

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАДИГМЫ

© 2016 г. В.В. Смолянинов* **

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4;

**Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
142290, Пушкино Московской области, ул. Институтская, 3

E-mail: smolian@mail.ru

Поступила в редакцию 13.07.16 г.

Дан краткий обзор технологий биофизического познания, которые соответствуют разным методологическим парадигмам и трактуются как разные лингвистические формы знания.

Ключевые слова: сложные биосистемы, системный подход, информационные технологии, измерительные методы, проблема понимания.

В современной гносеологии существуют разные точки зрения относительно методологии развития науки. Я ограничусь двумя аспектами. С одной стороны, в хорошо известной монографии «Структура научных революций» Т. Кун [1] обосновал новый тезис о скачкообразной методологии развития науки: новые понятия совершают парадигмальные революции в процессе монотонного накопления научного знания, когда приходится пересматривать концептуальные основы сложившейся науки. Простейший яркий пример: когда М. Планк ввел новое физическое понятие «кванта», стала формироваться принципиально новая физика элементарных частиц – квантовая механика. Другой аспект научной гносеологии выражает известное изречение Д.И. Менделеева: «Наука начинается тогда, когда начинают измерять», т.е. когда накапливаются количественные данные, допускающие математический анализ, ориентированный на выявление теоретических закономерностей и новых теоретических понятий.

В истории науки известны примеры, когда новые понятия возникали раньше создания адекватных им измерительных средств, тогда теоретические революции «откладывались» в ожидании своего экспериментального обоснования. Например, теоретическое понятие механической «энергии» придумал еще Аристотель – «способность тела продолжать движение и совершать работу», но потребовались века, чтобы экспериментально обосновать фундаментальное значение этого понятия для физики, привлекая для этого как механические, так и термодинамические измерения. Аристотель пытался описать и понять термодинамические явления, пользуясь качественными понятиями «тепла и холода», т.е. здесь ему явно не хватало нового понятия «температура», появление которого стало возможно только после того, как был

изобретен соответствующий измерительный прибор – «термометр».

Т. Кун ограничился выделением только концептуальных, т.е. теоретических научных революций, которые порождаются новыми понятиями. Но, по-моему, не менее важны для формирования новых научных парадигм экспериментальные революции, порождаемые новыми измерительными инструментами. Из второго аспекта в частности следует, что физика элементарных частиц перестала развиваться, поскольку дошла до предела измерительных возможностей. Вместе с тем ресурс измеримости биофизических систем пока неисчерпаем, поэтому неисчерпаемы пока возможности развития этой науки.

Кроме того, Т. Кун обходит причинные аспекты смен научных парадигм, но анализ исторических примеров позволяет выдвинуть следующую гипотезу: преобразующие («революционные») этапы познания определяются конструктивным мировоззрением, которое опирается на накопленный опыт описательных представлений, подготавливающих возможность более адекватных теоретических реконструкций.

Системная организация природы – живой и неживой – допускает разные информационные технологии познания ее бытия, использующие разные методы представления знания – описательный, аналитический и синтетический. Эти методы соответствуют разным гносеологическим парадигмам, а также разным онтологиям, поскольку выявляют разные сущности познавательных объектов и познающих субъектов.

ПАРАДИГМА НАБЛЮДАТЕЛЯ

Всякое познание природных явлений и объектов начинается, как известно, с наблюдений и последующих описаний результатов наблю-

дений, которые далее подвергаются упорядочению, систематизации и классификации. Первичное описательное познание было естественно для ранней античной науки и для эпистемологической философии Платона [2]. Общий принцип такого познания кратко выражает следующая лингвистическая формула «парадигмы Наблюдателя»:

«Я знаю то, что могу описать».

Общая задача описательного познания – это лингвистическая фиксация и документирование сенсорных («чувственных») впечатлений и представлений, отождествляемых с фактами, а также мыслей («аргументов»), сопутствующих наблюдениям – гипотез, эвристик, домыслов, мнений и фантазий. Следует отметить, что, с одной стороны, благодаря решению именно описательных задач создавались и развивались языки разных народов, а с другой стороны, благодаря лингвистическому прогрессу «умнели» и народные этносы, конечно, в разной степени. Есть основания считать, что уровень лингвистической культуры народа служит базовым уровнем его общей гуманитарной культуры. Наиболее развитыми являются современные европейские языки, поскольку они обладают огромной семантической емкостью, позволяющей обсуждать и понимать любые гуманитарные и научно-технические проблемы, включая логические парадоксы, не решаемые формальными средствами. Или же, например, обсуждать математическую природу геделевских теорем о неполноте формальных теорий и искать новые методы преодоления таких трудностей.

Недавно на семинаре мы обсуждали структуру китайской письменности и неожиданно обратили внимание на отсутствие иероглифов для выражения шуток. Отсюда естественно последовал вывод: радоваться жизни китайский народ умеет, но шутить – не способен. А также возник вопрос: существенно ли для научно-технического прогресса умение шутить и, вообще, обладать чувством юмора? Древняя китайская культура знаменита многими техническими изобретениями. Следовательно, для технического творчества чувство юмора не требуется? Однако теоретическую науку – метафизику – китайцы не создавали, и более успешными в этом абстрактном деле оказались древние греки, обладавшие чувством юмора (разные шутки приводятся в текстах Аристотеля).

ПАРАДИГМА АНАЛИТИКА

Более строгий формальный язык логического вывода заключений сначала формировался в контексте систематизаций методов решений математических задач. Затем он стал использоваться более широко – для выяснения семантико-логических связей нематематических понятий, например, этических, эстетических и др.

Попытка пифагорейцев придать математическим понятиям онтологический статус – «все число» – инициировала создание новой аналитической методологии познания природы, получившей впоследствии название «научной».

Первым целенаправленным разработчиком научной методологии – в духе «парадигмы Аналитика» – был Аристотель [3], который ввел новый онтологический принцип:

«Я знаю то, что могу доказать».

Сначала, как известно, Аристотель тщательно разработал *логику* – науку о доказательствах, включающую дедуктивные и индуктивные методы. При этом первоначальным стимулом для создания *логики* и *аналитик* послужили, с одной стороны, споры с софистами, а с другой – диалектический метод умозаключений Сократа, основанный на наводящих вопросах, помогающих – посредством последовательных обобщений – достижению окончательного вывода или, так сказать, истины. Интересна мотивация создания и последующих естественнонаучных трактатов – «Физика», «Метафизика», «О небе», «О душе» и др., которые следует, по-моему, интерпретировать как примеры первого концептуального познания физических и биологических существей в духе новой аналитической парадигмы. Создавая *логику*, Аристотель осознал естественнонаучную универсальность аналитической методологии: если метод наводящих вопросов и последовательных обобщений использовать не только, например, в судопроизводстве – для достижения юридической истины, а с целью выявления научных истин, то результатом будет логически обоснованное знание природных существей – начал (аксиом) и следствий (законов). Именно логико-аналитическая методология Аристотеля породила тот научный подход, который в наше время называется «системным», с декларации такого подхода начинается его «Физика»:

«Знание, как научное познание, возникает при всех исследованиях, которые простираются на начала, причины и элементы, путем их уяснения. Естественный путь к этому ведет от более понятного и явного для нас к более явному и понятному по природе: ведь не одно и то же понятно для нас и вообще. Для нас же в первую очередь ясны и явны скорее слитные, и уж затем из них путем их расчленения становятся известными элементы и начала».

Короче говоря, естественный путь научного познания – это от целого к элементам и аксиомам, а затем – от аксиом элементов к целому. Этот путь, действительно, оказался естественным для последующего развития как физики, так и других наук.

Следует здесь отметить, что термин «начала» в естественнонаучных трактатах Аристотеля

является синонимом термина «аксиомы», который впервые ввел сам Аристотель, но его явное определение имеется только в трактате «Вторая аналитика»: «аксиомы – то, на основании чего ведется доказательство». Таким образом, системный подход Аристотеля – это, по существу, *аксиоматический метод*. Такое название стало основным после того, как этот метод, по-видимому впервые, использовал Евклид для изложения геометрии.

ПАРАДИГМА ФИЗИКА

Особая категория научного знания, обусловленная выбором или открытием измерительных инструментов, формировалась в духе «парадигмы Физика»:

«Я знаю то, что могу измерить».

Первичные понятия измерительной категории – длина и время, а соответствующие инструменты – линейки и часы. Аристотель знал только три типа часов – солнечные (гномон), песочные и водяные (клепсидры). Существование разных типов часов указывало на практическую возможность использования разных эталонных движений – Солнца, песка или воды, для измерения одного того же времени:

«Время есть мера нахождения тела в состоянии движения – оно измеряет движение путем другого ограниченного движения (так локоть измеряет длину путем определения некоторой величины, которая служит мерой произвольной длины). Каким будет [эталонное] движение, таким будет и время».

Научные революции, связанные с пространственно-временными измерениями, хорошо известны. Первую такую революцию, как известно, совершил Н. Коперник.

Вторую революцию и в астрономии, и в механике совершили Т. Браге и И. Кеплер. Не будет преувеличением сказать, что они совершили ее совместно – Браге как выдающийся экспериментатор, а Кеплер – как выдающийся теоретик. Браге достиг наивысшей точности астрономических измерений, осуществленных невооруженным глазом. Удивительно, но этой точности оказалось достаточно для того, чтобы Кеплер смог доказать эллиптичность траекторий планетарных движений. Последующее изобретение телескопа, произошедшее вскоре после смерти Браге, радикально изменило астрономическую практику, но не сразу – таблицами Кеплера, содержащими будущие координаты планет на 200 лет вперед, мореплаватели пользовались до конца, т.е. на протяжении еще 200 лет.

Третья революция в физике – релятивистская – тоже связана с пространственно-временными измерениями. Выяснилось, что если вместо твердых (евклидовых) линеек для измерения расстояний использовать радар, т.е. если измерять расстояние временем распространения сигнала «туда и обратно», то получается новая хроногеометрия, ее в 1908 г. открыл Г. Минковский. Релятивистская проблема имеет биомеханическое продолжение. Во время ходьбы наш мозг тоже решает задачи согласования событий двух систем отсчета – собственного тела и внешнего пространства [4].

Формирование экспериментальной физики, основанной на измерениях, инициировал Архимед и продолжил Г. Галилей. Варьирование экспериментальных условий – это главная революционная идея Галилея, которая и привела его к открытию *законов* падения тел. С именем Галилея связано изобретение новых измерительных приборов – термометра и барометра. Последующее совершенствование этих инструментов способствовало формированию научных понятий температуры и давления, которые стали базовыми теоретическими референтами термодинамики. Методология инструментальных измерений стала базовой парадигмой новой физики, всех ее новых разделов – термодинамики, оптики, электродинамики и атомной физики.

Измерительные технологии физики стали внедряться в химию, способствуя революционному преобразованию химических исследований. Современная биофизика тоже формировалась в первую очередь на экспериментальной волне внедрения в биологию физических измерений – методов электронной микроскопии, электрофизиологических измерений, пространственных реконструкций макромолекул.

ПАРАДИГМА КОНСТРУКТОРА

При написании докторской диссертации [5] я обратил внимание на целесообразность выделения еще одного онтологического принципа – в духе «парадигмы Конструктора»:

«Я знаю то, что могу построить».

Представляет ли строительный принцип особый тип знания? Аристотель использует в «Метафизике» образ строителя дома, называя его знание «опытным». Затем он противопоставляет опытное знание знанию физика-теоретика, постигающего «причины» и «смысл» бытия, а не только его материальные «формы». Но строительная, иначе говоря, конструкторская деятельность человека не ограничивается материальным производством.

Ведь строить приходится и теории. Теоретические тенденции конструктивных методов имеют глубокие корни и происходят, конечно, из физики. По-видимому, И. Ньютон был пер-

вым теоретиком-конструктором в физике – используя кинематические законы И. Кеплера и экспериментальные данные Г. Галилея как *инварианты* природы, Ньютон реконструировал динамику небесной механики. Сам Ньютон назвал свою реконструкцию «теоретической физикой». Эстафету теоретического реконструирования сначала принял от Ньютона Л. Эйлер – он начал разрабатывать аналитический аппарат классической механики. Затем в этот творческий процесс включились Ж. Даламбер, Ж. Лагранж, П. Лаплас и многие другие. На этой волне теоретического энтузиазма были предсказаны и открыты новые планеты. Новая революция в физике началась тогда, когда Дж. Максвелл реконструировал электродинамику по экспериментальным результатам М. Фарадея, а Г. Герц, пользуясь теорией Максвелла, предсказал и открыл радиоволны.

Я не собираюсь перечислять все замечательные достижения физики. Опонируя Куну, я хотел проиллюстрировать свой тезис: революции в науке делали не только и не столько новые понятия, но и новые методы – измерительные (в эксперименте) и реконструктивные (в теории). В XX веке физика достигла экспериментальных границ измеримости – это касается, с одной стороны, современных теорий элементарных частиц, а с другой стороны – астрофизических концепций «черных дыр» и «расширяющейся Вселенной». Метод остался, а субстрат фундаментальных исследований иссяк. За 300 лет коллективных гениальных усилий физики исчерпали все измеримые физические сущности, не так ли? Похоже, остались для физиков только прикладные нанотехнологии и очень дорогие игрушки – синхрофазотроны. Что делать физикам дальше? Ведь на всех синхрофазотронах не хватит. И нанотехнологий тоже.

Здесь уместно вспомнить, что Аристотель учреждал *Физику* как науку о *Природе* – неживой и живой, т.е. как *Биофизику*. Физики неживой природы опередили в своем научном развитии физиков живой природы только потому, что она оказалась проще. Раз «неживая физика» успешно закончилась, настало время переключаться на более трудную «живую физику», здесь фундаментальных проблем еще надолго хватит.

Одна из проблем: мозг – вычислительная машина, или мозг – конструктор?

Мне вторая версия представляется более содержательной потому, что умозрительные и концептуальные модели окружающего нас внешнего мира мозг строит, используя в качестве информационного канала всю совокупность сенсорных систем. В настоящее время ясно, что, например, визуальный образ внешнего мира строится в нашем сознании средствами ментального моделирования и итоговая

виртуальная модель соответствует реальному миру. Это следует, в частности, из экспериментов с очками, дающими перевернутое изображение внешнего мира. Базовая задача пространственного ментального моделирования – формирование и навигация двух систем отсчета, связанных с собственным телом и внешней средой. Несомненно, задачи формирования координатных базисов и координационного моторного управления относятся к классу строительных задач, поскольку они избыточны по степеням свободы и сильно вариативны по конфигурационным и динамическим условиям выполнения произвольных и локомоторных движений.

Фундаментальная значимость конструктивных биотехнологий становится очевидной при анализе актов эмбриогенеза и онтогенеза. Упрощенно говоря, управляющей информационной машиной этих актов является геном, выступающий в роли *Строителя* (или *Конструктора*?) клеток и, возможно, многоклеточного организма. Можем ли мы говорить, что геном «знает» то, что он делает? Отрицательный ответ здесь очевиден, поскольку задачи осознания знания решаются специальной «познающей машиной» – мозгом человека. Небезынтересна другая постановка аналогичного вопроса: что должен знать мозг, чтобы понимать и имитировать функции генома? Собственно выяснением этого вопроса и занимается современная молекулярная генетика, ведь конструктивное научное знание должно соответствовать конструктивной онтологии генома. Видимо, только мозг человека обладает особой интеллектуальной способностью осознания любого собственного знания, даже спрятанного в подсознании и предназначенного для выполнения многих «неинтеллектуальных» управляющих функций, присущих и животным.

Что касается технической деятельности человека, связанной со строительством зданий и производством машин – механических, тепловых, химических, электрических и вычислительных – то необходимые для этого знания можно характеризовать как прикладные или как технические, присущие инженерному творчеству и техническому мышлению. Однако и в конструктивном прикладном знании имеется своя фундаментальная, т.е. теоретическая, компонента, которая пока еще мало исследована. Дело здесь в том, что в конструктивной онтологии роль научной методологии играют технологии, содержащие задачи координации многоэлементных и многопараметрических процессов производства и монтажа. Существенный прогресс в понимании таких задач произошел в последние десятилетия благодаря развитию компьютерных методов моделирования, в частности, систем автоматизированного проектирования и методов искусственного интеллекта.

ПАРАДИГМА ПРОГРАММИСТА

Современные средства компьютерного моделирования, включая технологии объектно-ориентированного программирования, создают принципиально новые возможности развития конструктивной онтологии, во-первых, виртуального типа, например, для изучения и оптимизации модельного технологического процесса, во-вторых, реального типа – для управления реальным производственным процессом. Более того, почти все формальное естественнонаучное знание, представленное в математической форме, постепенно подвергается компьютерному программированию и моделированию. Компьютерная лингвистика позволяет сочетать аналитические, т.е. вычислительные, методы с логическими и конструктивными методами, а также с графикой и анимацией. Поэтому весьма актуальной становится грядущая виртуальная онтология в духе «парадигмы Программиста»:

«Я знаю то, что могу запрограммировать».

Пока самыми трудными и неразрешимыми для компьютерного интеллекта являются те задачи, которые человек решает сравнительно легко. Например, задачи семантического анализа и понимания текстов. Я не буду специально рассматривать разные аспекты творческой деятельности человека, к которой компьютер в принципе не способен. Ограничусь простой ссылкой. Аристотель в качестве одного из характеристических свойств знания выделяет возможность его передачи – от учителя к ученику. При этом, хотя талантливый учитель может многому научить необразованного ученика, но только не творчеству, поскольку творчество всегда индивидуально и уникально. Кроме того, творческий человек обычно сам не знает, почему и как он творит. Следовательно, учить творчеству компьютер – пустая затея.

Каково же то *Знание*, которое можно передавать и которому можно научить?

Во-первых, передача *Знания* не эквивалентна передаче информации. В компьютере передача информации осуществляется просто – переписыванием файлов с диска одного компьютера на диск другого. При этом вместе с программным продуктом автоматически переносится и «компьютерное знание». Но аналогичным образом переписывать знание из мозга учителя в мозг ученика невозможно. Традиционный древний способ – либо устно (лекция, диалог), либо письменно (учебник). В обоих случаях необходимо, чтобы ученик понимал учителя, что возможно, но только если ассоциативные пространства учителя и ученика, так сказать, изоморфны. Обычно такое возможно в университетах. В школе, тем более в начальной, ученик обычно не понимает большую часть того нового знания, которое передает учитель. Тупик? Да. Выход из семантического тупика заложен

в собственной активности ученика. Сначала он «механически» запоминает полученную информацию как некоторую «лингвистическую музыку». Затем многократно проигрывает эту музыку в разных вариациях, чтобы выделить инвариантную мелодию или семантическую синергию, которую более адекватно называть содержательной мыслью.

Наиболее просто ученики усваивают правила и методы, представляющие скорее синтаксические и технологические знания, которые позволяют создавать типовые примеры вариантов и различать изменчивые и инвариантные ассоциативные связи.

Вывод: передача знания невозможна без самоосмысления полученной информации, без самостоятельного открытия ее содержания.

Замечу, что сходным образом человек учится новым движениям, например танцевальным (под заданную музыку), – он повторяет демонстрируемые движения, пока сам не решит собственную координационную задачу, т.е. «запрограммирует» новую синергию.

Все, так сказать, формальное знание, включая математику плюс математические разделы физики, химии и биологии, – это преимущественно синтаксическое и технологическое знание. Именно поэтому нам удастся «обучить» этому знанию компьютер.

Современная компьютерная интерпретация живых систем порождает новые аспекты конструктивной онтологии. При создании антропоморфного робота в духе стандартной компьютерной метафоры, нам, выступающим в роли *Конструктора*, многое в принципе понятно в плане организации имитационного управления. Например, какое программное обеспечение необходимо для имитации моторных функций, даже весьма сложных. Существенно более сложная задача, решение которой до сих пор неизвестно, – имитация разговорного диалога компьютера с человеком. Многие, возможно, помнят тест А. Тьюринга на тему «Может ли машина мыслить?» [6]. Интересно, что на этот же вопрос ранее пытался ответить Р. Декарт, развивая оригинальную концепцию «человек – машина». Разница в том, что Декарт не знал какой машине соответствует человек (или животное), а Тьюринг под машиной понимал компьютер и даже не какой-то компьютер – даже самый быстрый, а некоторую универсальную компьютерную программу («машину Тьюринга»).

ПАРАДИГМА РАЗУМА

За полвека после Тьюринга и вычислительные машины, и программные средства радикально прогрессировали. Более того, тест Тьюринга инициировал развитие особой информа-

ционной технологии, ориентированной на создание «искусственного интеллекта». Тем не менее, несмотря на большие интеллектуальные усилия разработчиков и огромные финансовые затраты заказчиков, научить компьютер мыслить пока не удалось. Почему? Потому что пока не понятно чему надо компьютер учить, чтобы научить его «мыслить». Выходит, что мы сами не понимаем, что значит мыслить, т.е. не знаем онтологию мышления в духе «парадигмы Разума»:

«Я знаю то, что могу понять».

Широко известна «шутка» Декарта [7]: «Я мыслю – значит, существую» («*cogito – ergo sum*»). Некоторые философы серьезно считают, что эта парадоксальная фраза инициировала развитие новой «когнитивной психологии». Но, по-моему, с онтологической точки зрения эта фраза некорректна. Здесь «моя мысль» служит первичным идентификатором «моего существования», тогда как, если без шуток, «мое существование» – необходимое условие «моего мышления», а мышление необходимо для понимания не только факта моего существования, но и существования моего сознания, а также внешнего мира, не связанного с моими мыслительными способностями.

Вообще говоря, мысль – это лингвистический продукт, или же лингвистический инструмент, необходимый для семантического анализа «смысла бытия» и для понимания других людей, например, ради их счастья и блага.

Научить компьютер понимать тексты, написанные человеком, – вот первая принципиальная задача на пути к «компьютерному разуму». Когда эту задачу удастся решить, тогда компьютер станет «верным другом человека», конкурируя с собакой. Но на этом шаге мы еще не научим компьютер мыслить. По-моему, следующий необходимый шаг – научить компьютер понимать шутки. Только для этого не следует использовать, как отмечалось выше, китайские тексты, лучше английские (английский юмор тоньше мудрости востока) или русские (русские анекдоты всегда укрепляли критический дух нации).

Когда компьютер приобретет чувство юмора, он далее сам научится мыслить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Т. Кун, *Структура научных революций* (Прогресс, М., 1975).
2. Платон, *Диалоги* (Мысль, М., 2000).
3. Аристотель, *Сочинения в 4-х томах* (Мысль, М., 1976–1983).
4. В. В. Смолянинов, *Успехи физ. наук*, 170 (10), 1063 (2000).
5. В. В. Смолянинов, Дис. ... докт. физ.-мат. наук, Пушкино, ИБФ АН СССР, 1985.
6. А. Тьюринг *Может ли машина мыслить?* (Физматгиз, М., 1960).
7. Р. Декарт, *Разыскание истины* (Азбука, СПб., 2000).

Ontology Paradigms

V.V. Smolyaninov* **

*Blagonravov Institute of Machine Science, Russian Academy of Sciences,
Maly Kharitonyevsky per. 4, Moscow, 101990 Russia

**Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences,
ul. Institutskaya 3, Pushchino, Moscow Region, 142290 Russia

This paper provides a short review of technologies for biophysical insight. They are correlated to different methodology paradigms and are considered as different linguistic forms of knowledge.

Key words: complex biosystems, system approach, information technology, measuring methods, problem with understanding

Сдано в набор 15.08.2016	Подписано к печати 14.10.2016	Дата выхода в свет 25.11.2016	Формат 60x88 ¹ / ₈
Цифровая печать	Усл. печ. л. 26,0	Усл. кр.-отт. 3,2 тыс.	Уч.-изд. л. 26,0
	Тираж 139 экз.	Зак. 753	Цена свободная

Учредители:
Российская академия наук,
Институт биофизики клетки РАН

Издатель: Российская академия наук. Издательство «Наука»
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

Отпечатано в ППП «Типография «Наука», 121099, Москва, Шубинский пер., 6