К. Левитин

Масштабы времени

Полуночная беседа о специфике момента, переживаемого биолого-математической школой, с профессором А. М. Молчановым, ее бессменным председателем вот уже в течение тридцати лет.

Благодарю тебя, Создатель, что ты сделал все нужное простым, а все сложное — ненужным.
Г. Сковорода

— Путь, которым мы шли к этой школе, был как минимум извилистым. Но существует некая сила, заставляющая нас собираться вместе вот уже десятый раз подряд.

Альберт Макарьевич Молчанов сделал паузу и повернулся к пяти крупным фотографиям, развешанным на доске. Отцы-основатели смотрели на нас, как и в жизни, улыбаясь,— кто несколько снисходительно, кто с вызовом, кто с мудрой печалью, а кто и просто с откровенной радостью от встречи. Один лишь Игорь Андреевич Полетаев, не моргая, уставился в зал, но уж нас-то эта показная серьезность обмануть никак не могла: слишком памятны были его почти бесконечные эскапады со времен незабвенного «Сигнала»— первой нашей разумной и понятной кибернетической книги. «Можно много лет работать кочегаром и не иметь понятия об энергетике в целом. Совершенно так же можно, изо дня в день занимаясь, например, следящими системами, не задумываться над связями понятий техники и биологии. ...Но смелое объединение разнородных явлений общими понятиями приносит неизмеримо больше общественной пользы, чем движение по проторенным путям», — писал он в предисловии к ней в конце пятидесятых годов, тогда уже отчетливо формулируя одну из заповедей нашей школы. Да и все остальные — Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, Алексей Андреевич Ляпунов, Кирилл Павлович Флоренский, Станислав Михайлович Разумовский — умели заглядывать далеко вперед. Потому, собственно, они и стали идейными родителями отечественной математической биологии, нашей школы — в частности и в особенности.

Но не в традициях ее было предаваться сентиментальной грусти. «Не говори с тоской: их нет, но с благодарностию — были»,— сказал Молчанов, и почти тотчас же мел в руке его стал крошиться о доску, покрывая ее иксами, игреками, а также дэ-иксами и дэ-игреками. Математики расслабленно откинулись на спинки стульев, биологи сосредоточенно наморщили брови, и все вместе мы окунулись в привычную атмосферу нашего длящегося вот уже так много лет взаимопроникновения в мысли и дела друг друга.

Очередная Всесоюзная школа по моделированию сложных биологических систем открылась в последний день февраля 1986 года на турбазе «Велегож»*.

— Альберт Макарьевич, я приготовил для вас одну любопытную цитату. Послушайте:

«В начале или середине прошлого столетия немецкий колонист Фальцфайн захотел спасти русскую степь. Ему не очень нравилось, что по степи бродит скот — вытаптывает ее, бегают зверушки — грызут траву. И вот в Аскании-Нова он огородил большой участок ковыльной степи. Дальше события разворачивались почти по Лескову, у которого сердобольному немцу жалко было сразу отрубить хвост собаке, и он резал его по кусочкам. Неблагодарная взбесилась. Степь повела себя похоже: участок сгнил, и степь исчезла с лица земли.

Оказывается, мы не вправе произвольно создавать систему. Она сама знает, какая она. В случае с Фальцфайном выяснилось (это мне рассказывали, и я не ручаюсь за точность своего изложения), что без протоптанной между дерновинами голой земли степь существовать не может: из-за обильного травостоя семена не достигают почвы и сгнивают. Надо, чтобы и мышки трудились, а то ковылинки друг друга уничтожат, задохнутся. Здесь система сама сказала, что одна трава — не степь, не система.

Фальцфайн урок потом понял. Все-таки Аскания-Нова он создал, несмотря на «спасение» степи. Но и для нас здесь есть урок — даже с самыми лучшими намерениями следует обращаться осторожно. Можно так «помочь», что потом уж не спасешь». Узнаете?

— Еще бы! Это я сам говорил когда-то, но уж очень давно.

— В декабре 1968 года на встрече-дискуссии «Системный подход в современной биологии». Мне в память запали слова, которыми вы начали тогда свое выступление: «Кто-то (англичанин, судя по стилю) сказал: «Когда бог создавал время, он создал его достаточно».

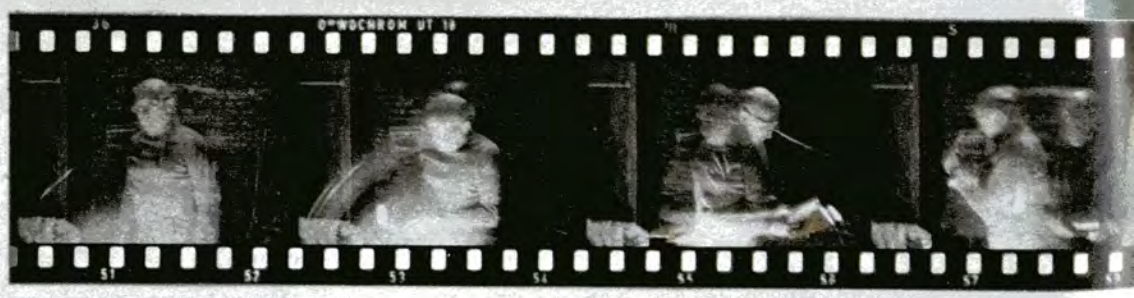
— А потом мне довелось услышать русский эквивалент этой фразы из уст уходящего на пенсию начальника одного из самых первых отделов нашего Вычислительного центра. «У бога дней много», — сказал он. Проблема времени — точнее, времен — и сегодня самая главная из тех, что перед нами стоят. В любых процессах есть переменные, время изменения которых коротко, и переменные, остающиеся, по сути дела, постоянными в течение длительного времени. На той же встрече, что вы вдруг вспомнили, почти двадцать лет назад, я уже говорил об этом.

— Я вспомнил о ней вовсе не «вдруг», Альберт Макарьевич. Вот еще одна выдержка «из вас же»:

«Представим себе, что перед нами река. Для нее можно рассматривать два радикально различных масштаба: сезон и тысячелетие. Если мы берем год, то река — это поток воды, а ее структура — это русло. Если же мы берем в качестве масштаба тысячелетие, то река — это осадочная порода, а ее структура — долина».

Все это удивительным образом перекликается с тем, что говорилось на нынешней школе, в частности с вашими рассуждениями о быстрых и медленных переменных.

— Все последнее время я говорю об одном и том же. А именно об идее, прямо вытекающей из самого глубокого, на мой взгляд, открытия в современном естествознании, сделанного Лапласом,— разных масштабов времени, впервые им введенного. За последние три века наиболее



глубокая натурфилософская мысль — это его теория устойчивости.

Но тут надо вернуться ко времени Эйлера. Лаплас был верным учеником Эйлера, и он же зачеркнул его главную мысль. Историческая справедливость, однако, выразилась в том, что Эйлер никогда об этом не узнал — он не заслужил такой тяжелейшей раны. Открытие Лапласа было опубликовано уже после смерти Эйлера — в этом подарок судьбы ...

— А может быть, самого Лапласа?

— Мне бы очень хотелось в это верить, потому что для меня Лаплас — человек особый.

* О предыдущих школах, о А. М. Молчанове и его работах читайте в «Знание — сила», 1975 год, № 10, 1977 год, № 8 и 1985 год, № 9.

1/25 сек.

и я вижу его не во взаимоотношениях с Наполеоном, о которых написано много, а с Эйлером, про что известно куда меньше.

Законы тяготения, открытые Ньютоном, привели его к представлению о высшем разуме, правящем мирами. В самом деле, если есть два тела — скажем, одинокая планета вращается вокруг Солнца или мимо него пролетает однаединственная разогнавшаяся где-то далеко комета,— то все получается прекрасно: планета вращается по кругу, комета улетает по гиперболе. Но вот появилось третье небесное тело. Между ним и двумя другими действуют силы тяготения, пусть даже небольшие, но действуют! Стало быть, вращение по кругу становится уже невозможным: из его обязательности в задаче двух тел прямо следует его невозможность в ситуации с тремя и тем более четырьмя, пятью и так далее телами. А поскольку планеты в действительности вращались вокруг нашего светила по кругам или слабо вытянутым эллипсам, то внимательный и объективный взгляд на ночное небо убеждал Ньютона, что необходимо вмешательство высшей силы, чтобы постоянно возвращать все планеты на круги своя.

Во времена Эйлера с орбитами большинства планет разобрались, сообразив, что малые возмущения их можно учесть так называемой пертурбационной теорией, которая показывает, что влияние планет друг на друга приводит лишь к некоторому дрожанию вокруг идеального пути, предписанного им Ньютоном. И лишь Юпитер и Сатурн отказывались укладываться в общие рамки: в их движении было регулярное отклонение от теоретически рассчитанного, которое никакими малыми возмущениями не объяснялось.

1 сек.

Вот так, как бы в разных масштабах времени, фотокорреспондент представил героя этого очерка доктора физико-математических наук Альберта Макарьевича Молчанова.

25 сек.

И именно в связи с этой задачей Эйлер сформулировал и принцип наименьшего действия, и вариационное исчисление и пришёл к выводу, что есть дополнительная сила — бог, которая бдит за мировой гармонией, плавно и постоянно мягкой рукой подправляя движения даже далеких от нас планет. Теорема о бытии божьем Эйлеру казалась доказанной строго математически.

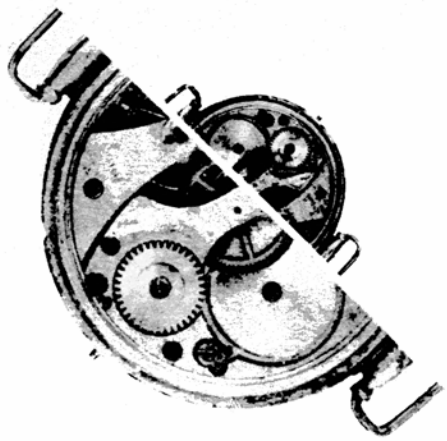
И вот как раз эту теорему Эйлера Лаплас и опроверг — в этом именно и состоит смысл приписываемых ему слов «В этой гипотезе я не нуждаюсь!», якобы сказанных им Наполеону.

— *И тут же — истоки ваших нынешних математических устремлений?*

— Да, я ощущаю себя лапласианцем. И потому хотел бы о сделанном Лапласом поговорить чуть подробнее.

Пертурбационная теория показывала, что из-за малых взаимодействий планет между собой на их движения накладывается мелкая рябь. Идеальные синусоиды обезображиваются как высокочастотными, быстрыми, так и, что особенно важно, низкочастотными, медленными колебаниями. Это еще не было странным: в конце концов могут же движения планет быть подверженными периодическим отклонениям — быстрым, повторяющимся через десять — двадцать лет, как у Юпитера и Сатурна, или очень медленным, период которых равняется тысячелетиям. Беда была в том, что некоторые члены уравнений оказывались непериодичными: они медленно, но неуклонно росли, потому что записывались как крайне малая величина, помноженная на время. При малых временах этими членами легко можно было пренебречь, но с течением лет и столетий величина их становилась

Фото Э. Бажилина



уже вполне ощутимой. Теоретически рассчитанный вековой уход неких условных узлов в геометрии небесных сфер искажал орбиты планет совершенно недопустимым образом. Что же тогда произошло бы за миллион лет, если бы не... если бы не что? Кто же все-таки подправляет ход вселенских часов?

Эта каша — в головах и в формулах (а формула движения Луны, например, занимала больше двадцати страниц сплошного текста, где были одни синусы в самых различных степенях и просто линейные члены, и степенные функции и произведения всех их в различных сочетаниях) досталась Лапласу. Гениальность его состояла в том, что он не стал, как это было принято, избавляться от периодических тригонометрических функций, применяя хорошо знакомую ему формулу Эйлера, которая говорила: синус очень малой величины приближенно равен самой этой величине. Нет, Лаплас поступил прямо наоборот: вековые непериодические члены уравнений он представил в виде синусов, обратив формулу своего учителя Эйлера. Теперь все уравнения стали включать в себя только периодические функции — никакой член уже больше не рос постоянно с течением времени, но все они испытывали колебания с тем или иным периодом, как и положено честным синусам.

— То есть модель Лапласа — это колеблющийся универсум, и потому вековые члены в формулах небесной механики просто запамятовали, что когда-то они были периодическими функциями?

— Конечно! Когда о колебательности мира никто еще и не думал, когда никому не хотелось качаться на волнах синусов и косинусов и потому всюду, где только можно, эти периодические функции заменяли обычными, линейными, которые попросту, по-обыденному или только возрастают, или только убывают со временем, в этот период изживания тригонометрии из формул, Лаплас, напротив, ввел ее туда, осознав, очевидно, что она отражает некое важнейшее свойство Вселенной — ее колебательность...

— ...И без колебаний перевернул формулу своего учителя?

— Да, и, таким образом, уравнения небесной механики стали включать в себя одни лишь периодические функции. Вселенная закрутилась сама по себе, первоначальный толчок перестал быть ей нужным. Оставались Юпитер и Сатурн с их строптивым нежеланием быть как все. Но тут Лаплас вновь проявил гениальность — он понял: периоды их вращения таковы, что в определенные моменты наступает резонанс, и планеты-гиганты в эти мгновения как бы подталкивают, подкручивают друг друга, сами собой, без помощи извне. Необходимость в господе боге отпала, о чем Лаплас и заявил во всеуслышание своими работами.

— Не много ли это — два озарения подряд?

— И одно-то — невероятно много для обычного человека. Но Лаплас проделал еще и титаническую работу, на которую ушли годы, ведь переписать уравнения небесной механики так, как ему было надо, невероятно трудно. Это кропотливая, утомительная возня с сотнями слагаемых, изощренные приемы перевода одних выражений в другие. Он неустанно трудился, «перстам придав сухую беглость», и лишь тогда снизошли на него оба его озарения. Да, золотую жилу он угадал, но ему пришлось просеять все песчинки своими собственными руками...

— Как хорошо бы отсюда построить хотя бы хлипкий мостик к нынешнему положению дел — к вашим существенным и несущественным переменным, к детерминизму и стохастике, о которых шла речь на школе.

— А мы с вами уже забили для него сваи. На пути от ложного знания к истинному незнанию, которым движется наша наука, идея разделения переменных на быстрые и медленные — не один из эпизодов, а важный этап. Начался же он с того, что открытые Лапласом методы стали применять к различным областям науки. Мощность их оказалась такой, что одна лишь никому не нужная в то время небесная механика не могла владеть ими единолично.

Прошло не слишком много десятилетий, и проблема была сформулирована совсем просто. Во многих процессах есть быстрые переменные и есть переменные медленные. Но на коротких временах медленными переменами можно пренебречь, и решенные дифференциальные уравнения весьма при этом упрощаются.

Первым, кто всерьез разобрался в этой ситуации, был Андрей Николаевич Тихонов, ныне академик. В 1937 году им была опубликована выдающаяся работа, хотя сам он не посчитал ее заслуживающей особого внимания. Между тем из нее следовало, что можно строго установить границы, в которых допустимо не учитывать одну из переменных.

— Вы не могли бы, Альберт Макарьевич, объяснить это хоть сколько-нибуль наглядно?

— Извольте. Для вас лично — автомобильный пример. Вы едете в плохую погоду, капелька дождя быстро падает на ветровое стекло и медленно ползет вдоль него. Пока она на этом стекле, быстрыми переменными можно и должно пренебречь — говорит теорема Тихонова. А вот до того, как она на него попала, и после того, как она с него сорвется,— это уже не теорема и не Тихонова, там действуют другие законы, и быстрые переменные играют главную роль в жизни капли. Таким образом, полное движение в системе раскладывается на быстрое перемещение капельки относительно автомашины и медленное, устойчивое ее «проползание» по лобовому стеклу. Свести систему к существенно более простой и знать, на каком этапе ее развития это сведение возможно, — вот что дает нам теорема. Она расставляет светофоры, ограждает знаками зону безопасной езды — согласитесь, это немало. Такова заслуга Тихонова, хотя, справедливости ради, надо сказать, что несколько раньше появилась теорема Ван дер Поля о быстрых и медленных движениях, но она касалась лишь одного частного случая.

— Какие же крепости собираетесь вы штурмовать, овладев этим математическим оружием?

— Зову вас с собой в этот поход. Давайте рассмотрим схему теперь уже не двух, а трех типов течения времени: наше обычное, медленное и быстрое. Медленный масштаб — это география, появление и развитие планет, быстрый — жизнь молекул и атомов. Посмотрим с нашей, человеческой колокольни наверх — наружу, и внутрь — вниз. Что мы увидим? Вот снаружи плавный склон холма, высота его меняется от нуля до какой-то величины, соответствующей его вершине, изменение это непрерывно — любое значение в промежутках между низшей и высшей точками реально существует в природе. География и геология непрерывны. Смотрим внутрь. Там все, что могло свалиться на какой-то уровень, уже на него свалилось. А уровни устойчивы, дискретны, квантованы.

Получается, что дискретность, квантованность не есть имманентное свойство вещи, а всего лишь отношение: это ситуация быстрых переменных, видимая с точки зрения медленных. Так мы, люди, смотрим на молекулярные и субмолекулярные процессы. Если же вдруг атом решил бы взглянуть на жизнь молекул, то он поразился бы, насколько все там непрерывно. Точно так же геология с позиции космоса предстает как череда сплошных разрывов, катаклизмов, дискретных уровней.

Можно утверждать, что квантовано все,— если смотреть с самого верха, с тех горных высей, где время течет медленно, где «дней много», где миллиард лет — не срок. И, наоборот, все непрерывно для наблюдателя, часы которого дьявольски спешат, как у каких-нибудь электронов или мезонов. Так идея о разных масштабах времени перерастает в разряд мировоззренческих. А после этого вновь обращается в инструмент для работы, для постижения мира.

Я часто слышу, что нужна новая математика. Нет, нужно новое понимание доброй старой математики. У нас есть то, что нам нужно, а мы, подобно мольеровскому Журдену, двести лет не подозреваем, что говорим прозой. Но только пока плохо говорим, в этом-то и вся беда. Надо слова перековать в термины, их — сгустить в понятия. Новая идеология применения старой математики — нет тебе ни детерминизма, ни стохастики, а все едино — в устойчивости. Просто у нее есть два крайних полюса. Когда весь процесс стягивается к одной точке, величина удерживается на одном уровне, мы говорим: «Детерминизм!» Когда же процесс не выходит из какой-то ограниченной области — скажем, из вот этой чашки, — а внутри нее царит настоящая буря, мы про эту бурю говорим: «Стохастика!» А на самом деле оба случая суть выражения разных типов устойчивости.

— Пожалуйста, снова пример, не обязательно даже автомобильный.

— Вот, с точки зрения жителя Тарусы, находящийся напротив нас за Окой, дом наш кажется очень спокойным и устойчивым местом: почти все окна темные, только наше светится. А на самом деле — какая напряженная жизнь происходит тут. Или вот вы вчера «заблуждались» в лесу. Наверное, он казался вам сплошным, устроенным случайным образом. Если же вы бы вдруг увидели, что перед вами стройные ряды деревьев одного примерно возраста, то поняли бы, что пришли в лесопосадки и до турбазы теперь рукой подать. Если бы вы сумели за деревьями увидеть лес, то разделили бы два типа переменных — детерминированные, периодические, от случайных, стохастических. То есть когда биологи говорят, что жизнь необычайно сложна и не подчиняется никаким закономерностям, то они просто смотрят на нее не с той стороны, а потому видят одну лишь «кашу» событий и фактов.

У лапласовской традиции выворачивать наизнанку все сложное, чтобы оно стало простым,— пруд пруди не только идей, но и методов. «Природа не роскошествует началом вещей»,— говорил Роджер Бэкон, и был прав. Вот и наша задача состоит в том, чтобы начала эти усмотреть. То, что кажется шумом, случайным разбросом, стохастикой, я буду каждый раз загонять в трубу устойчивости — создавать странные аттракторы, как сказал бы современный математик. Для нас уже в них нет ничего странного, кроме названия, — это самые обычные математические объекты, описывающие процессы, устойчивые снаружи и бушующие внутри*. Впервые такие вещи под именем гомоклинических структур четко рассмотрел Пуанкаре, а точно сосчитал Лоренц. Теперь же это вполне в порядке вещей. К тому есть причины: раньше мы строили с помощью циркуля и линейки, а теперь появился компьютер. Вот, взяв его в руки и сохранив в сердце своем Лапласа, мы сможем решить биологические задачи, поделив кашу, которую мы заварили, на детерминизм и стохастику. Мухи — отдельно, харчо — отдельно, хотя на самом деле знаем, что в природе это одно целое. Свою математическую интуицию мы станем приспосабливать к интуиции исследователя, который видит лес «верхним» зрением и каждую букашку — профессиональным. Вот и мы, как Лаплас, должны уметь отделить орбиту от движения по ней.

— Не могли бы вы рассказать о какой-нибудь вашей работе, проведенной совместно с биологом,— о том, что вы называете «диполем»?

— История диполя, породившего математическую модель туберкулеза, из которой следовало, что процесс болезни принципиально стохастичен, начинается с появления на нашем горизонте человека, одержимого некой идеей и жаждущего подложить под нее математическую основу. Ибо всякому ясно: если можно *это* записать

* Подробнее об этом — в статье «Затем, что ветру и орлу и сердцу девы нет закона», «Знание — сила», 1985 год, № 9.

десятком никому не понятных формул, то *это* истинно.

Человек этот — я буду называть его Медик — возник, разумеется, не сам по себе и не на пустом месте. Фоном послужили отголоски «лапласовских» размышлений — наши пущинские семинары по колебательным системам и, главное, первый «колебательный» сборник, который издал Симон Эльевич Шноль. Книжка эта сразу же вызвала всплески эмоций и легкие взвизги с разных сторон: «И у нас колебания! И у нас тоже колебания!» Чаще всего это были лишь колебания собственных мозгов и голосовых связок, но иногда прорывалось и нечто разумное. И вот в числе этих осмысленных «колебателей» был Медик, который три года ходил и говорил одну и ту же фразу, но каждый раз произнося ее со все большей убежденностью: «Туберкулез имеет волнообразное течение».

Для меня до сих пор загадка, почему именно мы с ним образовали диполь — уж очень различны наши натуры. Скорее всего, дело в том, что просто больше некому было заняться этой темой. С постоянством, похожим на манию, Медик в каждой истории болезни — а он был опытным фтизиатром, доктором медицинских наук и работал в Центральном институте туберкулеза — видел строго периодические пики заболевания. У него была одна счастливая находка: он догадался отсчитывать время рецидивов не с моментов обращения больного к врачу, которые вполне случайны, а с начала заболевания, которое он рассчитывал каким-то ему одному ведомым способом. И тогда оказывалось, что ровно через три года образуется резкий пик ухудшения болезни. Причем у него — он ведь не математик — получалось ровно три года день в день. Мистика цифры на биолога и особенно медика действует куда сильнее, чем на математика, для которого плюс-минус пол-лаптя, вообще говоря, никакого значения не имеет. Но Медика, строгого, видите ли, математического пуриста, качественная картина не устраивала, и это поначалу было одной из главных точек нашего с ним несогласия.

Мы «притирали» наши подходы к проблеме долго — года три, не меньше: то он был лед, а я пламень, то наоборот. Тогда мне этого времени было безумно жалко, но теперь я понимаю, что оно не прошло для меня даром. Говорят, что даже девять женщин не смогут за один месяц родить ребенка,— так и тут невозможно никаким лихим наскоком проникнуть в стиль и суть чужого научного мышления. Зато теперь время моего вхождения в любую медико-биологическую ситуацию стало много короче: в порядке штурмовщины я могу разобраться в новом для меня вопросе за неделю, а при спокойной работе — за год. Но теперь уже никогда не за пять лет! Так вот, на четвертом году нашего тогдашнего сотрудничества появилось устойчивое ощущение, будто что-то наклевывается. В это время у нас и возник термин «ступенька». Самое удивительное, что потом я, математик, ему, врачу, объяснял, что это просто медицинский принцип «все или ничего», о котором я в свое время наслышался от Марии Николаевны Кондрашовой и Ильи Аркадьевича Аршавского, двух больших знатоков всяческих фокусов, связанных с человеческим организмом. Суть принципа в том, что любая нормальная физиологическая функция долгое время не включается вообще, а уж когда наконец включится, то сразу на всю железку.

Невнятное для медика слово «ступенька», которое для математика означает просто-напросто обычную разрывную функцию, в сочетании с этим самым принципом привело к тому, что в какой-то момент мы с Медиком «закоротились» друг на друга по-настоящему. Правда, для него еще долго в туберкулезе были два различных свойства: волнообразный, то есть попросту колебательный характер течения болезни, с одной стороны, и ступенчатый ответ иммунной системы — с другой. Мне же с самого начала было ясно, что одно — прямое следствие другого, уроки Лапласа не прошли для меня даром. Решающим для нашего взаимодействия явился момент, когда я, сляпав абы как модельку, наглядно показал, что из «ступеньки» однозначно вытекает эта волнообразность.

Теперь я могу это объяснить совсем просто, буквально на пальцах. При нестерильном иммунитете, то есть когда микроб не изгоняется из организма железной метлой, а остается в некотором безопасном для нас количестве, дело происходит так.

Я, бациллоноситель, спокойно живу со своей обычной дозой микробов. Моя иммунная система отключена: она знает, что это неопасно. Но вот я получил небольшую дополнительную дозу инфекции — кто-то на меня чихнул. Безопасный уровень перейден, и осторожная иммунная система сразу же включается на полную мощность. Довольно быстро она выедает не только избыток микробов, но и занижает их уровень в организме по сравнению с нормой. И, естественно, отключается. В крови у меня остается некая оперативная группа фагов, которая ведет бой с микробами, но бой неравный: микробы воспроизводятся, а фаги — нет, поскольку иммунная система ведь отключена. Поэтому сначала мои друзья побеждают моих врагов. Они сражаются как честные бойцы и гибнут, унося с собой в могилу супостата. Но ряды микробов прибывают — у наших же подмоги нет. И к следующему включению иммунной защиты уровень микробов точно такой же, как прежде, а фагов — существенно ниже. Некоторое время враг еще побеждает, но свежее пополнение фагов обращает его в бегство — и система переходит к новому уровню. Включение и выключение ее по закону «ступеньки» приводит к всплескам и падениям численности войск с той и с другой стороны. Наблюдается, как сказал бы математик, обычная релаксационная картина. Скачкообразное возмущение, как ему и положено по теории, вызывает колебательный процесс.

В мои уравнения из чисто формальных соображений введен был некий параметр «альфа», от которого зависела скорость протекавших процессов. Потом оказалось, что он в точности соответствует в реальности толщине восковой оболочки микроба. В ряду кислотоупорных бактерий на одном полюсе стоит проказа — она протекает длительно и вяло, долгое время почти ничего не происходит, правда, зато она и неизлечима. На другом полюсе — так называемый телячий туберкулез, развивающийся за полгода, но зато для человека практически неопасный. А собственно туберкулез — где-то между ними, и ему соответствует вполне определенное значение «альфы», или, что то же самое, толщины окутывающей микроба оболочки. Но все это мы поняли потом, а пока решили доложить свои результаты в Центральном институте туберкулеза.

Помнится, было это девятого января, в годовщину Кровавого воскресенья. Может быть, именно в связи с этим я готовился к своему выступлению особенно тщательно. И когда разрисовывал картинки с графиками, получил подарок судьбы — натолкнулся на одну крайне необычную ситуацию. При определенных условиях — то есть при таких-то и таких-то значениях уровня иммунной защиты и вирулентности (темп размножения) микроба — возможно парадоксальное положение: если больному дается большая доза антибиотиков, которая, естественно, резко усиливает сопротивление организма болезни, то поначалу должно наблюдаться полное благополучие (микроба едят поедом, хотя иммунная защита и отключена), но через полтора года приходим к такому низкому уровню фагов в крови, что иммунная защита, даже включившись на полную мощность, не успевает справиться с микробом. Чтобы человеку выздороветь, надо бы ему где-то посередке выпить ампулу с туберкулезным микробом, чтобы загодя включить иммунную систему.

Дичь, чушь, математическое мракобесие! Но представьте, когда я об этих своих изысканиях рассказывал опытнейшим врачам как о некоем курьезе модели, поддерживающем мое личное недоверие к всемогуществу антибиотиков, одна из присутствующих педиатров сказала, что у них подобный случай — частое явление. Ослабленных детей родители и врачи доводят до открытого процесса в легких неумеренным использованием антибиотиков. Это были фанфары, звездный час... Тут я поверил в свою модель всерьез. Более того, я увидел — правда, не сразу — ее универсальность, применимость ко многим явлениям жизни. В частности, к экономике: кризисные явления в ней могут наступать в том случае, если формы отчетности позволяют сигналу ложного благополучия препятствовать включению защитного механизма. А более тщательный анализ модели может позволить выяснить, при каких условиях это ложное благополучие потребует огромного расхода сил и средств в борьбе неизвестно с чем, а при каких оно вообще ведет к катастрофе.

Прошу не воспринимать мои слова как банальную похвальбу, но считаю, что модель эта далеко не сказала своего последнего слова. Однако я понимаю теперь уже и другое. Модель надо усложнить — построить ее, как две матрешки, входящие одна в другую,— собственно болезнь и неспецифический стресс, ее провоцирующий. Однако вот уже десять лет я не могу найти другого медика, чтобы вместе с ним строить эту «неспецифическую матрешку». Блок стресса, если удалось бы его создать, позволил бы очень многое разъяснить и понять. Ясно, что стресс отнимает, иногда трагическим образом, последние ресурсы у иммунной защиты. Но как — мы не знаем. Вот есть знаменитый «синдром девятого дня»: после инфаркта человеку становится все лучше и лучше, а на девятый день он вдруг умирает. Есть предположение, что ему не хватает запаса энергии: митохондрин свой исчерпали, а организм работает только на борьбу с болезнью, только на выживание — вот и погибает. «Матрешка» внесла бы полную ясность в эти — и многие другие — ситуации.

Мораль, извлекаемая нами из модели, такова. Ступенчатое включение функций организма неизбежно ведет к волнообразным процессам в нем, и волны эти надлежит изучать в их совместном влиянии — взаимоусилении и взаимоослаблении. Из этого, в частности, следует, что модель гриппа строить таким образом бессмысленно: времена включения и выключения защитных механизмов слишком малы. И потому правы врачи, когда утверждают, что вылечить грипп легко можно за две недели, если же не лечить, он способен продлиться аж четырнадцать дней. Здесь, говоря в терминах математики, быстрые и медленные переменные сваливаются в одну кучу.

— *Был ли прямым ваш путь, приведший к этим идеям?*

— Увы, нет. На прошлых школах, как вы помните, Александр Ильич Шапиро пытался растолковать мне, как важно использовать странные аттракторы, чтобы описывать биологические события с бифуркациями, то есть когда нечто в процессе меняется скачком. А я тогда считал все это его владивостокскими штучками, никому не нужной забавой. Я говорил ему, что в биологии все функции неразрывные, аналитические; впрочем, это я и сейчас готов повторить, но добавив: «в трехмерном пространстве». Шапиро изучал данные по численности популяций рыб за разные годы. Ясно, что функция у него обязательно получалась разрывной — ведь это просто последовательность цифр. И вот у него выходило, что численность рыб изменяется не обязательно периодически. Его интуиция позволила применить тут аппарат странных аттракторов. Я же тогда до этого не додумался.

Думаю, этот случай ясно показывает, что нет противоречия между биологией и математикой, а есть — между хорошей и плохой математикой. Да, плохая математика нам не годится, да, хорошая математика трудна, но это не повод, чтобы пасовать перед биологическими проблемами. Я убежден, что переход к трехмерности и нелинейности сделает девять десятых биологических проблем попросту тривиальными. Кризис в наших взаимоотношениях с биологами — а он налицо — не в том, что надо создавать новую математику, а в том, что нужно разобраться с теми задачами, которые мы уже решили. Победят, как всегда бывает, наиболее консервативные из революционеров. Я могу лишь повторить в виде лозунга название главы новой книги одного из творцов синергетики Ильи Пригожина: «От существующего — к возникающему!»

Опыт Фальцфайна не должен пройти для нас даром: мир надо учиться видеть во всем его разнообразии и взаимосвязи, но уметь при этом «разъять» его на отдельные постигаемые человеческим умом части. ●