

## Молодость. Вечность. Синергетика

Г. Г. Малинецкий

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук,  
Россия, 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 4

E-mail: GMalin@keldysh.ru

Очень приятно вспоминать и рассказывать о выдающемся ученом, замечательном человеке, блестящем преподавателе, основоположнике нескольких научных направлений Дмитрии Сергеевиче Чернавском. Наверно, при этом подсознательно надеешься, что это поможет слушателям, читателям, коллегам, близким и дальним. Одним — увидеть в себе и развить черты, которыми обладал этот прекрасный человек. Другим — ответить на вопросы, которые он оставил нам. Третьим — порадоваться, что в нашем научном сообществе был человек, который творил, вдохновлял, помогал, заряжал своим оптимизмом и верой в знание, в людей, в перемены к лучшему и надеждой, что будущее состоится.

Мне довелось дважды писать о Дмитрии Сергеевиче: один раз — в послесловии к его замечательной книге «Синергетика и информация» [Чернавский, 2004], второй раз — веселый текст к его 90-летию, дополненный коллегами и опубликованный в журнале «Компьютерные исследования и моделирование» в 2016 году [Профессору Дмитрию Чернавскому — 90 лет, 2016]. И сейчас пишу в третий раз — со светлой грустью и сожалением о том, что мгновения общения с ним, его вдохновенные выступления, праздничные застолья, на которых за сиюминутным угадывалось вечное, не остановить и не повторить.

Без прошлого нет будущего. Без попыток следующих поколений вновь и вновь ответить на вечные вопросы, оставленные предшественниками, рвется «времен связующая нить». Без традиции трудно родиться новому... Поэтому прошлое, даже недавнее, стоит вспоминать, чтобы отыскать дорогу в будущее.

### Молодость

Есть только один вид искусства, заслуживающий внимания. Это — собственная жизнь.  
О. Уайльд

Дмитрий Сергеевич был завсегдаем и неременным участником множества конференций, которые устраивала ассоциация «Женщины в науке и образовании» под началом Г. Ю. Ризниченко. Многие из них проходили в Дубне или в Пущино. На конференции в Дубне в январе 2016 года он дарил друзьям и коллегам свой текст «Россия в XXI веке». После выступления и просьбы Дмитрия Сергеевича внимательно посмотреть и высказать замечания я сказал:

— Текст большой — когда-то я его еще прочту. Скажите сейчас, как же люди будут жить в будущем.

— Они будут жить долго-долго и всегда будут молодыми!

Все засмеялись — эта перспектива всех вдохновляла. Сейчас, оглядываясь назад, понимаешь, что сам Дмитрий Сергеевич прожил отмеренный ему срок именно так.

У него были две прекрасные черты, характерные для молодости, — оптимизм и большие надежды на будущее, а также умение удивляться и ощущение, что чудо может произойти в любой момент. Он вспоминается веселым, энергичным, улыбающимся. Мне кажется, что таким он был все 40 с лишним лет, которые мне посчастливилось с ним общаться.

Кто-то из великих заметил, что от выдающихся ученых обычно остаются одна книга и одна фраза. Наверное, в случае Дмитрия Сергеевича этой книгой будет уже упоминавшаяся работа «Синергетика и информация». На мой взгляд, это пророческая книга, и следующие поколения будут читать ее иначе, чем мы, по-другому расставляя акценты и выделяя главное.

А фраза... На I биофизическом съезде в Москве и на конференции в Кишиневе в 1980-х годах Дмитрий Сергеевич завершал свои доклады такими словами: «Считаю, что многие успехи в понимании биологических, экономических, социальных систем, мышления человека будут связаны с развитием концепции ценной информации». В обоих случаях он приводил веселый и очевидный пример, показывающий, что даже такое слово, как «пожар», может пониматься совершенно по-разному в зависимости от того, кто его говорит, кому и в какой ситуации.

Сейчас с помощью построенной им динамической теории информации, в основании которой лежит представление о ценности последней, объясняется множество явлений в социологии и генетике, в геополитике и культурологии, в экономике и компьютерных науках. Эту теорию в различном контексте развивают авторы популярного журнала «Информационные войны».

Конференция в Кишиневе запомнилась прекрасной погодой, удивительно красивым дворцом, в котором проходили заседания, огромными надеждами, которые тогда возлагались на науку и ощущением светлого безоблачного будущего, которое всех нас ждет. Когда дело дошло до уравнений, то я пытался объяснить, что член, описывающий утрату ценной информации, ее деградацию не нужен, когда речь идет об обществе, науке, культуре в нынешней реальности. Ведь то, что сделано, доказано, установлено, общество или ученые, работающие в этой сфере, не могут забыть. Ведь рукописи не горят!

«Могут! Еще как могут! В этом смысле наше время ничем не отличается от предыдущих! Ни компьютеры, ни журналы, ни библиотеки здесь ничего не решают. Если что-то по каким-то причинам в данной ситуации выгодно «забыть», то это непременно забудут! Чтобы общество «помнило», нужны постоянные усилия и очевидные результаты, доказывающие ценность этой информации», — возражал Дмитрий Сергеевич.

Тогда эта фраза показалась мне парадоксальной, и я отметил ее в своих заметках. Сейчас, беседуя с коллегами из Молдавии, Украины, Грузии, вновь и вновь убеждаешься, что слова ученого, сказанные в те далекие годы, оказались, к сожалению, пророческими...

Клод Шеннон — один из основоположников кибернетики — строил свою теорию информации с чисто инженерных позиций. Его интересовало, как оценить объем сообщений, которые один «черный ящик» может передать другому, независимо от смысла передаваемого и содержимого этих ящиков.

Дмитрий Сергеевич — один из основоположников синергетики — решил приоткрыть «черные ящики» и разобраться, какая информация, передаваемая одним, может быть полезна другому, а какая вредна. И это открыло целый мир. Для чего вредна или полезна? Какую информацию «ящик» может воспринять, а какую нет? Как он будет ее использовать? Как ценность информации зависит от той реальности, в которую эти объекты погружены, и как она меняется со временем? Ценное и важное здесь и сейчас может оказаться бесполезным завтра и разрушительным послезавтра...

Полагаю, что в настоящее время заложены только основы этого подхода и перед нами лежит огромное поле интересной, содержательной и важной работы. И это пространство, поле идей и возможностей создал Дмитрий Сергеевич.

На мой взгляд, то, что именно он стал основоположником этого замечательного подхода, не случайно. Меня всегда удивляло и радовало, насколько он, независимо от времени, места

и обстоятельств, был готов к восприятию нового. Он ждал этого нового и неожиданного от всех: от академиков до студентов, от детей, задающих наивные вопросы, до людей очень далеких от науки. По его мысли, вопросы обычно содержательнее ответов, и сама наука — это прежде всего способ задавать правильные глубокие вопросы. Если вопрос хорош, то ответ на него рано или поздно найдется. Поэтому, принимая экзамены у студентов кафедры биофизики по своему курсу, который он читал на биофаке МГУ, он просил студентов задавать ему вопросы по курсу. Эти вопросы позволяли безошибочно определить, на каком уровне ребята владеют материалом. На вопросы, которые ему нравились, он с удовольствием отвечал.

Для молодости характерна любознательность и открытость новому. Это в полной мере проявлялось в семинарах, которые Дмитрий Сергеевич вел или в которых участвовал. Он обладал удивительной способностью с вниманием, энергией и энтузиазмом вникать в обсуждаемую проблему или докладываемую работу и выявлять в них главное.

Еще одна черта его общения с близкими и дальними, с коллегами и учениками — неизменная доброжелательность и мягкий юмор. Думаю, что это происходило и от врожденных черт характера, и от уверенности в себе, связанной с пройденным жизненным путем, — во всем разберемся, все успеем, спешить некуда, хотя и времени попусту терять не будем. Вечность впереди — преимущество молодости.

Дмитрий Сергеевич очень многое знал, понимал и умел, и, несмотря на это (а может быть, благодаря), он замечательно удивлялся и радовался. Во время застолий (или прощаясь) он энергично и искренне восклицал: «Давай тебе Бог!» И без лишних слов становилось ясно его симпатия к собеседнику, его надежда, что коллега далеко продвинется по пути, по которому идет, и осуществит свою мечту. И что Бог ему и вправду поможет.

Во многом поэтому очень многие, знавшие его люди, превращались в его соратников, единомышленников, коллег.

Широта его научных интересов была огромна: химическая кинетика и физика космических лучей, биофизика и управляемый термоядерный синтез, атомное ядро и физиология, экономика и теория элементарных частиц, проектирование будущего и теория эволюции. При этом в каждой задаче он проявлял творческий подход и не шел проторенными путями, находил свою, оригинальную точку зрения на поставленную проблему.

Именно поэтому семинары по биофизике, которые он вел в течение многих лет, и семинар по математической экономике, который он вел по средам в Физическом институте им. П. Н. Лебедева Академии наук (он с юмором относился к ФАНО и прочим административно-бюрократическим невзгодам), во многом сформировали научные сообщества, работающие в этих областях, и сами эти области науки.

Впрочем, в молодости есть не только преимущества, но и недостатки, которые, как правило, являются продолжением достоинств. Дмитрий Сергеевич очень надеялся, что его идеи, разработки, модели, будут востребованы, использованы, пойдут в дело. Он имел отношение к советскому ядерному проекту и прекрасно представлял, насколько важны и востребованы могут быть результаты ученых.

Он несколько раз рассказывал, что перед одними из выборов в Государственную Думу к нему зачастили представители различных политических партий, от КПРФ до «Правого дела» или какой-то другой партии либерального толка. Все просили набросать им основы экономической политики, обещали щедро заплатить, а в случае победы, засучив рукава, воплощать его идеи в жизнь.

На мой взгляд, у партийных деятелей для этого были (и, к сожалению, до сих пор есть) все основания. Уже не первый десяток лет у предприятий не хватает оборотных средств. В 2016 году с этой проблемой столкнулись предприятия оборонного комплекса. Любопытно, что ответственными за выполнение Гособоронзаказа в соответствии с новым законом, принятым по этому поводу, сделали... 9 «уполномоченных банков». Чего только ни придумают в нашем отечестве!

Денег в нужном для промышленности количестве не напечатают в силу приверженности российских руководителей либеральным экономическим догмам. В соответствии с ними до-

полнительное печатание денег, ориентированное на промышленность, а не на рецепты МВФ, приведет к инфляции, к тому, что деньги подешевеют, а это «снизит инвестиционную привлекательность» России. Дмитрий Сергеевич предложил проект и эффективный механизм безинфляционной эмиссии. Это позволило бы обеспечить очевидный рост валового внутреннего продукта на 6–8 % в год, а не на величину, лежащую в пределах статистической погрешности, как в настоящее время.

— Когда пришла первая партия, я отнесся всерьез, прочитал их программу, написал свои предложения в их стилистике, подробно им все рассказал. Программу второй партии я бегло пробежал и в своих заметках почти ничего не менял. Ну а остальным уже давал одно и то же. Все очень благодарили, но не заплатил никто. Видно, не сложилась у нас пока политическая система. — Примерно так с добродушной улыбкой рассказывал эту замечательную историю Дмитрий Сергеевич в разных компаниях.

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша (ИПМ) тогда еще Российской академии наук был ведущей организацией программы Президиума РАН, посвященной математическому моделированию и прогнозу мировой динамики. Идеологом этого проекта был А. А. Акаев, руководителем — В. А. Садовничий. Но душой — безусловно, Дмитрий Сергеевич. Запомнились его блестящие выступления на семинарах в ИПМ. Дискуссии порой бывали долгие и довольно жесткие. Дмитрий Сергеевич выступал ясно, принципиально, кратко (что особенно ценно для научного семинара), но неизменно с мягким юмором, широкой улыбкой и вдохновляющим оптимизмом. Результаты участников проекта и обсуждение на этих семинарах нашли отражение в ряде книг, до сих пор пользующихся популярностью. Выход такой книги — большая радость для всех участников проекта [Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики, 2010; Сценарий и перспектива развития России, 2011; Проекты и риски будущего, 2011]. И каждый раз у нас с Дмитрием Сергеевичем повторялся диалог Романтика со Скептиком, в котором Дмитрий Сергеевич играл роль молодого восторженного романтика, оставляя мне роль умудренного и траченого жизнью реалиста.

— Это серьезно и значимо! Это должно быть востребовано МИДом, ФСБ, Администрацией Президента! Россия может и должна проводить дальновидную политику, заглядывая на десятилетия вперед. Наша работа создает для этого научную основу! Все должно измениться!

— Нет, скорее всего, не изменится. Прежние десять раз не изменилось и сейчас, видимо, не изменится.

— Так ты думаешь, что мы и работали, и писали напрасно?!

— Нет, совсем наоборот. Просто это игра вдолгую. Может быть, кто-то из Ваших студентов прочтет написанное, и это ему поможет. Может быть, он посоветует кому-то из своих друзей посмотреть наши модели и сделанные выводы. Может быть, кто-то из них в конце концов пробьется во власть. И тогда, лет через 20, может быть, окажется, что мы работали не напрасно. А может быть, и нет.

В 2016 году Дмитрий Сергеевич большие надежды связывал с генералом из Администрации Президента, которого заинтересовало будущее России. Писал записки, объяснял, выступал, надеясь, что этот-то генерал не подведет и сделает что-нибудь из предлагаемого учеными...

До последних лет Дмитрий Сергеевич ощущал себя очень молодым человеком, у которого много сил и впереди вечность, который может быть сильным, щедрым, веселым, увлекающимся все новыми и новыми проблемами. Наверно, он был прав в своей системе отсчета. Видимо, именно это и позволило ему прожить радостную счастливую жизнь среди любящих родных, верных учеников, восхищенных коллег...

Но у каждой медали есть и своя обратная сторона. С грустью листаю страницы «Синергетики и информации». Мы договаривались с Дмитрием Сергеевичем о следующем издании этой книги, в котором должны были быть даны ответы на некоторые из ставившихся раньше вопросов. Не сложилось... Их придется давать самим.

Перелистываю брошюру «Естественно-научная концепция в экономике» [Чернавский, Старков, Щербаков, 2016] — набросок большой книги, которая подводила бы итоги многолетней работы его научного семинара и должна была заложить основы нового подхода к матема-

тической экономике, опирающегося на теорию самоорганизации. Надеюсь, что ученикам, коллегам, соавторам Дмитрия Сергеевича хватит сил, мудрости и энергии, чтобы довести до конца этот грандиозный замысел.

И тут вспоминается присказка Дмитрия Сергеевича, с которой начиналась работа над многими проектами: «Разные задачи мы решали. Обычно получалось. И сейчас получится». Будем надеяться на это.

## Вечность

Уравнения для меня важнее политики, потому что политика — для настоящего, а уравнения — для вечности.

А. Эйнштейн

В основе естественных наук лежит объективность. И для общества это хорошо – открытое, понятное, изобретенное и доказанное ученым будет многократно проверено. И в случае успеха станет общим достоянием. Можно на это опираться, пользоваться им и идти дальше. Однако по отношению к отдельному исследователю это порой бывает жестоко. Научные прорывы одного поколения часто кажутся тривиальными или очевидными следующему. Время — строгий редактор.

Известный философ и методолог науки Томас Кун обращает внимание на то, что признак научной революции — новые, более глубокие и точные ответы на классические, «вечные» вопросы.

Одним из таких «вечных» вопросов является проблема необратимости, волнующая исследователей со времен Больцмана.

Уравнение Ньютона

$$m\ddot{x} = -\frac{\partial U(x)}{\partial x},$$

связывающее ускорение  $\ddot{x}$  материальной точки массы  $m$  с градиентом потенциала  $U(x)$ , не меняется при замене знака временной переменной  $t \rightarrow -t$ . Это означает, что каждому решению этого уравнения  $x(t)$ , в котором время движется «из прошлого в будущее», соответствует решение  $x(-t)$ , в котором та же точка двигается «из будущего в прошлое». В «ньютоновском мире» стрелы времени не существует. Мы можем «заправить ленту кинопроектора» от конца к началу. В «прямом направлении» пуля вылетает из ружья и попадает в стену, стакан с водой падает со стола и разбивается на осколки. В «обратном времени» пуля вылетает из стены и попадает в ствол ружья, осколки и вода собираются вместе и стакан «впрыгивает» на стол. Если всё описывается ньютоновской механикой (когда  $x$  надо заменить  $(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)$  координатами всех материальных точек, входящих в исследуемую систему, а  $U(x)$  — на соответствующие потенциалы для них), то оба варианта равноправны. Стругацкие обыграли эту ситуацию в повести «Понедельник начинается в субботу». В этой повести есть персонаж, который двигался из будущего в прошлое — от старости к молодости. С этим были связаны все коллизии героев в нашем мире, который двигается в противоположном направлении.

Вместе с тем Людвиг Больцман на рубеже XX века, обратившись к вероятностному описанию системы из многих упругих сталкивающихся шаров на плоскости (бильярд Больцмана), связал энтропию системы  $S$  с вероятностью найти ее в определенном состоянии  $W$ :

$$S = k \ln W,$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$  эрг/град (постоянная Больцмана).

В соответствии с Н-теоремой Больцмана энтропия возрастает — в системе появляется стрела времени. Таким образом, исходя из обратимых уравнений Ньютона для множества шаров, мы получаем необратимую динамику всей системы. На этот странный парадокс обратил внимание Больцмана выдающийся математик Цермело. У Больцмана не было ответа, и многие выдающиеся ученые того времени, например А. Пуанкаре, советовали не изучать его труды в силу их ошибочности.

В 1948 году советский физик Н. С. Крылов предложил объяснение парадокса необратимости, связав его с неустойчивостью траектории системы, описывающей динамику всей совокупности шаров в ящике. Развитие нелинейной динамики сделало такой взгляд общим местом. В самом деле, если отдельные траектории неустойчивы, то следует иметь дело с их совокупностью — со множествами таких траекторий в фазовом пространстве, с функциями распределения, инвариантными мерами — со всем инструментарием, характерным скорее для теории вероятностей, а не для теории динамических систем.

Большинство исследователей на этом и останавливаются и сочувствуют Больцману, который был в конечном итоге прав, но современниками не понят.

Дмитрия Сергеевича такое «хрестоматийное» объяснение не устраивало. Среди книг, к которым он возвращался вновь и вновь, был потрепанный томик Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица «Статистическая физика». Одним из фрагментов, которые он часто обсуждал, была теорема Лиувилля. Эта теорема исходит из представления о совокупности динамических систем — *статистическом ансамбле*, который характеризуется плотностью динамических систем  $\rho(p, q)$ . Эта плотность и определяет вероятность различных состояний изучаемой системы.

Дальше нам понадобится довольно длинная цитата [Ландау, Лифшиц, 1976].

«Вместо того чтобы рассматривать точки, изображающие моменты времени  $t_1, t_2, \dots$ , можно ввести в рассмотрение очень большое (в пределе — бесконечное) число совершенно одинаковым образом устроенных подсистем, находящихся в некоторый момент времени (скажем,  $t = 0$ ) в состояниях, изображающихся точками  $A_1, A_2, \dots$ .

Будем теперь следить за дальнейшим передвижением фазовых точек, изображающих состояние этих подсистем, в течение не слишком большого промежутка времени — такого, чтобы квазизамкнутую подсистему можно было с достаточной точностью рассматривать как замкнутую. Передвижение фазовых точек будет происходить тогда согласно уравнениям механики, содержащим координаты и импульсы только частиц подсистемы.

Ясно, что в каждый момент времени  $t$  с тем же правом, что и в момент  $t = 0$ , все эти точки будут распределены в фазовом пространстве согласно той же функции распределения  $\rho(p, q)$ . Другими словами, передвигаясь с течением времени, фазовые точки останутся распределенными с неизменной в каждом данном месте плотностью, пропорциональной соответствующему значению  $\rho$ .

Чисто формальным образом это передвижение фазовых точек можно рассматривать как стационарное течение газа в  $2s$ -мерном фазовом пространстве и применить к нему известное уравнение непрерывности, выражающее собой неизменность общего числа «частиц» (в данном случае — фазовых точек) газа. Обычное уравнение непрерывности имеет вид

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0$$

( $\rho$  — плотность,  $\vec{v}$  — скорость газа), а для стационарного течения —

$$\operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0.$$

Обобщение последнего соотношения на случай  $2s$ -мерного пространства:

$$\sum_{i=1}^{2s} \frac{d}{dx_i} (\rho v_i) = 0.$$

В данном случае «координатами»  $x_i$  являются координаты  $q$  и импульсы  $p$ , а «скоростями»  $v_i = \dot{x}_i$  — производные по времени  $\dot{q}$  и  $\dot{p}$ , определяемые уравнениями механики. Таким образом, имеем

$$\sum_1^s \left[ \frac{\partial}{\partial q_i} (\rho \dot{q}_i) + \frac{\partial}{\partial p_i} (\rho \dot{p}_i) \right] = 0.$$

Раскрывая производные, пишем:

$$\sum_{i=1}^s \left[ \dot{q}_i \frac{\partial \rho}{\partial q_i} + \dot{p}_i \frac{\partial \rho}{\partial p_i} \right] + \rho \sum_{i=1}^s \left[ \frac{\partial \dot{q}_i}{\partial q_i} + \frac{\partial \dot{p}_i}{\partial p_i} \right] = 0.$$

Написав уравнения механики в форме Гамильтона:

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i},$$

где  $H(p, q)$  — функция Гамильтона рассматриваемой системы, мы видим, что

$$\frac{\partial \dot{q}_i}{\partial q_i} = \frac{\partial^2 H}{\partial p_i \partial q_i} = -\frac{\partial \dot{p}_i}{\partial p_i} \dots$$

Таким образом, имеем

$$\frac{d\rho}{dt} = \sum_{i=1}^s \left( \frac{\partial \rho}{\partial q_i} \dot{q}_i + \frac{\partial \rho}{\partial p_i} \dot{p}_i \right) = 0.$$

Мы приходим, следовательно, к существенному выводу, что функция распределения постоянна вдоль фазовых траекторий подсистемы (так называемая *теорема Лиувилля*).

Ключевое слово в этом классическом фрагменте «ясно». Но, как говорит один из героев известного фильма, «ясность — это одна из форм полного тумана».

В самом деле, множество динамических систем можно определить вначале как «каплю» в фазовом пространстве. В силу того, что система гамильтонова и для нее справедлива теорема Лиувилля, объем этой «капли» не будет со временем меняться. При этом траектории двух динамических систем за конечное время не могут «слипнуться в одну» (это противоречило бы теореме единственности для обыкновенных дифференциальных уравнений). Значит, одни части «капли» не могут наложиться на другие. С другой стороны, капля не может «разорваться на две». Это противоречит теореме о непрерывной зависимости решений от начальных данных. Кроме того, фазовое пространство, в котором «живут» динамические системы, в данной задаче ограничено. С другой стороны, есть множество замечательных результатов, касающихся перемешивания в динамических системах: в конце концов отношение части объема капли, попавшей в любой конечный объем, к нему будет с течением времени таким же, как отношение объема первоначальной капли ко всему объему фазового пространства.

Наглядный образ — капля чернил, которую капнули в банку с водой. Формально, рассуждая в духе теории Лиувилля, мы должны увидеть очень сложную фрактальную структуру со сколь угодно тонкими «язычками», пронизывающими все фазовое пространство.

Формулы, приведенные в классическом учебнике Л. Д. Ландау и И. М. Лифшица, по сути, говорят о том, что если в системе возникло некое «равновесное распределение динамических систем в фазовом пространстве»  $\bar{\rho}(\bar{x}, \bar{p})$ , то оно и дальше будет поддерживаться, хотя каждая динамическая система движется по своей траектории. Писались эти формулы задолго до бурного развития нелинейной динамики, начавшегося в 1970-х годах. Естественно сейчас спраши-

вать себя: а произойдет ли выход на распределение  $\bar{\rho}(\bar{x}, \bar{p})$ ? Сейчас появилось множество примеров физических систем, в которых представляет интерес именно переходный процесс. Любопытна и сама структура  $\bar{\rho}(\bar{x}, \bar{p})$ . В каждой точке она будет либо «черной» (там чернила), либо «белой» (там вода), — «серого» (смеси) не будет. При этом в сколь угодно малой окрестности «черного» будет и «белое». И в сколь угодно малой окрестности «белого» будет и «черное». Не правда ли, причудливая конструкция?

С точки зрения математики это и красиво, и интересно, и по-своему забавно. Смелые переходы к бесконечности и знакомство со множествами, имеющими конечный объем, однако не содержащими ни одного отрезка, обычно вдохновляют студентов.

Но с точки зрения физики это абсурд, использование математического аппарата за пределами его применимости. Естественно, в физических задачах возникают характерные размеры, где нужно использовать другие типы описания и модели. Да и лезвие Оккама советует не создавать сущности сверх необходимости.

Лейбниц называл математику наукой о возможных мирах. В одних вариантах геометрии через точку, лежащую вне прямой, можно провести параллельную и только одну. В других — ни одной, в третьих — бесконечно много.

В физике, напротив, надо разобраться с тем единственным, прекрасным и загадочным миром, в котором мы живем. Дмитрий Сергеевич Чернавский прочно стоял на позиции физика.

Гордиев узел, связанный с необратимостью, он предлагал разрубить смело и парадоксально. Вначале одно замечание. В свое время известный теоретик Ф. Дайсон, занимавшийся и космологией, и элементарными частицами, высказал мысль о том, что должно быть естественное ограничение на числа, которые могут возникать в физических исследованиях. В качестве такового он видел число  $10^{100}$ , для которого предложил название «гугол» (производное от слов «громадный», «гигантский»). Число взято не случайно: во вселенной, в соответствии с нынешними воззрениями, существует около  $10^{80}$  атомов.

Итог своего анализа проблемы необратимости Д. С. Чернавский сформулировал так:

«Физической причиной возрастания энтропии и необратимости процессов во времени является неустойчивость динамических систем (как классических, так и квантовых). Однако для корректного математического описания необходимо дополнить математическую аксиоматику утверждением:

*Корреляции высокого порядка между случайными величинами (именно порядка обратный гугол  $10^{-100}$  и выше) должны быть признаны отсутствующими, даже если они возникают в аналитических расчетах.*

Основанием для этого можно считать следующее.

Во-первых, такие корреляции физически не реализуемы, т. е. их в принципе невозможно ни наблюдать, ни проверить.

Во-вторых, в этом и только в этом случае расчеты ведут к наблюдаемым результатам, т. е. описывают необратимые во времени процессы. Отметим, что при этом формализм гамильтоновых систем уже не обеспечивает автоматического сохранения энергии (поскольку энергия и время — сопряженные переменные). Этот закон необходимо учитывать как дополнительное условие с помощью метода множителей Лагранжа (что, собственно, и делается во всех учебниках статистической физики).

В-третьих, это правило уже давно используется на интуитивном уровне при решении конкретных задач.

Отметим, что возрастание энтропии — одна из проблем парадокса измерения. Другая проблема заключается в описании редукции волнового пакета, т. е. автолокализации волновой функции частицы в малой пространственной области. Для этого регистрирующий прибор должен обладать дополнительными свойствами: энергия локализованного состояния должна быть ниже энергии исходного, а процесс локализации — сопровождаться выделением продуктов,

уносящих избыток энергии (фотонов, фононов и т. п.). Для регистрации необходимо, чтобы эти продукты не возвращались обратно. Именно на этом этапе важен вопрос о возрастании энтропии, вопрос о «стреле времени» и переходе свободной энергии в связанную» [Чернавский, 2009, с. 72–73].

И редукция волнового пакета, и возникновение «стрелы времени», и парадоксы, связанные с энтропией, являются «больными детьми» современной квантовой механики и, шире, теоретической физики. Идеи Дмитрия Сергеевича в этой области являются, на мой взгляд, важными и пророческими. Их стоило бы разрабатывать. Перечитывая выписанные из его работы строки, ощущаешь, что именно здесь и приоткрылась дверь в неизвестное. Много раз говорил об этом Дмитрию Сергеевичу, особенно после его докладов про квантовую механику.

После таких докладов вновь и вновь наблюдал одну и ту же картину. «Квантовая механика неполна», — говорил задумчиво Дмитрий Сергеевич. «Откуда Вы знаете?» — всегда находился слушатель, который задавал этот вопрос. «Мне сам Гайзенберг об этом говорил», — следовал ответ. И далее разговор уходил от сути квантовой механики к образам ее великих основоположников и обстоятельствам той замечательной встречи.

Не думаю, что дело в случайностях, хлопотах и сиюминутных заботах. Наверное, время этих идей пока не пришло. Может быть, пока не появились физические эксперименты, осмысление которых потребовало бы радикальных перемен. Пока удастся обходиться «косметическим ремонтом» фасада квантовой механики и «замечать неудобные вопросы под ковер». Но, судя по всему, перемен осталось ждать недолго. И тогда идеи Дмитрия Сергеевича могут оказаться очень важными.

Еще одна идея, которая представляется фундаментальной и очень глубокой. В XX веке произошло три научные революции в физике и близких к ней областях. Первая связана с теорией относительности и осознанием запрета на передачу информации со сверхсветовой скоростью. Вторая — с квантовой механикой и принципиальной невозможностью измерить одновременно скорость и импульс микрочастицы. Третья — с динамическим хаосом, с пониманием наших фундаментальных ограничений в области предсказания и того, что в общем случае заглянуть за горизонт прогноза не удастся, что, несмотря на успехи науки, мир будет оставаться для нас неожиданным и удивительным.

Динамический хаос удивляет тем, что для очень многих динамических систем

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{f}(\vec{x})$$

типичным является разбегание бесконечно близких траекторий. Решения системы в вариациях

$$\frac{d\vec{y}}{dt} = \frac{\partial \vec{f}(\vec{x}(t))}{\partial \vec{x}} \vec{y},$$

описывающей, как меняется это расстояние  $\|\vec{y}(t)\|$  между ними, экспоненциально растут. Дмитрий Сергеевич при этом говорил о «перемешивающем слое», в котором и возникает эта фундаментальная неустойчивость, рождается хаос.

Тому, что динамическая система «порождает хаос», ученые удивляются до сих пор. И студентам объясняют, насколько это интересно и необычно. У Дмитрия Сергеевича, исходя из его теории ценной информации, был другой, оригинальный взгляд. Он выражался примерно такой аналогией: «Если верить Толстому, то все счастливые семьи похожи друг на друга. Каждая несчастливая несчастна по-своему. Динамический хаос все системы порождают одинаково, а вот «запоминают» получившиеся, без чего невозможна самоорганизация, они по-разному. Именно «запоминатели» и механизмы запоминания надо исследовать в первую очередь». Наверное, и до воплощения этой идеи у специалистов по теории самоорганизации — синергетике — дойдут руки.

Прекрасной чертой научного стиля Дмитрия Сергеевича было стремление не «переспорить» оппонента, не отбросить его аргументы, а глубоко и по существу осмыслить его точку зрения. По-моему, наиболее яркий и парадоксальный пример такого отношения к познанию дают его рассуждения о философии науки в целом и о логике в частности.

В Институте философии (ранее Академии наук СССР, затем Российской академии наук, а затем и ФАНО, осуществившего синтез медицинских, сельскохозяйственных и всех прочих наук под своей эгидой) был популярен анекдот, очень нравившийся естественникам. На защите диссертации одного многообещающего философа по диалектической логике один из раздраженных членов диссертационного совета с возмущением бросает диссертанту:

— Как же Вы можете защищать диссертацию по такой теме, если не знаете логику?

— Не знаю, — спокойно отвечает диссертант.

— И диалектики, как следует, не понимаете!

— Наверно, Вы правы. Но зато в области диалектической логики я являюсь ведущим специалистом в стране!

Среди естественников, включая выдающихся ученых, распространено снисходительное отношение к философам. Да можно вспомнить и Владимира Маяковского: «...Мы диалектику учили не по Гегелю...». Но Дмитрий Сергеевич и здесь шел против течения, трактуя гегелевскую диалектику с позиций синергетики. Его логика такова:

«Представители описательных (естественных и гуманитарных) наук встретили диалектику с энтузиазмом. Тому тоже есть причина. Гегелю удалось сформулировать основные и действительно общие свойства, характерные для открытых развивающихся систем.

Здесь используем современный язык, поскольку во времена Гегеля понятие «открытая и развивающаяся система» было еще не сформулировано. Сейчас можно сказать, что триада Гегеля — образное описание процесса генерации ценной информации. Действительно, как было показано выше, при этом прежний динамический режим («порядок») становится неустойчивым, и система входит в перемешивающий слой. Возникает «хаос» — антитеза «порядка». Затем система выходит из перемешивающего слоя и входит в новый динамический режим. Возникает новый «порядок» — синтез, в котором система уже обладает новой ценной информацией. В новом режиме система развивается динамично, вплоть до следующей точки бифуркации.

Живые и социальные системы относятся именно к таковым, что и обеспечило популярность диалектики среди биологов и гуманитариев...

Подведем итог: диалектика в лице синергетики обрела наконец математическую опору, что позволило очертить область ее приложения. Отпала необходимость привлекать Бога для решения научных проблем. Диалектический материализм стал действительно научной системой, в том смысле, в каком это принято понимать в естественных науках» [Чернавский, 2009, с. 230, 231].

Удивительно интересно! Здесь намечено вдохновляющее направление междисциплинарных исследований, лежащее на стыке нелинейной динамики, математической логики и философии! Когда я писал послесловие к книге Дмитрия Сергеевича (2004), то был уверен, что взаимодействие с философами пойдет именно по этому, конструктивному руслу, что удастся перейти от красивых метафор к сути дела, к общим категориям.

Много воды с тех времен утекло, но воз и ныне там! Да и многим уважаемым философам эта книга была подарена, но идеи, непосредственно касающиеся их предмета, отклика так и не нашли... С одной стороны, как утверждает статистика, 95 % людей не читают книги, которые им дарят. С другой стороны, большинство ученых — интроверты, погруженные в свою проблему и не всегда находящие время для того, чтобы посмотреть по сторонам. Наконец, тираж научных книг, издаваемых сейчас в России, ничтожен. Во многих книжных магазинах уже нет и отделов, где продается естественно-научная литература, а во многих городах и магазинов-то таких нет.

Однако я думаю, что многие идеи, брошенные Дмитрием Сергеевичем, пробьют себе дорогу. Еще не вечер.

## Синергетика

Закон на всех уровнях бытия один и тот же: свой следующий мир мы выбираем посредством знания, обретенного здесь.

Р. Бах. «Чайка по имени Джонатан Ливингстон»

Дмитрий Сергеевич много раз и с удовольствием повторял историю о создании теории самоорганизации — синергетики. По его словам, немецкому физику-теоретику Герману Хакену дали понять, что есть возможность получить большой грант на создание новой науки. Но если называть ее по латыни, то много денег не дадут, значит, называть следует по-гречески. И возникло два варианта названия новой дисциплины: наука о совместном действии (синергетика) или о совместном размышлении (синагогика). Но, как известно, в каждой шутке лишь доля шутки, всё остальное — правда.

На рубеже 1970-х годов в мировой науке возникла острая потребность в междисциплинарных подходах, не в анализе (дословно — дроблении, расчленении), а в синтезе, в объединении усилий. Стремительное расширение фронта научных исследований и всё более быстрое использование их результатов в создании технологий потребовали переносить концепции, модели, методы, алгоритмы из одних научных дисциплин в другие.

Сегодня синергетика представляется быстро и успешно развивающимся междисциплинарным подходом, лежащим в области пересечения предметного знания, математического моделирования и философской рефлексии.

По классификации выдающегося специалиста по философии науки академика В. С. Стёпина, создание синергетики можно отнести к *глобальным научным революциям*, в ходе которых «происходит радикальная перестройка всех компонентов оснований науки: ее картины мира, идеалов и норм, ее философских оснований и главное — типа рациональности».

Эти типы — классический, неклассический и постнеклассический — В. С. Стёпин характеризует следующим образом:

«Первый из них (классика) характеризуется особым пониманием идеалов объяснения и описания. Предполагается, что объективность объяснения и описания достигается только тогда, когда в цепочке деятельности «субъект – средства (операции) – изучаемый объект» объяснение сосредотачивается только на объекте и будет исключено все, что относится к субъекту, средствам и операциям деятельности.

Второй (неклассика) эксплицирует связи между знаниями об объекте и характером средств и операций деятельности. Объяснение и описание включают принцип относительности объекта к средствам описания (квантово-релятивистская физика).

Третий (постнеклассика) расширяет поле рефлексии над деятельностью, учитывает соотнесенность получаемых знаний об объекте не только с особенностями средств и операций деятельности, но и с ценностно-целевыми структурами. В явном виде учитывается связь между внутринаучными и вненаучными социальными целями и ценностями» [Человек. Наука. Цивилизация, 2004].

Рождение междисциплинарных подходов во второй половине XX века является необходимым этапом развития науки. У этого много причин. Среди них обратим внимание только на две, наиболее очевидные. Первая связана с развитием систем управления. Управлять во многих случаях надо было настолько быстро, что пришлось обращаться к помощи компьютеров и автоматизированных систем. Поэтому ученые задумались о процедурах, стратегиях и алгоритмах управления. Это привело к рождению кибернетики — общей теории управления и связи в живых системах, в технике, в обществе в 1950-х годах.

Однако возможности управления, организации, осуществляемой человеком или машиной, весьма ограничены. Например, руководитель может активно, творчески взаимодействовать не более чем с 5–7 сотрудниками (с остальными — либо стереотипно, либо опосредованно). Мы

можем следить только за 5–7 медленно меняющимися переменными или за одной-двумя меняющимися быстро, независимо от того, сколько шкал и регулировок расположено на приборной доске. Когда возможности организации оказываются исчерпаны, приходится обращаться к самоорганизации. На этой волне и возникла синергетика.

Вторая причина — выход на новый уровень гуманитарных наук. Выдающийся британский писатель и физик Чарльз Сноу писал о растущей пропасти двух культур — естественно-научной, обращенной в будущее и отвечающей на вопрос «Как?», и гуманитарной, обращенной в прошлое и отвечающей на вопрос «Что?». При этом эффективность гуманитарных технологий стремительно растет. Там, где пасуют производственные, управленческие, военные технологии, все чаще проблемы решает «мягкая сила»... Синергетика в этом контексте призвана перебросить мост между естественно-научной и гуманитарной культурами. Именно здесь и возникают идеалы постнеклассической рациональности и глобальные научные революции, в ходе которых достижения одних наук заставляют перестраивать основания других.

Синергетике в нашем отечестве повезло. У ее истоков стояли два выдающихся ученых, которых известный специалист по философии и методологии междисциплинарных подходов В. Г. Буданов часто называет последними из могокан. Это выдающийся специалист в области математического моделирования, философии синергетики, член-корр РАН, директор Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН (ФАНО он не застал) Сергей Павлович Курдюмов (1926–2004). И, конечно, Дмитрий Сергеевич Чернавский (1926–2016). Разумеется, это не умаляет достижения саратовской, горьковской, санкт-петербургской, ярославской и многих других научных школ.

Одна из причин этого в том, что С. П. Курдюмов работал в ИПМ, а Дмитрий Сергеевич — в Физическом институте академии наук им. П. Н. Лебедева — научных организациях, сыгравших принципиальную роль в решении стратегических, главных задач, стоявших перед страной. Это определило очень высокий уровень сотрудников и масштаб проблем, за которые они брались. Дмитрий Сергеевич в течение многих лет был активным участником семинара одного из создателей атомной бомбы и современной теории сверхпроводимости, лауреата Нобелевской премии академика В. Л. Гинзбурга. В течение многих лет этот семинар определял уровень физических исследований во многих областях в нашей стране. Работа в таких коллективах предполагает острую конкуренцию научных направлений и жесткое обсуждение научных работ, оценки «по гамбургскому счету».

Сергей Павлович и Дмитрий Сергеевич во многом были очень похожи, чувствовали это и прекрасно относились друг к другу. Они были почти ровесниками. Оба были физиками по своему научному мировоззрению. Оба были и считали себя представителями прославленных научных школ, получивших мировую известность. Оба были блестящими ораторами и умели «завораживать» любую аудиторию. Оба были очень веселыми людьми. Оба очень тепло относились и к своим семьям, и к своим ученикам. Оба были душой компании и украшением любой конференции, в которых участвовали. Оба были завсегдатаями форумов, которые проводила ассоциация «Женщины в науке и образовании». Дух этого творческого, активного, вдохновенного взаимодействия студентов, профессоров, преподавателей, ученых, писателей, режиссеров, артистов, дух времени прекрасно схвачен в сборнике, посвященном Сергею Павловичу и подготовленном в свое время ленинградской писательницей Зоей Журавлёвой [Мне нужно быть, 2010]. Одним словом, двум медведям в синергетической берлоге было не тесно.

Поэтому особенно интересны различия в их стиле и императивах научного творчества.

Сергей Павлович считал, что ученые должны быть спасителями человечества, которые могут проложить для него путь в будущее. В течение многих лет Сергей Павлович в отделе академика А. А. Самарского занимался проблемами управляемого термоядерного синтеза (УТС), который должен был подарить человечеству океан чистой, дешевой энергии.

В ходе этой работы он пришел к классическому стилю, играющему важную роль в синергетике. В самом деле, вспомним историю. Ключевыми в ньютоновской механике являются схема описания реальности с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений, второй

закон Ньютона и закон всемирного тяготения, дифференциальное и интегральное исчисления, которые позволяют оперировать с новыми сущностями. Та же картина и в квантовой механике. Вновь есть фундаментальное уравнение Шрёдингера, представление о наблюдаемых величинах и аппарат теории операторов и функционального анализа.

С. П. Курдюмов, вслед за В. Гайзенбергом, развивал представление о ключевой роли нелинейности в физике будущего, в мировоззрении XXI века. Кроме того, как и И. Р. Пригожин, он считал, что в фундаментальные уравнения должно входить в явном виде описание диссипативных процессов. На этом пути были построены модель тепловых структур, теория режимов с обострением, получившие мировое признание<sup>1</sup>.

Детальный анализ небольшого класса модельных уравнений привел к взрыву новых идей в разных областях — от математики и до УТС и от философии до демографии. И здесь вновь математический аппарат играл огромную роль. «Мы подтаскиваем математический аппарат к нелинейной науке, за которой будущее», — любил повторять Сергей Павлович. Другими словами, в этой научной школе синергетика строилась классическим путем — от общего к частному.

Дмитрий Сергеевич действовал иначе. Он с огромным интересом вникал в детали множества конкретных проблем, стремился схватить главное и описать его с помощью максимально простых математических инструментов. Но на этом пути возникали одни и те же модели, структуры, идеи и, конечно, благодарность множества людей, которым он помог разобраться в их проблемах. Иными словами, здесь проходил путь от частного к общему, и это тоже было очень важно и интересно.

Обращу внимание на две идеи и направления в научном творчестве Дмитрия Сергеевича, которые, на мой взгляд, будут активно развиваться в ходе дальнейших междисциплинарных исследований.

Первое направление связано с моделью «языковых войн», предложенной Д. С. Чернавским:

$$\frac{du_i}{dt} = \frac{1}{\tau} u_i - \sum_{j=1}^n b_{ij} u_i u_j - a_i u_i^2 + D_i \Delta u_i, \quad a_i < b_i.$$

Эта модель описывает, как меняется в пространстве и во времени концентрация носителей  $i$ -го типа ценной информации из  $n$  возможных.

Первый член в этом уравнении описывает автокаталитическое воспроизводство этого типа информации, происходящее за характерное время  $\tau_i$ . Например, у мудрецов появляются ученики, которые через время  $\tau_i$  сами становятся мудрецами.

Член  $b_{ij} u_i u_j$  описывает конкуренцию различных типов информации. Коэффициент  $b_{ij}$  показывает, насколько активно носитель  $i$ -го типа ценной информации отторгает информацию  $j$ -го типа. Вообще говоря  $b_{ij} \neq b_{ji}$ . Наглядный пример — покорение испанцами Южной Америки. В то время как испанцы уничтожали культуру индейцев, не видя в ней никакой ценности, аборигены относились к пришельцам как к богам и оказались неспособны организовать сопротивление и защитить свою культуру и цивилизацию.

Член  $a_i u_i^2$  описывает «внутривидовую конкуренцию» и показывает, насколько жестко носители  $i$ -го типа информации относятся к своим единомышленникам, несущим тот же тип ценной информации. Типичный пример — распри в среде партий либерального толка в современной России. Все они предлагают избирателям примерно одно и то же, но их руководители никак не могут решить, кто же будет главным.

<sup>1</sup> Подробнее об этом написали ученики и коллеги Сергея Павловича в сборнике «Режимы с обострением. Эволюция идеи. Законы коэволюции сложных структур» (М.: Наука, 1988. — 255 с. — Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения).

Член  $D_i \Delta u_i$  описывает диффузию, распределение носителей  $i$ -го типа ценной информации. Он зависит и от доступных средств сообщения, и от географии того пространства, на котором происходит взаимодействие, и от прозрачности границ.

Эта модель является прекрасным инструментом для междисциплинарного взаимодействия гуманитариев, естественников и математиков. Причина этого в том, что объектом анализа может быть динамика распространения самых разных видов ценной информации — языков, принадлежности к определенной конфессии, владения какими-то технологиями, цивилизационного выбора, культурных предпочтений, использования какой-то валюты.

Эта модель является одной из ключевых в математической истории [Малинецкий, 2010]. Именно она прекрасно описывает сценарий «столкновения цивилизаций» — повестку дня на XXI век, предложенную американским политологом С. Хантингтоном. По его мысли, цивилизации, несущие разные смыслы и ценности (ценную информацию), столкнутся в непримиримой борьбе за тающие ресурсы.

Именно это столкновение носителей разных представлений о возможном и должном, разных идеологий является ключевой в социально-политической и культурной жизни современной России и прекрасно осознается. Например, известный писатель Борис Акунин характеризует этот конфликт следующим образом: «В России живут бок о бок два отдельных, несколько не похожих народа, и народы эти с давних пор люто враждуют между собой. (Чтоб он провалился, византийский орел с двумя головами — шизофренический символ, выбранный Иоанном Третьим в качестве герба нашего государства.) Есть Мы, и есть Они. У Нас свои герои: Чехов там, Мандельштам, Пастернак, Сахаров. У Них — свои: Иван Грозный, Сталин, Дзержинский, теперь вот Путин» (цит. по [Фефелов, 2016]).

Расчеты показали, что эта модель прекрасно описывает динамику языковой карты Европы со времен Средневековья до наших дней. Разумеется, в истории есть место и для случайности, и для сознательных действий субъектов исторического развития. Модель языковых войн показывает, где и когда благодаря этим действиям удалось изменить естественный ход процессов. Проведенный анализ показал, что таких поворотных пунктов было совсем немного.

А. С. Малков, в бытность его сотрудником ИПМ, на основе этой модели рассчитал социально-политическую траекторию России до 2030 года в предположении, что войска зарубежных государств не вводятся на территорию России и конкуренция происходит прежде всего в сфере экономики, демографии, культуры, идеологии. При этом, не имея своего цивилизационного проекта, понятой и принятой элитой и народом своей ценной информации (цивилизационного проекта, осознанных и утверждаемых смыслов и ценностей, представлений о желаемом будущем, мечты), страна становится ареной борьбы чужих проектов и разбивается на зоны влияния других цивилизаций. Эти результаты стали шоком и для научного сообщества, и для массового сознания (они были представлены на телевидении в программе Александра Гордона «Россия-2030»). Возможно, они также повлияли на изменения, происходящие в нашей стране в последние несколько лет.

Однако для серьезного развития этого важного и интересного направления исследований нужны конкретные данные. О коэффициентах модели должны говорить социологи, историки, этнографы, психологи, опираясь на результаты конкретных исследований. Кроме того и  $a_i$  и  $b_{ij}$ , и  $\tau_i$ , и  $D_i$  существенно меняются со временем. И то, что кажется удовлетворительным сегодня, может оказаться очень опасным завтра. Да и другие цивилизации не стоят на месте.

Кроме того, очень интересны были бы обобщения этой замечательной модели на ситуацию, когда у агента есть несколько типов ценной информации. Это типичная ситуация современного Ближнего Востока. У субъекта есть и национальность, и религиозная ориентация, и экономические интересы, а иногда и клановая или племенная принадлежность. При этом общие, государственные интересы могут противоречить племенным или религиозным. Чрезмерное упрощение ситуации (к чему склонны многие политики, например настаивающие на универсальности «демократических ценностей») приводит к неверным оценкам, а те — к трагическим ошибкам.

Тем не менее развития и междисциплинарного исследования, которого заслуживают концепция ценной информации и модель языковых войн, пока нет. Большинство ученых, как обычно, увлеченно занимаются своими делами, не очень обращая внимания на достижения собратьев по цеху. Так что развитие этого направления — дело будущего. И, судя по ситуации в мире, уже недалекого.

Другая принципиально важная идея Дмитрия Сергеевича, у которой я вижу большое будущее, связана с его глубоким и оригинальным взглядом на медицину, связанным с теорией самоорганизации.

В кризисные переломные эпохи очень важна тяга к мистике, оккультизму, экстрасенсам, к тайнам и чудесам. Достаточно включить канал «ТВ-3», чтобы посочувствовать инопланетянам нескольких видов, отношения между которыми на Земле складываются очень непросто. Но, с другой стороны, рептилоиды за нами присматривают и вконец испортить биосферу не дадут. Из материалов уважаемого научно-технического форума я недавно узнал, что вскоре необходимость в транспорте отпадет, потому что все вскоре будет телепортироваться, а способности землян выйдут на качественно новый уровень в связи с браками с инопланетянками. Дмитрия Сергеевича такие вещи очень забавляли. Он как-то удивительно быстро и весело выводил на чистую воду на конференциях и семинарах и шарлатанов от науки и искусства, и добросовестно заблуждающуюся публику.

Он часто спрашивал у меня, не выходили ли на меня трансгуманисты и какие дела у этих ребят. На одной из конференций один из «трансгуманистов» толковал про необходимость замораживания мозгов выдающихся ученых, чтобы оживить их носителя в будущем, когда наука будет на это способна. Потом с тем же он подошел к Дмитрию Сергеевичу и объяснил, что для него, как для выдающегося исследователя, будет скидка — все это будет стоить всего \$10000. «Прекрасная идея! Я согласен. Мне как раз надо отремонтировать дачу и деньги очень нужны. Когда и куда мне зайти за деньгами?» — отвечал Дмитрий Сергеевич.

Но нет худа без добра. На излете советской эпохи почему-то решили разобраться с удивительными способностями экстрасенсов. Головной организацией стал Институт радиоэлектроники РАН, а руководителями работ стали академик Ю. В. Гуляев и профессор Э. Э. Годик. К делу ученые подошли серьезно и создали уникальную аппаратуру, чтобы фиксировать электрические и магнитные поля человека в разных диапазонах. Неотъемлемой принадлежностью любой современной клиники стали рентгеновские аппараты. Но, как выяснилось, излучения с другими длинами волн позволяют диагностировать огромный спектр разных заболеваний. Мне довелось слушать доклады участников этой группы о целебном действии сверхслабых СВЧ-воздействий на организм...

Но хотелось большего — понять на новом научном уровне функционирование организма, механизмы экстрасенсорных воздействий и предложить новые методы лечения. Насколько я могу судить, за небольшим исключением, это не удалось. Исключением является концепция Дмитрия Сергеевича.

Эдуард Эммануилович Годик уехал в США и иногда пишет письма, чтобы продолжить эти исследования или здесь, или там, или одновременно. По его словам, гигантскую отрасль американской медицины можно условно разделить на две части — технологическую медицину и традиционную.

В технологической медицине к организму относятся примерно как к автомобилю. Есть регламент ухода и технологии устранения неисправностей: на каждую болезнь для каждого органа есть свой алгоритм лечения — лекарство или процедура. Некоторые части механизма можно заменить, в недалекой перспективе типов запчастей, позволяющих заменять различные органы, станет еще больше.

В том, чтобы лечить болезнь, а не больного, несмотря на всю привлекательность, «технологичность» и «экономичность» этой идеи (которую не мытьем, так катаньем пытаются внедрить и в отечественную медицину), есть и существенные минусы. Один характеризует известная поговорка врачей: «Одно лечим, другое калечим». Второй связан с синергетическим взаи-

модействием лекарств. Проведение длительных и подробных испытаний дает информацию, как на него отреагирует «типичный организм» с данной патологией. О совместном действии двух различных лекарств в «типичных случаях» (при огромном количестве «нетипичных») известно гораздо меньше. Ну а если больной глотает за раз 5–6 различных таблеток, выписанных разными врачами? И он, и врачи — очень смелые люди. Они находятся у границ неведомого... Третий обусловлен тем, что системы и органы тесно и неочевидно связаны. Болит одно, а воздействовать надо на другое.

Вторая часть медицины — традиционная. Это гомеопатия, травы, народные рецепты, акупунктура и прочее — всё то, что врачи-технологи считают шарлатанством, механизм чего неизвестен, что не должно было бы действовать, но тем не менее действует.

Посмотрев на это, Э. Э. Годик предложил проект *системной медицины*, в которой мы бы на основе нового уровня знаний в фундаментальных науках могли понимать и моделировать происходящее и лечить.

Д. С. Чернавский вместе с соавторами в рамках этой идеи ввел представление об «аутодиагностической системе» (АДС) высших животных:

«Известно, что в организме имеются защитные силы: гуморальная и эндокринная системы, синтез специальных белков-ферментов и т. д. Систему защитных сил можно назвать *аутотерапевтической*. Однако терапия немыслима без диагностики. Отсюда следует, что должна существовать аутодиагностическая система. Ее функции, как и функции медицинского диагноза, сводятся к следующему:

- 1) распознавание возбудителей инфекционных заболеваний;
- 2) распознавание патологических состояний организма при системных (не инфекционных) заболеваниях.

Первое осуществляется в иммунной системе, второе должно происходить в АДС...

Можно высказать гипотезу о том, что многие системные заболевания происходят от диагностики работы АДС. Например, если диагноз поставлен неверно, а терапевтическая система начинает «лечить» от несуществующей болезни, то возникает уже реальная патология.

Задача медика в этом случае — исправлять неверный диагноз. В традиционной медицине это означает, что необходимо провести дополнительные анализы и повторить процесс распознавания.

В случае если диагноз поставлен самим организмом (точнее, АДС), то можно попытаться исправить диагноз с помощью слабых корректирующих воздействий на АДС» [Чернавский, 2004, с. 199, 200].

На мой взгляд, это захватывающая идея. И она достаточно глубоко проработана. В частности, построена теория, связывающая АДС с различными нейрокомпьютерными парадигмами — новым подходом к решению вычислительных задач и, в частности, задач диагностики и распознавания образов. Найдены структуры в организме, которые могли бы служить «элементной базой» для АДС. Объяснены интересные явления, известные врачам, которые пока не удается интерпретировать в рамках других подходов. Наконец, написана книга, раскрывающая суть и перспективы нового подхода к пониманию системных свойств организма [Чернавский, Карп и др., 2004].

Дмитрий Сергеевич активно сотрудничал с группой Ю. В. Гуляева и Э. Э. Годика, был частым гостем их лаборатории, когда та находилась на верхнем этаже академической поликлиники вблизи Ленинского проспекта. В энтузиазм экспериментаторов он вносил ясность и точность теоретика там, где это можно было сделать, и ставил глубокие вопросы там, где это сделать было нельзя. Мне иногда доводилось присутствовать на собраниях ученых, грезивших системной медициной. Выступления, замечания, реплики Дмитрия Сергеевича в этом коллективе всегда воспринимались с восхищением.

Но воз и ныне там. О многих из проведенных исследований остались лишь отчеты, фрагментарные статьи, воспоминания и легенды.

Но и здесь стоит следовать стилю и логике Дмитрия Сергеевича. Есть работы, опередившие свое время, идущие с ним вровень и отставшие от него. Историки науки знают, что

Джеймс Клерк Максвелл, создавший теорию электромагнитного поля, получил в 1861 году первую цветную фотографию. И если бы эта технология была замечена, поддержана и развита, то у нас сейчас были бы цветные снимки, показывающие, как в том же году отменялось крепостное право. Электромобили превысили скорость 100 км/ч... примерно в 1900 году.

В исследования, посвященные системной медицине, прямо или косвенно вмешались большие деньги. Самый простой способ удержать гигантский рынок — не допустить возникновения сильной альтернативы. Только бизнес, ничего личного. Там, где дело касается человеческих жизней, это выглядит особенно неприглядно.

Но время, когда системная медицина станет очевидным трендом, конечно, придет. И, возможно, гораздо быстрее, чем нам сегодня думается.

Одной из самых серьезных угроз нашей цивилизации, по мнению многих авторитетных медиков и биотехнологов, является кризис антибиотиков. Если в свое время пенициллин спас сотни миллионов жизней, то сейчас практически не осталось штаммов микроорганизмов, которые были бы восприимчивы к нему. Мы устроили гигантский эксперимент — создали условия для ускоренной эволюции микроорганизмов, применяя антибиотики. И сейчас биота наносит ответный удар на системном уровне.

Нужны новые идеи и технологии либо хорошо забытые старые. Да и использование и развитие идей синергетики в этом глобальном медицинском контексте было бы удивительно интересно...

В дзен-буддизме советуют, приступая к делу, понять, настолько ли оно важно, чтобы посвящать ему свои дни. Что получится, если Мечта осуществится? Кто продолжит начатое в будущем, когда кончится твой срок?

Дмитрий Сергеевич прожил прекрасную, яркую и разнообразную научную жизнь. Время многих его идей впереди. И люди, которые будут осуществлять эти идеи, уже есть, и, вероятно, их станет больше.

Большие цели дают большие силы. Удачи тем, кто пойдет дальше!

## Список литературы (References)

- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. Часть I (серия «Теоретическая физика»). Том V. М.: Наука, 1976. — С. 23–24.  
*Landau L. D., Lifshitz E. M. Statisticheskaya Phisica. Chast' I (Seriya "Teoreticheskaya phisica"). Tom 5 [Statistical Physics. Part I (series "Theoretical Physics). Vol. 5]. — Moscow: Nauka, 1976. — P. 23–24.*
- Малинецкий Г. Г. Из прошлого в будущее / Турчин П. В. Историческая динамика. На пути к теоретической истории. — Изд. 2-е. — М.: Издательство ЛКИ, 2010. — С. 9–33 (Синергетика: от прошлого к будущему).  
*Malinetskiy G. G. Iz proshlogo v budustchee / Turchin P. V. Istoricheskaya dinamika. Na puti k teoreticheskoy istorii. — Izd. 2. [From past to future / Turchin P.V. Historical dynamics. On the way to Theoretical History. — 2-d ed.] — Moscow: LKI, 2010. — P. 9–33 (Sinergetica: ot proshlogo k budustchemu).*
- Мне нужно быть: Памяти Сергея Павловича Курдюмова / Ред.-сост. З. Е. Журавлева. — М.: КРАСАНД, 2010. — 480 с.  
*Mne nuzhno byt': Pamyati Sergeya Pavlovicha Kurdyumova / Red.-sost. Z. E. Zhuravleva [I must be / Ed.-comp. Z. E. Zhuravleva]. — Moscow: KRASAND, 2010. — 480 p.*
- Прогноз и моделирование кризисов и мировой динамики / Отв. ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий. — М.: Издательство ЛКИ, 2010. — 352 с. (Будущая Россия).  
*Prognoz i modelirovanie krizisov i mirovoy dinamiki / Red. A. A. Akaev, A. V. Korotaev, G. G. Malinetskiy [Forecast and modeling of crises and world dynamics / Ed. A. A. Akaev, A. V. Korotaev, G. G. Malinetskiy]. — Moscow: LKI, 2010. — 352 p. (Budustchaya Rossiya).*
- Проекты и риски будущего. Концепции, модели, инструменты, прогнозы / Отв. ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, Г. Г. Малинецкий, С. Ю. Малков. М.: КРАСАНД, 2011. — 432 с. (Будущая Россия).

- Proekty i riski budustchego. Kontseptzii, modeli, instrument, prognozy / Red. A. A. Akaev, A. V. Korotaev, G. G. Malinetskiy, S. Yu. Malkov [Projects and risks of future. Concepts, models, instruments, forecasts / Ed. A. A. Akaev, A. V. Korotaev, G. G. Malinetskiy, S. Yu. Malkov]. — Moscow: KRASAND, 2011. 432 p. (Budustchaya Rossiya).
- Профессору Дмитрию Чернавскому — 90 лет // Компьютерные исследования и моделирование. — 2016. — Т. 8, № 1. — С. 3–8.  
Professoru Dmitriyu Chernavskomu — 90 let [90 Anniversary of Dmitriy Chernaskiy] / Kompyuternye issledovaniya i modelirovanie [Computer research and modeling]. — 2016. — Vol. 8, no 1. — P. 3–8.
- Сценарий и перспектива развития России / Под ред. В. А. Садовниченко, А. А. Акаева, А. В. Коротаева, Г. Г. Малинецкого. — М.: ЛЕНАНД, 2011. — 320 с. (Будущая Россия).  
Scenariy i perspektiva razvitiya Rossii / Red. V. A. Sadovnichiy, A. A. Akaev, A. V. Korotaev, G. G. Malinetskiy [Scenario and perspectives of Russian development / Ed. V. A. Sadovnichiy, A. A. Akaev, A. V. Korotaev, G. G. Malinetskiy]. — Moscow: LENAND, 2011. — 320 p. (Budustchaya Rossiya).
- Фефелов А. Нерусь, куда несешься ты?! // Завтра. — 2016. — № 38 (1190). — С. 5.  
Fefelov A. Nerus', kuda nesesh'sya ty? [NonRussia, where do you speed along?] / Zavtra [Tomorrow]. — 2016. — No 38 (1190). — P. 5.
- Человек. Наука. Цивилизация. К семидесятилетию академика В. С. Стёпина. — М.: Канон+, 2004. — С. 67–68.  
Chelovek. Nauka. Tzivilizatsiya. K semidesyatiletiyu akademika V. S. Stepina [Man. Science. Civilization. To 70 Anniversary of academician V. S. Stepin]. — Moscow: Kanon+, 2004. — P. 67–68.
- Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). — М.: Едиториал УРСС, 2009 (Синергетика: от прошлого к будущему).  
Chernavskiy D. S. Sinergetika i informatziya (dinamicheskaya teoriya informatzii) [Synergetics and information (dynamical theory of information)]. — Moscow: Editoroal URSS, 2009 (Sinergetica: ot proshlogo k budustchemu).
- Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). Изд. 2-е. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 288 с. (Синергетика: от прошлого к будущему).  
Chernavskiy D. S. Sinergetika i informatziya (dinamicheskaya teoriya informatzii) [Synergetics and information (dynamical theory of information)]. — Moscow: Editoroal URSS, 2004. — 288 p. (Sinergetica: ot proshlogo k budustchemu).
- Чернавский Д. С., Карп В. В., Родштадт И. В., Никитин А. П., Чернавская Н. М. Распознавание. Аутодиагностика. Мышление. — М.: Радиотехника, 2004. (Синергетика и наука о человеке).  
Chernavskiy D. S., Karp V. V., Rodshtadt I. V., Nikitin A. P., Chernavskaya N. M. Raspoznavaniye. Autodiagnostika. Myshlenie [Pattern recognition. Autodiagnosics. Mind]. — Moscow: Radiotekhnika, 2004 (Sinergetica i nauka o cheloveke).
- Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. Естественно-научная концепция в теоретической экономике. — М.: Грифон, 2016. — 48 с.  
Chernavskiy D. S., Starkov N. I., Tscherbakov A. V. Estestvenno-nauchnaya kontseptziya v teoreticheskoy ekonomike [Natural-science concept in theoretical economics]. — Moscow: Griphon, 2016. — 48 p.