илья Романович Пригожин.

Фото В.В.Богданова (из архива «Природы»)

займется осмыслением роли необратимости в природе. Вскоре в журнале университета он опубликует статью о попытке объединить философию и естествознание через решение проблемы времени.

По окончании университета Пригожин начал преподавать. Но из-за оккупации Бельгии университет был закрыт, а преподавание запрещено. Занимался им он втайне, что было опасно для него

и всей семьи. Но даже в этот тяжелый для всех период жизни ученый продолжал размышлять о захватившей его воображение проблеме, набрасывая вопросы для отдельных аспектов своего будущего исследования.

Бакалавр естественных наук Илья Пригожин в 1943 г. — за год до освобождения Бельгии от немецкой оккупации — написал диссертацию о значении времени и превращениях в термодинамических системах, за которую два года спустя был удостоен докторской степени. После войны он преподавал в университете, продолжая свои исследования. В 1947 г. Пригожин назначен профессором физической химии.

### Обращение к открытым системам природы

Однако в те годы, когда Пригожин занялся приложением идеи необратимости (под углом зрения проблемы времени) применительно к классической термодинамике, физики все еще исследовали главным образом замкнутые системы. Их развитие считалось поступательным, время обратимым, а случайности — погрешностями. При этом эволюция систем физических тел с энтропией, означавшей рождение из порядка беспорядка, должна была бы приводить к тепловой смерти Вселенной, в чем сомневались ведущие ученые. Что же касается биологии, то теория эволюции Дарвина предсказывала совершенствование живой природы. Таким образом, в этом вопросе между физиками и биологами существовало разногласие.

Существовали также отдельные разрозненные факты и выводы из работ Х.Гюйгенса, Г.Л.Ф.фон Гельмгольца, Дж.У.Стретта (лорда Рэля), Ж.А.Пуанкаре и других ученых, которые свидетельствовали о том, что в процессе проведения экспериментов и теоретических разработок зависимость начальных условий от случайностей сказывалась на ожидаемых результатах и потому не укладывалась в рамки строгой классической науки. Решение этих проблем стало возможным с момента, когда физики перестали закрывать глаза на ограниченность и несостоятельность представлений о динамике физического процесса, признав в итоге большинство реальных систем открытыми, сложными, нелинейными, обменивающимися со средой веществом и энергией. К таким ученым относились И.Пригожин, Г.Хакен, М.Эйген и десятки других.

Спустя десятилетия Пригожин вспоминал: *...Мое интеллектуальное развитие происходило под знаком изучения времени. <...> Я пришел к убеждению, что если наука изучает только обратимые явления, то причину следует искать в том, что она исследует упрощенные явления, в которых необратимость не играет сколько-нибудь значительной роли. Мой вывод: необратимость может войти в науку только через изучение сложных явлений* [2, с.123].



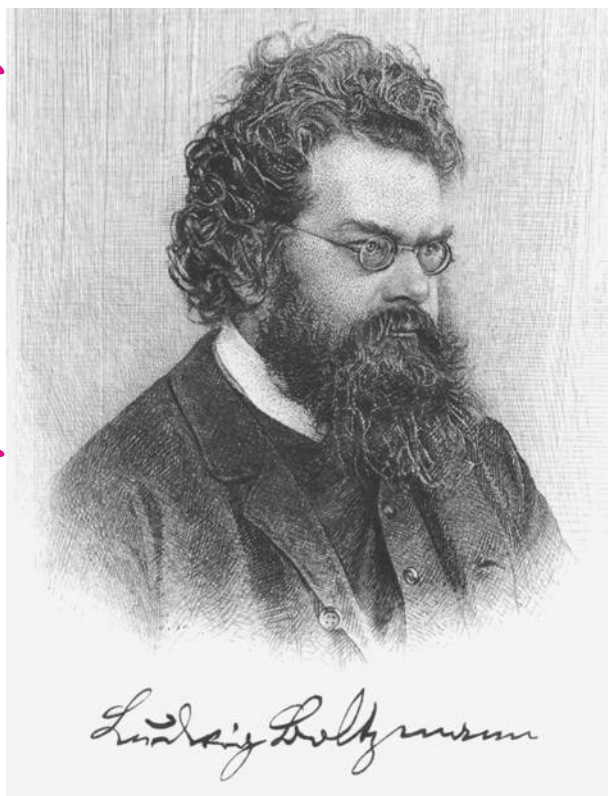
Анри Бергсон, чья философия определила научные идеи Пригожина.

Вдохновение при решении своей проблемы Пригожин черпал из работ философа А.Бергсона и ученых Л.Э.Больцмана, А.С.Эддингтона и Л.Онсагера\*. Но при этом оставались сторонники А.Эйнштейна, убежденного в том, что сама «необратимость не существует в фундаментальных законах физики» [3, с.117]. Для Пригожина и его немногих коллег по данной проблеме негласный спор с ними был не менее важным стимулом в обосновании реального наличия в природе стрелы времени.

Впрочем, уже при тщательном анализе термодинамики Дж.У.Гиббса Пригожина ждала немалая удача. Он обратил внимание, что метод Гиббса применим и в неравновесной термодинамике. В определенной мере ученые того времени обязаны Гиббсу не только теорией устойчивости, но и идеей неустойчивости (на нее до тех пор обращали мало внимание), но вскоре она заняла главное место в разрабатываемой теории неравновесных систем.

Именно неравновесной термодинамикой Пригожин и занялся в 1940-х годах и выяснил для себя, что процессы в далеких от равновесия системах переходят во временные и пространственные структуры. По его выводам, как раз неравновесная

\* Ларс Онсагер (1903–1976) — американский физикохимик и физик норвежского происхождения, лауреат Нобелевской премии по химии (1968). Основные работы охватывают теорию необратимых процессов, теорию фазовых переходов и теорию электролитов. В 1931 г. открыл принцип симметрии кинетических коэффициентов, послуживший основой для феноменологической термодинамики неравновесных процессов.



Людвиг Больцман, чьи идеи дополнил и развил Пригожин.  
Из фондов Дибнеровской библиотеки истории науки  
и технологий Смитсоновского института, США



Ларс Онсагер, заложивший основы термодинамики неравновесных процессов.

Из фондов Дибнеровской библиотеки истории науки  
и технологий Смитсоновского института

система весьма чувствительна к случайным отклонениям значений величин от их средних значений, что становится фактором, направляющим ее эволюцию. При этом он уделит внимание и тому, как диссипация порождает порядок.

В 1947 г. он ввел понятия производства энтропии и ее потока. Дал локальную формулировку второго начала и предложил принцип локального равновесия. Доказал, что в стационарном состоянии при фиксированных внешних параметрах скорость производства энтропии в термодинамической системе минимальна (теорема Пригожина), а производство энтропии для необратимых процессов в открытой системе стремится к минимуму (критерий Пригожина).

Согласно теореме Пригожина, при данных внешних условиях, препятствующих достижению системой равновесного состояния, неизменному во времени ее состоянию соответствует минимальное производство энтропии. Если же этих препятствий нет, то энтропия достигает нулевого значения. Эта теорема верна, если кинетические коэффициенты в соотношениях Онсагера\* постоянны. Время показало, что для реальных систем его теорема справедлива приближенно.

В статистической механике Пригожин проводил исследование уравнения Лиувилля\*\* для ансамбля на основе формальной аналогии своих решений с решениями уравнения Шредингера. Для линейной термодинамики неравновесных процессов ученый доказал теорему о минимуме производства энтропии во всякой открытой системе. Для нелинейной области вместе с П.Гленсдорфом он формулировал также общий критерий эволюции Гленсдорфа—Пригожина.

По существу, это была лишь попытка сформулировать критерий в виде математического правила, суть которого сводилась к тому, что термодинамика при определенных условиях не только не вступает в противоречие с самой теорией эволюции, но, напротив, может прямо предсказать возникновение ее нового состояния. Очевидно, здесь речь шла о расширении класса самоорганизующихся систем, когда явления самоорганизации можно применить и к неживой природе.

\* Соотношения Онсагера — это тождества, вытекающие из теоремы Онсагера — утверждения о симметричности матрицы феноменологических коэффициентов, связывающей термодинамические потоки (количественная характеристика необратимых термодинамических явлений) и силы (количественная характеристика причин, вызывающих необратимые термодинамические явления).

\*\* Уравнение Лиувилля описывает эволюцию во времени функции распределения (плотности вероятностей) гамильтоновой системы в  $6N$ -мерном фазовом пространстве ( $N$  — количество частиц в системе). Согласно теореме Лиувилля — ключевой теореме в статистической и гамильтоновой механике, — функция распределения гамильтоновой системы постоянна вдоль любой траектории в фазовом пространстве.



В 1960-х годах Пригожин с коллегами обратили внимание на наличие неравновесных термодинамических систем, которые, поглощая из внешнего пространства вещество и энергию, могут совершать качественный скачок к своему усложнению. Если исходить лишь из классических законов статистики, то этот скачок не может быть предсказан. Такие системы позже были названы его именем, а их расчет стал возможен благодаря выполненным им работам.

Опираясь на свои выводы, Пригожин отметил, что *в сильно неравновесных условиях может совершаться переход от беспорядка, теплового хаоса, к порядку. Могут возникать новые динамические состояния материи, отражающие взаимодействие данной системы с окружающей средой.* И далее: *Эти новые структуры мы назвали диссипативными структурами, стремясь подчеркнуть конструктивную роль диссипативных процессов в их образовании* [4, с.54].

Тогда же, учтя попытки Больцмана, Гиббса и Эйнштейна применить теорию ансамблей к неравновесным ситуациям и используя иные свойства, не включаемые в динамическое описание, Пригожин смог удачно обосновать термодинамические соотношения для газов в неравновесном состоянии. Он показал, что макроскопическое выражение для интенсивности источника (соотношение взаимности Онсагера) можно получить из основных уравнений кинетической теории.

Изучая неравновесные процессы в химических средах, Пригожин в 1971 г. опубликовал научную работу по диссипативным структурам «Термодинамическая теория структур, устойчивости и флуктуаций». В ней он разработал упрощенную теоретическую модель (в честь его научной школы американские коллеги позднее дали ей название «брюсселятор») для описания явления самоорганизации, которую можно наблюдать за порогом химической неустойчивости.

Полученные ученым уравнения реакции-диффузии — это та основа математической модели, что предназначена для описания отдельных типов химической неустойчивости и образования временных структур (так называемых химических часов). Очевидный образец такого рода неустойчивости — реакция Белоусова—Жаботинского\*, от-



Артур Стэнли Эддингтон, своими мыслями способствовавший развитию идей Пригожина.

Фото компании Transocean, Берлин  
(из фондов Дибнеровской библиотеки истории науки и технологий Смитсоновского института)

крытая и изученная в России в начале 1960-х годов, но не встретившая в то время особого интереса со стороны большинства отечественных ученых-химиков и физиков.

По выводам же Пригожина, если подобная система оказывается в состоянии, далеком от равновесия, флуктуации могут дать начало новым пространственно-временным структурам. В физике в целом это означает, что при одних и тех же внешних условиях существует несколько решений уравнения, описывающего нелинейную эволюцию системы. Одно из его решений будет реализовано, что соответствует направлению, по которому и пойдет развитие данной системы.

## Поиски целого в познании природы

Уже с юных лет Пригожин, воспитанный на взглядах целого ряда философов и ученых, впитал в себя их взгляды на мир как целостную материальную систему и потому не был удовлетворен методом его расчленения на части. Убедившись с самого начала в целостности мира, он посвятил себя поискам этого целого из составных частей, будь то физика и биология, постоянство и из-

\* Борис Павлович Белоусов (1893–1970) — советский военный химик и биофизик. В 1951 г. при исследовании окисления лимонной кислоты броматом в присутствии катализатора (сульфата церия) обнаружил концентрационные колебания ионов церия (одна из первых работ в области нелинейной химической динамики). Анатолий Маркович Жаботинский (1938–2008) — советский и американский биофизик и биохимик. В 1961 г. исследовал механизм данной реакции. В 1980 г. ученые (в составе коллектива из пяти человек) были удостоены Ленинской премии (Белоусов — посмертно), а работа признана научным открытием и занесена в Государственный реестр открытий СССР под №174 (с приоритетом от 27 ноября 1970 г.).

менчивость, необходимость и случайность, хаос и порядок, природа и человек, естественные и гуманитарные науки. Иными словами, Пригожин-химик вел себя как естествоиспытатель, намеренный охватить существо реальности во всех ее проявлениях. И потому от модели сложного поведения в химии и физике он перешел к выводам об изменении научной парадигмы видения мира в целом, к биологии. *Мы начинаем понимать, каким образом, исходя из химии, можно построить сложные структуры, сложные формы, в том числе и такие, которые способны стать предшественниками живого. Впредь физика с полным основанием может описывать структуры как формы адаптации системы к внешним условиям* [4, с.55].

Итак, исследование законов эволюции открытых неравновесных систем в химии, а затем в физике и биологии и самопроизвольной их самоорганизации, несмотря на диссипацию энергии (и даже благодаря ей), привело ученого к разработке и созданию теории диссипативных структур — одного из самых важных направлений междисциплинарного движения в науке XX в., называемого в России (вслед за немецким физиком Г.Хакеном) чаще всего синергетикой.

Таким образом, не только одни замкнутые системы определяют бытие природы. На самом деле *вместо устойчивости и гармонии мы видим повсюду, куда ни обращаем свой взор, эволюционные процессы, приводящие ко все большему разнообразию и все возрастающей сложности. Сдвиг, происшедший в нашем видении физического мира, заставляет нас развивать такие разделы математики и теоретической физики, которые могут представлять интерес для будущего* [5, с.27].

Продолжая исследовать «новый диалог человека с природой», Пригожин организовал специалистов, занимающихся разработкой и применением его идей в химии и физике (в частности, диссипативных процессов в квантовой теории поля), а также в изучении коллективного поведения живых организмов. Работающий с ним коллектив ученых в стенах Брюссельского свободного университета со временем получит мировую известность как Брюссельская научная школа.

Как основатель школы статистической механики и физической химии Пригожин в 1962 г. стал директором Международного института физики и химии имени А.Г.Сольве. Деятельность его вышла за рамки Бельгии. В 1961–1966 гг. он сотрудничал с Национальной ускорительной лабораторией имени Э.Ферми (Институт Ферми в г.Батавия рядом с Чикаго, штат Иллинойс, США), с 1967 г. руководил Центром по изучению сложных квантовых систем при Техасском университете в Остине. В члены Королевской академии наук и искусств Бельгии он был избран в 1953 г., а в 1969 г. стал ее президентом.

Занятия наукой не мешали Пригожину и в его личной жизни. Вначале он вступил в брак с поэтессой Х.Йофе, а позднее с М.Прокопович, инженером по образованию. У него появилось два сына — Ив (1945–1988) и Паскаль (1970 г.р.); последний, впитав в себя увлечения отца археологией, стал специалистом в этой области.

В среде коллег Пригожин известен как энергичный и целеустремленный человек, обходительный в повседневном общении, выдающийся ученый, добившийся крупных — нобелевского масштаба — результатов и при этом сохранивший широкий диапазон интересов к литературе, археологии и музыке, исполнительскому мастерству пианистов.

## Стрела времени в существовании мира

Но вернемся к попыткам Пригожина объединить естественные науки и философию на основе разгадки времени, которые были предприняты им под влиянием того же Бергсона. Воспринятые из его работ натурфилософские взгляды оказали влияние не только на чисто научные представления ученого о природе и обществе, но и на его мировоззрение.

Об этом свидетельствуют многочисленные научные статьи, учебные пособия и научно-популярные книги Пригожина. В них добытые им научные факты, теории, выводы, предположения мировоззренческого содержания, причем изложенные вполне доступным языком, приобретают в конечном счете глубокое философское толкование, а также и признание их значимости широким кругом читателей.

Убежденный в том, что *происхождение необратимости коренится в проблеме неустойчивости* [6, с.23], он оперирует двумя видами времени. *Динамическое* позволяет задавать описание движения точки в классической механике или изменение волновой функции в квантовой механике. *Внутреннее* же время — только для неустойчивых динамических систем, оно характеризует состояние системы, связанное с ее энтропией. При эволюции системы симметрия относительно обращения времени утрачивается.

В работе «Переоткрытие времени» (1984) Пригожин отметил, что теперь физика обрела точку опоры не в отрицании времени, а в его открытии во всех областях реальности. В каждой области физики мы находим связанное со становлением материи необратимое время. Именно необратимость отражает сущностные характеристики мира. Выводы из исследований означают, что мы живем в таком мире, где симметрия между прошлым и будущим нарушена.

Таким образом, все работы ученого пронизывает линия развития идеи о необратимости времени. Он строит диаграммы бифуркаций, размышляет

пляет об их каскадах и микроструктурах событий. Все это, по его заключению, делает будущее в принципе непредсказуемым, открытым. По его же выводам, время становится «возникающим» свойством процессов, т.е. временем становления организованных, упорядоченных структур в рассеивающих средах.

Вспоминая о своих многолетних исследованиях проблемы времени, Пригожин позднее подчеркнет, что *парадокс времени, равно как и связанные с ним парадоксы, мы рассматривали как вызов, как проблему, решение которой требует расширения основной концептуальной схемы теоретической физики. Разумеется, мы находимся в самом начале пути* [6, с.23]. Как раз с этим важным методологическим выводом еще долго не соглашались ведущие зарубежные и особенно отечественные ученые-физики.

При этом философски мыслящий ученый предпринимал попытки навести мосты между естественными и гуманитарными науками. От модели сложного поведения в химии он продвигался к глубоким мировоззренческим обобщениям о смене самой научной парадигмы и радикальных изменениях в видении мира в целом. Его эволюционная парадигма охватывает не только физику, химию, но и существенные части биологии и социальных наук. В итоге произошло открытие нового мира необратимости, внутренней случайности и сложности.

В 1960–1970-х годах, развив теорию диссипативных структур, Пригожин описал образование и развитие эмбрионов. Точки раздвоения в его модели соотносятся с теми моментами, в которые биологическая система становится последовательной и устойчивой. При этом он допустил, что его теории и модели систем, зависящие от времени, могут быть применимы к эволюционным и социальным схемам, к характеристикам транспорта и к политике использования природных ресурсов, а также к таким областям, как рост населения, метеорология и астрономия.

По Пригожину, весь мир вместе с нами находится в становлении и развитии. Поэтому мы должны вести диалог с природой, с самими собой и с другими. Лишь тогда наше собственное творчество будет встраиваться в творчество самой природы и взаимодействовать с ней. По существу, мы живем в ту эпоху флуктуаций и бифуркаций, когда действия личности становятся не просто важными, но и решающими. Поэтому конец определенностей в науке и культуре означает начало ответственности человека за судьбы природы и самой цивилизации.

Учитывая сложный характер поведения неравновесных систем, Пригожин подчеркивает, что *вблизи точек бифуркации в системах наблюдаются значительные флуктуации. Такие системы как бы «колеблются» перед выбором одного из нескольких путей эволюции. Даже небольшая флук-*

*туация в начальных условиях поведения неравновесных систем может послужить началом эволюции в совершенно новом направлении, которое резко изменит все поведение макроскопической системы* [4, с.56].

В 1977 г. Пригожин был удостоен Нобелевской премии по химии «за работы по термодинамике необратимых процессов, особенно за теорию диссипативных структур». По признанию выступавшего от Шведской королевской академии С.М.Классона, *исследования Пригожина коренным образом преобразовали и оживили эту науку. Эта работа открыла для термодинамики новые связи и создала теории, устраняющие разрывы между химическим, биологическим и социальными полями научных исследований* [2, с.30].

В своей Нобелевской лекции Пригожин изложил фундаментальные проблемы, связанные с применением второго закона термодинамики к анализу систем на макро- и микроскопическом уровнях, показал, что неравновесность состояния системы может стать причиной возникновения в ней порядка и что необратимые процессы могут приводить к возникновению нового типа динамических состояний материи, названных им *диссипативными структурами*. Кратко изложив термодинамику диссипативных структур и другие вопросы, он затем заметил, что *уровень развития теории, достигнутый уже сейчас, позволяет выделить различные уровни времени: время, выражаемое понятием классической или квантовой механики, время, связанное с необратимостью процесса через функцию Ляпунова, и время, характеризующее «историю» системы через бифуркации*. В заключение Пригожин подчеркнул: *Я полагаю, что на основе... различных концепций времени можно достичь лучшей интеграции теоретической физики и химии с другими науками о природе, чем это имеет место сегодня* [7, с.206].

## Успех теории самоорганизации Пригожина

В 1978 г. в Брюсселе состоялся 17-й Сольвеевский конгресс по проблеме «Хаос и порядок в равновесной и неравновесной механике», в котором Пригожин принял активное участие. Анализ этой проблемы на международном уровне — уровне обсуждений ведущими физиками мира — признание открытий Пригожина и ему подобных.

Последние годы жизни Пригожин посвятил применению теории самоорганизации к квантовому хаосу, отмечая, что *хаос является исходным пунктом физического реализма... Наивысшей наградой для нас служит то, что одна и та же математическая структура, включающая в себя хаос, позволяет решить парадокс времени и квантовый парадокс, т.е. две проблемы, которые омрачали горизонты физики на протя-*



жении большей части этого столетия [6, с.176]. И еще: новый формализм подчеркивает вероятностный характер квантового описания и придает вероятности значение, независимое от измерения. Он ставит на место обратимой эволюции Шредингера эволюцию с разрушенной временной симметрией, что придает точное значение времени жизни вероятностному событию и дает смысл тому факту, что мы будем участвовать вместе с возбужденным атомом в том, что он вернется в свое фундаментальное состояние [8, с.16–17].

Таким образом, разработанная теория хаоса описывает поведение нелинейных динамических систем. Наряду с Пригожиным, в его исследование внесли свой вклад Э.Н.Лоренц, Б.Б.Мандельброт, Г.Хакен, Д.П.Рюэль, В.Эбелинг, М.Дж.Фейгенбаум и целый ряд советских ученых. Более того, наряду с классическим периодом в развитии физики идут исследования открытых неравновесных систем с их бифуркациями, фракталами, аттракторами и другими специальными свойствами.

Согласно П.А.М.Дираку, «основная трудность теоретической физики — необходимость преодолевать предрассудки». По Пригожину, именно Хаос изменяет формулировку законов физики. Вместо того чтобы выражать определенности, они выражают возможности [2, с.132]. Неравновесная физика дала нам лучшее понимание механизма появления событий. События связаны с бифуркациями. Будущее неопределенно [2, с.182]. Отчасти поэтому синергетика воспринимается в научном обществе осторожно.

Произошло сближение естествознания и с гуманитарными науками. Физика как наука стала исторической не только как система знаний и не только применительно к миру живого и Вселенной. Физики занялись изучением открытых нелинейных систем, далеких от равновесия и имеющих свою историю. В этой ситуации главную роль сыграл тот факт, что физика обрела точку опоры не в отрицании времени, но в его открытии во всех проявлениях природы.

Пригожин отметил: если ему потребовалось более пятнадцати лет, чтобы поверить, что истоки необратимости большинства природных процессов поддаются пониманию» [9, с.310], то сегодня на глазах меняется наука, меняются ее служители. Они становятся более чем когда-либо естествоиспытателями. <...> Теперь же начинают изучать природу изнутри, учитывать и наше личное присутствие во Вселенной...» [9, с.315]. Тем самым человек становится органической частью природы.

Итак, физики вплотную занялись исследованием открытых систем, применяя для этого нелинейные дифференциальные уравнения и эксперименты на компьютерах. В итоге новое направление привлекло к себе внимание естественников и гуманитариев со всего мира. В их представле-

нии это учение предстает как картина мира, методология и наука, т.е. как важный элемент современной культуры.

## Эволюция систем

По Пригожину, куда ни посмотри, обнаруживается эволюция, разнообразие форм и неустойчивости. <...> Такая картина наблюдается на всех уровнях — в области элементарных частиц, в биологии и в астрофизике с ее расширяющейся Вселенной и образованием черных дыр [4, с.41]. Возникнув в неустойчивом, неравновесном состоянии, она породила стрелу времени в сочетании со случайностью.

По твердому убеждению Пригожина, природа действительно связана с созданием непредсказуемой новизны, где возможное богаче реального. Наша Вселенная следует по пути, включающему в себя последовательности бифуркаций. В то время как другие миры могли избрать другие пути, нам повезло, что наша Вселенная направилась по пути, ведущему к жизни, культуре и искусствам [1, с.221].

В 1989 г. Пригожин вновь подчеркнул, что идея нестабильности позволила включить в естествознание бытие человека, обеспечив возможность понимать его взаимосвязь с природой. Нестабильность, непредсказуемость и время (как важная переменная бытия) стали играть важную роль в преодолении разобщенности, которая всегда существовала между социальными и естественными науками.

В связи с этим примечательно объяснение академиком И.М.Халатниковым причины «утечки мозгов»: после перестройки Россия стала лишь частью мирового сообщества. Оказавшись незамкнутой и, следовательно, неравновесной системой, она породила процессы, предсказать которые было, как правило, невозможно, в том числе и отъезд многих российских ученых за рубеж [10, с.186].

Из своих же работ Пригожин сделал вывод о действии в природе законов трех видов. Если первый вид оперирует траекториями в классической механике и волновыми функциями в квантовой, а второй, как следует из работ Гиббса и Эйнштейна, обусловлен статистической формулировкой законов природы, то наличие хаоса и самоорганизации означает действие еще и третьего вида законов.

Благодаря идеям Пригожина и других исследователей зародилось понимание того, что это учение — одно из направлений науки о становящемся бытии физических, химических и биологических явлений, о самом становлении и его механизме. Оно исследует процессы перехода от хаоса к порядку и обратно в открытых нелинейных средах самой различной природы.

## Идеи Пригожина и научное сообщество России

Посетив впервые Россию в 1957 г., Пригожин неоднократно приезжал и позднее. Советским специалистам были интересны его теоретические работы, а Пригожину хотелось знать о достижениях в той же области отечественных ученых: Н.Н.Моисеева, В.И.Арнольда, А.А.Самарского, С.П.Курдюмова, М.В.Волькенштейна, Д.С.Чернавского и других.

В первой половине XX в. свою немалую роль в развитии методов нелинейной динамики сыграли А.М.Ляпунов, Л.И.Мандельштам, А.А.Андронов, А.Н.Колмогоров. Понимание процессов самоорганизации пришло с развитием теорий генерации лазера, колебательных химических реакций, турбулентности, с исследованием неравновесных структур плазмы в термоядерном синтезе и т.д.

В 1971 г. Пригожин выступил с докладом о теоретических выводах, сделанных на основе изучения неравновесных процессов, на знаменитом семинаре П.Л.Капицы, в 1982 г. — на Международной конференции в Таллине, а в 1983 г. — в Пущине. В 1980 г. при Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова возник семинар по теории Пригожина. В 1993 г. был создан Институт математических исследований сложных систем МГУ, почетным президентом которого он был избран.

Пригожин писал, что ученым СССР мы обязаны определением новых классов неустойчивых динамических систем, поведение которых можно охарактеризовать как случайное. Именно для таких систем А.Н.Колмогоров и Я.Г.Синай ввели новое понятие энтропии, и именно такие системы служат ныне моделями при введении необратимости на том же уровне динамического описания [4, с.7—8].

Испытав на себе пренебрежительное отношение к собственным работам, Пригожин высоко оценивал аналогичные успехи советских ученых. Так, он номинировал на Нобелевскую премию работы Я.Б.Зельдовича и А.Н.Колмогорова, М.В.Волькенштейна и А.М.Жаботинского. Открытие реакции Белоусова—Жаботинского он считал убедительным подтверждением своей теории неравновесной термодинамики.

В целом же Пригожин считал жизненно необходимой поддержку государством советской науки, о чем он напоминал, ког-

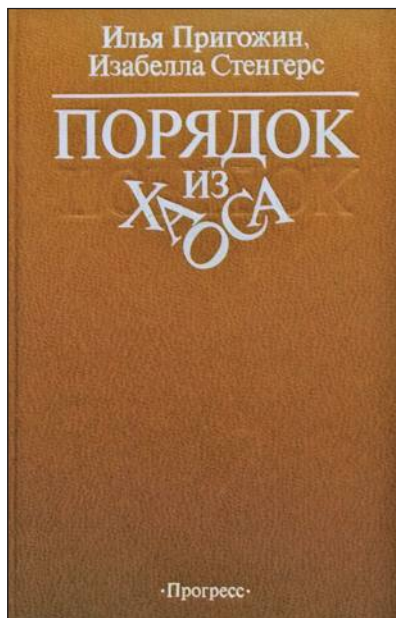
да в нашей стране шла перестройка: *Надо сделать все, чтобы сохранить научный потенциал России, особенно в области фундаментальных наук. Даже в условиях тяжелейшего кризиса недопустимо забывать, что такая поддержка — дальновидное вложение в будущее страны* [2, с.9].

Начиная уже с 1964 г. переводы трудов ученого появляются в СССР. Издание и переиздание монографий, книг и статей (особенно таких, как «От существующего к возникающему» [5], «Порядок из хаоса» [4] и «Время. Хаос. Квант» [6]) оказались полезными естественникам и привлекли внимание гуманитариев, обновив и углубив общий взгляд на бытие во Вселенной и в итоге повлияв на мировоззрение научного сообщества в целом.

Наиболее важную роль в «новом диалоге человека с природой» сыграла книга «Порядок из хаоса». Ее ценность видится в том, что в ней разъясняется *переоткрытие понятия времени и конструктивная роль, которую необратимые процессы играют в явлениях природы* [4, с.7]. Ее привлекательность — в мастерском популярном изложении, философском анализе фактов и показе их культурной значимости.

Пригожин был членом 70 академий и научных обществ, почетным доктором университетов, удостоен многих премий и медалей. В 1982 г. он избран иностранным членом АН СССР. Российская академия естественных наук (РАЕН) наградила его медалью нобелевского лауреата, академика Петра Леонидовича Капицы — «Автору научного открытия» и серебряной медалью В.И.Вернадского. Он трижды публиковался в самом известном в СССР и России естественнонаучном журнале «Природа»\*.

Принимая медаль П.Л.Капицы, Пригожин сказал: *Врученная мне сегодня награда как бы подводит итог многолетних исследований, когда я впервые задумался над ролью, которую играет ход времени. Время стало центральной темой наших исследований на протяжении столь долгого периода, сначала на термодинамическом уровне, а затем на уровне фундаментальных законов динамики*\*\*.



«Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой» — одна из самых популярных в России книг И.Пригожина и И.Стенгерс.

\* Пригожин И., Стенгерс И. Возвращенное очарование мира // Природа. 1986. №2. С.86–95; Пригожин И.Р. От классического хаоса к квантовому // Природа. 1993. №12. С.13–23; Пригожин И. Постигание реальности. Выступление в Свободном университете Брюсселя // Природа. 1998. №6. С.3–11.

\*\* Пригожин И. Эта медаль — награда нашей школе // Природа 1996. №6. С.134–135.



## Идеи Пригожина сегодня

Последователи Пригожина, никоим образом не пренебрегая знаниями и методами физики замкнутых систем, продолжают заниматься открытыми неравновесными системами в физике, химии, биологии, а также в области социальных дисциплин. Атмосфера нашей Земли, турбулентность, процесс горения, плазма и другие проявления повседневной реальности нуждаются в своих специфических методах для исследований неустойчивости и нелинейности, многообразия путей изменения сложных структур, поисков условий их устойчивого развития и моделирования.

Пригожин писал: *Пока научное мировоззрение не укоренится в культуре в целом, наука на пользу человечества останется только возможностью. Это, безусловно, подразумевает как лучшее распространение научной информации в обществе, так и лучшее понимание проблем научным сообществом* [2, с.219].

Вслед за Пригожиным и его последователями сама теория неравновесных процессов возвращает нас к вопросам, как соотносится возможное и реальное, скрытое и реализованное, случайное и необходимое и т.д. Отыскание научных ответов помогает осмысливать бытие в его реальном многообразии и перестраивать культуру общества в согласии с этим многообразием.

Новое мышление помогает решать проблемы общества как открытой системы со случайностями, хаотическими состояниями и самоорганизациями и вариантами развития. Их Пригожин причислял к *философии неустойчивости*. Включение ее в культуру служит формированию ре-

альных знаний о каждом из нас как о составляющей общества.

Подход, применяемый в науке для неравновесных систем, должен находить отражение в учебных дисциплинах, уравнивая в итоге рациональную и гуманитарную компоненты культуры. Учет хаоса и применение его методов в природе и обществе позволяет знакомить молодежь с закономерностями и случайностями мира.

\* \* \*

Последние годы своей жизни Пригожин тяжело болел. Но и тогда он не переставал работать: подбирал научный материал для двух очередных монографий. Его книга (совместно с Д.Кондепуди) «Современная термодинамика» была в 2002 г. признана в России «лучшим зарубежным учебником». Скончался ученый 28 мая 2003 г. в возрасте 86 лет в брюссельском госпитале «Эразм».

Как позднее заметил Ю.Л.Климонтович, *возникновение теории самоорганизации... как междисциплинарного, объединяющего нового научного направления, ее становление и развитие связано в значительной степени с именем Ильи Пригожина* [11, с.40]; деятельность ученого была бы невозможна без уверенности и спокойствия духа для преодоления встречающихся на пути трудностей [11, с.57].

В творчестве Ильи Романовича Пригожина мы ценим его уникальный талант видеть то важное в понимании законов реального мира, чему до него не уделяли должного внимания, — случайным явлениям, возможности образования из хаоса порядка, многообразию путей развития систем (независимо от того, что это за система — природы, общества или самой личности).■

## Литература

1. Пригожин И. Время — всего лишь иллюзия? // Философия, наука, цивилизация. М., 1999. С.214–221.
2. Пригожин И.Р. Определено ли будущее? М.; Ижевск, 2005.
3. Пригожин И. Эйнштейн: триумфы и коллизии // Эйнштейновский сборник. 1978–1979. М., 1983. С.109–123.
4. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М., 1986.
5. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М., 2002.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени. М., 2005.
7. Пригожин И. Время, структура и флуктуации // Успехи физических наук. 1980. Т.131. Вып.6. С.185–207.
8. Пригожин И. Переоткрытие времени // Вопросы философии. 1989. №8. С.3–19.
9. Пригожин И. Мы только начинаем понимать природу // Краткий миг торжества. О том, как делаются научные открытия. М., 1989. С.310–315.
10. Халатников И.М. Дау, Кентавр и другие. Top non-secret. М., 2008.
11. Климонтович Ю.Л. Дискуссионные вопросы статистической физики сквозь призму конфронтации ученых и научных школ. М., 2015.