

**КОНЦЕПЦИИ ПОСТНЕКЛАССИКИ
И РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ В XXI ВЕКЕ***

Т.С. АХРОМЕЕВА, Г.Г. МАЛИНЕЦКИЙ, С.А. ПОСАШКОВ

Введение

Развитие различных областей знания вновь и вновь проходит одну и ту же последовательность в формировании научных дисциплин: *описание – классификация – построение теорий – прогноз*. В настоящее время многие области науки, да и научное познание в целом, подошло к такому этапу своего развития, на котором именно прогноз становится важнейшим результатом научных исследований. Чтобы эффективно действовать и строить плодотворные и перспективные программы научных исследований, сегодня следует заглядывать в будущее. В качестве примера можно привести такую научную дисциплину, как история. В 1996 г. С.П. Капицей, С.П. Курдюмовым и Г.Г. Малинецким была выдвинута междисциплинарная исследовательская программа, получившая название *математической истории* и связанная с тремя основными моментами¹:

– полномасштабным математическим моделированием исторических процессов (что позволяет строить гораздо более полные, точные и объективные исторические реконструкции и помогает понять многие процессы на более высоком уровне);

– исследование на основе построенных моделей альтернативных сценариев исторических событий (при этом у истории появляется *сослагательное наклонение*);

– использование построенных концептуальных и математических моделей для *исторического прогноза*, на основе которого может быть дан *стратегический прогноз*, который должен лежать в основе управления обществом, его организации и самоорганизации (таким образом, у истории появляется еще и *повелительное наклонение*).

Последний пункт особенно важен. При наличии достаточно подробного и проработанного исторического прогноза появляется возможность объективно оценить, насколько глубоко и точно мы понимаем причины, динамику и следствия исторических процессов.

* Исследование проведено в рамках проектов РГНФ «Междисциплинарный анализ инновационных стратегий и процессов модернизации», грант № 12-03-00387 и РФФИ «Междисциплинарное исследование социальных основ глобальных процессов и новых путей решения глобальных проблем», грант № 12-06-00402.

Идеи математической истории были подхвачены рядом российских и американских исследователей², активно обсуждались на нескольких международных конференциях³. Несколько попыток исторического прогноза, опирающихся на формализованные модели, предпринятых около 30 лет назад в Институте прикладной математики, Институте системного анализа, Вычислительном центре Академии наук, а также рядом западных исследователей, дали удивительно точные описания исторического пути, пройденного нашей страной и мировым сообществом в последующие десятилетия⁴.

С этой точки зрения представляется интересным и важным взглянуть и на философию науки. В самом деле, с одной стороны, в основополагающих работах В.С. Стёпина разработана целостная, системная логико-методологическая картина научного знания⁵.

С другой стороны, в философии науки развивается представление о *неединственности путей развития научного знания, о поле возможностей*, из которого в ходе исторического развития выбирается одна или несколько траекторий. «Вот так же, как наука движется в системе этих идеализированных объектов, философия начинает двигаться в системе этих идеализированных смыслов, причем она проводит эту работу постоянно. С одной стороны, она представляется рефлексией над основаниями культуры, она должна улавливать изменения, которые возникают в культуре своей эпохи, а с другой стороны, она изобретает иные миры, возможные миры человеческой жизнедеятельности. Вот тогда я вспомнил лейбницеву идею о том, что математика – это наука о возможных мирах человеческой жизнедеятельности: не тех, которые уже реализованы, а тех, которые могут возникнуть в возможном будущем»⁶.

С третьей стороны, начиная с ранних работ, касающихся критики Венского кружка и кончая последними исследованиями, В.С. Стёпин следует идее Маркса, считавшего что «объект дан познающему субъекту не в форме созерцания, а в форме практики». Отсюда следует, что науку надо рассматривать в связи с философией и другими сферами культуры, во взаимодействии с деятельностью общества и в контексте исторического развития.

Развивая этот подход, можно вывести философию науки из области констатаций, рефлексии, методологии, ориентированной на прошлые достижения исследовательской деятельности отдельных цивилизаций и человечества в целом и поставить вопрос о будущем. Вероятно, это направление, подобно математической истории, может обрести прогностические функции, найти опору в междисциплинарных подходах, вербальных и формализованных моделях, ориентированных на описание научной практики и ее прогноз, непосредственно проследить взаимное влияние ценностей, смыслов, культуры и исследовательской стратегии общества. Цель этих заметок – обосновать

необходимость и очертить несколько направлений такого проектного, междисциплинарного подхода в философии науки.

Карта незнания

А ведь одна из главных обязанностей ученого — определять не масштаб познанного (оно говорит само за себя), но размеры еще не познанного, незримого Атланта наших познаний.

С. Лем

Важнейший вопрос в контексте перспектив познания — анализ переднего края науки и очерчивание области непонятого, неясного, неисследованного. Подобно мореплавателям эпохи Великих географических открытий, исследователям XXI в. очень важно было бы иметь такую «карту незнания», а лицам, принимающим решения и определяющим научную политику, — перечень возможных экспедиций в неведомое и связанных с ними надежд. Это могло бы стать одной из важнейших задач философии науки начавшегося века.

В 1960-х гг. на науку возлагались огромные надежды. Во множестве статей ее рассматривали как «непосредственную производительную силу», считая, что вложение средств в научные поиски должно давать «экономический эффект» в обозримом будущем. И это действительно так, но только если направление выбрано верно, а научная работа проводится на высоком уровне. Однако чаще всего это не так, и множество исследований, выполненных в десятилетия, которые последовали за оптимистическими 60-ми, не оправдали возлагавшихся надежд и породили в мировом сообществе атмосферу разочарования в науке и недоверия к ней.

В эти же годы на основе анализа, касающегося развития науки, было показано, что если N — численность исследователей, и она достаточно велика в масштабах общества, то стоимость работы такого научного сообщества пропорциональна N^2 , а эффективность деятельности — объем новых полученных знаний — пропорциональна $N^{1/2}$. Обе зависимости можно пояснить: наука — это диалог, взаимодействие, и поддержки требуют связи между учеными — научная инфраструктура, совместные проекты, организация взаимодействия. Число связей пропорционально N^2 (это согласуется с демографической моделью С.П. Капицы, в соответствии с которой *информационное взаимодействие*, обеспечивающее развитие нашей технологической цивилизации, определяется той же самой нелинейной функцией). Со времен Сократа метафорой нашего знания является круг, границей наших познаний — окружность. Если считать, что поддержка, передача, уточнение имеющегося знания требуют N человек (находящихся в этом круге), то на переднем крае науки, где делается принципиально новое, будет находиться порядка \sqrt{N} человек. Именно с их деятельностью и будет связано, в первую очередь, получение новых знаний.

Но из этих зависимостей немедленно следовало, что время экстенсивного развития миновало, что уже нельзя «заниматься всем» и «к каждой интересной задаче поставить по исследователю». Важнейшим становится верный, дальновидный выбор научных направлений, *карта незнания* и реалистическая оценка тех рубежей, которых можно достичь. При этом необходимо понимание основных тенденций развития научного знания и ключевых достижений. Это радикально отличается от «эпохи одиночек» или периода «локальных групп» в науке, которые определяли организацию научной деятельности до середины XX в.

Голоса науковедов, предсказывавших конец «золотого века» науки в 1960-х гг., потонули в хоре энтузиастов, увлеченных людей, полагающих, что развитие именно их области и является главным. В свое время выдающийся математик академик А.И. Мальцев говорил, что в современной алгебре так много интересных, содержательных задач, что их решением можно занять большую часть человечества. Один из основоположников системного программирования академик А.П. Ершов полагал, что программирование станет массовой профессией в XXI в., и школьников, начиная с младших классов, следует учить азам этой деятельности.

На мониторинге и прогнозировании развития научного знания следует остановиться особо. В настоящее время активно развивается *теория самоорганизации*, или *синергетика* (от греческих слов «совместное действие»). По мнению В.С. Стёпина и ряда других исследователей⁷, этот подход, понимаемый как *общая теория саморазвивающихся систем*, может стать основой научной картины мира XXI в. Одним из основополагающих понятий синергетики являются *параметры порядка* – ведущие переменные, которые с течением времени начинают определять динамику и развитие сложной системы и подчинять себе ее остальные параметры. Именно выделение таких параметров порядка, связанное с эффективным упрощением сложного объекта, и происходит в ходе самоорганизации.

В процессах, рассматриваемых в естественных науках, самоорганизация приводит к возникновению различных типов упорядоченности в физическом пространстве. В объектах, изучаемых, например, физиологией, самоорганизация происходит в ходе освоения навыков ходьбы, бега, речи, когда разные степени свободы организма эффективно связываются в некие блоки – синергии. В ходе профессиональной деятельности (например, деятельности лечащего врача) самоорганизация осуществляется в пространстве знаний и оказывается связанной с формированием решающих правил, позволяющих из множества признаков и характеристик выделить главное и действовать на этой основе. Во всех этих случаях самоорганизация стихийна.

В научном сообществе есть возможность делать это сознательно, опираясь на конкретные данные, системный анализ, стратегический прогноз, направляя самоорганизацию в желаемое русло. Опыт показывает, что простейшие стратегии: «всем сестрам по серьгам», «дать деньги самым уважаемым людям», «дать тем, кто вовремя сдал бумаги» и другие подобные способы определения приоритетов – неэффективны. Издержки «научной демократии» также очевидны. Слишком малое сообщество не представляет всего имеющегося поля возможностей, слишком большим легко манипулировать.

К сожалению, зачастую научное сообщество не предоставляет лицам, принимающим решения, других возможностей. Это, например, наглядно показывает Отчет государственных академий наук Правительству РФ. Этот доклад⁸ невозможно прочитать, осмыслить и использовать при принятии решений о развитии науки. В нем не выделены параметры порядка. Он является ярким свидетельством того, что междисциплинарный метанаучный подход, взгляд с точки зрения философии науки и стратегического прогноза здесь совершенно необходимы.

Конец эпохи Гулливера

Большинство физиков обладают непоколебимой верой в основную простоту природы – это один из самых эффективных руководящих принципов.

Ш.Л. Глэшоу

Для философии науки характерно значительное запаздывание, большой лаг между текущими научными проблемами (не говоря уже о будущих) и теми прошлыми достижениями, которые подвергаются методологическому анализу. Хотя, разумеется, роль ретроспективного исследования научных достижений в разработке философии науки очень велика. «Философия науки без истории науки пуста; история науки без философии науки слепа», – пишет выдающийся философ науки И. Лакатос⁹.

Создатель *теории научных революций* Т. Кун обращался к достижениям Птолемея, Коперника, Ньютона, Лавуазье, Дальтона¹⁰. Концепция *исследовательских программ* И. Лакатоса строилась на основе анализа работ Бора и Эйнштейна, опыта становления квантовой механики и теории относительности. Многие принципиальные положения *структурно-логического анализа* научного знания, выдвинутого В.С. Стёпиным, опираются на опыт становления электродинамики.

Вместе с тем можно предположить, что организация, цели и идеалы науки начала XXI в. и обозримого будущего будут сильно отличаться от классических образцов. Очевидные, линейные экстраполяции в точке бифуркации, в которой находится наша цивилизация, в эпоху слома тенденций научного познания, могут вводить в заблуждение¹¹. И в этой

связи интересно обратиться и к прогнозам, которые делают сами исследователи, и к количественным характеристикам развития науки.

Книга Джонатана Свифта (1667 – 1745) – писателя, общественного деятеля, мыслителя, работавшего в жанре фантастической сатиры, современника Исаака Ньютона – «Путешествия в некоторые отдаленные страны света Лемюэля Гулливера, сначала хирурга, а потом капитана нескольких кораблей» – определила два главных направления развития естественных наук. Во-первых, это – «путешествие к лилипутам», в мир микромасштабов. На этом пути появились молекулярная и атомная физики, квантовая механика, ядерная физика, теория элементарных частиц. Во-вторых – это «путешествие к великанам» в мир мегамасштабов, в космос, к далеким галактикам, к астрофизике и космологии.

Многие выдающиеся исследователи, проводя линейную экстраполяцию, считают, что в ближайшие полвека эти путешествия продолжатся¹²: «Вот список самых важных вопросов, стоящих перед фундаментальной физикой и космологией».

1. Верна ли квантовая теория, или ее нужно изменить для более осмысленной физической интерпретации или для объединения с теорией относительности и космологией?

2. Какова квантовая теория гравитации? Какова структура пространства и времени в масштабах шкалы Планка (10^{-33} см, что на двадцать порядков меньше атомного ядра)?

3. Чем объясняются точные значения параметров, определяющих свойства элементарных частиц, включая их массы и силы взаимодействия?

4. Чем объясняется огромное количество элементарных частиц? Почему силы притяжения между двумя протонами в 10^{40} раз меньше силы их электростатического отталкивания? Почему вселенная так велика? Почему она, по крайней мере в 10^{60} раз превышает фундаментальную шкалу Планка? Почему космологические константы меньше любых других сходных физических параметров?

5. Что представлял собой Большой взрыв? Что определило свойства образовавшейся Вселенной? Положил ли Большой взрыв начало Вселенной, а если нет, то что было до него?

6. Что такое темная материя и темная энергия, на долю которых приходится от 80 до 95% вещества Вселенной?

7. Как сформировались галактики? Что они представляли на ранних этапах развития?»

Этот прогноз развития науки, данный авторитетным экспертом, разделяют многие ученые, из него исходят некоторые национальные и международные научные организации, значительная часть сообщества исследователей.

Заметим, что здесь противоположности сходятся – в одном прогнозе фигурируют и сверхмалые, и сверхбольшие масштабы. На эту

тенденцию в развитии современного научного знания более 40 лет назад обращал внимание выдающийся советский физик, сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, академик Я.Б. Зельдович. По его мысли, мы присутствуем при заключительных актах «ускорительной физики». Создание инструментов с диаметром ускорительного кольца в сотни километров, необходимых для выхода на следующий уровень энергий, он считал невероятным. Поэтому будущее «пути Гулливера», по которому физика успешно двигалась последние два столетия, он связывал с *космомикрофизикой*.

В рамках этого научного направления сама вселенная рассматривается как гигантский ускоритель, поставляющий частицы с энергиями, недоступными в земных условиях. При этом рождение и будущее вселенной определяются характеристиками фундаментальных составляющих материи, а свойства этих частиц и то, что происходило в первые мгновения после большого взрыва, надо восстанавливать по астрофизическим наблюдениям, по доступному нам «моментальному снимку космоса», решая так называемые *обратные задачи* (позволяющие по наблюдаемым следствиям выявлять причины и механизмы приводящих к ним явлений).

Допустим, что космология, теория элементарных частиц, космомикробиология при наличии огромных (по научным масштабам) средств и большого количества людей, которые хотят этим заниматься, добьются поставленных целей. Пусть мы сумеем описать, что происходит на планковских пространственных (10^{-33} см) и временных (10^{-43} сек) масштабах. Сможем ли мы разумно распорядиться этими данными или, тем более, их использовать? Не пожалеем ли мы впоследствии о том, что выбрали это направление развития, пожертвовав многими другими задачами?

Вернемся к аналогии с Гулливером. Насколько важны ему знания, полученные в мире лилипутов и великанов? У него есть свои характерные размеры. Сверху они ограничены размерами L Солнечной системы — снизу — ядерными масштабами $l \approx 10^{-15}$ см (удивительно, что науке и технологиям удалось «дотянуться» до ядерных масштабов, в то время как подавляющее большинство физических, химических и биологических процессов лежит на атомном уровне и выше). Пожалуй, знания Гулливера об этих мирах можно сравнить с расшифровкой древних, мертвых языков — занятием интересным и поучительным, но не плодотворным, не дающим побегов в будущее.

Путь, начавшийся с Демокрита, ведущий вглубь, к анализу все более мелких составляющих материи, по-видимому, завершается. «Анализ» в переводе с греческого — дробление, расчленение. И, приступая к нему, исследователи обычно держат в сознании следующую стадию — синтез, выяснение механизмов и результатов взаимодействия между изученными сущностями и, в конечном счете, само-

организацию — самопроизвольное возникновение упорядоченности на следующем иерархическом уровне. Видимо, здесь область нашего незнания особенно близка, а перспективы наиболее впечатляющи.

20 лет назад без претензий на полноту были сформулированы *три сверхзадачи науки XXI в.*, которые будут порождать исследовательские программы и представлять, по терминологии А. Эйнштейна, сочетание «внутреннего совершенства» и «внешнего оправдания» (социального заказа, ожиданий общества). Обратим внимание на них.

Теория управления рисками. Важнейшим условием успешного управления является *карта угроз* для объекта управления. Роль науки здесь огромна. Новейшая история, множество событий XXI в. показали, что при высоком темпе социально-экономических и технологических перемен управляющие воздействия зачастую приводили к совершенно иным результатам, чем планировалось. Второстепенные факторы, которыми в ходе выработки решений пренебрегали, оказывались ключевыми. Например, на полях сражений Первой мировой войны (ход которой разительно отличался от планов генеральных штабов воюющих сторон) погибло около 7 млн человек. В то же время, по оценкам эпидемиологов, в результате гриппа «испанки», имевшей место в те же годы — фактора, который не принимали в расчет — погибло более 56 млн человек.

Будущее человечества и его стратегических субъектов в огромной мере зависит от того, насколько эффективно оно научится управлять рисками своего развития. Знания, необходимые для этого, и должна дать наука. Подобным образом в мировом научном сообществе задача ставится с 1994 г. (Конференция по стихийным бедствиям и природным катастрофам в Йокогаме) в различных контекстах¹³. Пока важность этого круга проблем недооценивается, однако каждая неожиданная катастрофа углубляет понимание фундаментальности и большого прикладного значения этих проблем.

Нейронаука. Одна из главных научных загадок, ответ на которую, вероятно, будет дан в XXI в. — это понимание тайны сознания и принципов функционирования мозга. В самом деле, мозг является загадкой в техническом смысле — скорость срабатывания триггера в микросхеме в миллион раз больше, чем скорость срабатывания нейрона в мозге. Информация в нервной системе передается *в миллион раз медленнее*, чем в компьютере. «Перефразируя специалиста по искусственному интеллекту Марвина Минского, удивительно не то, что «Deer blue» может играть в шахматы с чемпионом мира, а то, что человек, имеющий гораздо меньше возможностей рассчитывать десятки ходов, способен конкурировать с компьютером», — пишет выдающийся специалист по анализу саморазвивающихся систем, один из авторов генетических алгоритмов Дж.Х. Холланд.

Если XIX в. принес открытие «химического кода вселенной» (все вещества которой состоят из элементов Периодической системы),

а XX в. — разгадку «биологического кода живого» (записанного на языке последовательностей из 4-х букв — А, Т, Г, Ц), то XXI в. может дать понимание «психологического кода» — алгоритмов кодировки организмами сигналов внешнего мира, их обработки, запоминания, механизмов использования.

В настоящее время в этой области выдвигается очень широкий класс моделей. В традиционных подходах, связанных с теорией нейронных сетей, феномен сознания рассматривается как результат самоорганизации в ансамблях нейронов¹⁴. Альтернативный подход, связанный с нанобиологией и новым взглядом на квантовую механику, был развит выдающимся математиком и физиком-теоретиком Роджером Пенроузом¹⁵. По его мысли, каждая клетка представляет собой своеобразный «квантовый компьютер», и самоорганизация происходит не на клеточном, а на квантовом уровне.

Чтобы прояснить эти и многие другие вопросы, связанные с нейронаукой, в 2013 г. в США был начат большой исследовательский проект «Картирование мозга» с бюджетом более 3-х млрд долл. Цель проекта — используя нанотехнологии, томографы нового поколения, компьютерные реконструкции и модели, выявить структуру мозга и динамику протекающих в нем процессов. Аналогичный проект начинается в Европейском сообществе.

Третья задача — *построение математической истории*, включая модели мировой динамики и системы стратегического прогноза. Успех этого проекта может помочь человечеству прийти в более благополучное, стабильное и обеспеченное будущее по сравнению с неосознаваемым и делаемым стихийно выбором.

По-видимому, «путь Гулливера» завершается, и на авансцену науки выходят междисциплинарные исследовательские программы, имеющие дело с «человекомерным» диапазоном масштабов. Постнеклассические проекты и концепции постепенно вытесняют «неклассику» на периферию сознания научного сообщества, подобно тому, как «неклассика» век назад приходила на смену представлениям классической науки.

Есть еще один простой и надежный способ объективно оценить масштаб «смены веков», переоценки ценностей в науке XXI в.

Чтобы заглянуть в будущее, представить, чем будут заниматься ученые в течение ближайших 20 — 30 лет, в какие направления технологий, ориентированных на перспективу, будут вкладываться главные усилия, можно посмотреть среднюю цитируемость работ в различных областях знания в настоящее время. Цитируемость статей показывает, насколько большими и активными являются сообщества, работающие в различных научных дисциплинах.

Со школьных лет у большинства остается представление, что математика — большой и сложный предмет, физика и химия примерно в два раза меньше и проще, а биология в два раза меньше и проще

физики и химии. Однако «взрослая наука» выглядит сегодня совершенно иначе (см. рис. 1)¹⁶. Возьмем «наследниц» школьной биологии (с скобках приведена средняя цитируемость статей) – *молекулярную биологию и генетику* (24,08), *биологию и биохимию* (16,09), *микробиологию* (14,11), *фармакологию с токсикологией* (11,34) – они в 12 раз превосходят физику (8,45), в 8 – химию (10,16) и в 27 – математику (3,15) или информатику (3,32). Это связано с тем, что науки живут как бы в «разном возрасте» – одни в старости, другие в зрелости, третьи в юности. Многие идеи, методы и подходы, пройденные в одной области исследований, могут оказаться волнующей перспективой в другой. Поэтому ученым очень нужны *междисциплинарные подходы*, которые позволяют мыслить поверх отдельных дисциплин, научных направлений и школ, помогают ломать барьеры, мешавшие двигаться вперед.

Интересно сравнение приоритетов мировой и отечественной науки (Россия/мир). Вероятно, XXI в. будет веком человека. Развитие возможностей и способностей людей и коллективов станет магистральным направлением прогресса. С ним будут связаны и главные возможности, и основные угрозы. Поэтому весьма показателен перечень «аутсайдеров» научного пространства России, в которых отрыв от мирового уровня по показателю цитируемости статей особенно велик. Это общественные науки (1,02/4,23), а также *психология и психиатрия* (2,54/10,23). Здесь мы отстали от мировых показателей вчетверо. И завершают список междисциплинарные исследования, где отставание оказывается почти пятикратным (1,04/4,78).

О крутом повороте в развитии научного знания говорит и экономическая логика. Опыт показывает, что базисные, ключевые технологии данного технологического уклада создаются в ходе развития предыдущего¹⁷. (Просто в данном технологическом укладе они делаются простыми, дешевыми, удобными, доступными. Наглядный пример – взлет производства персональных компьютеров, планшетников, коммуникаторов, в основе которых лежат результаты фундаментальных исследований полувековой давности.) Тем не менее решаемые экономической задачи также влияют на развитие фундаментальных научных исследований.

И здесь показательна технологическая платформа SCBIN (Socio Cognito Bio Info Nano) (или в ее прежней версии NBIC (Nano Bio Info Cognito)). По существу, вся эта платформа и по своему замыслу, и по целям, и по технологиям является «человекомерной»¹⁸. Нижняя граница пространственных масштабов – атомные размеры, верхняя – размеры, на которых общество меняет окружающую среду. И именно в этом контексте понятия «с человеческим лицом», понятия *сложности, технологических вызовов XXI в.*, альтернатив развития цивилизации рассматриваются с точки зрения методологии и междисциплинарных подходов многими отечественными и зарубежными исследователями¹⁹.

Поле возможностей и его ограничения

Делать длительные прогнозы – значит уподобиться Прометею: судьба таких прогнозов (если не предсказателей) наверняка будет печальной. И все же это очень заманчиво.

Дж.Х. Холланд

Идея научного и технического прогресса как основного способа решения проблем нашей технологической цивилизации пришла к нам из Нового времени. Эта идея, вошедшая в плоть и кровь нашей культуры, порождает подсознательное ощущение безграничных возможностей, в частности, для развития науки.

Это согласуется с возрастной психологией человека. Ребенок уверен, что он вырастет очень сильным и умным, что родители будут жить вечно, и что, несмотря на мелкие трудности сегодняшнего дня, все сложится, в конце концов, отлично. Но с годами юноша понимает, что, вероятно, каких-то целей он достичь не сумеет. Взрослый же, сложившийся человек, приступая к любому серьезному делу, старается объективно, трезво и реалистично оценить свои возможности, ресурсы и шансы на успех, а также имеющиеся ограничения.

По-видимому, тот же путь проходит научное знание. И развитие постнеклассических подходов, в которых наука рассматривается не как самодостаточный и не связанный с другими сферами жизнедеятельности поиск истины, а как деятельность, учитывающая цели, идеалы и задачи, решаемые обществом, это признак «взросления» науки и сообщества исследователей. Поэтому важно осмыслить ограничения, очерчивающие поле возможностей развития науки.

Каждая фундаментальная теория не только давала более глубокое понимание реальности и новые инструменты, но и формулировала принципы запрета или ограничения, в пределах которых могут ставиться и решаться научные задачи.

В самом деле, классическая механика, с ее законом сохранения энергии, убедительно показала, что не приходится надеяться на создание *вечного двигателя первого рода*, позволяющего производить работу без затрат энергии. Термодинамика показала невозможность создания *вечных двигателей второго рода*, основанных на передаче теплоты от холодного тела к горячему без изменения окружающей среды. Квантовая механика с ее соотношением неопределенностей показывает принципиальную *невозможность одновременно определять координату и импульс микрочастицы с произвольной точностью*. Одним из следствий теории относительности является тезис о *невозможности передавать информацию со сверхсветовой скоростью*. Нелинейная динамика и синергетика показали в 1960-х гг. *невозможность глобального прогноза или реконструкции* для широкого класса динамических систем и существование у них *конечного горизонта прогноза*. К этому списку можно добавить *принцип за-*

прета Паули. Законы сохранения и тесно связанные с ними симметрии приводят к своим запретам и ограничениям.

Нарушения принципов запрета, открываемые учеными для конкретных систем, заставляют исследователей менять или существенно корректировать парадигму, и являются выдающимися научными достижениями (наиболее яркий пример – нарушение СР-инвариантности, открытие которого было удостоено Нобелевской премии). Выявление и осознание принципов запрета является показателем зрелости научной дисциплины и одним из важнейших показателей ее развития.

Лидером по числу и фундаментальности выявленных ограничений на сегодняшний день является физика. Причина этого – три века интенсивного развития данной области науки, высокая точность измерений, позволяющая ставить «критические эксперименты», развитые методы количественного, формализованного описания исследуемых явлений. Кроме того, физики становились участниками крупных научно-технических проектов, требовавших ясного и объективного понимания того, что возможно в данных технологических рамках, а что нет. Можно ожидать, что по мере развития научного знания сеть принципов запрета и осознанных ограничений будет расти и не только в естественных, но и в гуманитарных науках.

В ряде случаев, выявленные ограничения исключительно конструктивны. Из отношений неопределенности

$$\Delta p \Delta x \geq \hbar, \Delta E \Delta t \geq \hbar,$$

где Δp , Δx , ΔE , Δt – неопределенность в измерении, соответственно, импульса, координаты, энергии и времени, \hbar – постоянная Планка, видна предельная доступная нам точность пространственно-временных измерений. В приведенном выше списке среди главных вопросов физики и астрофизики фигурировала мечта выйти на планковские пространственные и временные масштабы (ряд теоретиков полагает, что на них электрон уже не будет точечной частицей и станет видна дискретность пространства-времени). Из этих формул непосредственно следует, какими гигантскими должны быть доступные нам энергии и импульсы микрочастиц, чтобы заглянуть в эту область параметров.

Однако о пределах возможностей отдельного человека и общества мы в начале XXI в. продолжаем судить на интуитивном уровне – мифы тут оказываются тесно переплетенными с научными данными. Попытку изменить такую ситуацию предпринял в середине XX в. выдающийся французский историк, представитель научной школы «Анналов» Фернан Бродель²⁰. Он попытался оценить темпы технологических и социальных изменений в течение трех веков становления капитализма в Европе и *отделить возможное от невозможного* в

исторических процессах этого периода. Возможно, к этим попыткам удастся вернуться на более высоком уровне в контексте развития математической истории. Приобретения на этом пути также лишат научное знание ряда существующих иллюзий.

Рассматривая динамику развития науки, следует обратить внимание на явление, иногда называемое «синдромом географических открытий». Представители различных научных дисциплин, живущие своим делом, как правило, уверены, что именно их область находится на взлете, на пороге научной революции и именно в ней могут открыться новые горизонты. Однако строя карту незнания, определяя стратегию развития науки на десятилетия вперед, было бы опрометчиво доверять только этим оценкам.

То, что это может быть не так, показывает наглядный пример — развитие географии. Изначально целью этой области науки было описание поверхности Земли и построение географических карт, позволяющих представлять полученные знания в наглядном и обозримом виде. Эта захватывающая деятельность, включавшая путешествия, открытие новых стран и материков, заняла много веков. Однако к началу XX столетия задача, ставившаяся этой наукой, была решена.

На следующем этапе «после конца науки» либо изменяется предмет исследования, либо создаются исследовательские программы на стыке с другими дисциплинами, либо акцент делается на использовании этих знаний. Пример первой альтернативы — переход от описания земной поверхности к исследованию и картографированию дна морей и океанов. «Подводная география» — одно из важных научных достижений XX в., решающий вклад в которое был внесен советскими исследователями. Вторая альтернатива — разработка экономической географии (стык география + экономика), географии расселения (география+демография), военной географии, геополитики (география + военная наука + стратегический анализ), математической географии и т.д. Третья альтернатива — туризм, обеспечение возможности повторить путешествия великих землепроходцев и мореплавателей прошлого, реконструкция великого в игровой форме. Однако при этом важно отдавать себе отчет в том, что исходная исследовательская задача решена, что в этом смысле география имела начало и конец.

Таким же образом можно посмотреть и на другие научные дисциплины, чтобы понять, в каком возрасте, на какой стадии развития они находятся. Такой анализ для химии провел сотрудник Института физической химии профессор О.В. Крылов²¹.

При наличии принтеров, сканеров и компьютеров, росте информационного шума, при побуждении руководителей и фондов требовать от исследователей потока публикаций, динамика роста числа статей не является хорошим показателем, отражающим научные достижения в конкретной области. Существенны открытия, ключевые дости-

жения, формирующие «скелет науки», вокруг которого растет массив научного знания. О.В. Крылов, чтобы исключить субъективность и конъюнктурность, взял несколько наиболее популярных в мире химических энциклопедий. Затем он выделил основополагающие достижения, которые послужили отправной точкой последующих работ. После этого он зафиксировал год сделанного открытия, построил зависимость числа таких открытий по времени и усреднил ее по десятилетиям (см. рис. 2). Оказалось, что наиболее активно эта область знания развивалась в период, соответствующий Второй мировой войне, а затем в период создания ядерного оружия.

История советского и американского ядерных проектов показывает, что научные задачи, решенные химиками, оказались не менее важными и значимыми, чем достижения физиков. Аналогичный анализ был проведен для отдельных отраслей химии. В частности, он показал, что пик развития органической химии пришелся на 1900 г., а биохимии на 1960. К 2000 г. произошел спад числа принципиальных открытий и в химии в целом, и в ее ключевых отраслях.

Мы имеем ситуацию, схожую с «синдромом географических открытий» — основной массив фундаментальных знаний уже получен. Пройден славный путь — исследовано более 100 тыс. неорганических и 20 млн органических веществ. И сейчас на переднем крае этой области оказываются инженеры, технологи, изобретатели. Пришла пора эффективно *использовать* полученные знания. Здесь тоже можно проследить географическую аналогию — Колумб открыл Америку в 1492 г., и понадобилось почти 300 лет, чтобы освоить эту территорию и создать на ней сильное независимое государство.

В химии, как, вероятно, и во многих других научных дисциплинах, кончилась пора научных открытий и началась эпоха освоения открытого и понятого. Этот вывод подтверждает анализ Нобелевских премий по химии, также проведенный О.В. Крыловым, который можно рассматривать как идентификатор того, что научное сообщество считает наиболее важными достижениями. Со временем, в течение XX в., происходит сдвиг от ключевых, основополагающих проблем данной отрасли науки к ее периферии, к методологическим вопросам, к инструментам, к технологиям, к коллективным исследованиям, к работам, находящимся на стыках нескольких дисциплин. В свое время Нобелевский комитет принял решение не присуждать премии за осуществление какого-либо органического синтеза, как бы он ни был сложен. Это признание того, что такая деятельность перешла из сферы науки в область технологий.

Подводя итог, можно сказать, что развитие концепции постнеклассики, проектный подход к философии науки, самым тесным образом связанный со стратегическим прогнозом, ставит очень много интересных и важных задач перед философами, математиками, науковед-

дами, системными аналитиками, футурологами, представителями многих других научных дисциплин. Это требует и самоорганизации научного сообщества, и междисциплинарных подходов.

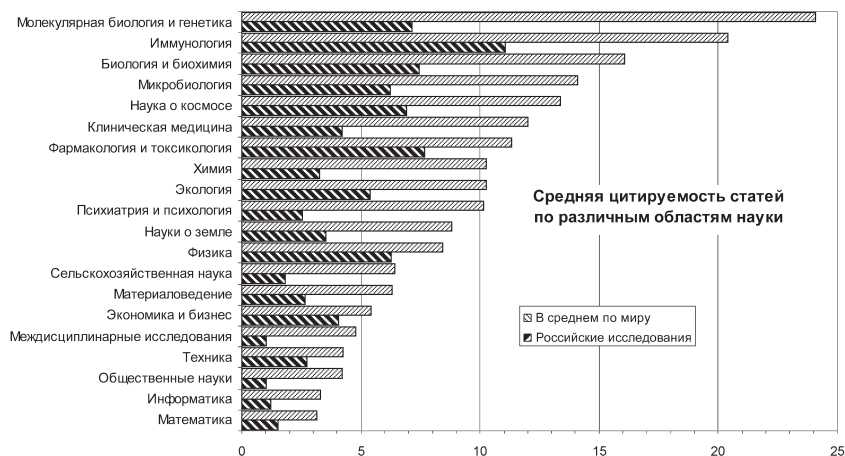


Рис. 1. Научные приоритеты в естественных науках в России и в мире

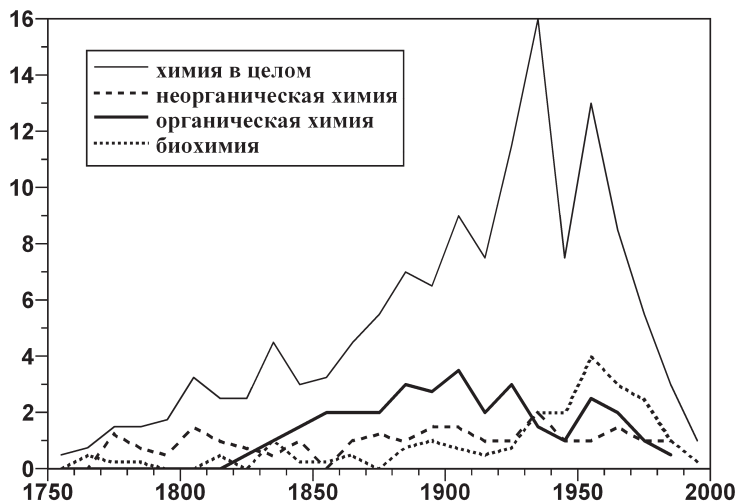


Рис. 2. Среднее по десятилетиям количество ключевых открытий в химии и ее областях

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ См.: Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. 3-е изд. – М.: УРСС, 2003 (Синергетика: от прошлого к будущему).

² См.: Бадалян Л.Г., Криворотов В.Ф. Кризисы. Перспективы: Новый взгляд на прошлое и будущее / под ред. и с предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: ЛИБРОКОМ,

2010 (Синергетика: от прошлого к будущему. Будущая Россия); Турчин П.В. Историческая динамика. На пути к теоретической истории. 2-е изд. – М.: ЛКИ, 2010 (Синергетика: от прошлого к будущему).

³ Проблемы математической истории: Основания, информационные ресурсы, анализ данных / отв. ред. Г.Г. Малинецкий, А.В. Коротаев. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009.

⁴ См.: Геловани В.А., Бритков В.Б., Дубовский С.В. СССР и Россия в глобальной системе (1985 – 2030): Результаты глобального моделирования / предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: Либроком, 2009. (Будущая Россия); Медоуз Д.Х. Рандерс Й., Медоуз Д.Л. Пределы роста: 30 лет спустя / под ред. Н.П. Тарасовой. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012.

⁵ См.: Степин В.С. Теоретическое знание. – М.: Прогресс-традиция, 2000.

⁶ См.: Степин В.С. Важно, чтобы работа не прекращалась // Человек. Наука. Цивилизация. К семидесятилетию академика В.С. Степина. – М.: Канон+, 2004.

⁷ См.: Новое в синергетике: Взгляд в третье тысячелетие / под ред. Г.Г. Малинецкого, С.П. Курдюмова. – М.: Наука, 2002 (Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения); Новое в синергетике. Новая реальность, новые проблемы, новое поколение / под ред. Г.Г. Малинецкого, 2007 (Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения); Аршинов В.И., Буданов В.Г. Синергетика как инструмент формирования новой картины мира // Человек. Наука. Цивилизация / К семидесятилетию академика В.С. Степина. – М.: Канон+, 2004.

⁸ См.: Доклад Правительству Российской Федерации об итогах реализации в 2012 году Программы фундаментальных исследований государственных академий наук за 2008 – 2012 гг. – М., 2013.

⁹ Лакатос И. Методология исследовательских программ. – М.: АСТ; Ермак, 2003 (Философия. Психология).

¹⁰ См.: Кун Т. Структура научных революций. – М.: АСТ; Ермак, 2003.

¹¹ См.: Наука России. От настоящего к будущему / под ред. В.С. Арутюнова, Г.В. Лисичкина, Г.Г. Малинецкого. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009.

¹² См.: Смолин Ли. Будущее вселенной / Будущее науки в XXI веке. Следующие пятьдесят лет / под ред. Дж. Брокмана. – М.: АСТ; Астрель; Владимир: ВКТ, 2011.

¹³ Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г. и др. Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука, 2000.

¹⁴ Малинецкий Г.Г., Подлазов А.В., Потапов А.Б. Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды. – М.: Комкнига, 2006.

¹⁵ Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. 4-е изд. – М.: УРСС; ЛКИ, 2011.

¹⁶ См.: Константинов А. Мозг из машины. Власти крупнейших стран вкладывают миллиарды в искусственный разум // Русский репортер. 2013. 21 – 28 марта; Наука. Ученье – свет // Esquire. 2011. март; Essential Science Indicators, Thomson Reuters, 2000 – 2010.

¹⁷ См.: Прогноз и моделирование кризисов мировой динамики / отв. ред. А.А. Акаев, А.В. Коротаев, Г.Г. Малинецкий – М.: ЛКИ, 2010.

¹⁸ См.: Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливасатоса. – М.: Мир, 2002.

¹⁹ Холланд Дж.Х. Что произойдет и как это предсказать // Будущее науки в XXI веке. Следующие пятьдесят лет; Малинецкий Г.Г. Наука XXI века // Наука России. От настоящего к будущему / под ред. В.С. Арутюнова, Г.В. Лисичкина,

Г.Г. Малинецкого; *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным // Вопросы философии. 1992. № 12; *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Интуиция как самодообраивание // Вопросы философии. 1994. № 2; *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука, 1994; *Майнцер К.* Вызовы сложности в XXI веке. Междисциплинарное введение // Синергетическая парадигма. Вып. 7. Синергетика инновационной сложности. Сборник статей, посвященный 70-летию В.И. Аршинова. – М.: Прогресс-Традиция, 2011; *Майнцер К.* Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез / под ред. и с предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009 (Синергетика: от прошлого к будущему); *Малинецкий Г.Г.* Когнитивный вызов в контексте самоорганизации // Синергетическая парадигма. Вып. 7. Синергетика инновационной сложности.

²⁰ См.: *Бродель Ф.* Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV – XVII вв. Т. 1. Структуры повседневности: возможное и невозможное. – М.: Весь Мир, 2007.

²¹ См.: *Крылов О.В.* Современная наука: близкий конец или завершение очередного этапа // Наука России. От настоящего к будущему / под ред. В.А. Арутюнова, Г.В. Лисичкина, Г.Г. Малинецкого; Наука как образ жизни (Памяти О.В. Крылова). – М.: Калвис, 2010.

Аннотация

В статье рассматривается направление философии науки, связанное с прогнозом развития основных тенденций познания и опирающиеся на междисциплинарные подходы, на логико-методологический анализ и теорию типов рациональности, выдвинутую В.С. Степиным, на идеи постнеклассики. Показаны принципиальные трудности ряда исследовательских программ, а также их новые возможности и перспективы.

Ключевые слова: философия науки, типы рациональности, междисциплинарные подходы, когнитивный барьер, внутринаучная рефлексия, синергетика, постнеклассика, математическая история, большие данные, стратегический прогноз, обратные задачи, горизонт прогноза, внутринаучная рефлексия.

Summary

We consider a subfield of the philosophy of science connected with a forecast of the development of the fundamental trends of cognition and based on the interdisciplinary approaches of modern science, on the logical and methodological analysis, on the theory of rationality types risen by V.S. Stepin and on the postnonclassical ideas. We show that principal difficulties for continuation of multiple programs arise, although new possibilities and prospects appear.

Keywords: philosophy of science, the types of rationality, interdisciplinary approaches, cognitive barrier, intrascientific reflection, synergetics, postnonclassic, mathematical history, big data, strategic prediction, inverse problems, the forecast horizon, internal academic reflection.