

«Хотите послушать, как звучит молекула ДНК дрожжей? Рефлекторы? Человечка? Конечно, хочи! Дрожжи звучали так себе. Рефлекторы — таинственно, задумчиво. А вот человек... Атакующе, агрессивно, воздействуя на мозги посильнее групп, играющих тяжелой рок. Но звучание это — не спецэффекты очередного хит-парада, а всего лишь один из моментов исследований, позволяющих ученым определять (в том числе и количественно) глубину, пределы или, наоборот, беспредельности хаоса. Для того чтобы в конечном счете научиться управлять им. Профессор, который мне продемонстрировал это, заведует на кафедре физики полимеров и кристаллов физфака МГУ имени М.В. Ломоносова лабораторией, которая так и называется «лаборатория хаоса (если точнее — нелинейной динамики и хаоса)». Мой собеседник — Александр ЛОСКУТОВ.



— Александр Юрьевич! Физика любит давать объектам исследований поэтические имена. Например — очарованные чащичи. И вы вот пишете о «очарованных ставах» («Очарование хаоса»). Что вы имели в виду — если не в библейском или бытовом смысле, а в физическом? Физический смысл понятия обрело с работами Нобелевского лауреата Ильи Пригожина. Он впервые глубоко проанализировал взаимосвязь хаоса и порядка в окружающем нас мире, случайности и необходимости, самоорганизации как спонтанного возникновения порядка из хаоса, обратимости и необратимости времени. До его работ считалось, что физико-математические методы применимы в основном к простым, механическим системам, но оказываются бессильными перед более сложными — биологическими, например. Между неорганикой и жизнью выстраивалась как бы неодолимая преграда. В биологических системах хаотическое, многовариантное начало завладевало больше, чем в механических. И природой в них выработан механизм саморегуляции, самовоспроизводства. Парадокс в том, что управление жестким, детерминированным способом при помощи, так сказать, тоталитарного порядка в таких системах не проходит.

— О чем, кстати, свидетельствует исторический опыт многих великих империй. Римляне жестко централизованно управление не создаст противоядия, которые не позволят сложной системе уйти «вразнос». Биологические организмы обладают такими противоядиями выработки.

Возвращаясь к математике. Математический хаос — хаос, например, и биологический — наше сердце. Сравни их («кардиограммы»). У часов, если их вовремя заводить, — устойчивая синусоида. У сердца рисунок куда сложнее. Со множеством аритмических составляющих. Чем сильнее подвигаются законы ньютоновской механики. Если бы с такой же механикой работало сердце, оно бы сорвалось довольно быстро. С другой стороны, если аритмия пойдет «вразнос», конец будет тоже весьма печальным. В организме есть определенный механизм управления работой сердца, который позволяет ему не выходить за границы этого диапазона: между хаосом глубоких аритмий и детерминированного «механического ритма».

— Ну, хорошо. Пригожин, как я понял, разрушил четкую грань между порядком и хаосом. И что из этого следует? — То, что у организмов нет монополии на самоорганизацию, противостояние хаосу. Что это свойство проявляется и в системах неорганического происхождения. Что процессы обращения порядка в хаос и хаоса в порядок — всеобщая закономерность. А отсюда следует необходимость в математических и физических подходах строго, количественно даже, ответить на вопрос: что такое динамический хаос и какова его роль. Чем мы, собственно говоря, и занимаемся. Хаос начинается там, где есть чувствительность к малым возмущениям, зависимость от них. Это так называемый «эффект бабочки», получивший свое имя от знаменитого рисунка Ред Барднера — И граница гром и заключающийся в том, что, если у нас есть малое возмущение, то оно очень быстро, математика говорит — экспоненциально быстро, возрастает со временем. Помните? В рассказе случайная смерть бабочки в далеком прошлом довольно неожиданно изменила ход истории. Возможно ли предотвратить такой сценарий или «по ходу» откорректировать его?

— В общем-то опыт человечества говорит: нет. Мы ничем не застрахованы от «убийственной бабочки». Со старыми методами «все возникло из хаоса» под этим понятием подразумевается нечто неподдающееся определению, измерению, измерению, измерению... — И тем не менее если не абсолютно, то в ряде случаев наука отвечает: да. И пытается определить, в каком направлении и в каком порядке так развивается хаос, поддается ли это развитие замедлению. Сегодня мы уже можем измерить глубину хаоса.

— Как? — По степени предсказуемости его развития в тех или иных системах. Раньше исследователи ставили знак равенства между хаотическим и случайным развитием событий. Были процессы детерминированные. Их конечные результаты даже предсказывались, если мы знали, по каким законам они развивались. А все остальное отпадало на откуп непредрасказуемых случайностей. Но оказалось, что во многих случаях и хаотическое развитие событий может иметь свои закономерности. И ситуации, в которых хаос оказался непредсказуемым, в силу своей «хаотичности» поддаются прогнозированию. Более того — управлению.

Выяснилось, что в состоянии динамического хаоса такие системы легко корректируются малыми возмущениями. И тогда в принципе появляется уникальная возможность: там, где «обузданные» хаотические явления по предкам не считались невозможным или, во всяком случае, порой требовало титанических усилий, можно, оказывается, обойтись совсем небольшими затратами сил, энергии, финансовых средств.

Естественно, новые методы, новые идеи, нуждаются в строгим анализическом оформлении. И современная математика делает жесткие выводы о возможности для этого. Но если я скажу, что на основе этих положений (шутяшу по поводу работ Пригожина) «обновление эргодической гипотезы Больцмана для определения класса систем, доказательство сохранения ковариантной эргодического движения при возмущении интегрируемых систем (теория Колмогорова — Арнольда — Мозера), «вечные энтропии» Колмогорова, подковы Смейла и У-систем Аносова...» то 99 процентов читателей, при всем уважении к перечисленным именам, воспримет это просто как раздражающий «информационный шум».

Потому правду говорит математик академик Владимир Арнольд из его книги «История давние и недавние»: «В конце XIX века математика была обязана гению Абра Пуанкаре, создавшего целые новые — и самые важные — ее области, такие как теория динамических систем. К 1930 году русский математик А.А. Андронов, следуя идеям Пуанкаре, показал, как эта теория позволяет рассчитывать радиопередающие устройства. С тех пор теория Пуанкаре стала основой радиотехники и теории управления, позже — электроники и значительной части современной техники».

Сегодня приложения теории Пуанкаре и Андропова больше известны под именем «теория хаоса», «нелинейной динамики», «теория катастроф» и «теория бифуркаций» (бифуркация — разделение). Из этих теорий вытекает, в частности, принципиальная невозможность долгосрочного прогноза погоды на срок больше пары недель (вследствие крайней чувствительности динамики по отношению к малым изменениям начальных условий). За пару месяцев изменение паров в 10 раз. Другие приложения той же математики — это небесная механика и расчет траектории зарывающихся частей (например, в устройстве для удержания плазмы, используемых в проективных управляемых термоядерных устрой-

Управление хаосом

позволит предсказывать колебровки ценных бумаг, оживлять остановившееся сердце, создавать небывалые по емкости носители информации и такую защиту от хакеров, на преодолении которой не хватит жизни Вселенной

стие вроде токамака, а также в микролазерных ускорителях). Во всех этих случаях применяется самая серьезная современная наука».

— Владимир Игоревич Арнольд упоминает множество ярких примеров. Ну, а еще сколько практических приложений готовит теория динамического хаоса?

— Возьмем, к примеру, биржевые спекуляции. Всех интересует проблема предсказуемости в этой области — в частности, биржевых индексов. Котировка ценных бумаг происходит в среднем несколько раз в день. Вопрос: можем ли мы предсказать, какой будет курс завтра? Естественно, речь идет об экономически устойчивых странах. Значение соотношений валют или значение цены на какие-то ценные бумаги все время меняются: сегодня одна, вчера другая, позавче-

ра третья. Все эти значения образуют так называемый временной ряд. Биржевого маклера, естественно, интересует утилитарный вопрос: какой завтра будет цена? Математика интересует другое. Насколько случаен выстраиваемый временной ряд биржевых котировок, не скрывается ли за ним неупомянутые нами закономерности, из которых могли бы родиться и новые прогностические возможности. Как частный вопрос сюда входит и то, что будет завтра. Но — только как частный.

А общий вопрос — какие там закономерности. Всем известно, что летом активность затухает. Потом, осенью, все маклеры «просыпаются». Это явление сезонные периодичности, повторяющиеся явления, учес которые довольно просто. Но есть периодичности скрытые, обнаружить которые можно только современными методами. Если бы аналитики владели современной теорией, они могли бы лучше понять, что происходит внутри финансовых рядов, что в них предсказуемо, что нет, а что является непредсказуемым, на самом деле поддается математической обработке и, в конечном счете, прогнозированию.

Можно ли выявить эти скрытые периодичности? Оказывается, можно. Только применять при этом эффективные методы из теории вероятности, а динамических систем. На Западе такие методы становятся все более популярными. Меня, например, иногда приглашают читать лекции в зарубежных экономических школах.

— А у нас? — Для тех, кто у нас работает в банках, на биржах, это слишком сложные материи. «Зачем нам это делать, если нам и так хорошо?» Однако все меняется... — Ножами, вы провозите расчеты и прогнозируете лэфолт... — Когда у нас дело шло к дефолту, безо всяких расчетов было ясно, что «король то голый». Только все делалось, будто восхищаются новым платьем короля. И сам король прежде всего.

— Есть ли на вашем счету обнищавшие финансовые прогнозы? — Нам удалось математически достаточно точно оценить курс акций компании РАО ЕЭС и некоторых других — ИВМ, например. Почему взяли эту компанию? Потому что она (в определенных периодах) принадлежала к так называемым «голубым фишкам». Полученный график практически совпал с реальным развитием событий на

рынке. Степень совпадения при моделировании разных экономических и социальных ситуаций, естественно, разная. Но в принципе они часто оказываются математически предсказуемыми, предсказуемыми. Единственное, что не удается вписать ни в какие рамки, ни при каких условиях — так это динамику РАО ЕЭС в период президентских выборов 1996 года.

— А на главных, главных направлениях науки и техники теория хаоса может работать? — Оказалось, что явление хаотичности можно использовать для обработки и запоминания информации в гигантских по сравнению с нынешними объемах, а также для надежного ее кодирования, шифрования.

— Но не возникает ли одновременно и обложение расшифровки? Насколько все это может быть связано, например, с защитой информации? Такая вероятность близка к нулю. Расчеты показывают: чтобы расшифровать сообщение при таком кодировании, придется затратить столько же времени, сколько было затрачено на шифрование. Поэтому самым современным методом, понадобится время, превосходящее время жизни Вселенной.

При всем огульности, мне все же, как в той детской игре, хочется сказать: «тепло». А горючо — это когда вы со своей физикой и математикой добиваетесь до человеческого сердца? — Да, в области арифметики действительно горячо. Что нам может дать хаос для изучения нарушений сердечных ритмов и других отклонений от нормы? Представ-

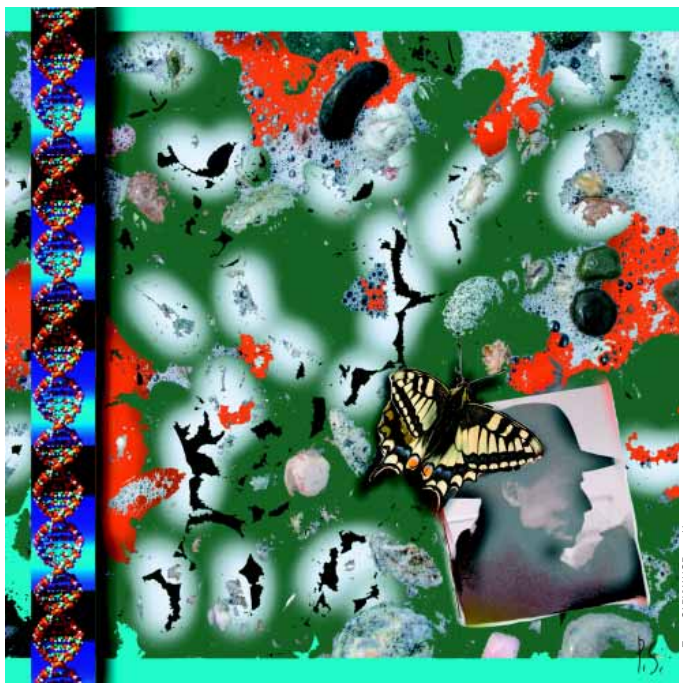
ление о том, что сердце бьется строго периодически, не соответствует действительности. Нам самым действенным его ритм проявляет черты хаотичности. Если сердце бьется периодически, это свидетельствует о болезни. Почему же сердце должно проявлять черты хаоса? А потому, что в этом состоянии, как я уже говорил, малыми возмущениями легко управлять системой. Вы поднимаетесь по лестнице, и организм стремится к этому приспособиться; устаетесь сердечные ритмы, и организм стремится к этому приспособиться; устаетесь ритм вашего дыхания.

Но вот перед вами критическая ситуация. Сердце пошло «вразнос». По тем или иным причинам возникла желудочковая фибрилляция — некоординированное сокращение нижних отделов сердечной ткани. В результате — внезапная смерть. Как проводить дефибрилляцию в клинических условиях? Один из способов: через грудную клетку пропускать электрический импульс большого тока и напряжения. И ритм сердца может восстановиться. Но может и не восстановиться. Понятно, что это довольно жесткий способ.

Но что если попробовать вывести сердце из состояния фибрилляции при помощи очень слабых электрических импульсов? Это ведь состояние глубокого хаоса, а для хаоса характерен «эффект бабочки»: мизерное воздействие — впечатляющие результаты. На компьютерных моделях мы провели такой эксперимент. Источником воздействия был слабый настольный вентилятор. Если в таком союда с токани и межтелетромном пространстве. И вот в сердце начали исчезать запрограммированные нами «чуги фибрилляции». Если такое воздействие пролонгировать некоторое время — секунд двадцать, то можно полностью восстановить ритм. Подчеркну: это не компьютерная модель, еще очень далекие от клинических условий. Но вот в области кардиологии мы уже делаем совместные исследования с Институтом имени Н.Н. Баранского, с американскими и немецкими коллегами.

Приложения теории динамического хаоса очень широки. От человеческого сердца до анализа солнечной активности, исследования колебаний больших планет и взаимосвязи между хаосом и порядком в генетических цепочках...

...И вот тут-то мне предло-жить: «Хотите послушать, как звучит молекула ДНК дрожжей? Рефлекторы? Человечка? Конечно?» Человечка? Человечка?...



Петр САРУХАНОВ — «Хаос»