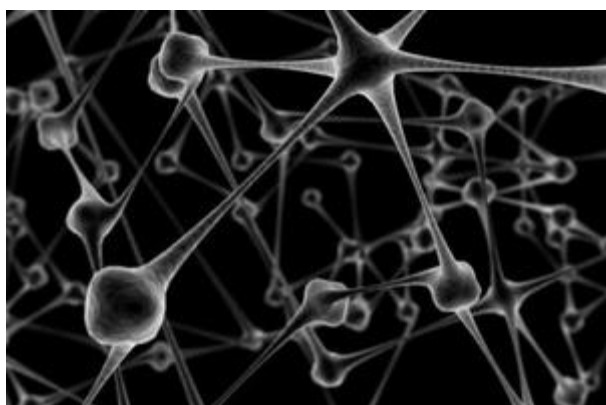


Можно ли массовые протесты рассматривать с точки зрения "теории самоорганизации"?

Георгий Гурия



От редакции. С 25 по 30 мая на Физтехе (МФТИ) будет проходить международная конференция под названием «Неустойчивости в возбудимых сетях и возможности управления ими»). Звучит непонятно, но проблемы, которые на ней планируется обсуждать, напрямую касаются каждого из нас. Оказывается, и запуск патологического деления клеток, приводящий к злокачественным опухолям, и внезапное возникновение тромбов в сосудах, и развитие сердечных аритмий, и всплески цветных революций имеют между собой много общего.

*Выражаясь примитивно, все эти процессы развиваются в результате потери устойчивости. Это дает возможность ученым трактовать их единообразно. Об универсальных закономерностях, действующих в сетевых системах, теряющих свою устойчивость, обозревателю «Русского журнала» рассказывает сопредседатель конференции, профессор, заведующий лабораторией Гематологического научного центра **Георгий Гурия**.*

* * *

Что общего между рыболовной сетью и сетью компьютерной

«Русский журнал»: *Георгий Теодорович, что такое «неустойчивости в возбудимых сетях» и как ими можно управлять?*

Георгий Гурия: Многие системы, которые давно известны людям, имеют сетевую структуру. В физиологии и медицине ключевую роль играют нейронные сети, они обеспечивают обработку информации у нас в мозге. Сетевые сигнальные системы лежат в основе многочисленных механизмов рецепции и передачи сигналов в природе, управляют синтезом важнейших биологических макромолекул, обеспечивают своевременную активацию генов. Существуют сети транспортные, это сети, образуемые дорогами и водными артериями. Формирование и трансформация такого рода сетей открывает дорогу для эффективного пространственного переноса грузов на большие расстояния. Особое место среди сетей занимают сети социальные (связанные с контактами между людьми). Не надо объяснять, что такое сети компьютерные. И во всех сетях при определенных условиях могут возникать спонтанно (или индуцированно извне) процессы, развивающиеся сверхбыстро, подобно лавинам. Например, на дорогах мгновенно могут возникать огромные пробки. Другим примером являются дос-атаки в компьютерной сети. Схожим образом развиваются лавинообразные процессы наработки активных веществ при запуске процессов свертывания крови.

РЖ: *Вопрос от «чайника»: так что же такое сеть?*

Г.Г.: Вы рыболовную сеть когда-нибудь видели? Так вот, сеть – это любой объект, в котором есть элементы, которые сопряжены между собой какими-то связями. Скажем, узлы и нити, которые их связывают. Это дороги и перекрестки, люди и каналы общения между ними (провода, например). В природе существуют самые разнообразные сети, но во многих из них могут стремительно развиваться события, которые, при определенных обстоятельствах, выходят из-под контроля. В таких случаях говорят, что происходит потеря устойчивости в работе сети.

Скажем, есть телефонная сеть. Если она работает устойчиво и бесперебойно, то люди могут ее использовать по назначению. А может произойти потеря устойчивости управления, в этом случае телефонная сеть «падает», связь пропадает и утрачиваются возможности коммуникации с огромными регионами. Примерами неустойчивостей в сетях электроснабжения, широко известными публике, являются так называемые веерные отключения электричества. Помимо известных всем бытовых неурядиц, обусловленных неустойчивостями, существует широкий круг физиологических систем, неустойчивости в которых играют жизненно важную роль. Так, от регулярности сокращения миокарда (сердечной мышцы) зависит циркуляция крови в организме человека. Всевозможные стенокардии и аритмии, то есть перебои в работе сердечной мышцы, несут в себе прямую угрозу здоровью. Эти патологии являются типичными примерами потери устойчивости в нервной регуляции миокарда. Нервные сети определяют взаимосвязь между нейронами. Нейроны – это элементы, а между ними есть коммуникационные связи. Таких связей очень много: они пронизывают миокард вдоль и поперек. Не менее важны для человека и полимерные сети, состоящие из молекул фибрина. Их стремительное формирование в кровотоке приводит в частности к инфарктам и инсультам. Понятно, что выяснение того, при каких именно условиях это становится возможным, не может не волновать ученых и врачей.

РЖ: *И ваша конференция посвящена выяснению того, в какой мере закономерности, свойственные динамике одних сетей могут распространяться на сети других типов?*

Г.Г.: Совершенно верно. Участники конференции интересуются тем, в какой мере потеря устойчивости в одних сетях напоминает то, что происходит в других. Может быть, люди, работающие в разных областях, с точностью до переобозначения переменных имеют дело с одним и тем же? В идеале речь идет, если угодно, об охоте на универсальные закономерности, справедливые для всех сетей.

РЖ: *Эти закономерности касаются и процессов, происходящих в обществе?*

Г.Г.: Этого нельзя исключить. Во всех сетях есть элементы, обладающие некими свойствами, и есть связи между элементами. Вопросы потери устойчивости в социо-экономических сетях – это отдельная большая проблема, которой многие занимаются. В рамках нашей конференции тоже будет пара докладов специалистов, знакомых с предметом не понаслышке.

РЖ: *Насколько представительна ваша конференция? Из каких стран приедут ученые?*

Г.Г.: Трое ученых приедет из США, двое из Англии, трое из Германии, по одному из Японии, Испании, Нидерландов, Бельгии, Мексики. В конференции примет активное участие и целый ряд наших соотечественников. Каждый из них имеет интересы в какой-то конкретной своей области науки, но нам всем интересно, как решаются проблемы устойчивости в «смежных» или даже далеких от наших прямых интересов областях.

РЖ. *Говоря об управлении сетевыми неустойчивостями, что вы имеете в виду?*

Г.Г. Видите ли, в ряде случаев изучение сетей мотивируется не чистой любознательностью ученых. Скажем, врачей остро интересуют вопросы поиска и эффективного использования фармпрепаратов, способных эффективно подавлять работу определенных генов, отвечающих за неконтролируемое клеточное деление, то есть за процессы, которые ведут к онкологии. А так как генетическая регуляция носит сетевой характер, то число потенциальных мишеней для

воздействия, как правило, велико. Поэтому, само собой, встает вопрос о взаимной сочетаемости разных препаратов. Нам важно понять, какие в принципе у нас есть возможности для управления этим процессом. Что нужно сделать для того, чтобы выключить внезапно вышедшие из-под контроля гены, которые ведут к тому, что клетка начинает постоянно делиться.

РЖ: *Вы полагаете, что, в разгадке этого – ключ к излечению от рака?*

Г.Г.: Я бы не был столь категоричен. Проблема сложнее, чем кажется. Когда имеешь дело с целой СЕТЬЮ кинетических реакций, то искать в ней ОДНО центральное звено в надежде найти КЛЮЧ к решению проблемы, дело мало перспективное. Поэтому представляется более оправданным изучать, если и не все, то хотя бы основные каналы сетевой регуляции. При этом сегодня объектами интереса являются как «ключи», так и «отмычки». Сочетание одних с другими при лечении конкретных нарушений у пациентов это дело врачей. Ученые же ставят себе целью понять, какие есть принципиальные возможности для управления взрывными процессами в сетях регуляции, для того, чтобы в той или иной мере влиять на их развитие.

Если же говорить о злокачественных онкологических заболеваниях, то они имеют много разных проявлений. Но в основе всегда лежат процессы, которые запускают перманентное стремление клеток к делению. В результате возникает опухоль: сперва доброкачественная, потом злокачественная. Генов – много, они друг на друга влияют, продукты синтеза друг на друга влияют. Это – сложная запутанная сеть, в которой есть определенные взаимоотношения.

РЖ: *То есть Вы полагаете, что все дело во взаимоотношениях?*

Г.Г.: Да, тут дело обстоит именно так, как в любом работающем коллективе. Коллектив – это тоже сеть. Это люди, между которыми есть какие-то связи, взаимоотношения. Вы их поддерживаете, развиваете, сворачиваете. Бывают моменты, когда весь коллектив как целое вдруг поляризуется против кого-то одного.

РЖ: *Я только не понимаю, какие тут параллели с делением клетки...*

Г.Г.: На многие вещи можно смотреть отвлеченно, абстрактно. То есть, с точки зрения математических приемов и средств. И когда выясняется, что ты в отношении одной системы что-то понял, то теми же самыми средствами можешь описывать и некоторые другие системы.

РЖ: *Скажем, жизнь общества...*

Г.Г.: Ну, все общество нельзя описать. Но критические явления – можно. Например, тот момент, когда образуется паника, и человек утрачивает свои индивидуальные свойства: все делают одно и то же, куда-то бегут. Толпа фанатов, например. Эти люди образуют отдельный организм, который действует по совсем другим законам, чем каждый отдельный человек. Это коллективные действия, которые приводят к образованию чего-то вроде стаи. Развитие таких процессов в системах самой разной природы – предмет научной дисциплины, которая называется «теория самоорганизации». Для исследователей важно, что образование состояний, обладающих чертами макроскопической упорядоченности, может происходить вследствие потери устойчивости состояний неупорядоченных. Однако, как правило, идут противоположные процессы, в ходе которых разупорядоченность нарастает. Так или иначе, качественная трансформация сложных систем не может иметь место без разрушения тех или иных «устоев».

Мы – не политики

РЖ: *А массовые митинги последнего времени тоже можно описать с точки зрения «теории самоорганизации»?*

Г.Г.: Это вопрос, на который у меня нет ответа. Дело в том, что течение конкретного массового мероприятия, скорее всего, плохо прогнозируемо. А вот условия зарождения массового недовольства и трансформация этого недовольства в массовые протесты, как показали цветные революции в ряде стран, вполне поддаются анализу. И можно предположить, что до известной

степени и управлению. С научной точки зрения речь идет об отыскании необходимых или достаточных условий дестабилизации конкретной сети. Достаточно лабильной по своей природе. Но это все мнение непрофессионала. На конференции, о которой мы говорим, проблемам неустойчивостей в социальных сетях посвящено отдельное заседание. Мы пригласили наших ведущих ученых в этой области, тех, кто занимается не «трепологическими», а инструментальными средствами мониторинга и анализа такого рода ситуаций.

РЖ: *Вы хотите сказать, что кто-то из приглашенных на конференцию докладчиков будет анализировать нынешнюю ситуацию?*

Г.Г.: Нет, я так не думаю. Сиюминутные вопросы и «проблемки» на злобу дня - это не дело ученых. Дело в том, что ученые – не политики. Мы занимаемся вопросами о поиске структурных метафор, введении основных понятий и представлений, с помощью которых было бы естественно достаточно широкий круг проблем трактовать по возможности единообразно. А именно, участников конференции будут интересовать вопросы, которые связаны с развитием сетей, их трансформацией и развитием в них тех состояний, которые можно назвать коллективными возбуждениями и т.д.

РЖ: *Вы говорите слишком академично. Вы полагаете, что нынешнее «коллективное возбуждение» нельзя или не имеет смысла описывать в этих терминах?*

Г.Г. Может быть, и можно. Но это требует времени и специального рассмотрения. Во всяком случае, глядя на все цветные революции – от Киргизии, Грузии, Украины и всего севера Африки, ни у кого сейчас нет сомнения, что эти процессы поддаются не только анализу, но и управлению. По тому, что вытворяют «тролли» в компьютерных сетях, мы видим, что сегодня формирование стай в Интернете это реальность. Это относительно новый феномен или новый аспект формирования масскультуры. Представляется, что он заслуживает изучения и анализа. Попытки «управлять не понимая» вряд ли будут продуктивными. Накопленный к настоящему времени опыт изучения биологических и физиологических сетевых систем, то есть систем, в отношении которых мы точно знаем их функциональное назначение, дает богатую пищу для ума всякому, кто берется размышлять о природе коллективных проблем в «стадах приматов из вида хомо сапиенс сапиенс».

РЖ: *Вы так говорите, словно не живете в современном обществе. Или вы не считаете, что на наших глазах происходит что-то экстраординарное?*

Г.Г.: В чем-то ваши предположения верны. Ученые сегодня не живут, как вы выразились, в «современном обществе», они составляют очень узкую социальную группу, для которой время остановилось. Группу достаточно маргинализированную, в отношении которой в СМИ закрепилось представление как о «группе социальных паразитов». Поэтому нет ничего удивительного, что у многих ученых, и у меня в том числе, на происходящие вокруг события есть свой отстраненный взгляд. Поэтому, простите великодушно, мы не видим вокруг в социуме ничего принципиально нового.

Поэтому, говоря о возбужденных состояниях в сетях, я скорее вижу перед собой сети биологической регуляции, исследование которых способно открыть дорогу для избавления людей от страданий, чем сети коммуникационные и социальные, в которых кто-то кому-то что-то доказывает про эффективность управления и принципы справедливости. Не вызывающий сегодня сомнений факт состоит в том, что во всех сетях можно управлять коллективным поведением элементов. Процессы эти общие. Мы имеем перед глазами схемы, в рамках которых выясняем, при каких условиях в них могут возникать быстропротекающие, лавинообразные процессы, взрывные состояния.

Заплатки на сердце

РЖ: *Вас интересуют именно экстремальные ситуации?*

Г.Г.: Вы правы. Нас больше всего интересуют состояния, когда система находится у порога или слегка за порогом какого-то критического состояния... Выясняется, что есть определенные способы ее эволюции, называемые критическими модами, которые начинают доминировать одни над другими.

Если вернуться к конференции, то первый и второй день ее работы посвящены проблемам распространения возбуждений в миокарде; то есть тому, что связано с управлением нашего сердца. Каким образом возникает аритмия, как коллективно нейроны вызывают мышечные сокращения, какие процессы развиваются автономно, а какие управляются из других мест. В этой области науки есть очень большой прогресс. Одна из работ моего коллеги профессора Константина Агладзе, всколыхнувшая научную общественность, посвящена открытию способа выращивания фрагментов ткани миокарда из стволовых клеток. Такие фрагменты представляют собой, по сути, готовый материал для заплаток на сердце. Можно вырезать из сердца его некротизированные или зарубцевавшиеся элементы и вставлять вместо них «заплатку», которая будет сокращаться вместе со всеми остальными элементами, и тем самым обеспечивать сердечный выброс. Константин Агладзе получил за это президентский мега-грант в 100 миллионов рублей для продолжения этих исследований в России. До этого он занимался этой проблемой в Киото.

На конференции выступают и люди, занимающиеся компьютерными сетями. Например, Андрей Райгородский – руководитель отдела теоретических и прикладных исследований в «Яндексе». Он отвечает за компьютерные сети и лавинообразные процессы там. Когда серверы ММВБ зависают – это спонтанный процесс или направленный? Это устойчивость или неустойчивость? Если устойчивой работы нет, и часами зависают компьютеры – люди несут колоссальные убытки.

РЖ: *А сверхзадача для вас – научиться управлять этими процессами, регулировать их?*

Г.Г.: Вы правильно говорите. Но ведь возможности для управления могут быть, а могут не быть. И хотелось бы понять условия, при которых система заваливается в такие состояния, которые лучше избегать. Поэтому основная цель на ближайшее время – это отыскание так называемых «real-time индикативных показателей» того, что система эволюционирует в сторону потери устойчивости. То есть, показателей того, движется ли система к потере своей устойчивости.

Например, представьте себе некое сообщество, скажем, загородный клуб. И в нем развиваются какие-то процессы. И вдруг некая группа начинает отдельно от других пить чай и т.д. Это – потеря устойчивости данного социума. Если речь идет о пчелах, то у них потеря устойчивости социума проявляется в виде роения. Если рассматриваются процессы метаболические или нервные, то предметом анализа становятся условия, при которых начинается рассогласование в регуляции, раздвоение личности.

Очень хотелось бы иметь возможность предсказывать в реальном времени то, что система начинает двигаться в направлении потери устойчивости. Спрашивается: какие должны быть индикативные показатели для этого, какие диагностические признаки? Мы как раз хотели бы посмотреть, как в разных областях науки за такими признаками следят. Как следят в медицине, в нейрофизиологии, в экономике, в компьютерной области, как следят в социологии. Мы приглашаем разных специалистов, чтобы они по этому поводу высказались, и мы бы друг у друга заимствовали идеи, методы. В некотором смысле наша цель в том, чтобы попытаться положить это на ноты – на математические выражения и правила. Это даст возможность в будущем построить алгоритмы для того, чтобы отслеживать степень близости к потере устойчивости в автоматическом режиме. Появятся инструментальные средства для прогнозирования неустойчивостей и катастроф в динамике сетевых систем. Аналогичные современным барометрам, которые по резким изменениям давления позволяют предсказывать изменения погоды. Чтобы можно было сказать примерно так: «раз давление падает, по-видимому, идет буря». Потому что перепады давления более индикативны, чем перепады температуры, они

используются в качестве ранних индикативных показателей штормов и иных стремительных перемен погоды. Предсказания погоды строятся не на термометре, а на барометре. В свете этого понятно, насколько важно представлять себе, что играет роль барометра в других представляющих огромный интерес для людей сетевых системах, склонных время от времени к потере устойчивости..

Потеря устойчивости влечет за собой перемены. И это следующее развитие может двигаться как в направлении нового *порядка*, другого способа организации, так и в направлении хаоса, *беспорядка*. Это важно, и каждый раз требует оценки и размышления.

Как церковь занимается сетями

РЖ: *Я уверена, что правители, когда бы они ни правили, ни о чем подобном не думают.*

Г.Г.: Я с вами не соглашусь. Мы точно знаем, что создание великих империй – это распространение сетей вширь. Допустим, Рим – это, прежде всего, строительство дорог, Америка – это железные дороги, и они росли на запад, как растет кровеносная система в процессе индивидуального развития организма. Если говорить о Чингисхане – это унификация правил и распространение перевозок на гигантские расстояния. Рост и экспансия чего-то – это всегда развитие сети. Но есть и обратные процессы: сети вдруг разрываются и просто испаряются. То, при каких условиях они делают одно или другое, является предметом научного изучения.

Сетями занимаются не только ученые. Во всех крупных церковных заведениях есть специальные отделы, которые изучают и преподают сетевые принципы и способы управления паствой. Есть люди, которые с помощью нейросетей занимаются анализом пирамидальных систем, циклических и ряда других. Это не только доктора, кандидаты богословских, но и физико-математических наук. Крупнейшие из них работают в Свято-Даниловом монастыре.

Почему Физтех

РЖ: *А почему вы проводите конференцию в Физтехе?*

Г.Г.: Тут много причин. Я – выпускник Физтеха. Другой со-председатель конференции Константин Агладзе – тоже. В этом вузе собрано большое количество пассионарных людей, которые стремятся понять: есть ли какие-то закономерности в системах более сложных, чем просто естественнонаучные. Не случайно из двухсот человек, набирающих сто баллов на ЕГЭ по математике, семьдесят оказываются в Физтехе. И из двухсот стобалльников по физике, сто с лишним тоже приходят сюда. Это говорит о том, что определенная интеллектуальная атмосфера присутствует. Согласитесь, обсуждать проблемы неустойчивостей среди сытых и довольных людей глупо. Иное дело среди «мятежных, ищущих бурю».

Р.Ж: *Сколько лет вы занимаетесь этим кругом проблем?*

Г.Г.: В той или иной форме, пожалуй, всю свою сознательную научную жизнь, Значит около 38 лет. При этом последние лет 19 я занимаюсь неустойчивостями, которые управляют формированием в крови тромбов (они ведут к инфарктам, инсультам и т.д.). Постоянным местом моей работы является Институт переливания крови Гематологического научного центра. Но на Физтехе я уже больше двадцати лет читаю курсы лекций: «Математическая биофизика» и «Роль неустойчивостей в биологической регуляции». И, конечно, и я, и мои коллеги пристально следим за тем, какие инструменты, какие математические приемы используют наши коллеги, работающие в других областях науки для оценки и прогнозирования рисков развития неустойчивостей.

Беседовала Наталья Иванова-Гладильщикова

24.05.12 11:07