

ВРЕМЯ, САМООРГАНИЗАЦИЯ, ПЕРСПЕКТИВА

Очень важную роль в отечественной науке сыграл выдающийся специалист в области математического моделирования, один из основоположников теории самоорганизации, Сергей Павлович Курдюмов. Он окончил физический факультет МГУ, всю жизнь проработал в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ), руководил кафедрой в Московском физико-техническом институте (МФТИ).

Им была создана научная школа, результаты которой получили мировое признание. Сергей Павлович был избран член-корреспондентом РАН и был директором ИПМ в самое тяжелое время, в начале реформ. Он был свидетелем многих исторических событий и активным участником стремительного расширения научного пространства второй половины XX века.

В полной мере к осмыслению пройденного пути в науке относится взгляд Владимира Ивановича Вернадского: «Настоящее есть проявление прошлого, как бы далеко оно от нас ни отстояло... При крутом переломе понятий и пониманий происходящего, при массовом создании новых представлений и искажений, неизбежно стремление связать их с прошлым. Часто это историческое изучение является единственной возможностью их быстрого проникновения в научную мысль и единственной формой критической оценки, позволяющей отличить ценное и постоянное в огромном материале» [1]. Ещё более важно то, что прошлое определяет наши мечты, цели и стратегии.

Мне посчастливилось быть учеником Сергея Павловича и работать с ним около тридцати лет, а также много беседовать с его женой, другом и однокурсницей Валентиной Васильевной. Мы сейчас находимся в точке бифуркации, в момент выбора направления выбора дальнейшего пути развития. Именно поэтому взгляд в прошлое и его осмысление может оказаться важным.

Временной контекст

Мы жили в тяжелое, но счастливое время.

В.В. Курдюмова (Мурина).

Интерес к науке, как считал С.П. Курдюмов, возник у него в школе. Учитель физики попросил его подготовить доклад. Эта работа убедила его, что детально разобраться в предмете – огромное удовольствие, что вдохновляет перспектива просто, ясно и коротко рассказать о понятом другим и обсудить с ними перспективы. В таких обсуждениях он видел большой смысл. Сергей Павлович готов был часами рассказывать о научных результатах и задачах, которые предстояло решить, друзьям, коллегам, близким, ученикам, участникам конференций. Одинаково увлеченно и вдохновенно он говорил об этом и со школьниками, и с академиками. Его доклады были блистательными – они, говоря современным языком, «зажигали» конференции, в которых он участвовал.

Авторитет учителей был очень высок. Валентина Васильевна в ходе войны была в эвакуации в Тюмени. В памяти остались веселые праздничные вечера, блестящие учителя и письмо Сталина. Школьники и учителя собрали деньги на строительство танка. В письме Сталин благодарил участников этого дела, приближающего нашу победу.

В жизни Сергея Павловича огромную роль играли его школьные друзья Валентин Ершов, Владислав Зайцев, Юрий Манин. Они грезили полетами на Марс и встречей с неземными цивилизациями. Сергей Павлович размышлял о ядерных двигателях для ракет и оказался на отделении строения материалов физического факультета МГУ. Валентин Ершов считал, что будет вычислять траектории космических аппаратов, поступил в авиационный институт, прошел подготовку космонавта и много лет работал в ИПМ в отделе небесной механики, в котором и рассчитывали траектории ракет. Манн и Зайцев увлекались филологией и считали, что для того, чтобы разобраться в языке Иных надо

осмыслить, как устроены наши собственные языки. Владислав Зайцев стал профессором филологического факультета МГУ и занимался современной поэзией. Он поразил меня тем, что в одной из статей комментировал и высоко оценивал стихи моего аспиранта. Манн занимался XVIII веком и в конце жизни увлекся XIX веком. В последние годы он руководил академическим изданием Гоголя (30 томов с подробнейшими комментариями) К настоящему времени издано 12 томов. Не ясно, удастся ли завершить его подготовку и издание без Манна. Ребята каждый день собирались дома у Сергея Павловича, спорили, ходили на концерты, сочиняли и играли домашние спектакли. Сергей Павлович со школьных дней и до конца жизни вел дневник, осмысливая события и планы, размышлял, как лучше готовиться к большим делам, которые его ждут. По счастью, часть этих дневников была издана, так же, как воспоминания о нем и несколько работ, которые он считал наиболее важными [2].

Сергей Павлович и Валентина Васильевна поступили на физический факультет в 1947 году и закончили его в 1952. До появления здания на Ленинских горах в 1953 году лекции будущим физикам читали в десятке мест. Внимание к подготовке будущих исследователей в те времена были огромным. Лекции будущим физикам читали лауреаты Нобелевской премии С.П. Капица и Л.Д. Ландау. Ландау сам принимал в течение нескольких дней экзамены и давал задачи сдающим. Рассказывают, что после первого дня он выходил расстроенным и толковал, что этих студентов ничему нельзя научить. Во второй день он уже говорил, что кое-кто всё-таки есть. Ну, а в третий день уже восклицал, что всё неплохо, и не напрасно работали. Дело в том, что все эти дни он давал одни и те же задачи, и к третьему дню ребятам удавалось с ними разобраться.

После создания атомной бомбы физики очень многому научились. Рассказывают, что Ландау позвал на свои лекции по статистической физике на физфаке академика Я.Б. Зельдовича. Последний пришел, постарался разобраться в сказанном и каждые 2-3 минуты задавал вопросы лектору.

После лекции корреспондент стенгазеты физфака «Советский физик» /издается до сих пор/ поинтересовался у Я.Б. Зельдовича, как он оценивает студентов физфака. «Прекрасно подготовлены! У меня всё время были вопросы, а им всё ясно – ничего не спрашивают», – последовал ответ.

Следует отметить очень высокий уровень образования. Классикой теоретической физики XX века является 9-томный курс Ландау и Лившица. Ландау сам принимал экзамены по этому курсу, и тем, кто сдал его, помогал устроиться в организации, в которых занимались теоретической физикой. Сдать хотя бы один том – дело нелегкое и недоступное для большинства нынешних студентов-физиков.

Стоит обратить внимание на очень активную жизнь физфака того времени. Валентина Васильевна по линии комитета комсомола занималась физическими кружками в школах Москвы, – их было больше сотни. Аспиранты сочиняли задачи, а студенты ездили в школы, чтобы вести кружки и показывать опыты.

Физфак был мужским факультетом. На первых курсах было 7 «мужских групп» и 2 «женских». В первых учились только молодые люди, во вторых – девушки.

Для Сергея Павловича был характерен широкий, междисциплинарный взгляд на научные проблемы, новые понятия и изменение взгляда на мир. Он интересовался восточной философией, творчеством Платона и Гераклита. Он часто вспоминал гераклитовский афоризм: «Этот космос, один и тот же для всех, не создал никто из богов, никто из людей, но он всегда был, есть и будет вечно живой огонь, мерно вспыхивающий и мерно угасающий» [3]. Он думал даже перейти с физического факультета на философский. Однако декан последнего посоветовал Сергею Павловичу вначале состояться в области естественных наук, сказал, что философия от него не уйдет, что с годами к ней можно вернуться, но уже на другом уровне. Именно так всё и произошло.

Институт прикладной математики

В науке нет руководителей и подчиненных. Мы все равны перед лицом неизвестного. Однако есть Учителя, которые видят дальше других. К ним стоит прислушиваться.

С.П. Курдюмов.

Сразу после окончания С.П. Курдюмова распределили в Отделение прикладной математики Математического института им. В.А. Стеклова. В 1960-х годах имела место дискуссия между выдающимся физиком, академиком Л.А. Арцимовичем и президентом Академии наук СССР, математиком, механиком, организатором науки М.В. Келдышем. По мнению Арцимовича «Наука – лучший способ удовлетворения личного любопытства за государственный счет». СССР был сверхдержавой и исследовательские работы велись широко фронтом. Арцимович следовал *ценностной ориентации* науки – не важно, чем заниматься, главное – делать это на высоком уровне. Келдыш возражал, утверждал, что важно выделить один-два приоритета, понятых и принятых руководством страны и народом, которые позволят вывести общество на новый, более высокий уровень развития. Дело не в экономии денег, а в трудности найти сильные управляющие команды, чтобы возглавить масштабные научные направления, а также в ограниченных возможностях госаппарата, необходимых для поддержки крупных исследований.

В качестве таких приоритетов М.В. Келдыш видел Атомный и Космический проекты. Для воплощения первого, который привел к созданию атомной бомбы, энергетики, ледоколов было создано Министерство среднего машиностроения, руководившего работой около 800 тысяч человек. Второй проект воплощало Министерство общего машиностроения, координирующее работу 1,5 миллионов сотрудников. История подтвердила правоту М.В. Келдыша. Результаты выполнения этих проектов в 1950-е-1960-е годы определяют суверенитет новой России. Следующим проектом такого масштаба М.В. Келдыш видел Компьютерный проект, который, к сожалению, он не успел реализовать. Он слушал лекции по биологии, считая, что в обозримом будущем прорыв произойдет именно в этой области.

Авторитет Академии наук и академика М.В. Келдыша был очень велик. Его называли «главным теоретиком космонавтики». Рассказывают об историческом совещании у Д.Ф. Устинова, курировавшего оборонную промышленность. Оно произошло после снятия Хрущева с поста Первого секретаря ЦК КПСС в 1964 году. Собравшиеся считали, что надо сменить генеральных конструкторов космических центров, поскольку они были «неверно» и «несправедливо» назначены Хрущевым. Все кроме Келдыша высказались в пользу этого, считая, что пора назначать новых людей. Келдыш и на совещании, и на научных семинарах часто сидел с закрытыми глазами, создавая у окружающих ложное впечатление, что он дремлет. Дальнейшее передают следующим образом.

«Надеюсь Вы, Мстислав Всеволодович, согласны с высказанным нашим общим мнением?» – спросил Д.Ф. Устинов. Ответ М.В. Келдыша был таков: «Нет. Прошу записать мое особое мнение. Я категорически возражаю против замены генеральных конструкторов космических центров. Допустим, что мы, исходя из представлений о справедливости, их заменим. Два года уйдут на то, чтобы они поняли, что следует делать. Ещё два года после этого потребуется, чтобы их заместители поняли, что им следует делать. Ещё два года уйдет после этого, чтобы выстроить работу коллективов этих организаций. Наша страна не может на шесть лет остаться без военного космоса». «Но Вы в меньшинстве» – возразил Устинов. «Да, но я в подавляющем меньшинстве», – последовал ответ. Мнение Келдыша было решающим, и всё было сделано именно так, как он предлагал.

Именно он и был назначен в 1953 году директором ИПМ. Сергей Павлович считал его своим учителем. Институт создавался для решения стратегических проблем, стоящих перед страной и требующих математического моделирования. В ИПМ было три ключевых направления. Первое связано с решением задач газовой динамики, физики плазмы, теории взрывов. Второе – с расчетами траекторий ракет и космических аппаратов. Третье – с созданием программного обеспечения, необходимого для решения этих задач. Академик М.В. Келдыш раньше многих других осознал, что произошло глубокое и важное изменение в науке, связанное с возможностью использовать вычислительные машины.

Математика начала превращаться из занятия любознательных профессоров в компьютерно-математическую промышленность, которая быстро приобрела стратегическое значение. Масштабные задачи приводили к стремительному росту и развитию новых направлений – системному программированию, компьютерной графике, робототехнике, к новым разделам вычислительной математики и ко многим другим подходам. Удивительно много было сделано в первые годы существования Института. Академик Келдыш никогда не повышал голос и никогда не торопил людей – все и так прекрасно понимали, что создают щит и меч страны. Около дома, построенного для сотрудников ИПМ, был детский сад. В случае срочных расчетов родители на три дня, а то и на неделю уезжали в ИПМ, а дети оставались в саду.

Моделирование оказалось ядром и для Космического, и для Атомного проектов – перед каждым испытанием нужно было очень хорошо представлять, что должно получиться. ИПМ оказался системным интегратором многих работ. Исследования велись в тесном контакте с коллективами, которыми руководили академики И.В. Курчатов и С.П. Королев. Сотрудники ИПМ часто вспоминали крылатые выражения И.В. Курчатова: «Доверие доверим, а проверку проверим», «Не за такое дело взялись, чтобы себя жалеть», «В любом деле важно определить приоритеты. Иначе второстепенное, хотя и нужное, отнимет все силы и не даст дойти до главного».

Люди смело заглядывали в будущее. По мысли М.В. Келдыша будущее советской науки должно было быть связано с исследованием дальнего космоса. Сергей Павлович Королев считал, что мы сумеем запустить пилотируемый корабль на Марс в 1974 году. Когда перед ИПМ была поставлена задача обеспечить мягкую посадку аппарата на Марс, то выяснилось, что традиционная астрономия «знает» координаты этой планеты с точностью 700 километров, а для мягкой посадки нужно знать их с точностью в 700 метров. Ученые и инженеры смогли за считанные годы совершить эту «тихую революцию», позволяющую исследовать планеты.

Заместитель директора ИПМ Д.А. Корягин как-то сказал: «Если делается важное и полезное дело, то будут удовлетворены амбиции самых талантливых людей». В полной мере это относится и к ИПМ. Дирекция Института сидела в здании, расположенном по адресу Миусская площадь, дом 4. По аналогии с «намоленным местом» этот квартал на Миусской площади можно назвать «надуманным местом».

Огромную роль в выполненной работе играла молодежь. На вечерах капустниках была в ходу песня «Не кочегары мы, не плотники, / Но сожалений горьких нет, как нет / А мы научные работники, / А что мы делаем – секрет!».

Сергей Павлович, придя в ИПМ, попал в отделение, которым руководил его институтский преподаватель – академик Андрей Николаевич Тихонов. По словам Валентины Васильевны, он блестяще читал лекции, но, к сожалению, очень тихо – то, что говорилось, было слышно только ребятам с первых рядов. Этот удивительный ученый во многом определил развитие прикладной математики XX века.

За внешностью «классического», «чеховского» профессора скрывались острый ум, огромная работоспособность и железная воля. Сергей Павлович также считал его своим учителем.

Он попал в отдел, которым руководил другой его преподаватель – академик Александр Андреевич Самарский. Вместе они прошли огромный научный путь. Сергей

Павлович был душой этого отдела. Как-то Самарский сказал мне в шутку: «Мы с Сережей как Кирилл и Мефодий объясняем молодежи азы прикладной математики». Много поколений студентов осваивало основы моделирования по толстому и прекрасно написанному курсу математической физики А.Н. Тихонова и А.А. Самарского и решало задачи по замечательному толстому задачнику, написанному им с соавторами.

В научной жизни Сергея Павловича наступил период, о котором он не рассказывал и о котором мы знали очень немного. Во всяком случае, в расчетах «лидочки» он активно участвовал. «Лидочкой» называли заряд водородной бомбы, ключевым элементом которой был дейтерид лития.

Академик А.А. Самарский выдвигал и отстаивал идею *вычислительного эксперимента* – новой технологии научных исследований. Натурный эксперимент во многих случаях сложен и дорог, а иногда невозможен. Для теоретического анализа доступно очень немногое из того, что хотелось бы узнать. Однако компьютеры могут во многих случаях помочь, если известна математическая модель изучаемого явления.

Введенная им триада *модель – алгоритм- программа* вошла в учебники. Однако доказать необходимость такого подхода ко множеству важных задач было нелегко [3].

Блестящим примером применения вычислительного эксперимента стало открытие нового явления в физике плазмы – эффекта Т-слоя. Т-слой представляет собой высокотемпературную самоподдерживающуюся структуру, появляющуюся при взаимодействии плазмы с магнитным полем. Это явление играет важную роль при создании МГД-генераторов, в проблеме термоядерного управляемого синтеза (УТС). Этот слой, управляемый магнитным полем, позволяет преобразовать энергию низкотемпературной плазмы в излучение. Это явление было открыто в ходе вычислительного эксперимента (и лишь потом обнаружено экспериментально) коллективом исследователей под руководством А.Н. Тихонова и А.А. Самарского. Оно было внесено в Государственный реестр открытий СССР под номером 55 [6].

Опыт показывает, что после успеха большого важного дела, которым для Сергея Павловича был Атомный проект, его участники выбирают свои пути в науке. В полной мере это относится и к коллективу, сложившемуся в отделе А.А. Самарского. Сергей Павлович выбрал исследования, связанные с самоорганизацией.

Режимы с обострением

Ученые должны быть спасителями человечества. Они должны предлагать пути в будущее, а общество решать – пойдет оно по ним или нет.

С.П. Курдюмов.

В 1956 году во время посещения британского ядерного центра «Харуэлл» И.В. Курчатов предложил ученым-атомщикам разных стран сотрудничать в решении проблемы управляемого термоядерного синтеза (УТС). Синтез ядер дейтерия H^2 и трития H^3 , а в перспективе гелия He^3 и бора B^{11} , в ходе которого должны были быть получены более тяжелые ядра, должен был стать неограниченным источником «чистой» энергии. Школьникам рассказывали о плазме – четвертом состоянии вещества, академики объясняли студентам, что УТС – дело ближайших десятилетий, а международные конференции по проблемам УТС собирали по 5000 и более участников. К сожалению, проблема оказалась гораздо сложнее, чем думалось. Ядра положительно заряжены, и чтобы сблизить их до расстояния, на котором начинают действовать ядерные силы, нужны гигантские температуры. В течение многих десятилетий физики и инженеры учатся удерживать плазму в торо идеальных камерах с магнитным полем (токамаках). Для осуществления

управляемого термоядерного синтеза необходимо, чтобы температура плазмы T превышала 10^8K (сто миллионов градусов – фантастическая температура!) и чтобы выполнялся критерий Лоусона $n\tau > 10^{14}\text{см}^{-3}\cdot\text{с}$, где n – плотность высокотемпературной плазмы, τ – время её удержания в системе. Ключевой величиной является соотношение энергии, выделяемой в процессе синтеза и общей энергии, затраченной на запуск и поддержание реакции. Его обозначают символом Q .

С 1980 года множеством стран осуществляется Международный экспериментальный термоядерный реактор (International Thermonuclear Experimental Reactor – ITER). Для него $Q=30$ и цель проекта – демонстрация возможности коммерческого использования УТС и решение физических и технологических проблем, которые могут встретиться на этом пути. Трудности оказались очень серьезны и запуск этого реактора, который сооружается на юге Франции в городе Кадараше, отложен до 2035 года.

Вычислительный эксперимент играет решающую роль при проектировании таких систем, и им самым активным образом занимались в отделе, которым руководил А.А. Самарский.

Сергей Павлович путь в энергетическое будущее человечества связывал с лазерным термоядерным синтезом (ЛТС). Его идея связана с быстрым сжатием дейтерий-тритиевой смеси с помощью высокоэнергетических лазерных лучей. Эти работы в ИПМ активно велись совместно с коллективом, которым руководил лауреат Нобелевской премии, один из создателей лазеров, академик Н.Г. Басов. Для реализации этого проекта нужны лазеры гигантской мощности. Однако, как показали расчеты, эту мощность можно многократно сократить, если интенсивность излучения I меняется со временем t в режиме *с обострением* – неограниченно возрастает за ограниченное время.

$$I(t) \approx (t_f - t)^{-1}$$

t_f – момент обострения. Конечно, нельзя увеличить интенсивность до бесконечности, но если в таком режиме интенсивность будет расти существенную долю времени, то и это даст большой выигрыш. Вероятно, именно с этим кругом работ связан интерес Сергея Павловича к режимам с обострением, в исследованиях которых ему и его научной школе предстояло выполнить работы, которые получают мировое признание.

Сергей Павлович был оптимистом и считал, что ЛТС состоится, что удастся добиться того, чтобы величина Q превысила единицу. И его предвидения оправдались! Конечно, за это время и теоретики, и экспериментаторы, и инженеры прошли огромный путь, но, в конце концов, он привел к желаемому результату. Министерство энергетики США объявило о достижении безубыточного термоядерного воспламенения в Ливерморской национальной лаборатории. В эксперименте, проводимом 05.12.2022, была впервые запущена реакция синтеза, которая генерировала в полтора раза больше энергии, чем на неё потрачено [7].

С нашей первой встречи Сергей Павлович вновь и вновь повторял, что в центре внимания мировой науки будут *коллективные явления*. В самом деле, с XVII века до середины XX столетия в разных дисциплинах ученые искали простейшие элементарные объекты, свойства которых должны были определить целое. Это товар в экономике, клетка в биологии, материальная точка в механике, элементарная частица в физике и т.д. Однако выяснилось, что во многих сложных системах у целого появляются новые качества, которыми не обладают его части! Появляются новые свойства, характеристики – стратегии, – происходит *самоорганизация*.

Огромное влияние на развитие научной школы Сергея Павловича Курдюмова оказали работы лауреата Нобелевской премии по химии Ильи Романовича Пригожина (химия 1997 год) и его коллег. Классическая термодинамика приводила к неизбежному выводу о тепловой смерти Вселенной, об упрощении и разрушении всех возникающих структур. Но как тогда объяснить биологическую и социальную эволюции, возникновение

сознания и технологический прогресс, говорящие не об упрощении, а об усложнении со временем многих сущностей? По теории И.Р. Пригожина, всё это связано с тем, что все эти явления, связанные с усложнением упорядоченности, происходят в *открытых* системах, способных к обмену веществом, энергией, информацией о том, что их окружает. Кроме того, они существуют вдали от равновесия и в каждой из них ключевую роль играют коллективные процессы. Подобные процессы должны описывать, неравновесная термодинамика, а это совсем другие сценарии развития.

Когда вышел русский перевод книги И. Пригожина и П. Глендерфа «Термодинамическая теория структур, устойчивости и флуктуаций» [8], Сергей Павлович шутил: «Читаю и удивляюсь – то ли они у нас всё списали, то ли мы у них».

Размышление над многими глубокими проблемами приводит ученых к схожим идеям. И для С.П. Курдюмова, и для И.Р. Пригожина были характерны размышления об изменении мировоззрения, которое несет с собой наука, интерес к философским проблемам. Между ними шел своеобразный диалог, и, конечно, не во всем они были согласны друг с другом [9].

В 1970-х годах немецкий физик-теоретик Герман Хакен, назвал теорию самоорганизации *синергетикой*. Этот термин происходит от сочетания двух греческих слов «совместное» и «действие». Он вложил в этот термин два смысла: Во-первых, это междисциплинарный подход, рассматривающий появление у целого свойств, качеств, стратегий, которыми не обладает ни одна из частей. Во-вторых, развитие этих представлений требует творческого взаимодействия естественников, математиков, гуманитариев, инженеров [10].

Компьютеры сыграли в формировании синергетики принципиальную роль. В течение многих лет самыми распространенными были *линейные математические модели*. Это очень просто объяснить: если один завод дал две единицы продукции и другой столько же, то вместе они дали 4 единицы $2 \times 2 = 4$. Но их взаимодействие может как повысить общий результат (один завод дополняет другой и делает то, что ему нужно), так и понизить (не стоит забывать при конкуренцию или транзакционные издержки). Тогда $2 \times 2 \neq 4$. Нелинейные модели помогают учитывать более сложные и неочевидные взаимосвязи, а компьютеры помогают их исследовать. «Синергетика говорит на языке математических моделей», – часто говорил Сергей Павлович. Памятуя развал кибернетики на множество слабо связанных научных дисциплин. Во многом развал связан с тем, что и журналисты, и ученые почти все стали называть «кибернетикой». С.П. Курдюмов вложил большие усилия в то, чтобы представления о синергетике формулировались более ясно и конкретно, чтобы она не стала модой.

Герман Хакен приезжал в ИПМ и выступал у нас на семинаре. На С.П. Курдюмова произвела большое впечатление книжная серия «Lecture Notes in Synergetics», которую редактировал Хакен и в которой вышло около сотни книг. «В нашей стране надо иметь нечто похожее», – говорил мне Сергей Павлович.

Хакен отлично говорил по-русски, и знание нашего языка он объяснял примерно так.

– Это заслуга бабушки. Она рассказала, что наш дед воевал в Первой мировой войне, оказался на восточном фронте, попал в плен и там выучил русский. Отец участвовал во Второй мировой войне, попал в плен на восточном фронте и там выучил русский. Герман, наверно, будет Третья мировая война, ты тоже будешь воевать на восточном фронте и попадешь в плен. Пожалуйста, выучи русский заранее.

Бытует фраза: «Всё гениальное просто!». Это не так. Многие удивительные гениальные вещи трудны, и объяснить, почему всё устроено так, сложно. Тем не менее, выдающимся ученым удается выделить в сложных системах наиболее важный и гораздо более простой элемент, исследование которого дает ключ к пониманию исследуемой проблемы и открывает путь в будущее.

Для научной школы Сергея Павловича таким ключом стала *модель тепловых структур*

$$T_t = (k(T)T_x)_x + q(T),$$

где t – время, x – пространственная координата, T – температура, функция $k(T)$ описывает теплопроводность, а $q(T)$ – горение этой среды. Как тут не вспомнить Гераклита, который сравнивал реальность с горением разных структур.

Если $q(T) = 0$, а $k(t) = k_0$ – постоянная величина, то это обычное уравнение теплопроводности, которое студенты осваивают в курсах математической физики. Это уравнение линейно и во множестве случаев решается очень просто.

Если же функции $k(T)$ и $q(T)$ нелинейны, например, являются степенными $k(T) = k_0 T^\sigma$, $q(T) = q_0 t^\beta$, то как показали исследования научной школы Сергея Павловича, это совсем другой удивительный и необычный мир.

О научной школе надо сказать особо. Сергей Павлович возглавлял кафедру МФТИ и выращивал нас, начиная со студенческих времен. «Курдюмов создал себе целый детский сад», – шутили тогда в Институте. Из этого «детского сада» со временем выросло человек пятнадцать докторов наук, создавших свои научные направления. Сергей Павлович создал целую «научную семью». Мы все вспоминаем замечательные многочасовые беседы у него дома, а также его и Валентины Васильевны желание накормить студентов, аспирантов и младших научных сотрудников, которые по их мысли всегда были голодны.

Душевное тепло, оптимизм, представление о том, что и науку, и каждого из его учеников ждет большое будущее, остались в сердце каждого из нас. Сергей Павлович стремился увидеть и развить способности каждого из нас, ценил индивидуальность. В результате этого ученики решали задачи в разных областях – в гидродинамике и физике плазмы, в теории параболических уравнений и в философии, в исследовании симметрий нелинейных уравнений и теории хаоса. Сергей Павлович считал, что мы все делаем одно большое, важное и интересное дело, – в его работах ссылки на множество авторов, причастных к исследованию поставленных проблем. Он понимал важность выращивания научной школы и ценил вклад каждого в формирующееся новое понимание реальности. Это нашло отражение в книге, написанной по его инициативе [11].

Попробуем кратко сформулировать новое понимание реальности, родившееся в результате усилий С.П. Курдюмова и его учеников.

– *Новое понимание режимов с обострением.*

Французский математик Жак Адамар в начале XX века сформулировал понятие *корректной задачи* математической физики.

- Решение этой задачи должно существовать;
- Оно должно быть единственным;
- Это решение должно непрерывно зависеть от параметров решаемой задачи.

Удивительным образом ключевые достижения прикладной математики XX века связаны с решением задач, которые не удовлетворяют условиям Адамара. Например, академиком А.Н. Тихоновым была развита теория решения некорректных задач. С использованием этой теории многие сталкиваются – это построение томограмм в медицине, позволяющее по набору сечений найти объемный образ предмета.

При $\beta > 1$ в выписанном уравнении могут иметь место режимы с обострением. Решение существует не при $0 \leq t < \infty$, как в классической математической физике, а только до момента обострения t_f . Много веков ученые стремились найти устойчивость, равновесные состояния, считая, что всё остальное несущественно.

Но наш мир развивается не так! Во многих случаях в нем возникают *системы с сильной положительной обратной связью*. В них система развивается тем быстрее, чем дальше она от равновесия.

Режимы с обострением определяют приближенное описание – асимптотику – множеств процессов. После построения математической теории выясняется, что с её помощью очень многое описывается в разных областях. Здесь гидродинамика и физика плазмы, теория УТС и экология, экономика и социология, гонка вооружений и описание многих катастрофических событий, наконец, психология и демография.

– *Возникновение структур, развивающихся в режиме с обострением.*

Одной из фундаментальных проблем науки является проблема морфогенеза. В каждой клетке ДНК содержат одну и ту же наследственную информацию. Как же в процессе развития клетки «узнают», что потомки одной клетки будут в мозге, другой – в кожном покрове, третьей – в кости? Выдающийся математик и криптограф, один из основоположников компьютерной реальности Алан Тьюринг связал морфогенез с самоорганизацией, с взаимодействием двух химических веществ, которые он назвал активатором и ингибитором и диффузией.

В результате в ходе развития при случайных начальных данных возникали стационарные (в конце концов, перестающие зависеть от времени) распределения концентраций. Она как бы «размечали» выросшую ткань. С легкой руки И.Р. Пригожина такие распределения стали называть *диссипативными структурами*. Диссипация, рассеяние здесь не уничтожает упорядоченность, а, напротив, играет ключевую роль в её формировании. Диссипативные процессы могут быть связаны с диффузией, теплопроводностью, вязкостью, электрическим сопротивлением. Можно сказать, что мы живем в «диссипативном мире» и структуры возникают очень часто.

Сергей Павлович с учениками нашел новый вид диссипативных структур. пример одной из них показан на рис.1. На этом рисунке мы видим *эффект локализации тепла*, – тепло не распространяется в пространстве, несмотря на то, что теплопроводность неограниченно увеличивается с ростом температуры! Такое поведение парадоксально, – в обычном линейном уравнении теплопроводности имеет место бесконечно быстрое распространение тепла. Как мы видим, амплитуда распределения температуры стремительно растет, в то время как его форма не меняется. Мы имеем другой тип упорядоченности, новый вид диссипативных структур. Именно такие структуры описывают развитие. Сергей Павлович часто говорил, что поэты и философы часто ухватывают суть происходящего задолго до того, как до её осмысления дойдут руки у математиков и естественников: «Призрачно всё в этом мире бушующем / Есть только миг – за него и держись. / Есть только миг между прошлым и будущим / Именно он называется жизнь». Эти стихи Л. Дербенева или другие строки показывают, что в нашем мире динамика обычно оказывается гораздо важнее статики.

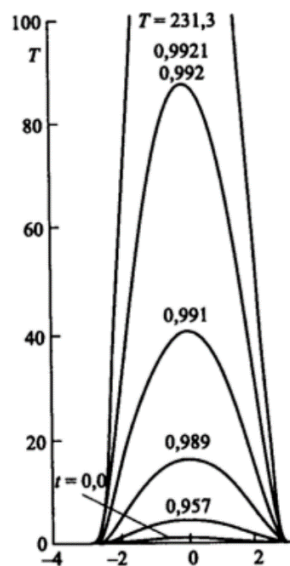


Рис. 1. Эффект локализации тепла в среде с объемным тепловым источником при постоянной длине области локализации

– *Структуру нелинейной среды.*

Естественно возникает вопрос – когда процессы в разных точках пространства могут идти согласовано. Могут ли в этой простейшей среде возникать сложные структуры? Оказывается, могут! Пример одной из них показан на рис.2. В этой среде, как в таблице Менделеева, есть конечный набор структур, которые могут развиваться. «Если хочешь создать нечто, а в среде таких структур нет, то нужно менять среду!», – часто восклицал наш учитель. «Очевидно, это относится ко многим сложным системам и определяет сценарии управления ими. Конечно, это будет сделано, и даст человечеству ключи от будущего», – иногда говорил Сергей Павлович.

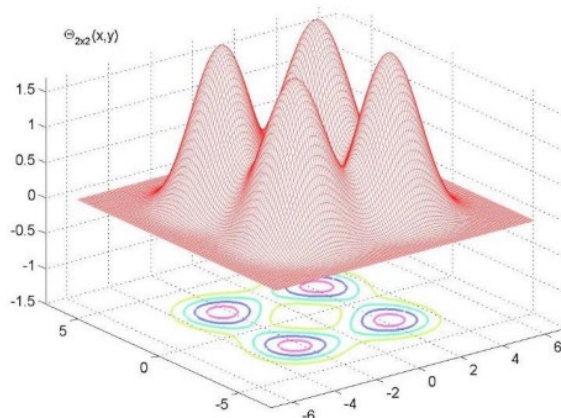


Рис. 2. Пример собственной функции нелинейной среды (на плоскости показаны линии уровня двумерного автомодельного решения)

Трудно на нескольких страницах рассказать о большой интересной работе, которой много талантливых людей занимались не один десяток лет. Могут возникнуть разные вопросы от математических до философских. Кого-то могут заинтересовать приоритеты – кто, что и когда сделал. Отчасти мы ответили на них в сборнике трудов конференции, посвященной 95-летию Сергея Павловича [12]. Впрочем, суть важнее деталей.

Демография, математическая история, прогноз

У нас нет времени, чтобы действовать методом проб и ошибок. Надо вычислять будущее и действовать в соответствии с этим прогнозом.

С.П. Курдюмов.

В жизни руководителя и всей научной школы счастье связано с осознанием того, что полученные результаты относятся к ключевым, наиболее важным вопросам, волнующим человечество. Этот период в курдюмовской школе был связан с взаимодействием с выдающимся просветителем России профессором Сергеем Петровичем Капицей. Этот замечательный ученый получил ряд важных физических результатов, заведовал кафедрой общей физики МФТИ, был основателем междисциплинарного журнала «В мире науки», а также с 1973 по 2012 год – бессменным ведущим научно-популярной телепрограммы «Очевидное – невероятное», которую много лет смотрели миллионы людей. Однако в историю науки он, скорее всего, войдет как создатель *глобальной демографии*.

Томас Мальтус считал, что в случае избытка ресурсов численность каждого вида N в зависимости от времени t *растет в геометрической прогрессии* - в одинаковое число раз за одинаковые промежутки времени. Он распространял этот взгляд на человечество,

полагая, что производство продовольствия растет в арифметической прогрессии и связывал с этим неизбежность войн.

Мальтус был не прав. Демография является большой развитой наукой, прогнозирующей численность населения разных стран с учетом миграции, социальных и экономических условий.

Профессор Капица поставил вопрос о законе роста населения всей Земли и обратил внимание на то, что, судя по данным палеодемографии и системного анализа в течение 200 тысяч лет оно росло по гораздо более быстрому, гиперболическому закону (см. рис.3)

$$N(t) \approx (2025_{год} - t)^{-1}$$

Для описания этой стадии С.П. Капица предложил математическую модель, иногда называемую уравнением Капицы.

$$\frac{dN}{dt} = \beta N^2$$

где β – постоянная, подбираемая на основе данных демографической статистики [13].

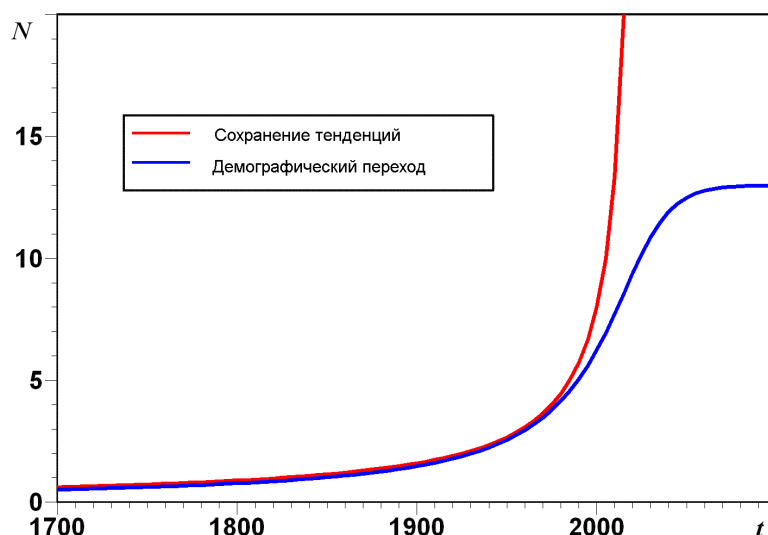


Рис. 3. Закон роста народонаселения в мире. Красная кривая соответствует гиперболическому закону, синяя – результатам наблюдения и прогнозам. Видно, что мы имеем дело с глобальным демографическим переходом – ключевым событием переживаемой эпохи.

Эта модель также описывает режим с обострением и гиперболический рост численности населения.

В чем же дело? В чем его причина? Почему мы стали абсолютным хищником на Земле? Причина в самоорганизации. В том, что мы научились передавать свои жизнеспасающие технологии в пространстве (из региона в регион) и во времени (от поколения к поколению). Именно это позволило нам стать технологической цивилизацией. В отличие от всех других мы можем привлечь к решению своих задач неограниченное количество незнакомцев и это может дать большой эффект. Язык, культура, законы, письменность, книгопечатание, радио, телевидение, Интернет, социальные сети следует рассматривать, прежде всего, как инструменты, облегчающие самоорганизацию.

Это понимание, родившееся в среде естественников, сейчас находит понимание и среди гуманитариев. Например, автор недавнего бестселлера, израильский историк Ю.Н. Харари пишет: «Решающую роль в завоевании нами мира сыграла наша способность объединять в сообщества массы людей. Современное человечество правит планетой не

потому, что отдельно взятый человек более умный и более умелый, чем отдельно взятый шимпанзе или волк, а потому, что *Homo Sapiens* – единственный на земле вид, способный гибко взаимодействовать в многочисленных группах. Интеллект и производство орудий были, конечно, тоже очень важны. Но не научись люди гибко взаимодействовать в массовом масштабе, наши изобретательные мозги и умелые руки до сих пор были бы заняты расщеплением кремня, а не атомов урана» [14, с.151].

Сергей Петрович Капица говорил, что он многократно рассказывал на научных семинарах об идеях глобальной демографии. Однако впервые его поняли, поддержали и развили его подход в ИПМ Сергей Павлович и его сотрудники.

Идеи глобальной демографии активно поддержал друг и сосед по дому Сергея Павловича академик Никита Николаевич Моисеев. По его мнению, переломным моментом в развитии человечества стало создание системы Учитель, понимание людей, что старшее поколение, уже не способное охотиться и вести хозяйство, может многому научить молодежь. Осознание, что советы старших могут уберечь от многих бед, стало важным элементом культуры [15].

Рассматривая режимы с обострением в контексте реальных задач, важно представлять, что произойдет дальше, какие ограничивающие факторы станут существенными. На защите диссертации ученицы С.П. Курдюмова Лены Куркиной академик А.Н. Тихонов задумчиво произнес: «Заглянуть бы туда, дальше, за момент обострения».

В полной мере это относится и к глобальной демографии. Очень быстро, на времени жизни одного поколения асимптотика, связанная с гиперболическим ростом, меняется. Скорость роста числа людей на планете быстро уменьшается, и, судя по прогнозу, количество жителей Земли не превысит 11,5 млрд. (см. рис. 3). Происходит *глобальный демографический переход*. Меняется репродуктивная стратегия от «высокая смертность – высокая рождаемость» к «низкая смертность – низкая рождаемость». Это самый крутой поворот в истории человечества. Время бури и натиска, стремительного роста кончилось. Наступает другая реальность. Демографический переход происходит в разное время в разных странах, и, судя по нынешним прогнозам, к 2100 году 10% жителей Земли будут жить в Европе, 10% – в Америке, 40% – в Азии и 40% – в Африке.

Модели глобального демографического перехода были предложены С.П. Капицей, несколько альтернативных подходов предложили сотрудники С.П. Курдюмова. Эта проблема, непосредственно связанная с будущим, продолжает активно исследоваться, и, конечно, заслуживала бы отдельного обсуждения.

Нас ждут перемены исторического масштаба, поэтому естественно заглядывать в будущее, предвидеть предстоящие перемены, а, может быть, и повлиять на них. Сергей Павлович был одним из инициаторов создания исследовательской программы, связанной с построением *математической истории* [16].

Чем физика отличается от истории? Тем, что в физике мы знаем законы, имеем математические модели. Если относиться к истории как Геродот или Тацит, то задача историка состоит в описании произошедшего. Альтернатив нет.

Немецкий профессор Карл Хампе стал автором крылатого афоризма «История не знает сослагательного наклонения». Его повторил Сталин, а затем и многие другие.

Однако ситуация изменилась. Сейчас происходят перемены исторического масштаба, и политикам часто приходится делать выбор между плохим и очень плохим вариантами.

Важная цель любой научной дисциплины – прогноз. Естественно с той же меркой подойти к истории и поставить перед ней *задачу исторического прогноза*. Естественно строить его, опираясь на математические модели, на представления теории самоорганизации.

При этом появляется понимание как цивилизации, этносы, государства будут реагировать на управляющие воздействия. При таком подходе у истории появляется

сослагательное наклонение. При этом и исторические теории, и математические модели можно оценивать по эффективности исторического прогноза, который они дают. При этом анализ уже произошедших событий является очень важным инструментом для выявления наиболее важных причинно-следственных связей в исследуемых системах.

Успех в историческом прогнозировании позволяет опираться на этот подход в стратегическом управлении. И тогда в этом новом облики, которое можно назвать *математической историей*, у истории появится и *повелительное наклонение*.

Было проведено несколько конференций по математической истории. Этот подход очень заинтересовал американских коллег [17]. В настоящее время он активно развивается в МГУ под руководством академика В.А. Садовниченко [18]. Сделанное пока гораздо скромнее желаемого и должного. Однако важные шаги сделаны и можно надеяться на будущее.

Самоорганизация и искусственный интеллект

Подождите десяток-другой лет, и вы увидите, как самоорганизация преобразит мир.

С.П. Курдюмов.

В наших посиделках с Сергеем Павловичем обычно заходила речь о будущем синергетики, и он часто говорил фразу, вынесенную в эпиграф. Не касаясь других надежд и ожиданий, обращаю внимание на один его прогноз, который исполнился удивительным образом.

В нашем институте была очень сильная программистская школа – создавались языки программирования, писались трансляторы, разрабатывались пакеты прикладных программ, была сделана операционная система ОС ИПМ. Сейчас программирование можно рассматривать как отрасль промышленности, определяющую стратегический потенциал страны. В 1960-х годах академик А.П. Ершов, благодаря усилиям которого наши школьники проходят информатику, говорил, что в недалеком будущем значительная доля работающего населения будет программистами.

Как-то Сергей Павлович высказал парадоксальную мысль: «Стоит подумать, можно ли вообще обойтись без программистов? В самом деле, 86 миллиардов нейронов нашего мозга обходятся без программ. В ходе самоорганизации они устанавливают «правильные» связи между нейронами. Самоорганизация определяется нашей жизнью и работой. По сути, мы учимся всю жизнь методом проб и ошибок. Но элементы микросхемы работают в миллион раз быстрее нейронов и «научиться» многому смогут гораздо быстрее, чем мы! Важно понять законы самоорганизации на этом уровне, и тогда программистов можно будет освободить от рутины при решении многих задач». Тогда подобные рассуждения казались несбыточной мечтой. Но прошло 20 лет, и это стало реальностью.

В традиционных компьютерах в том или ином виде воплощена машина Тьюринга с неизбежными ограничениями. Эта машина представляет собой бесконечную ленту, на которой есть 0, 1 или команда STOP и читающую головку, которая может быть в конечном числе состояний. Она читает символ и далее, в зависимости от состояния, в котором она находится, может сдвинуть ленту на одну ячейку и записать на ней некий символ. *Тезис Тьюринга* гласит: каково бы ни было разумное понимание алгоритма, любой алгоритм, соответствующий такому пониманию может быть реализован на машине Тьюринга. Этот взгляд является основополагающим в развитии современной вычислительной техники.

Однако вдохновленные нейробиологами, представленными ими принципами формирования и самоорганизации мозга, инженеры и математики шли по другому пути. Они строили нейронные сети, создавая электронные аналоги нейронов, расположенных в

несколько слоев, и искали алгоритмы изменения связей – правила самоорганизации – которые должны помогать решать ту или иную задачу.

При этом программировать не надо, – машину надо «научить учиться» и дать информацию, позволяющую действовать методом проб и ошибок, пока не начнут получаться хорошие результаты.

В последнее десятилетие произошёл прорыв в этой области, очередная «весна» искусственного интеллекта. Количество перешло в качество.

Приведу только один пример. Много лет математики не могли научить на приличном уровне компьютеры играть в старинную китайскую игру го, созданную 2500 лет тому назад. Если шахматы это «битва», то го это «война». В этой игре 10^{170} возможных позиций на доске. Напомним, что по нынешним оценкам во Вселенной 10^{82} атомов. Создатели программы AlphaGo разбили суперкомпьютер на две нейронные сети, сообщили им правила игры в го и не показали ни одной партии, сыгранной людьми, а затем предоставили возможность этим нейросетям играть друг с другом. Естественно в процессе этих игр сети меняют связи между нейронами, совершенствуют стратегии и, конечно, играют гигантское число партий, недоступное человеку.

На саммите «Будущее го» в Вуэхене в Китае 27.05.2017 чемпион мира Кэ Цзэ проиграл AlphaGo три партии. Сотни миллионов китайцев следили за этим матчем. Alpha Go показала новый стиль игры, противоречащий многовековой традиции. После матча Кэ Цзэ сказал «В прошлом году я думал, что стиль игры Alpha Go близок к человеческому. Но сегодня я понял, что она играет как бог игры го» [19, с.28].

В ходу сейчас большие языковые системы. Они «сдают» большинство экзаменов лучше студентов, «пишут» курсовые, «отвечают» на вопросы, могут «сочинить» речь в поддержку или в опровержение заданного тезиса, неплохо «переводят» на сотню языков. Но как их «учат»? Убирают одно слово в предложении, и машина должна найти наиболее подходящий вариант. И она либо его находит, либо не находит, и тогда меняются связи между нейронами, «отвечающими» за сделанную ошибку. Но это означает, что наш язык представляет огромную самоорганизующуюся систему! Думаю, что ИИ поможет нам очень много узнать и о нашем сознании и здоровье.

По словесному описанию ИИ может нарисовать картину после сделанных замечаний. Можно «сочинить» мелодию в произвольном стиле или сделать «коктейль», взяв 40% от Моцарта, 40% от Бетховена и 20% от Гершвина. Конечно, у этой медали есть и обратная сторона. Применение идей самоорганизации в компьютерном пространстве, о котором мечтал Сергей Павлович, привело нас в новую реальность.

Идеи Сергея Павловича, которые 30 лет назад казались странным парадоксом, становятся общепринятыми. Две Нобелевские премии, врученные в 2014 году, непосредственно связаны с искусственным интеллектом. Премия по физике получили Джон Хопфилд и Джеффри Хинтон за открытия и изобретения, обеспечивающие возможность машинного обучения нейросетей. Премия по химии была вручена Дэвиду Бейкеру, Демису Хассабису и Джону Джамперу за изучение структур протеинов. Работы этих ученых связаны и использованием ИИ для генерации белковых молекул с заданными свойствами и для определения формы белков, играющей во многих случаях решающее значение [10].

Опять вспоминаются слова Сергея Павловича, сказанные в ответ на мои сетования на то, что наши работы проваливаются как в бездонную бочку: «Не грустите. Лет через десять их прочтут, а через двадцать поймут и оценят, признают или отвергнут». Наш учитель был прав.

Институт и перспектива

Но старость – это Рим, который
Взамен турусов и колес
Не читки требует с актера,
А полной гибели всерьез.

Б. Пастернак.

Сергей Павлович был научным романтиком. Он всегда представлялся нам молодым, энергичным, активным человеком, уверенным, что именно наука найдет путь решения трудных проблем, с которыми столкнулось человечество. На конференциях и старые, и молодые обычно до ночи сидели в его номере – обсуждение научных дел сближало поколения. Он самым активным образом участвовал в конференциях «Математика. Компьютер. Образование», которые проводились под началом профессора Г.Ю. Ризниченко в Дубне, Пущино, в других городах. В первые годы реформ, когда ломалось очень многое, эти конференции помогали, давали надежду преподавателям и ученым из разных концов России. Он эмоционально и вдохновенно делал доклады, так что даже очень опытным ведущим не всегда удавалось его остановить. Поэтому его доклады часто назначали перед обедом или в конце дня, чтобы желающие могла послушать всё, что скажет Сергей Павлович.

Он замечательно читал лекции по синергетике и теории диссипативных структур на кафедре МФТИ, которой руководил. Помнится, я пришел на первую лекцию и с большим интересом послушал её. На вторую пришли ребята, которых не было на первой. «Самое главное – основные понятия. Если их не усвоить, то всё остальное будет бесполезно», – сказал он, ещё раз прочитав первую лекцию, построив её совершенно иначе. На третьей лекции пришли студенты, которых не было на первых двух, и Сергей Павлович ещё прочитал первую лекцию, построив её по-другому. С большим удовольствием сейчас я бы ещё раз послушал эту лекцию... К сожалению, видеоматериалов его блестящих выступлений практически не осталось...

Почти всех сотрудников Института он считал своими друзьями, знал о их задачах и проблемах и стремился помочь им. В течение многих лет он был секретарем партийной организации – люди доверяли ему и были уверены в его объективности, справедливости и активности.

Впрочем, когда дело казалось важных вопросов, Сергей Павлович умел выступать твердо и принципиально. В истории нашего института был период, когда на много людей дали немного квартир. «Квартирный вопрос» стал большим местом. Ряд сотрудников были уверены, что они «заслуживают» эту жилплощадь гораздо больше, чем остальные. Сергей Павлович поступил ясно и просто – предложил обсудить и принять принципы выделения жилья. Когда это было сделано, проблем в дальнейшем не возникало.

Сергей Павлович не терпел академических интриг, «корпоративных голосований», предвыборной суеты. «Идите и расскажите, что вы сделали, чем мы занимаемся и что умеем, и это будет лучшей поддержкой на академических выборах», – не раз говорил он.

Впрочем, в романтике есть свои минусы. Хорошо играть по своим правилам, если нет других. Но они-то есть. В Академии практически не было людей, которые получили принципиальные результаты в междисциплинарных исследованиях, системном программировании, компьютерной графике, борьбе с компьютерными вирусами, в изучении нейронных сетей, а также многих других. Компьютеры и прочие институтские блага достались нашему отделу в последнюю очередь. Нам не удалось добиться, чтобы площадь перед институтом и остановку метро назвали в честь М.В. Келдыша.

Впрочем, Президиум РАН сейчас находится на улице Сергея Капицы, которого так и не избрали в Академию, так же, как в своё время Д.И. Менделеева.

В 1980 году сотрудники ИПМа избрали Сергея Павловича директором, и с 1980 по 1999 – в самое тяжелое время реформ – он вел Институт. Глубокое уважение и восхищение

вызывает его готовность взять на себя эту тяжелую ношу. Месяцы практически без зарплаты сотрудников, сокращения, выделение из ИПМ Института математического моделирования (который со временем опять влился в ИПМ), угрозы и ночные звонки от людей, которые хотели развалить или разграбить Институт, и многое другое... Думаю, что его болезни последних лет связаны с этой огромной, непосильной нагрузкой. Удивляет его огромная выдержка – он почти не рассказывал о тех тяжелых проблемах, которые ему как директору приходилось решать.

Многие дела Сергея Павловича определяют нашу реальность. Ему вместе с соратниками удалось сохранить ИПМ, который он рассматривал как стратегический ресурс России. Его идеи и работы его научной школы очень многое изменили в разных частях пространства знания – от абстрактной математики и физики плазмы до гуманитарных наук и философии. Синергетика, одним из основоположников которой он является, стремительно развивается, расширяя область своего притяжения. В серии «Синергетика: от прошлого к будущему», созданной по его инициативе в издательстве УРСС, вышло к настоящему времени около 120 книг – от монографий и учебников до книг для школьников. Представления ученых о будущем нашей страны в 20-30 летней перспективе отражает другая серия «Будущая Россия», где вышло около 40 книг. Портал, связанный с его идеями spkurdymov.ru, который ведет В.С. Курдюмов, стал крупнейшим научно-образовательным порталом России. Растет влияние и вес Сретенского клуба, в основании которого лежат идеи и прогнозы Сергея Павловича.

Часто представляю, как мы бы сейчас беседовали с ним. Наверно, многое его удивило бы. Например, то, что в ИПМе, который создавался для решения стратегических задач, сейчас работает три с небольшим сотни научных сотрудников вместо прежних 1500. Видимо, неожиданностью для него оказалось и то, что факультета управления и прикладной математики в МФТИ, который создавал Н.Н. Моисеев, уже нет, а остались «школы».

Российский гуманитарный научный фонд (РГНФ) и Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), с которыми он связывал самоорганизацию в научном пространстве, и которым придавал большое значение, ликвидированы.

Думаю, его удивила бы судьба Российской академии (1724 – 2014). У этой структуры, организовавшей и проводившей фундаментальные исследования в нашей стране со времен Петра I, в 2014 году отобрали научные институты, архивы, библиотеки, поликлиники и даже Кунсткамеру, подаренную ей Петром I. По принятому и утвержденному Правительством уставу ей запрещено заниматься научными исследованиями. Она превратилась в клуб, но с отличными стипендиями для 1500 членов.

В ходе преобразования к РАН, занимавшейся фундаментальными исследованиями, «прилили» Российскую академию медицинских наук (РАМН) и Российскую академию сельскохозяйственных наук (РАСХН), которые занимались важными прикладными проблемами. Как сейчас невесело шутят – у нас есть академики, акамедики и акаселики.

Думаю, на все такие новости Сергей Павлович отреагировал бы оптимистично: «Есть огромное поле работы для того, чтобы изменить ситуацию к лучшему! И это прекрасно!»

Хотелось бы, чтобы и в этом наш Учитель оказался прав.

Литература

1. Цитаты о прошлом. Электронный ресурс. <https://time365.info/aforizmi/temi/proshloe>
2. Мне нужно быть. Памяти Сергея Павловича Курдюмова/ Ред.-сост. З.Е. Журавлева. – М.: URSS, 2010. – 480с.
3. Гераклит. Электронный ресурс. <https://ru.m.wikipedia/wiki/Гераклит>.
4. Самарский А.А. Современная прикладная математика и вычислительный эксперимент // Коммунист, 1983, №18.
5. Самарский А.А., Попов Ю.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования. – М.: Наука, 1988. – 176 с.
6. Беркович Л.М. Как прикладная математика помогла сделать открытие в физике // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия, 2003, Второй спец выпуск, с.36-47.
7. Еникеев А.В. В Ливерморской национальной лаборатории впервые осуществили инерциальное термоядерное воспламенение. Электронный ресурс. <https://Turbo.lenta.ru/news/2002/12/14/fusion>.
8. Гленсдорф П., Пригожин И. – Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
9. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // Вопросы философии, 1992, №12, с.46-57.
10. Хакен Г. Синергетика. Пер. с англ. В.И. Емельяновой под ред. Ю.Л. Климонтовича, С.М. Осовца. – М.: Мир, 1980. – 480 с.
11. Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных структур. / Под ред. Г.Г. Малинецкого. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 256 с.
12. Горизонты математического моделирования и теория самоорганизации. К 95-летию со дня рождения С.П. Курдюмова. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2024. – 208 с.
13. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего: Образование. Демография. Проблемы прогноза. Кн.2. 4-е изд. – М.: URSS, 2020. – 384 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему №100).
14. Харари Ю.Н. Homo Deus. Краткая история будущего. / Пер. с англ. А. Андреева. – М.: Синбад, 2018. – 496 с. – (Big Ideas).
15. Моисеев Н.Н. Заслон средневековью. Агония России. Цивилизационные разломы. Экология в современном мире. Система, Учитель. Сборник. – М.: Тайдекс Ко, 2003. – 312 с. – (Библиотека журнала «Экология и жизнь»).
16. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. Книга 1. Самоорганизация. История. 4-е изд. – М.: URSS, 2020 – 384 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему. №100).
17. Бадалян Л.Г., Криворотов В.Ф. История. Кризисы. Перспективы: Новый взгляд на прошлое и будущее. – М.: URSS, 2019. – 288 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему, №50; Будущая Россия №8).
18. Развитие объединения БРИКС в контексте мировой динамики: задачи и перспективы / Под ред. В.А. Садовниченко. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2024 – 540 с.
19. Сейновски Т. Антология машинного обучения: важнейшие исследования в области ИИ за последние 60 лет / Пер. с англ. А.А. Райтмана, Е.В. Сазановой. – М.: Эксмо, 2022. – 304 с. (Библиотека MIT).
20. Михайлов Е. От нейросетей до ядерного разоружения: Кто и за что получил Нобелевские премии в 2024 году. Электронный ресурс. <https://daily.afisha.ru/culture/28099-ot-neyrosetey-do-yadernogo-razoruzheniya-kto-i-za-chto-poluchil-nobelevskie-premii-v-2024-godu/>