

Владимир БУДАНОВ

МЕТОДОЛОГИЯ И ПРИНЦИПЫ СИНЕРГЕТИКИ

Статья рассматривает синергетику в ее историческом становлении и представляет многообразие существующих в мировой и отечественной науке подходов к пониманию этого трансдисциплинарного научного направления. Автор анализирует основные принципы синергетики и ее функции в современной культуре. Синергетика как картина мира, методология и наука являются предметом специального анализа. Соотношение синергетики и философии проясняется в контексте рассмотрения синергетики как феномена постнеклассической науки.



В последнее время все чаще слышны окрики: нельзя применять синергетические модели в социогуманитарном знании; не существует никакой междисциплинарной методологии; а исследования в этих сферах лишь отвлекают людей от занятий «нормальной» дисциплинарной наукой, обнадеживают пустыми обещаниями, уводят грантовские средства на сомнительные проекты; гуманитарная сфера бесконечно сложнее ваших естественнонаучных моделей и физикам надо учиться у гуманитариев в понимании сложного, а не наоборот; нет диалогу философов и синергетиков, все уже сказано Гегелем, и классиками диамата; пора объявить синергетику лженаукой, и т. д. и т.п.. Так и просится добавить хрестоматийное: «запретить синергетику, продажную девку постмодернизма!» Причем, ни один из аргументов этой критики не оригинален и многократно обсуждался в работах самих синергетиков в рамках рефлексии по поводу путей ее развития. И дело не в глазе «возмущенного научного пролетариата» и не в защите «святой истины», от лица которой выступают критики, переписывая друг друга. Но в политической реакции части научного истеблишмента, озабоченного экспансией синергетики в их сферы влияния, и возможностью перераспределения финансовых потоков и приоритетов отечественной науки, нарушением статус-кво в период грядущих реформ Академии. Так было в 1996 году сразу после первого «Московского синергетического форума» с участием крупнейших синергетиков мира. Так было и в 2003–2004 годах, непосредственно перед проведением второго, не менее масштабного форума в Академии Государственной службы при Президенте РФ «Стратегии динамического развития России: единство самоорганизации и управления». Так продолжается и сейчас якобы под флагом философской дискуссии, но с игрой в одни ворота.

С трудами форумов можно познакомиться в книгах (1,2), дающих образцы междисциплинарного синтеза философии, наук точных и гуманитарных. Да тут еще директор Института философии РАН академик Степин В. С. на Философском конгрессе в 2002 году объявил синергетику ядром формирующейся картины мира постнеклассической науки XXI века. Действительно, есть чего опасаться!

Дезинформация наносит ущерб, в первую очередь, сочувствующим синергетике в гуманитарном знании и тем, кто готов к встрече с ней, молодежи, начинающей свой путь в науке. Рассчитана же эта клевета преимущественно на власть придерживающих: пусть не связываются с синергетикой, не поддерживают, дабы не запачкаться; раз пишут, значит, что-то есть, не будут же проверять. Именно поэтому нам кажется необходимым вернуться к истокам, разобраться, где правда и где ложь, и поразмыслить о безусловных ценностях, проблемах и болезнях роста синергетики, о ее методологии.

Немного истории

Совершим теперь краткий экскурс в историю. Синергетика, будучи наукой о процессах развития и самоорганизации сложных систем произвольной природы, наследует и развивает универсальные, междисциплинарные подходы своих предшественниц: тектологии А. И. Богданова, теории систем Л. фон Берталанфи, кибернетики Н. Винера. Однако ее язык и методы опираются на нелинейную математику и точное естествознание конкретных дисциплин, изучающих эволюцию сложных систем, существенно обогащая наши представления о сложном.

История методов синергетики связана с именами многих выдающихся ученых XX века. Прежде всего, это великий французский математик, физик и философ Анри Пуанкаре, который уже в конце XIX века заложил основы методов нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений. Именно он ввел понятия *аттракторов* (притягивающих множеств в открытых системах), *точек бифуркаций* (значений параметров задачи, при которых появляются альтернативные решения), *неустойчивых траекторий* и *динамического хаоса* в задаче трех тел небесной механики (притяжение Земля-Луна-Солнце).

В первой половине XX века большую роль в развитии методов нелинейной динамики играла русская и советская школа математиков и физиков: А. М. Ляпунов, Н. Н. Боголюбов, Л. И. Мандельштам, А. А. Андронов, А. Н. Колмогоров, А. Н. Тихонов. Эти исследования стимулировались в большой мере решением стратегических оборонных задач: создание ядерного оружия, освоение космоса. Западные ученые также использовали первые оборонные ЭВМ при обнаружении неравновесных тепловых структур: модель морфогенеза (А.-М. Тюринга) и уединенных волн — солитонов (Э. Ферми). Этот период можно назвать «синергетикой до синергетики», т. к. сам термин еще не использовался.

В 60–70 годы происходит подлинный прорыв в понимании процессов самоорганизации в самых разных явлениях природы и техники. Перечислим некоторые из них: теория генерации лазера Г. Б. Басова, А. М. Прохорова,

Таунса, Г. Хакена; колебательные химические реакции Б. П. Белоусова и А. М. Жаботинского — основа биоритмов живого; теория диссипативных структур И. Пригожина; теория турбулентности А. Н. Колмогорова и Ю. Л. Климонтовича. Неравновесные структуры плазмы в термоядерном синтезе изучались Б. Б. Кадомцевым, А. А. Самарским, С. П. Курдюмовым. Теория активных сред и биофизические приложения самоорганизации исследовались А. С. Давыдовым, Г. Р. Иваницким, И. М. Гельфандом, Д. С. Чернавским. Происходит эпохальное открытие динамического хаоса, сначала в задачах прогноза погоды (Э. Лоренц), затем теоретически (так называемые, *странные аттракторы* Рюэля, Такенса, Шильникова). Здесь возникает неустойчивость решения по начальным данным, знаменитый «эффект бабочки», взмах крыльев которой может радикально изменить дальний прогноз погоды. Создаются универсальная *теория катастроф* (скачкообразных изменений состояний систем) Р. Тома и В. И. Арнольда и развиваются ее приложения в психологии и социологии; *теория автопоэзиса* живых систем У. Матураны и Ф. Вареллы. Круг этих методов и подходов в изучении сложных систем Герман Хакен и назовет в 1970 году *синергетикой* (теорией коллективного, кооперативного, комплексного поведения систем).

В 80–90 годы продолжается изучение динамического хаоса и проблемы сложности. В связи с созданием новых поколений мощных ЭВМ развиваются *фрактальная геометрия* (Б. Мандельброт), геометрия самоподобных объектов (типа облака, кроны дерева, береговой линии), которая описывает структуры динамического хаоса и позволяет эффективно сжимать информацию при распознавании и хранении образов. Были обнаружены универсальные сценарии перехода к хаосу А. Н. Шарковского, М. Фейгенбаума, Ив. Помо. Открыт феномен *самоорганизованной критичности*. Это так называемая «модель кучи песка» (П. Бак), воспроизводящая временные распределения Парето для: биржевых кризисов, землетрясений, аварий сложных технических комплексов и т. д. Моделируются поведение сред клеточных автоматов и нейрокомпьютеров, описывающих активные среды и социальные явления, распознавание образов и процессы обучения, проблемы искусственного интеллекта, генерации ценной информации и управление хаосом (Хопфилд, Гроссберг, Чернавский).

Сегодня синергетика быстро интегрируется в область гуманитарных наук; возникли направления социосинергетики и эволюционной экономики, применяют ее психологи и педагоги; развиваются приложения в лингвистике, истории и искусствознании; реализуется проект создания синергетической антропологии.

Тем не менее, признания такого рода зачастую остаются всего лишь декларациями о намерениях, поскольку междисциплинарность в осмыслении концепта информационно-сетевого общества предполагает взаимосогласованное использование образов, представлений, методов и моделей дисциплин как естественнонаучного и технического, так и социогуманитарного профиля. А такое взаимосогласованное применение предполагает, помимо всего прочего, существование единой научной картины мира. В то же время сейчас такой общенаучной (междисциплинарной) единой картины мира (в смысле

самосогласованной целостности), строго говоря, нет. Существуют ее отдельные фрагменты, именуемые специальными картинами мира, дисциплинарными онтологиями, такие, например, как: физическая, биологическая, космологическая картины мира, репрезентирующие предметы каждой отдельной науки (В. С. Степин). Синергетика и пытается навести мосты между этими картинами, создать единое поле междисциплинарной коммуникации, сформировать принципы новой картины мира.

Многообразие функций синергетики в культуре

Функционирование синергетики как междисциплинарного феномена в культуре естественно рассматривать в трех аспектах ее взаимодействия с обществом:

- синергетика как картина мира;
- синергетика как методология;
- синергетика как наука.

В рамках картины мира происходит первое, а иногда и единственное знакомство с понятиями синергетики и ее возможностями. Как правило, происходит на обыденном языке, на слабо формализованном, зачастую метафорическом, популярном уровне. Здесь обращение идет к наглядности, к здравому смыслу, аналогии, эстетическому чувству и безусловному доверию авторитету творцов новой парадигмы. Именно так укореняется наука в обыденном сознании в популярных изданиях, именно так выглядят вводные главы книг Германа Хакена и Ильи Пригожина. Для пытливого ума это всегда радость встречи с новым взглядом на мир окружающих нас вещей и событий. Это всегда мастерски, зажигательно умел передать аудитории С. П. Курдюмов.

Принципиально важно, что новое понимание реальности скрыто не столько в мирах физики элементарных частиц или глубинах Вселенной, сколько растворено в повседневности встреч со сложностью нашего мира, изменчивого мира «здесь и сейчас», что вновь наполняет жизнь очарованием тайны, ключи от которой теперь доступны каждому. Именно этим можно объяснить такой интерес к синергетике у широкой аудитории, доступность ее принципов и домохозяйкам и академикам. Кстати, с этим связана и возможность эффективного преподавания синергетики как школьникам, так и искушенным профессионалам. Для каждого можно найти свой горизонт понимания, формализации и приложений. Кроме того, принципы синергетики справедливы как в естественных, так и в гуманитарных науках, и есть надежда, что это дает ключ к решению проблемы двух культур.

Согласно И. Пригожину и И. Стенгерс, пафос рождающегося на наших глазах мировидения — это призыв к «новому диалогу человека с природой», понимаемого целостно-эволюционно. В новой картине мира человек должен думать не просто о выживании, а осознать свою роль и ответственность в единстве сотворчества с природой, научиться законам коэволюции с ней, для чего ему предстоит лучше понять и мир и себя, свой природный и социальный генезис, законы мышления. Отрефлектировать, как он понимает, моделирует реальность. Поэтому синергетика — это еще и наука о человекомерных системах, постнеклассическая наука, по терминологии В. Степина.

Вместе с тем, доступность принципов синергетики, несомненные успехи в естественнонаучных приложениях и кажущаяся простота их реализации в любых сложных системах породили сегодня моду на синергетику. Болезнь опасную, но неизбежную для любого междисциплинарного направления, всегда допускающего некую долю профанного сознания, размывающего общенаучные нормы и ценности.

Всякая болезнь есть процесс адаптации-дезадаптации, в данном случае к социальной среде, хотя, взаимно, и среда проникается синергетическим мировидением. С одной стороны, это хорошо, такое испытание закаляет, возникает иммунитет, устойчивое методологическое ядро, но могут быть и осложнения, вплоть до летального исхода, чего бы нам хотелось избежать. Дело в том, что такие расхожие термины как: бифуркация, аттрактор, самоорганизация, нелинейное мышление, фрактал и т. д. стали обиходными в гуманитарной и околонуучной среде. Понимаемые метафорически, интуитивно, они создают благодатную почву для двух конкурирующих процессов.

Во-первых, позитивный процесс — метафора, являясь в картине мира одним из первичных каналов творческой, в том числе и междисциплинарной коммуникации, повышает уровень ожиданий, мотивационный фон для эффективного применения строгой конструктивной синергетической методологии в междисциплинарных обменах и проектах. Подчеркнем, что это лишь первый эвристический шаг, явно недостаточный для научных заключений!

Во-вторых, негативный процесс — зашумление пространства междисциплинарных коммуникаций произвольными, псевдосинергетическими ассоциациями и метафорами, дальше которых дело не идет, дискредитирует продуктивный потенциал синергетики в глазах научной общественности и может, в конечном счете, быть причиной ее незаслуженного и преждевременного забвения обществом.

Эти два процесса были типичны и для других междисциплинарных направлений: общей теории систем и кибернетики. мода на них прошла, хотя они и сегодня развиваются как науки мемориальной фазы, в смысле Л. Гумилева, но никто не связывает с ними спасительных надежд нашей цивилизации. Приведу поучительный пример о гибели кибернетического общественного движения в СССР в семидесятые годы, со слов Д. Чернавского, бывшего в то время заместителем академика А. Берга, (председателя Комитета по кибернетике). «Кибернетика погибла, когда с легкой руки доктора Эшби кибернетиком смог называться человек, не обязательно владеющий математикой».

Не ожидает ли и синергетику та же участь? И в чем ее принципиальное отличие от своих предшественниц, есть ли у нее иммунитет от превратностей и капризов моды, владеет ли она эликсиром бессмертия, как, скажем, математика?

На наш взгляд, такие механизмы выживаемости и перманентной востребованности у синергетики есть. Заключаются они в следующем:

Во-первых, это ее **человекомерность и адаптивность**, в данном случае, моделирование задач, актуальных для человеческой культуры в каждый конкретный период, и учет антропного характера процессов познания и принятия решений.

Во-вторых, ее методы имеют **генетическую связь с математикой**, вечной наукой, чьи результаты не подвластны времени.

В-третьих, **открытость ее методов** к пополнению новыми квазиуниверсалиями, обнаруженными в частных дисциплинах, и не только естественнонаучных.

В-четвертых, ее **преимственность**: синергетика относится к своим междисциплинарным предшественницам, теории систем и кибернетике, согласно принципу соответствия: опираясь на них, включая их методы в свой инструментарий, но, вместе с тем, и указывая область их применимости. Так, например, относится современная квантовая релятивистская физика к физике Ньютона, новая парадигма к старой парадигме.

В-пятых, особая **междисциплинарная толерантность** к новым методам и гипотезам, их самооценность для синергетики. Наряду с девизом «подтвердить или опровергнуть», принятым в дисциплинарной науке для проверки гипотез, добавляется совершенно иной — «найти область применимости» данного метода, найти адекватный ему контекст. Акцент переносится так же с явления на средства его исследования, описания.

В-шестых, **самоприменимость** синергетики, поскольку ее развитие есть сложный эволюционный процесс в пространствах постнеклассической науки и культуры.

В-седьмых, **философская диалогичность и рефлексивность**. Имеется в виду восприимчивость в диалогах с философскими традициями разных направлений, времен и народов, с целью рефлексии своих оснований и принципов.

Синергетика человекомерных систем сегодня, в эпоху антропологического поворота, создает особый метаяровень культуры, рефлексивный инструментарий анализа ее развития — синергетическую методологию, методологию междисциплинарной коммуникации и моделирования реальности. Методологию открытую, возможно, как говорит В. Розин, методологию с ограниченной ответственностью, адаптивную, но не панметодологию, как у Г. Щедровицкого.

В самой синергетике можно выделить несколько параллельно существующих пластов ее бытия в современной культуре, расположенных по степени возрастания уровня абстрактности:

- поддисциплинарный — профанное сознание обыденных практик;
- дисциплинарный — процессы индивидуального творчества и развития дисциплинарных знаний и объектов исследования;
- междисциплинарный — процессы междисциплинарной коммуникации и перенос знания в диалогах дисциплин, педагогике и образовании, при принятии решений;
- трансдисциплинарный — процессы сборки, самоорганизации и функционирования больших междисциплинарных проектов, междисциплинарных языков коммуникации, природа возникновения междисциплинарных инвариантов, квазиуниверсалий, коллективный разум, сетевое мышление;
- наддисциплинарный — процессы творчества, становления философского знания, развития науки и культуры.

В каждом из этих слоев коммуникативных практик синергетика имеет особые традиции применения. Эти традиции вполне научны и методологически

развиты на дисциплинарном уровне, особенно для естественнонаучных дисциплин. Сегодня бурно развиваются применения синергетической методологии и на междисциплинарном уровне. На остальных уровнях ее приложения возникли недавно, и осмысливаются в основном пока в языке синергетической картины мира.

Таким образом, синергетика являет себя и как социальный мегапроект, объединяющий своей методологией представления различных аспектов бытия культуры.

Физик, лирик, математик: проблемы метаязыка

Синергетика как часть общенаучной картины мира возникает на волне моды, опьянения головокружительными перспективами, впрочем, это характерно для социальной прививки любой науки. Все может кончиться похмельем несбывшихся иллюзий, а может возникнуть принципиально иное понимание мира. Для второго исхода синергетика как наука должна рефлексировать формы своего бытия в обществе с целью адаптации к его потребностям. Вы скажете, что это присуще любой науке: самопрезентация, реклама, популяризация. Все это еще ярче происходило в период становления науки Нового времени, когда наука вышла на площади европейских городов, стремилась стать публичной. Анатомический театр был действительно «театр» для богатых; а Г. Галилей пишет научные трактаты в форме диалогов, один из его участников Симплицио (престец) человек с улицы; производятся публичные демонстрации «инобытия» в зрительную трубу и под микроскопом и т. д.

Для синергетики эта рефлексия жизненно необходима, т. к. одна из основных ее задач есть создание пространства и принципов междисциплинарной коммуникации. Это не разовая задача, но живое непрерывное делание в обратных связях культуры и науки, особый метауровень взаимодействия двух культур.

Речь идет об особой методологии, ядро которой должно быть гарантом преемственности научных ценностей, с одной стороны, и открытости к инновациям, с другой. Такая открытая адаптивная методология становления и есть методология синергетики. Она призвана реализовать, укоренить принципы синергетики в общественном сознании, адаптировать их для непрофессионалов уже не на уровне метафор, а конструктивных принципов, помогающих понимать и моделировать реальность. Она должна создать общее поле встречи и метаязык диалога синергетиков, математиков и людей иных профессий, иных дисциплин, в том числе и гуманитарных. Метаязык фиксирует, насколько это возможно, тезаурус синергетики в терминах обыденного языка, сводя метафоризацию к минимуму; тогда как принципы синергетики позволяют осуществлять мягкое моделирование реальности в этом тезаурусе.

Проблема размывания связана с тем, что большой процент людей, говорящих от имени синергетики (в основном гуманитарии), плохо знакомы с синергетикой как наукой. Обычно это происходит не от пренебрежения, а по объективным причинам — нет должной математической подготовки, нет учебников. Ими используется стихийный тезаурус синергетической картины мира, допускающий слишком большой произвол метафоризации. Затем его переносят

в свои дисциплинарные картины реальности, чего совершенно недостаточно для целостного описания, не говоря уже о модельном представлении задач этих дисциплин. Для моделирования реальности недостаточно перевода онтологий с языка на язык, надо еще знать модельные образцы и правила их сборки, что рассыпано в специальных главах книг для профессионалов.

Возникает вопрос: можно ли научить гуманитария модельному мышлению, системно-синергетическому подходу, который только и может быть основой диалога естественника и гуманитария, поскольку естественника учить гуманитаристике еще дольше? На первый взгляд, нельзя! Как показывает опыт, естественники могут стать гуманитариями, получая второе образование, а вот гуманитарии физиками и математиками никогда. Видимо, формальные науки надо изучать смолodu.

То есть, почти никогда. И. Пригожин был таким исключением — в юности готовился к карьере пианиста, учился на историко-археологическом факультете, но ушел на физический факультет, всю жизнь любил философствовать и посвятил ее, по собственному признанию, введению концепции исторического времени в естествознание. Быть может, поэтому синергетика так близка гуманитариям. Мы знаем, что, став нобелевским лауреатом по физической химии, И. Пригожин не перестал быть ярким гуманитарием. Синергетика его не испортила, напротив, ее образы, осознаваемые уже в молодости, и увлекли гуманитарную душу Ильи Романовича.

Конечно, далеко не каждый гуманитарий — И. Пригожин, но можно попробовать пойти его путем, к чему и призывает синергетическая методология. И потом, что значит научить? Научить применять формальные методы, наверное, не удастся, а вот понимать принципы построения моделей реальности наверняка можно, что вполне достаточно для диалога с естественником или математиком в рамках синергетической методологии.

Поэтому наряду с энтузиазмом синергетиков от естествознания, которые обычно знают методы синергетики, но не знают гуманитарной специфики, мы встречаем весь спектр реакций самих гуманитариев: начиная от восторгов немногих неофитов, далее к умеренному оптимизму гуманитарных синергетиков, обычно философов, социологов, и кончая угрюмо-скептической либо агрессивно не приемлющей реакцией большинства.

Причем, и в среде естественников отношение к синергетике совсем не однородное. Для большинства физиков синергетические модели совершенно не связываются с идеями междисциплинарности (физик обычно не знаком с этим поприщем), но ассоциируются с конкретными физическими задачами теории фазовых переходов, турбулентности, лазера, теплопроводности и т. д., где они и рождались. Физик всегда может при необходимости привлечь нужный раздел математики для моделирования природы, диалог физика и математика всегда был продуктивен и взаимно полезен. По крайней мере, со времен Галилея «книга природы пишется языком математики»; с другой стороны, целые разделы математики возникали из потребностей теоретической физики, например, теория обобщенных функций. Пафос модельного универсализма так же давно пережит физиками в связи с теорией колебаний,

пронизывающей все разделы физики. Именно поэтому можно услышать от многих физиков сомнения, что же принципиально нового дает им синергетика?

В действительности, сама физика в лице синергетики получает компендиум методов и моделей нелинейной динамики, разбросанных ранее по различным ее разделам; он активно вводится сегодня в образование физиков, но не только в этом дело. Физика экспериментальная уже давно является поставщиком высоких и сверхвысоких технологий, которые затем становятся know how современной техники. То же самое сегодня можно говорить о физике теоретической, технологиях моделирования, культуре моделирования, заключенной в синергетике, которая становится средством теоретизации наук естественных и гуманитарных.

Наиболее ярко это проявляется в биофизике, одном из основных полигонов синергетики, где редукционизм к фундаментальному уровню первоэлементов далеко не всегда возможен. Тем не менее, уже найдено множество частных эвристических моделей, вполне адекватных эксперименту со сложными живыми системами.

Сразу возникают тревожные вопросы. Не кажется ли Вам, что это возрождение физикализма, и почему Вы оттеснили математиков? Действительно, раз моделирование, почему же не прикладная математика, почему вместо нее какие-то посредники?

Ответ заключается в том, что, не «вместо», но «вместе». Прикладная математика, конечно, остается базой математического моделирования, подчеркнем — математического. Однако математик-прикладник в процессе моделирования подобен чемпиону по стендовой стрельбе по тарелочкам, приглашенному на охоту. Он, конечно, великолепен в своем жанре, но лишь в завершающей фазе моделирования, когда система уже выбрана и уравнения уже написаны, и их надо решать, исследовать — выстрел будет безупречен. Однако вслушиваться в природу, выслеживать, приманивать зверя, загонять его, т. е. вычленять существенные элементы и связи реальности и писать модельные уравнения, корректировать их — это искусство физика, а не задача математика. И именно этому искусству может научить синергетика специалистов других дисциплин.

Проблему диалога математики с гуманитарными науками хорошо иллюстрирует высказывание одного из крупнейших математиков XX века И. М. Гельфанда: «диалог математика и гуманитария напоминает любовные игры слепых в зарослях крапивы — при явной заинтересованности сторон возникают постоянные и непредсказуемые ситуации острого непонимания и неприятия». У них просто нет общего языка.

Показательна также встреча математиков с физикой, когда ее преподают на третьем курсе мехмата МГУ уже «продвинутым» студентам-математикам. Курс физики очень сложен для них и вовсе не уравнениями математической физики, они кажутся элементарными, но самой постановкой проблемы, пресловутым «физическим смыслом». Оказывается, за уравнениями стоит иная, не идеальная, не математическая реальность, и уравнения лишь ее модель, которую надо проверять, корректировать, обосновывать экспериментально, быть в контакте с этой реальностью и т. д., что совершенно чуждо математическому складу ума.

Математика это скорее наука, отражающая идеальные формы мышления о природе, но не отражающая модельно саму природу, как это делает физика. Таким образом, физик несет особую модельную культуру мышления, он посредничает между реальностью и виртуальными мирами математика.

Дело в том, что великое достижение человеческого духа — чистая математика — это наука вечная, живущая никак не меньше мировых религий. Ее истины абсолютны как догматы веры и накапливались тысячелетиями, определения и теоремы безупречны, неязвимы для скоропортящихся ассоциаций, как продукты в вакуумной упаковке. Она никогда не снизойдет со своего пьедестала идеальных форм в суету преходящих истин конкретных дисциплин. Хотите диалога — учите высокую латынь математики, как это делают, например, физики.

Вот почему нужны посредники. Это могут быть физики, математики-прикладники (они скорее решают модели, а не создают), а в более широком контексте — синергетики. Дело в том, что физика еще надо склонить моделировать в чуждых ему областях знаний, изучать их, и тут проявляется особая проблема междисциплинарной коммуникации, философской рефлексии и коллективной экспертизы, тут и рождается синергетическая методология. Иногда можно услышать мнение, что такими посредниками могут быть методологи. На мой взгляд, это далеко не так. Во-первых, еще крупнейший методолог XX века Г. Щедровицкий говаривал на своих семинарах — «не надо быть методологом, надо быть просто хорошим физиком». Во-вторых, высокий уровень философско-методологической культуры, помноженный на знание принципов синергетического моделирования и предметного знания, и дает образ идеального синергетика; так что методологу тоже многое придется осваивать. Итак, задача синергетика, с одной стороны, избежать крайностей наивного физикализма и редукционизма при переносе моделей естествознания в гуманитарную сферу, с другой, сохранить конструктивность модельного подхода в диалоге с новой реальностью в новых, зачастую неопределенных условиях.

Синергетика и философия

Сегодня фундаментальная наука все больше внимания обращает на сверхсложные системы, живые, человекомерные, социальные, поскольку фундаментальный уровень субъядерного мира уходит за горизонт возможностей экспериментальной проверяемости гипотез, просто не хватает энергии ускорителей. Наука вынуждена менять свое поприще, переключаться на области высоких технологий, медицины и генной инженерии, информационных технологий и экономики, прогнозов и рисков, вынуждена становиться междисциплинарной. Естественно возникает проблема рефлексии науки по поводу пересмотра своих идеалов, норм и ценностей, технологий научного познания и взаимодействия науки с обществом. Сегодня этот процесс происходит в рамках постнеклассической философской парадигмы.

ПОСТНЕКЛАССИКА. Это направление науки возникает в конце XX века в задачах описания сложных, эволюционирующих систем и процессов, которые

могут быть интерпретированы различными способами. Таким образом, в систему неизбежно включается субъект наблюдения, наделенный не только органами чувств и приборами, но и интеллектом и социальными, культурноисторическими нормами и ценностями. Не случайно новые открытия совершают лишь единицы, а сотни проходят мимо, т. к. привыкли не замечать необычного. Можно сказать, что это междисциплинарная наука о человекомерных системах, в которых необходимо учитывать человеческий фактор. На первый взгляд, речь идет о гуманитарных науках, но на деле класс проблем намного шире.

Это задачи планирования и принятия решений, например, планирования сложного дорогостоящего эксперимента, будь то суперускоритель элементарных частиц или установка термоядерного синтеза; изучение уникальных, разовых событий, таких как полет на Марс или к комете Галлея, ведь нужна оптимальная стратегия решения насущных проблем человечества, а каждый это понимает по-своему. Это все экологические проблемы, где человеческий фактор играет решающее значение. Это экономика, в которой необходимо учитывать потребности, психологию, уклад жизни людей. Фактически, это любой процесс, где активна роль наблюдателя-участника. Синергетику иногда называют постнеклассической наукой. Попробуем разобраться, в чем же коренное отличие классики, неклассики и постнеклассики. Здесь мы следуем схеме эволюции представления научного опыта, предложенной известным философом науки академиком Степиным В. С.

Классическая парадигма: *человек задает вопрос природе (объекту), природа отвечает. Считается, что полученное знание (ответ) объективно, т. е. не зависит ни от способа вопрошания — средств эксперимента (наблюдения), ни от стиля и уровня мышления экспериментатора. Точнее предполагается, что влияние средств наблюдения в эксперименте можно всегда сделать пренебрежимо малым.*

Классика: Субъект — Средства — (Объект)

В фокусе рассмотрения предполагается только объект. Это идеалы классической рациональности, объективности научного знания, незыблемости открываемых законов природы. Эти идеалы в полной мере реализованы в ньютоновской механике, имеющей дело с макротелами.

В философском плане эти взгляды восходят к декартовскому трансцендентальному субъекту, постигающему абсолютные истины, что вообще характерно для установок докантовской философии Нового времени.

Неклассическая парадигма: *человек задает вопрос природе, природа отвечает, но ответ теперь зависит и от свойств изучаемого объекта, и от способа вопрошания, контекста вопроса. То есть результат наблюдения зависит не только от средств наблюдения в проведении эксперимента, но и от возможности проведения совместных наблюдений различных величин. Возникает принцип относительности результата эксперимента к средствам наблюдения, принципиальная неустранимость влияния акта наблюдения на систему. Понятие классической объективности в единичном эксперименте размывается.*

Неклассика: Субъект — (Средства — Объект)

В рассмотрении учитывается не только объект, но и средства. Этот подход возникает впервые в теории относительности, где пространственные и временные

интервалы зависят от системы отсчета наблюдателя, например, вопрос о длине корабля. Аналогично в квантовой механике, где невозможно подсматривать за микрочастицей, неустранимо не искажая ее характеристики. Подобные свойства проявляют живые системы и психика. Так, в человеческих отношениях форма вопроса и тон его задания также в большой степени определяют ответ.

Философски говоря, здесь происходит преодоление проблемы понимания кантовской «вещи в себе», в том смысле, что меняется онтология: не вещь сама по себе наблюдаема, но вещь + контекст = новая вещь, уже в новом объективируемом смысле, если под средствами понимать и мыслительные процессы тоже. В большой степени это характерно для феноменологии Гуссерля, позитивизма начала XX века, вплоть до конценций Поппера.

Постнеклассическая парадигма: *человек задает вопрос природе, природа отвечает, но ответ теперь зависит и от свойств объекта, и от способа вопрошания, и от способности понимания вопрошающего субъекта.* Понятно, что первобытный человек видел бы в опытах Галилея по скатыванию шаров с наклонной плоскости лишь магические или игровые действия, а сам Галилей за пультом современного ускорителя чувствовал себя таким же дикарем. Не трудно предугадать их выводы из экспериментов. Т. е. в рассмотрение приходится вводить культурно-исторический уровень субъекта, его психологические, профессиональные и социальные установки, которые ранее наука рассматривала как несовместимые с критериями объективности и научности.

В философии и психологии это, прежде всего, деятельностный подход, герменевтика, философия и методология науки последней трети XX века: Выготский, Леонтьев, Гальперин, Гадамер, Рикер, Хабермас, Кун, Тулмин, Степин, Луман, Щедровицкий.

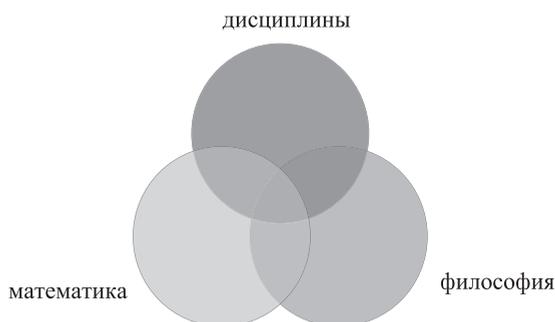
Постнеклассика: (Субъект — Средства — Объект)

Теперь в рассмотрении все участники опыта: субъект, средства, объект. Это дает возможность начать диалог с природой, замкнуть информационную, герменевтическую петлю через сознание субъекта. Возникает многократное прочтение-толкование текста природы, изменение в повторных опытах представлений о ней, возникновение эволюции взглядов на природу. Так постнеклассика создает историческое время познания, становится также гуманитарной наукой.

Расширение этого подхода на гуманитарные науки не представляет труда. Объектом теперь будет не природа, а внутренний мир человека, либо культура, история, общество и т. д. И в гуманитарной исследовательской среде можно встретить все три перечисленных подхода, например, психология начиналась в конце XIX века с интроспективного подхода, т. е. вполне классического, в указанном выше смысле, метода самоопроса. Однако наиболее естественен последний, постнеклассический подход; именно он способен воссоединить расчлененную со времен Декарта культуру.

По-видимому, настоящий первый синергетик — это Анри Пуанкаре, вероятно, он и последний энциклопедист Нового времени, объединявший в одном лице гениального математика, великого физика (он раньше А. Эйнштейна получил уравнения и специальной и общей теории относительности), горного инженера и выдающегося философа — основателя конвенциона-

лизма. Помимо прекрасного понимания математики и физики творцы синергетики Г. Хакен, И. Пригожин, С. Курдюмов демонстрируют и глубокое философское осмысление истоков и проблем синергетики, общекультурное значение синергетического мегапроекта. Все это свидетельствует о том, что синергетический синтез возможен только на базе взаимодействия математики, предметного знания и философии и предъявляет особо высокие профессиональные требования к людям, говорящим от лица синергетики. Символический смысл сказанного удобно изображать графически.



Пересечение трех областей изображает общенаучный синтез, который в разное время пытались осуществить то на базе философии, например, диалектики Гегеля; то на базе математики — логический позитивизм начала XX века; то на базе междисциплинарного системно-структурного подхода в первой половине прошлого века. Синергетика, изображаемая центральной частью диаграммы, пытается синтезировать предыдущие подходы на базе современной культуры моделирования, обогащая их прорывными открытиями последней трети XX века, прежде всего в области универсалистских динамических теорий (теории катастроф, динамического хаоса, самоорганизации ...), а также в области компьютерного эксперимента и математического моделирования. Кроме того, синергетика находится в диалоге и пытается ассоциировать другие современные сценарии междисциплинарного синтеза, такие как философия становления, эволюционная эпистемология, когнитивистика, рефлексивное управление, теория искусственного интеллекта, триалектика, интегральная психология и медицина и т. д.

Таким образом, синергетический мегапроект далек от завершения, скорее он входит в фазу конструктивной зрелости и окончательного завоевания междисциплинарной легитимности, особенно в глазах гуманитариев. Именно на этой стадии синергетика и философия как никогда нуждаются друг в друге. Однако, как мы сейчас убедимся, в процессах моделирования сложного философская рефлексия так же необходима, особенно на плохо формализуемых начальных, постановочных этапах создания модели или проекта.

Синергетика и либерализация математики

Математика с «человеческим лицом», демократизм современного математического моделирования, гуманитарная математика, мягкое моделирование —

все эти термины, казалось бы, плохо совмещаются с выработанными веками, высокими стандартами математического мышления. Как говорит известный физик Д. С. Чернавский, «если в прошлом описание реальности позволялось гениям (уравнения Ньютона, Эйнштейна, Максвелла), то сегодня синергетика делает «гением» каждого: обучая моделировать мир сложных систем многообразными, эффективными способами».

Утрата «строгости», в которой зачастую склонны упрекать синергетику, на наш взгляд, неустранимо связана с несколькими методологическими аспектами, на которых стоит остановиться подробнее.

Во-первых, при моделировании сложного мы имеем дело как с прямыми, так и с обратными задачами. Поясним на примере, что мы имеем ввиду. Если система задается двумерной дифференциальной динамикой, то она может описывать колебательные процессы, и, зная начальное состояние, мы можем найти его в другой момент времени (прямая задача, для которой существует единственное решение); если же экспериментально наблюдается колебательное поведение системы, то можно восстановить параметры модели, дающей такое поведение (обратная задача). Очевидно, что обратные задачи имеют огромное множество решений (двумерные модели лишь ничтожная их часть). Все задачи восстановления причины по неполному набору возможных следствий, наблюдений имеют неоднозначность решения. Именно поэтому выбор модели в обратной задаче связан с произволом эксперта-модельера, его конструкторским даром. Однако к обратным задачам относятся и задачи распознавания образов, обратные задачи рассеяния, задачи геологической разведки, спутникового мониторинга и т. д., которые стало возможным решать лишь последние 30 лет на мощных компьютерах. И даже при полной информации о поведении системы, эти задачи в математике называются некорректными, или сингулярными, в силу сильной неустойчивости результата (вида искомой модели) к малым возмущениям экспериментальных наблюдений. Стабилизация результата, т. е. детерминация модели, происходит за счет процедуры регуляризации — учета априорной информации, задаваемой человеком.

Итак, прямые задачи восстановления динамики по начальным данным, когда модель фиксирована однозначно, являются объективированным этапом процесса моделирования — использования готовой модели. (Именно в этом контексте родилась крылатая фраза «За нас думает математика».) В то время, как задачи выбора модели, восстановления типа уравнения по наблюдаемым данным есть задача человекомерная и существенно неоднозначная и зависит она от поля известных или допустимых решаемых моделей, или мощности компьютерных алгоритмов, что, естественно, определяется научно-историческим этапом, дисциплинарной компетентностью, возможностями и предпочтениями математика- модельера.

Во-вторых, особенность синергетической эры математического моделирования, о которой сто лет назад мечтал Анри Пуанкаре (правда, тогда он говорил о качественной теории лишь дифференциальных уравнений), заключается в том, что пространство новых классов моделей постоянно расширяется в режиме с обострением, что связано, в первую очередь, с взрывной эволюцией

возможностей компьютеров. Сегодня это скорее инструментализм высоких технологий мысленных, точнее компьютерных, экспериментов, который был просто невозможен в эпоху становления точного естествознания, когда обратные задачи моделирования в физике, поиск законов (модельных уравнений) столетиями совершался творческими откровениями многих поколений ученых. Сама же реальность полагалась подчиняющейся немногим универсальным законам, к которым редуцировались все частные закономерности. Такой фундаментализм вряд ли возможен в социогуманитарной сфере, например, при моделировании работы малого предприятия или творчества конкретного человека. Дело в том, что образ пространства состояний в физике формировался более 2000 лет, в химии 300 лет, в биологии это понятие до сих пор не устоялось, а в психологии и социальных науках о какой-то определенности говорить не приходится. Таким образом, в социогуманитарной сфере сами понятия системы и модели, которые предполагают некое пространство состояний, сегодня не могут носить универсальный характер, обязательно следует искать область применимости частных моделей, что зачастую сложнее самого анализа модели и скорее есть искусство быть успешным, нежели разумным. Область корректной применимости модели часто плохо определена, это отдельное исследование, компьютерный эксперимент с пучками моделей и прогонкой в пространствах параметров.

Сегодня в гуманитарной сфере для обратной задачи применяют в основном эвристический метод подстановки модельного уравнения, дающего сходную динамику наблюдаемых свойств; сами же свойства-переменные и соответствующее пространство состояний явно или неявно генерируются самой моделью, а не наоборот, как в прямой задаче. Это метод метафоры-аналогии, метод подгонки, точнее, прогонки гипотез. Это даже больший произвол, чем при моделировании в парадигме «черного ящика», когда неизвестно уравнение, но точно известны начальные и конечные состояния. Естественно, что область применимости, корректности такой модели плохо определена, что и вызывает раздражение многих математиков, а пафос «непостижимой эффективности математики» угасает для многих гуманитариев. Видимо, эта проблема характерна для моделирования сверхсложных систем, когда структуру и процессы в ней не удастся полностью разделить на стадии формализации модели, тем самым возникает необходимость проверки непривычных, гибридных гипотез. На этом пути можно было бы двигаться методом перебора всех возможных моделей на суперкомпьютерах будущего и сшивать реальность в полимодельных представлениях из соображений экономии описательных средств, но этот прагматический подход мало похож на современную науку поиска универсалий.

Другой подход описания сложной реальности связан с идеями построения искусственного интеллекта, экспертными системами, а точнее, с нейрокомпьютингом, задачей распознавания образов и выработкой решающих правил поведения — параметров порядка клеточноавтоматной средой. Это также обратная задача моделирования, без возможности узнать область корректности решающего правила, с той разницей, что теперь и динамическая модель не предъявляется. Хотя при этом, видимо, алгоритм эффективного поведения

находится быстрее в реальных задачах; это путь моделирования мышления, которое, так же, как и мы, не может объяснить, как оно мыслит. Более того, вопрос о степени достоверности результата просто запрещен.

Принципы синергетики

Несколько общих слов о выборе методологических принципов. Во-первых, принципы синергетики могут находиться в отношении кольцевой причинности, т. е. могут быть определяемы друг через друга, что не является порочным логическим кругом, но герменевтическим кругом, с которым мы часто сталкиваемся при описании развивающихся систем. Например, понятие гена нельзя определить без обращения к понятию организма, составной частью которого он является. Такова же природа парадокса «курицы и яйца», такова же природа многих синтетических принципов синергетики.

Во-вторых, принципов не должно быть слишком много. Человек, их использующий, просто не сможет одновременно уследить за их соблюдением в реальной модельной деятельности. Известный психологический коммуникционный оптимум — это семь параметров, в нашем случае, принципов.

В-третьих, мы используем тезаурус и образы пространства состояний теории динамических систем А. Пуанкаре, которые возникли намного раньше системного подхода Л. фон Берталанфи и просто включают его в себя как частный случай.

Приводимые ниже принципы являются разворачиванием предметного блока принципов, предложенных автором в 1995 г. и развернутого в (16). Математические, логические и философские блоки принципов также обсуждались Аршиновым В. И., Будановым В. Г., Войцеховичем В. Э. в 1995 г. (31).

Любой эволюционный процесс выражен чередой смен оппозиционных качеств — условных состояний порядка и хаоса в системе, которые соединены фазами перехода к хаосу (гибели структуры) и выхода из хаоса (самоорганизации). Из этих четырех стадий лишь одну стабильную мы относим к Бытию, гомеостазу системы; зачастую она наиболее протяженная по времени, остальные три так или иначе связаны с хаосом и относятся к становлению или кризису. Условность такого разбиения связана с тем, что во всяком порядке есть доля хаоса и наоборот, в хаосе можно найти элементы порядка, проблема в мере их смешивания. Относительную кратковременность глубоких кризисов можно объяснить мерами *эволюционной безопасности* природы, длительный кризис резко истощает адаптационные возможности системы и она погибает, исчезает ее системная целостность. Поэтому природа «предпочитает» эволюционировать мелкими шагами, нежели сразу из глины творить человека. В синергетике достаточно развиты универсальные методы и язык описания этих стадий, но прежде следует наметить основные подходы. В простейшем варианте можно предложить 7 основных принципов синергетики: два принципа Бытия, и пять Становления.

Два принципа Бытия: 1-гомеостатичность, 2-иерархичность.

Они характеризуют фазу «порядка», стабильного функционирования системы, ее жесткую онтологию, прозрачность и простоту описания, принцип

иерархического подчинения Г. Хакена, наличие устойчивых диссипативных структур—аттракторов, на которых функционирует система.

1. Гомеостатичность. *Гомеостаз — это поддержание программы функционирования системы в некоторых рамках, позволяющих ей следовать к своей цели.* Согласно Н. Винеру, всякая система телеологична, т. е. имеет цель существования, ну прямо по Аристотелю. При этом, от цели-эталона-идеала (реальной или воображаемой) система получает корректирующие сигналы, позволяющие ей не сбиться с курса. Эта корректировка осуществляется за счет отрицательных обратных связей (доля сигнала с выхода системы подается на вход с обратным знаком), подавляющих любое отклонение в программе поведения, возникшее под действием внешних воздействий среды. Именно так большую часть времени ведут себя все живые системы, например: теплокровные поддерживают температуру тела постоянной в широком диапазоне внешних температур; автопилот самолета, сверяясь с гидрокомпасом, выдерживает курс и высоту самолета, несмотря на воздушные ямы и порывы ветра. Цель-программу поведения системы в состоянии гомеостаза называют *аттрактор* (притягиватель).

С простейшими аттракторами мы встречаемся уже в механике: затухающий маятник останавливается в нижней точке, а шарик на дне ямки — это аттракторы положения равновесия — точки. Но возможны и более интересные аттракторы: орел парит в восходящем потоке; пингпонговый шарик висит в вертикальной струе воздуха, выдуваемого пылесосом; полотнище флага мерно колеблется на ровном ветру; осины переговариваются дрожащими листьями; по воде пруда пробегает легкая рябь; облака завиваются в грядки, будто их кто то распахал; часы-ходики убаюкивающе тикают. Но стоит утихнуть ветру, выключить пылесос, приподнять часовую гирьку — и все замирает, приходит в равновесие: облака расплываются, шарик падает, часы замолкают. Эти структуры существуют лишь до тех пор, пока в систему подается поток вещества и энергии, так называемые диссипативные (рассеивающие энергию) структуры, далекие от равновесия. Именно такими структурами являются все живые системы, они умирают без постоянной прокачки вещества и энергии через систему, без обмена веществ.

Этот принцип объединяет многие идеи кибернетики, системного анализа и синергетики.

2. Иерархичность. Наш мир иерархизован по многим признакам. Например, по масштабам длин, времен, энергий. Это означает, например, что базовые структуры Вселенной принимают не все возможные значения энергий, но с относительным шагом примерно в 100 раз, начиная от кварков и кончая живыми организмами (лестница Вайскопфа). Само же число уровней необозримо велико, в каждой базовой структуре существует множество подуровней.

Основным смыслом структурной иерархии является составная природа вышестоящих уровней по отношению к нижестоящим. То, что для низшего уровня есть структура-порядок, для высшего есть бесструктурный элемент хаоса, строительный материал. То есть Космос предыдущей структуры служит Хаосом последующей, и мы говорим: нуклоны образованы кварками, ядра нуклонами, атомы — ядрами и электронами, молекулы атомами, общество людьми и т. д. Но возможно существование и нематериальной иерархии:

например, в языке (слова, фразы, тексты), или в мире идей (мнения, взгляды, идеологии, парадигмы), или в уровнях управления и т. д.

Всякий раз *элементы, связываясь в структуру, передают ей часть своих функций, степеней свободы, которые теперь выражаются от лица коллектива всей системы*, причем на уровне элементов этих понятий могло и не быть. Например, общественное мнение «высказывает» мифический среднестатистический субъект, и вполне может оказаться, что именно так никто не думает. Эти коллективные переменные «живут» на более высоком иерархическом уровне, нежели элементы системы, и в синергетике, следуя Г. Хакену, их принято называть *параметрами порядка* — именно они описывают в сжатой форме смысл поведения и цели-аттракторы системы. Описанная природа параметров порядка называется *принципом подчинения*, когда изменение параметра порядка как бы синхронно дирижирует поведением множества элементов низшего уровня, образующих систему, причем феномен их *когерентного*, т. е. взаимосогласованного сосуществования иногда называют явлением *самоорганизации*. Подчеркнем *принцип круговой причинности* в явлениях самоорганизации, взаимную обусловленность поведения элементов любых двух соседних уровней. Такова в идеале роль законодательства в обществе, делегировавшего государству часть свобод своих граждан; так в бурлящем потоке воды кружит водоворот, увлекающий частицы в слаженном танце.

Важным свойством иерархических систем является *невозможность полной редукции*, сведения свойств-структур более сложных иерархических уровней к языку более простых уровней системы. Каждый уровень имеет внутренний предел сложности описания, превысить который не удастся на языке данного уровня. Существуют зоны непрозрачности языка — семантического хаоса. Это есть еще одна причина иерархии языков, отвечающих иерархии уровней. Именно поэтому абсурдна попытка вульгарного редукционизма, сведения всех феноменов жизни и психики к законам физики элементарных частиц лишь на том основании, что из них все состоит. Это всего лишь радость малыша, разбившего дорогой пентиум — перебирая микросхемы-сороконожки, он с гордостью утверждает, что наконец-то понимает, как устроен папин компьютер. Кстати, это необходимый этап познания более глубокого уровня материи, и физики последние сто лет не раз вскрывали очередные матрешки (разбивали пентиумы), соударяли их все более энергично, нагревая материю или разгоняя ее на ускорителях.

Выделенную роль в иерархии систем играет время, и синергетический *принцип подчинения Хакена формулируется именно для временной иерархии*. Представим нашу реальность бесконечной чередой структурных временных уровней-масштабов от мыслимых сегодня, самых быстрых процессов в микромире до масштабов времени жизни Вселенной; впрочем, это может быть и мир нефизических явлений.

Рассмотрим теперь три произвольных ближайших последовательных временных уровня. Назовем их микро-, макро- и мегауровнями соответственно. Принято говорить, что *параметры порядка* это долгоживущие коллективные переменные, задающие язык среднего макроуровня. Сами они образованы и управляют быстрыми, короткоживущими переменными,

задающими язык нижележащего микроуровня. Последние ассоциируются для макроуровня с бесструктурным «тепловым» хаотическим движением, неразличимым на его языке в деталях. Следующий, вышележащий над макроуровнем, мегауровень образован сверхмедленными «вечными» переменными, которые выполняют для макроуровня роль параметров порядка, но теперь, в этой триаде уровней, их принято называть *управляющими параметрами*. Плавно меняя управляющие параметры, можно менять систему нижележащих уровней, иногда изменения выглядят весьма бурно, кризисно.

Итак, на каждом уровне системы сосуществуют представления, идеалы, категории «хаоса» и «вечности» как атрибутов присутствия, дыхания соседних микро- и мегауровней, как принцип открытости системы, принадлежности ее к иерархической цепи мироздания. Это древние архетипы, жившие в человеческой культуре всегда. Сами же переменные макроуровня — параметры порядка, победившие хаос, задают онтологию, закон существования, порядок вещей, «порядок» бытия данного уровня.

При рассмотрении двух соседних уровней в фазе Бытия *принцип подчинения гласит: долгоживущие переменные управляют короткоживущими*, вышележащий уровень — нижележащим. Так, в романе Ивана Ефремова «Час быка» небольшая горстка правителей ДЖИ (долгоживущих) вершит судьбы большинства КЖИ (короткоживущих). Микроскопические движения беспорядочно снующих молекул складываются в осязаемый порыв ветра, который уносит их на огромные, по сравнению с микроперемещениями, расстояния. Миграционные потоки определяют распределение особей популяции или народонаселения, а культурная традиция воспроизводится во множестве семей на протяжении поколений.

В заключение подчеркнем, *что принцип подчинения справедлив не всегда*, его не стоит абсолютизировать. Не всегда удается указать способ возникновения параметра порядка или управляющего параметра из переменных низшего уровня. Зачастую это формирование происходило очень давно и совсем не из этих переменных, и мы наблюдаем лишь *наследованную иерархичность*, либо кажущуюся. Например, большинство процессов на Земле тем или иным образом связаны с суточными, годовыми или лунными циклами, т. е. эти периоды являются управляющими параметрами для планеты, ее биосферы, хотя сами земные события никак не влияют на них. Здесь необходимо вернуться к общим корням возникновения Солнечной системы из газо-пылевого облака, когда материя будущей звезды и планет кружилась в едином хороводе, рассеивая энергию в столкновениях и сжимаясь к оси вращения и вблизи резонансных орбит. Это и был процесс рождения параметров порядка — так постепенно формировались небесные тела, материя обособилась в планетах, и далее активная диссипация-эволюция шла именно на них и на Солнце, а космические ритмы стали консервативным мемориалом ранней эпохи творения, эволюционными кодами нашей звезды. Итак, не всякий медленный параметр будет «главнее» любого быстрого. Мы получаем коэволюцию квазинезависимых иерархических систем: наш пульс и дыхание слабо зависят от времени года; дети когда-то вырастают и живут самостоятельно, образуют

свои семьи, и клановые узы ослабевают с ростом числа поколений; некогда единая плотная Вселенная предстает перед нами разрозненными островками звездной материи; первые праязыки тонут в пестроте разноплеменных наречий; вымершие архаические организмы дали фантастическое разнообразие жизни. Все это свидетельства того, что иерархичность не может быть раз и навсегда установлена, т. е. не покрывается только принципом Бытия, порядка. Необходимы принципы Становления — проводники эволюции.

Пять принципов Становления: 3 — нелинейность, 4 — неустойчивость, 5 — незамкнутость, 6 — динамическая иерархичность, 7 — наблюдаемость.

Они характеризуют фазу трансформации, обновления системы, прохождение ею последовательно путем гибели старого порядка, хаоса испытаний альтернатив и, наконец, рождения нового порядка.

Начнем с первых трех принципов, «ТРЕХ НЕ», или «НЕ» — принципов, которых всячески избегала классическая методология, но которые позволяют войти системе в хаотическую креативную фазу. Обычно это происходит за счет положительных обратных связей, усиливающих в системе внешние возмущения. Выполнение этих принципов необходимо и достаточно для становления системы.

3. Нелинейность. Линейность — один из идеалов простоты и вождление многих поколений математиков и физиков, пытавшихся свести реальные задачи к линейному поведению. Замечательно, что это всегда удается вблизи положения равновесия системы. Образы такого поведения всем хорошо знакомы: малые (гармонические) колебания маятника или грузика на пружинке, а также равномерное или равноускоренное движение тел, известные нам со школы. Оказывается, что и высшая школа учит решать в основном линейные задачи (линейные дифференциальные уравнения), развивая у людей линейную интуицию, сея иллюзию простоты этого мира. Гомеостаз системы часто осуществляется именно на уровне линейных колебаний около оптимальных параметров, поэтому так важен простой линейный случай. Он экономит наши интеллектуальные усилия. Определяющим свойством линейных систем является принцип суперпозиции: сумма решений есть решение, или иначе — результат суммарного воздействия на систему есть сумма результатов, так называемый линейный отклик системы, прямо пропорциональный воздействию. Напомним, что для линейных динамических систем можно складывать векторы начальных состояний и решения также складываются, можно складывать правые части — источники и решения также складываются.

Но представьте, что весь мир состоит из линейных систем. В нем просто будет очень скучно: атомы не смогут потерять ни одного электрона, значит не будет химических реакций; люди не смогут менять своих привязанностей, и, вообще, невозможно будет создать ничего нового, ничего синтезировать, ничего разделить. В нем попросту нечего будет делать. Это мир бесконечно упругих сталкивающихся комочков, само возникновение которых необъяснимо.

Итак, *нелинейность есть нарушение принципа суперпозиции в некотором явлении: результат суммы воздействий на систему не равен сумме результатов этих воздействий.* Результаты действующих причин нельзя складывать. В более гуманитарном, качественном смысле: результат непропорционален

усилиям, неадекватен усилиям, игра не стоит свеч; целое не есть сумма его частей; качество суммы не тождественно качеству слагаемых, и т. д. Последнее, в частности, следует из того факта, что в системе число связей между ее элементами растет быстрее числа самих элементов.

Люди строят прогнозы, усваивая опыт, как правило, сознательно или бессознательно, линейно экстраполируя (продолжая) в будущее происходящее сейчас или бывшее в ближайшем прошлом. Зачастую ожидания не оправдываются — отсюда и поговорка «история учит нас, что ничему не учит», т. к. история безусловно нелинейный процесс, и ее уроки не сводятся к выработке условного рефлекса на происходящее. Но это не значит, что надо отказаться от быстрого линейного прогнозирования, этого основного стандарта нашего мышления, просто надо знать область его применимости.

Любая граница целостности объекта, его разрушения, разделения, поглощения, предполагает нелинейные эффекты. Можно сказать, что нелинейность «живет», ярко проявляется вблизи границ существования системы. Упругое тело, например резинка, перед разрывом теряет упругость, становится пластичной. Если постепенно раскачивать застрявший автомобиль, он некоторое время совершает малые линейные колебания (колесо возвращается на дно ямки), но при достаточном размахе (закатывании на бугорок) колебания становятся нелинейными, возвращающая сила начинает убывать и колесо выскакивает из ямы, система преодолевает границу области притяжения, гомеостаза, движение обретает качество свободы. В общем случае, чтобы перейти от одного состояния гомеостаза к другому, мы вынуждены попасть в область их совместной границы, сильной нелинейности. Барьер тем выше, чем сильнее притяжение и больше область гомеостаза. Поэтому проще сразу учиться плавать правильно, чем потом переучиваться. Радикальная перестройка системы, находящейся вблизи глубокого гомеостаза, требует больших усилий.

Органы чувств также имеют нелинейные характеристики чувствительности, границы восприятия, иначе мы были бы всевидящими, всеслышащими сказочными существами (доступны все частоты и интенсивности вибраций и излучений), с таким избыточным объемом информации никакой мозг не справился бы. Кроме того, шкала чувствительности не линейная функция, а логарифмическая. Поэтому при увеличении интенсивности звука в 100 раз он кажется громче лишь в 2 раза, что позволяет нам слышать и шорох упавшего листа и удар грома, хотя их интенсивности отличаются в миллионы раз.

Сами человеческие отношения носят крайне нелинейный характер, хотя бы потому, что существуют границы чувств, эмоций, страстей, вблизи которых поведение становится «неадекватным». Кроме того, коллективные действия не сводятся к простой сумме индивидуальных независимых действий. Например, девушка, собравшая поклонников на свой день рождения, рискует вместо праздника получить ссору и лишиться многих из них. В этом и состоит психологическая сложность, нелинейность задачи подбора коллективов фирм, кафедр, компаньонов по бизнесу из профессионалов, формально гарантирующих успех. Нелинейна всегда и задача принятия решения, выбора.

Еще одна иллюзия линейного мышления, играющая с нами злую шутку, — достижимость бесконечности. Вспомните массовый психоз, азарт игры в

финансовые пирамиды или веру в безудержный материальный прогресс общества. Но прямые графики линейных законов уходят в бесконечность только в теории, а в действительности все конечно, имеет границы и рано или поздно жизнь предъявит жесткий счет разочарований. Линейные стратегии мышления экономны и эффективны, но лишь в умеренных рамках гомеостаза, вне которых они обманчивы, а порой и опасны.

В кризисных ситуациях, повсеместных в наше время, востребуются именно нелинейные методы, нелинейное мышление.

4. Незамкнутость (открытость). *Невозможность пренебрежения взаимодействием системы со своим окружением.* Свойство, которое долгое время пугало исследователей, размывало понятие системы, сулило неконтролируемые проблемы. Поэтому, хотя в природе все системы в той или иной степени открыты, исторически первой классической идеализацией было понятие замкнутой, изолированной системы, системы невзаимодействующей с другими телами. Она являет образ маленькой вселенной на ладони, прозрачной и подвластной нашему разуму, здесь есть что-то сродни таинству творения, игры — мы ее выделили, удалили из бесконечно сложного мира и тихонько подсматриваем за ней.

Важно понять, что любую систему можно с заданной точностью считать замкнутой достаточно малое время, тем меньшее, чем больше открыта система. И если это время существенно больше времени описания-наблюдения за системой, то такая модель оправдана.

Для замкнутой физической системы справедливы фундаментальные законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса), радикально упрощающие описание простых систем. Но самое главное для нас: в замкнутых системах с очень большим числом частиц справедлив второй закон (второе начало) термодинамики, гласящий, что энтропия S (мера хаоса) со временем возрастает или остается постоянной $S \geq 0$, т. е. хаос в замкнутой системе не убывает, он может лишь возрасти, порядок обречен исчезнуть. Итак, замкнутая система не может увеличивать свой порядок, замкнутая Вселенная идет к хаосу — тепловой смерти. Осознание этого факта потрясло умы научной общественности XIX века, но потом вроде привыкли — слишком долго ждать.

Само существование жизни, высоко организованного разума, казалось бы, упорядочивающих этот мир, восстает против такой перспективы. Но закон есть закон, и живые организмы, и человеческая цивилизация создают порядок в себе и вокруг себя за счет увеличения общего беспорядка, энтропии планеты и окружающего космоса. Сами же живые системы и общество — системы открытые, потребляющие вещество и энергию, для них второе начало не применимо, и энтропия может уменьшаться. Именно открытость позволяет эволюционировать таким системам от простого к сложному, разворачивать программу роста организма из клетки-зародыша. Это означает, что иерархический уровень может развиваться, усложняться только при обмене веществом, энергией, информацией с другими уровнями.

В неживой природе диссипация (преобразование системой поступающей энергии в тепловую) тоже может приводить к упорядоченным структурам. Например, эволюция Солнечной системы или дорожка водоворотов за веслом

на быстрой воде. Именно с описания таких систем в химии и теории лазера и началась синергетика.

Более того, сами гомеостатические структуры-аттракторы могут существовать лишь в открытых, диссипативных системах (теорема Пуанкаре-Бендиксона), и в больших системах их называют устойчивыми *неравновесными структурами*, поддерживающими себя за счет внешних потоков. Яркая метафора устойчивой неравновесности — езда на велосипеде: пока энергия подкачивается, т. е. мы крутим педали, велосипед движется вполне устойчиво, когда же перестаем, велосипед останавливается и падает, процесс утрачивает устойчивость.

На языке иерархических уровней принцип открытости подчеркивает два важных обстоятельства. Во-первых, это возможность явлений самоорганизации в форме существования стабильных неравновесных структур макроуровня (открытость макроуровня к микроуровню при фиксированных управляющих параметрах). Во-вторых, возможность самоорганизации становления, т. е. возможность смены типа неравновесной структуры, типа аттрактора (открытость макроуровня к мегауровню меняющихся управляющих параметров системы).

Оказывается, что при переходе от одного положения гомеостаза к другому, в области сильной нелинейности система становится обязательно открытой в точках неустойчивости. Даже если вы использовали первоначально замкнутую модель, в таких точках ее следует расширить до открытой. Но для этого мы должны познакомиться со следующим принципом.

5. Неустойчивость. Последнее из трех «не» (нелинейность, незамкнутость, неустойчивость) содержит в себе два предыдущих, и, вообще, долгое время считалось дефектом, недостатком системы. Ну кто будет конструировать неустойчивый велосипед или самолет? В механизмах, двигателях это «мертвые» точки, которые надо проскакать по инерции — особая инженерная задача. Так было до недавнего времени, пока не понадобились роботы нового поколения, перестраиваемые с одной программы-гомеостаза на другую; обучающиеся системы, готовые воспринять разные модели поведения. Здесь всякий раз система подходит к точке выбора.

Будем говорить, что состояние, траектория или программа системы неустойчивы, если любые сколь угодно малые отклонения от них со временем увеличиваются. Если это справедливо лишь для некоторых типов отклонений, то говорят о частичной неустойчивости.

Согласно Илье Пригожину, архетипом, символом неустойчивости, и вообще, становления можно считать перевернутый маятник, который готов упасть вправо или влево в зависимости от малейших воздействий извне или случайных тепловых колебаний материала маятника, ранее абсолютно несущественных. Таким образом, в точке неустойчивости система (даже замкнутая) действительно становится открытой, является чувствительным приемником воздействий других уровней бытия, причащается Универсуму, получает информацию, ранее недоступную ей.

Такие состояния неустойчивости, выбора принято называть точками бифуркаций (буквально двузубая вилка, по числу альтернатив, которых может

быть и не две), они неперменны в любой ситуации рождения нового качества и характеризуют рубеж между новым и старым. Например, высшая точка перевала отделяет одну долину от другой, это неустойчивое положение шарика на бугорке.

Значимость точек бифуркации еще и в том, что только в них можно несиловым, информационным способом, т. е. сколь угодно слабыми воздействиями повлиять на выбор поведения системы, на ее судьбу.

Открытие неустойчивости, непредсказуемости поведения в простых динамических системах, содержащих не менее трех степеней свободы, в шестидесятые годы, совершило революцию в понимании природы сложности нашего мира, открыло нам миры динамического хаоса, странных хаотических аттракторов и фрактальных структур. Именно свойство неустойчивости в критические моменты развития систем позволяет понять «роль личности в истории», позволяет расширять пространства состояний систем (теория джokers Г. Малинецкого), генерировать информацию в перемешивающем хаотическом слое (динамическая теория информации Д. Чернавского).

Существуют системы, в которых неустойчивые точки почти повсеместны, например, развитая турбулентность, и тогда наступает хаос, бурлящий поток, влекущий систему в неизвестность. Синергетика располагает средствами описания и таких систем.

6. Динамическая иерархичность (эмерджентность). *Это обобщение принципа подчинения на процессы становления — рождение параметров порядка, когда приходится рассматривать взаимодействие более чем двух уровней, и сам процесс становления есть процесс исчезновения, а затем рождения одного из них в процессе взаимодействия минимум трех иерархических уровней системы; здесь, в отличие от фазы бытия, переменные параметра порядка, напротив, являются самыми быстрыми, неустойчивыми переменными среди конкурирующих макро-флуктуаций.*

Это основной принцип прохождения системой точек бифуркаций, ее становления, рождения и гибели иерархических уровней. Этот принцип описывает возникновение нового качества системы по горизонтали, т. е. на одном уровне, когда медленное изменение управляющих параметров мегауровня приводит к бифуркации, неустойчивости системы на макроуровне и перестройке его структуры. Каждому знакомы метаморфозы воды (пар-жидкость-лед), происходящие при строго определенных температурах фазовых переходов, бифуркационных температурах — критических значениях управляющих параметров. На уровне качественного описания, взаимодействия мега- и макроуровней все привычно, но и необъяснимо. Необходимо включение в описание третьего, микроуровня, которое стало осмысленным лишь во второй половине XX века. Именно тогда на языке трех (мега-, макро-, микро-) уровней удалось описать процесс исчезновения и рождения в точке бифуркации. В точке бифуркации коллективные переменные, параметры порядка макроуровня возвращают свои степени свободы в хаос микроуровня, растворяясь в нем. Затем в непосредственном процессе взаимодействия мега- и микроуровней рождаются новые параметры порядка обновленного макроуровня.

Адекватный конструктивный взгляд на становление существовал в культуре всегда (13). Он представлялся, говоря современным системным языком, креативной триадой: Способ действия + Предмет действия = Результат действия — и был закреплен в самих глагольных структурах языка, в корнях двуполой асимметрии человека как биологического вида, в образах божественного семейства древних религий, в космогонических мифах и философиях ЛОГОС + ХАОС = КОСМОС (Платон), Пуруша (дух) + Пракрити (материя) = Браман (проявленная Вселенная) (Веды), в представлениях о возникновении реальности как одухотворении материи и т. д.

В синергетике креативная триада представлена как процесс самоорганизации, рождения параметров порядка, структур из хаоса микроуровня: *в точке бифуркации макроуровень исчезает и возникает прямой контакт микро- и мегауровней, рождающий макроуровень с иными качествами. Точка бифуркации — мгновение на макро- и мегауровне, является протяженной во времени областью кризиса на микроуровнях.*

«Управляющие сверхмедленные параметры верхнего мегауровня» +

«короткоживущие переменные низшего микроуровня» =

«параметры порядка, структурообразующие долгоживущие коллективные переменные макроуровня».

Отсюда следует парадоксальный, на первый взгляд, результат (Ю. Л. Климонтович), что возникновение турбулентности, вихрей текущей жидкости, вовсе не есть увеличение беспорядка, но рождение коллективных макродвижений, макростепеней свободы, параметров порядка из хаотических броуновских, тепловых движений микроуровня жидкости — рождение порядка. Беспорядок же ощущается нами с позиции макроуровня, как увеличение его сложности и непредсказуемости.

Мгновение между прошлым и будущим — точка бифуркации — на микроуровне является целой эпохой перемен-трансформаций. Именно здесь происходит выбор, точнее, эволюционный отбор альтернатив развития макроуровня, которому уделяется особое внимание в теории динамического хаоса.

Например, забастовка общественного транспорта ненадолго возвращает нам радость свободы самостоятельного передвижения; а безвластие смутного времени возвращает людям свободу выбора способов защиты жизни и собственности, способов пропитания и т. д. Подобные обременительные степени свободы и побуждают нас к скорейшему преодолению хаоса, кризиса, общественной бифуркации.

7. Наблюдаемость. Именно последние два принципа включают принципы дополнительности и соответствия, кольцевой коммуникативности и относительности к средствам наблюдения, запуская процесс диалога внутреннего наблюдателя и метанаблюдателя. Принцип наблюдаемости подчеркивает ограниченность и относительность наших представлений о системе в конечном эксперименте. В частности, это принцип относительности к средствам наблюдения, ярко заявивший свои права в теории относительности и квантовой механике. В теории относительности метры и секунды свои для каждого движущегося наблюдателя, и то, что одновременно для одного, не одновременно

для другого. В квантовій механіці, вимірюючи точно одну величину, ми обречені на неведення відносно багатьох інших (принцип доповнечності Бора). *В синергетиці* — це відносність інтерпретацій до масштабу спостережень і початковому очікуваному результату. С однієї сторони, те, що було хаосом з позицій макроуровня, перетворюється в структуру при переході до масштабам мікроуровня. Т. е. самі поняття порядку і хаосу, буття і Становлення відносні до масштабу-вікна спостережень. І цілісний опис ієрархічної системи складається з комунікації між спостерігачами різних рівнів, подібно до того, як комунікують спостерігачі різних інерціальних систем відліку в теорії відносності або створюється загальна наукова картина світу з мозаїки дисциплінарних картин.

С другої сторони, проблема інтерпретації споріднена проблемі розпізнавання образів. Грубо кажучи, ми бачимо в першу чергу те, що хочемо, що готові бачити, як на літографіях Моріса Ешера. Вспомніть гру фантазії при розгляданні причудливих форм хмар. Відчасти і наука не вільна від цієї гри, адже її роблять люди. Ми приводимо аргументи і пояснення з арсеналу культурно-історических домінант, в яких виховані, наукові парадигми, яким следуємо, авторитетів, яким віримо. І дуже часто відкриття, лежаче на поверхні, в руках ученого відкидається як методическа або приладна погрешність. І тих, хто міг, але не став нобелівськими лауреатами, набагато більше, ніж тих, хто осмелився думати і бачити світ інакше.

Принцип спостережності розуміється нами як відкритий комплексний епістемологічний принцип, його включення робить систему принципів синергетики відкритою до поповнення філософсько-методологіческими і системними інтерпретаціями. Наприклад, для живих і соціальних систем природно було б додати принципи реплікації, сопряження до середовища, коєволюції, для дослідження свідомості принцип рефлексії і т. д.

В висновок відзначимо обмеженість самої схеми розбиття реальності на буття і становлення в чистому вигляді. В останні десятиліття активно вивчаються системи, в яких хаотическе поведіння є нормою, а не тимчасовою аномалією, пов'язаною з кризою системи. Це, зокрема, турбулентність, кліматическі моделі, плазма. Це означає перекриття різних ієрархіческих рівнів на одному масштабі спостереження, присутствія неустойчивості, хаотичності на рівні буття — так називаємоє странні аттрактори, аттрактори з хаотическою компонентою. Т. е. *слідуеть розрізняти хаос буття і хаос становлення*. Прикладом хаосу буття є різноманітність форм життя біосфери, гарантуюче її стійкість; наявність легкої хаотичності ритмів серця, являющеєся ознакою доброї адаптивності серцево-судинної системи, необхідний для стійкості елемент стихійності ринку і т. д. Для таких систем повністю застосуємо образ *буття в становленні*.

Синергетика в сучасній Росії

Одна з центральних ідей синергетики — ідея *параметрів порядку*. Ці параметри визначаються в ході самоорганізації і далі самі починають

определять динамику всех степеней свободы. Для отечественной синергетики такими параметрами, на наш взгляд, являются научные школы или семинары. Именно они в трудное время выполняют роль «центров кристаллизации» научных идей молодёжи, исследователей, решивших, несмотря ни на что, остаться в науке.

Не претендуя на полноту, обратим внимание на некоторые из них. И начнем с тех, которые находятся не в столице. Там сохранить научный уровень, развить новые идеи, не утратить связь с образованием и труднее, и важнее.

Саратовская научная школа сейчас является ведущей в России. Эта школа возникла благодаря активному развитию теории колебаний в связи с задачами радиоэлектроники и радиолокации. В бытность её руководителя — член-корр. РАН Д. И. Трубецкова — ректором Саратовского университета им. Н. Г. Чернышевского удалось сделать очень много. От ежегодных конференций «Хаос» и «Нелинейные дни для молодых» до проведения обширной программы оригинальных исследований, связанных с приложениями синергетики. Очень ценной оказалась инициатива начинать конкретное знакомство с синергетикой со школьной скамьи. Особенно важным являлось в течение последних десяти лет издание журнала «Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика» — ведущего издания в области синергетики в России. Однако тираж журнала — немногим более 200 экземпляров — внушает обоснованную тревогу о судьбе всего синергетического сообщества России.

Одной из старейших в нашей стране научных школ является горьковская, у истоков которой стоял ещё А. А. Андронов. Её развитие также связано с большим комплексом задач, которыми в разные годы занимался Институт прикладной физики РАН. В городе есть и ряд других исследовательских центров и семинаров. Огромный вклад горьковской научной школы был внесен в математические исследования, связанные с синергетикой, начиная с классических работ Л. П. Шильникова (и его учеников) по аттрактору Лоренца и аттрактору Шильникова, и кончая последними достижениями.

Большой интерес представляет семинар Б. Г. Пойзнера в городе Томске, где присутствует и «естественнонаучная компонента», связанная с исследованиями физики лазеров, и глубокое философское осмысление истоков, связей, перспектив синергетики.

Большие традиции междисциплинарных исследований есть в Санкт-Петербурге. Ещё в 70-х годах в Ленинградском университете начинал работать под руководством Р. Г. Баранцева семинар по *семидинамике* — междисциплинарном направлении, сосредоточившем внимание на динамике развития знаковых систем. Можно сказать, что семодинамика была предшественницей синергетики. Более того, она рассматривала сущности, явления и взаимосвязи, не укладывающиеся в традиционную синергетическую парадигму. Поэтому вполне возможно, что время семодинамики в будущем. В течение ряда лет в Ленинграде успешно работал семинар по синергетике, сыгравший важную роль в становлении этого подхода.

В Москве ряд семинаров по синергетике работал и работает в МГУ. Вероятно, старшим из них является семинар на физическом факультете МГУ, в руководстве

которым долгие годы участвовали Ю. Л. Климонтович и Ю. А. Данилов. Потом эстафета была подхвачена на биологическом факультете Г. Ю. Ризниченко. Эта проблематика регулярно обсуждалась на конференциях «Математика, компьютер, образование», которые она и ее коллеги с кафедры биофизики проводят уже более 10 лет. Позже к ним добавился семинар по математическим моделям нелинейных явлений под руководством академика В. А. Садовниченко. Более десяти лет участники этого семинара совместно плодотворно работали с И. Р. Пригожиным и представителями его научной школы.

Благодаря энергии и настойчивости О. П. Иванова, выпущено уже 7 томов альманаха «Синергетика» — трудов «семинара по синергетике» на 31-ом этаже главного здания МГУ.

Большое значение в становлении синергетики, в пропаганде ее идей сыграла научная школа член-корр. РАН С. П. Курдюмова, сложившаяся в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН. Исследования этого коллектива начинались с задач газовой динамики, теории взрыва, физики плазмы. Позже в сферу интересов этого коллектива вошёл динамический хаос, проблемы прогноза и парадигма сложности. В институте работает семинар «Будущее прикладной математики». По инициативе С. П. Курдюмова был начат выпуск серии книг, председателем редакционной коллегии которой стал представитель той же научной школы — Г. Г. Малинецкий.

Проблемы философии и методологии синергетики и постнеклассической науки около двадцати лет активно разрабатываются в Институте философии РАН под руководством директора института академика В. С. Стёпина и заведующего сектором философии междисциплинарных исследований В. И. Аршинова. Уже более десяти лет идет преподавание синергетики во всех гуманитарных вузах России в рамках курса «Концепции современного естествознания» по программам В. Г. Буданова.

Центры и семинары синергетики для гуманитариев в последнее десятилетие образовали целый континент, требующий особого внимания и методологической поддержки синергетического сообщества. Они возникли в Российской академии государственной службы при президенте РФ, в Санкт-Петербургском, Томском, Удмуртском, Белгородском государственных университетах и в других вузах России. Сегодня преподавание синергетики для педагогов и школьников, например, проходит не только в Саратовском лицее при СГУ, но и в ижевской гимназии № 56, московской школе № 363, в лицее Дубны.

Очень важно, что все упомянутые научные и педагогические школы живы, семинары проводятся, труды издаются. Пока есть люди, которые могут передать эстафету. Важно, чтобы в следующем поколении было кому её принять.

Заключение

Итак, синергетика возникла как теория кооперативных явлений в задачах лазерной тематики, но постепенно приобретала более общий статус теории, описывающей незамкнутые, нелинейные, неустойчивые, иерархические системы. Уже в области естествознания существует оппозиция такому толкованию

синергетики. Кто-то предпочитает говорить о нелинейной динамике, или теории диссипативных систем, теории открытых систем, теории динамического хаоса, аутопойэсисе и т. д. На наш взгляд, апология синергетики может быть оправдана лишь после введения в рассмотрение проблематики наблюдателя, человекомерных систем, самореферентных систем; синергетики как методологии, расширенной на область целостной культуры. Ведь процесс моделирования неизбежно включает эпистемологические принципы синергетики, закольцованные с ее онтологическими принципами. Вот в этом расширительном толковании мы и понимаем синергетику в данной работе. Философски говоря, синергетика — это наука (точнее говоря движение в науке) о становящемся бытии, о самом становлении, его механизмах и их представлении. И здесь важно избежать другой крайности, не профанировать ее методы, не увлекаться модной синергетической фразеологией, произвольно сплетая метафоры; но, оставаясь на позициях конкретной науки, использовать ее потенциал как технологию универсалий, реализуемую в практической деятельности.

Литература:

1. *Синергетическая парадигма. Многообразие поисков и подходов.* — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — С. 536. Смотрите также выпуски: Синергетическая парадигма. — М.: Прогресс-Традиция, 2002, 2003, 2004 гг.
2. *Стратегии динамического развития России: единство самоорганизации и управления.* — М.: Проспект, 2004. — т. I-VI.
3. *Хакен Г. Синергетика.* — М.: Мир, 1980.
4. *Пригожин И. От существующего к возникающему.* — М.: Мир, 1984.
5. *Климонтович Ю. Л. Физика открытых систем.* — М.: Наука, 2000.
6. *Чернавский Д. С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. Серия «Синергетика от прошлого к будущему».* — М.: УРСС, 2004. — 288 с.
7. *Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах.* — М.: Мир, 1979.
8. *Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего.* — М.: Наука, 1997.
9. *Малинецкий Г. Г., Потанов А. Б. Современные проблемы нелинейной динамики.* — М.: УРСС, 2002. — 360 с.
11. *Курдюмов С. П., Князева Е. Н. Основания синергетики.* — СПб.: Алетей, 2002.
12. *Степин В. С. Теоретическое знание.* — М.: Прогресс-Традиция, 2000.
13. *Степин В. С. Проблемы описания развивающихся систем. // Вопросы философии.* — 2003. — № 8.
14. *Аршинов В. И. Синергетика как феномен постнеклассической науки.* — ИФРАН, 2001.
15. *Аршинов В. И., Буданов В. Г. Синергетика — эволюционный аспект. // Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления.* — ИФ РАН, Арго, 1994.
16. *Буданов В. Г. Трансдисциплинарное образование, технологии и принципы синергетики. Синергетическая парадигма.* — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — С. 285–305.
17. *Аршинов В. И. Буданов В. Г. Когнитивные основания синергетики. Синергетическая парадигма.* — М.: Прогресс-Традиция, 2002.
18. *Буданов В. Г., Мелехова О. П. Концепции современного естествознания.* — М.: МГТУ ГА, 1998.

19. *Баранцев Р. Г.* Синергетика в курсе концепции современного естествознания.
20. *Буданов В. Г.* Когнитивная физика или когнитивная психология. В кн. Событие и смысл. — М.: ИФ РАН, 1999. — С. 61–95.
21. *Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С.* Введение в синергетику. — М.: Наука, 1990.
22. *Чуличков А. И.* Математические методы нелинейной динамики. — М.: Физматлит, 2000.
23. *Ризниченко Г. Ю.* Математическое моделирование в биологии. — Ижевск-Москва: РХД, 2002. — Т. 1.
24. *Андрианов И. В., Баранцев Р. Г., Маневич Л. И.* Асимптотическая математика и синергетика. Путь к целостной простоте. — М.: УРСС, 2004. — С. 303.
25. *Буданов В. Г.* Синергетика коммуникативных сценариев. // Синергетическая парадигма. Когнитивно-коммуникативные стратегии современного научного познания. — М.: Прогресс-Традиция, 2004. — С. 444–461.
26. *Аршинов В. И., Буданов В. Г.* Роль синергетики в формировании новой картины мира. // Вызов познанию. Стратегии развития науки в современном мире. — М.: Наука, 2004. — С. 374–393.
27. *Аршинов В. И., Буданов В. Г., Войцехович В. Э.* «Принципы процессов становления в синергетике». Труды XI Международной конференции «Логика, методология, философия науки». — Секция 8. Методологические проблемы синергетики». — Москва-Обнинск, 1995. —Т. VII. — С. 3–7.
28. *Буданов В. Г.* Принципы синергетики и язык. // Синергетика человекомерной реальности. Философия науки. — № 8. — М.: ИФРАН, 2002. — С. 340–354.
29. *Хакен Г.* Синергетика как мост между естественными и социальными науками // Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. — М.: Прогресс-Традиция, 2003. — С. 106–123.
30. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. — М.: Мир, 1987.
31. *Добронравова И. С.* Синергетика: становление нелинейного мышления. — К.: Лыбидь, 1990.

Володимир Буданов. Методологія і принципи синергетики

Стаття розглядає синергетику в її історичному становленні і репрезентує багатоманіття наявних у світовій та вітчизняній науці підходів до розуміння цього трансдисциплінарного наукового напрямку. Автор аналізує основні принципи синергетики і її функції в сучасній культурі. Синергетика як картина світу, методологія і наука стають предметом спеціального аналізу. Співвідношення синергетики й філософії прояснюється у контексті розгляду синергетики як феномену постнекласичної науки.

Volodymyr Budanov. Methodology and Principles of Synergetics

Historical development of Synergetics and great variety of the approaches existed in the world and Russian science to understanding of this interdisciplinary scientific direction is examined in the article. The author presents an analysis of the main synergetic principles, its role in the contemporary culture. Synergetics as a picture of the World, methodology and science is a subject of special analysis. Correlation between Synergetics and Philosophy could be understood only if Synergetics is considered as a phenomenon of postnonclassical science.