

Революционные трансформации в науке как фактор инновационных процессов:
концептуальный и исторический анализ

Русское общество истории и философии науки

**Революционные трансформации в науке
как фактор инновационных процессов:
концептуальный и исторический анализ**

Монография

Под редакцией Е.Э. Чеботаревой

Москва
Издательство РОИФН
2020

УДК 13
ББК 87.2
Р322

Рецензенты:

*Шибаришина С.В. - к.ф.н., доцент
Национального исследовательского Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского
Паткуль А.Б. – к.ф.н., доцент
Санкт-Петербургского государственного университета*

Научная редакция и составление - Е.Э. Чеботарева.

*Авторы: Чеботарева Е.Э. – Вступительное слово, глава 4;
Шиповалова Л.В. - глава 1; Дмитриев И.С. - глава 2; Терехович В.Э. - глава 3;
Милославов А.С. - глава 5.*

Р322 Революционные трансформации в науке как фактор инновационных процессов: концептуальный и исторический анализ: монография / Научн. ред. и сост. Е.Э. Чеботаревой. – Москва: Изд-во «Русское общество истории и философии науки», 2020. – 128 с. Режим доступа: [http://rshps.ru/books/Revolutionary-transformations\(2020\).pdf](http://rshps.ru/books/Revolutionary-transformations(2020).pdf)

ISBN 978-5-6045557-6-7

Монография охватывает, с одной стороны, проблемные, теоретические вопросы развития науки через оптику её трансформаций, и с другой – вопросы возникновения и развития инноваций, анализируя сложную траекторию от научной теории к научной и технологической практике. Осуществленный концептуальный анализ терминов «инновация», «научная революция», «НТР» позволил прояснить исток новизны и определить границы инновационности, а также использовать прагматический фильтр для богатого исторического материала. Исторический анализ, проведенный в данной работе, охватил несколько революционных периодов в истории науки: XVI-XVII вв, далее - с конца XIX в. до середины XX в., и, наконец, период, который начался с 40-х годов XX века и продолжается по настоящее время. В монографии был сделан пристальный фокус на второй квантовой революции, цифровой революции и её технологиях, в частности, блокчейна, а также на роли субъекта в науке и техническом творчестве.

*Изамбард Кингдом Брюнель стоит перед пусковыми цепями Великого Востока.
Фотография Роберта Хоуллетта (1857 г.)*

ISBN 978-5-6045557-6-7

УДК 13
ББК 87.2

*Монография подготовлена при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 18-011-00920
«Революционные трансформации в науке как фактор инновационных процессов:
концептуальный и исторический анализ».*

© Русское общество истории и философии науки, 2020.
© Авторский коллектив, 2020.

Оглавление

Вступительное слово.....	5
Глава 1. Три революции – вызовы и уроки	11
Глава 2. Консерватор в роли революционера (М. Планк и квантовая революция)	35
Глава 3. От революционных трансформаций в квантовой физике к инновациям в квантовых технологиях и обратно	48
Глава 4. Субъект инноваций в философской оптике: инженер, программист, кибер-панк, криптограф.....	78
Глава 5. Цифровой мир»: цифры определяют изменения?.....	100
Библиография.....	115
Об авторах	127

Вступительное слово

Темы инноваций и управления научными исследованиями представляют в наше время большой интерес. Оценки и анализ инновационных процессов как в России, так и в мире отражены в огромном потоке публикаций. Из работ российских коллег невозможно не заметить ежегодный выпуск «Россия: тенденции и перспективы развития», выпускаемый ИНИОН РАН. Не претендуя на полную оценку всех выпусков, отметим, что доля именно исследований в контексте философии науки там невелика. Работы, относящиеся к этому направлению, в основном фиксируют достаточно известные проблемы технических инноваций, такие, как риски утечки информации, вопросы конфиденциальности, затруднения перехода коммуникации из онлайн в оффлайн и т.д. Существуют узконаправленные эмпирические исследования отечественных инновационных процессов, анализирующие позиции России в авторитетных международных рейтингах, значимые тренды российского венчурного рынка и характеристики его ключевых участников, потенциал стратегий взаимодействия участников рынка и т.д.¹

Настоящее исследование обладает оригинальностью и фундаментальностью, охватывая с одной стороны проблемные, теоретические вопросы развития науки и обогащая этим дисциплину философии и истории науки, и с другой – вопросы возникновения и развития инноваций, анализируя сложную траекторию от научной теории к научной и технологической практике (следует отметить, что данная монография не включает в себя все работы по заявленному проекту, представленные в виде статей и тезисов). Визуальным олицетворением исследования стала фотография британского инженера И.К. Брюнеля, сделанная в 1857 году и ставшая культовой для индустриальной эпохи и XIX века (на обложке). Брюнель, стоящий на фоне огромных цепей, принадлежащих сделанному по его проекту пароходу, символизирует здесь связь научных переворотов и технических инноваций, а сами цепи намекают на невидимое, но неуклонное движение технологий от индустриальных к постиндустриальным: от chain к blockchain.

В философии и истории науки и в науковедении, как и вообще в науке, цель исследований видится в том, чтобы лучше понимать различные процессы и феномены, а значит осуществлять успешное прогнозирование, и, как следствие, хотя бы частично управлять ситуацией. В нашем случае речь идет о перспективе конструктивного понимания природы научных трансформаций и их связи с инновационными процессами. Разумеется, ни одно фундаментальное научное исследование не обещает каких-либо гарантированных и предсказуемых результатов. Однако, мы надеялись на обнаружение некоторых инвариантных факторов в богатой и против-

¹ Национальный доклад об инновациях в России: 2017. Серебрякова С.В., Андрущак Г.В., Артемов С.В., Вахштайн В.С., Гершман М.А., Гохберг Л.М., Дюгованец Ю.И., Исланкина Е.А., Картавец В.В., Кузнецова И.А., Кузнецова Т.Е., Куценко Е.С., Раевская А.С., Рудь В.А., Степанцов П.М., Чурсина Ю.А. Москва, 2017.

речивой истории знания, на лучшее понимание всей картины происходящего в фундаментальной и прикладной науке, и на то, чтобы найти наиболее точный и емкий язык для её описания.

Осуществленный концептуальный анализ терминов «инновации», «научной революции», «НТР» позволил нам использовать прагматический фильтр для богатого исторического материала. Так, термин «инновация» обычно ассоциируется с принципиальной новизной. Однако, любая ценность и новизна в науке признается отложено, и, кроме того, должна быть описана в рамках определенной научной или технологической традиции, чтобы быть понятой и принятой вообще, следовательно, радикально противопоставлять традиции и новации - некорректно. Неоднозначную репрезентацию структуры Научной Революции, где начало революции трактуется с одной стороны, как разрыв с прошлым и, с другой, как его возобновление можно рассматривать как одну из значимых контроверз современной историографии². Сам термин «научная революция» (который из скромности был заменён «научной трансформацией») тоже нуждается в уточнении смысла. Термин «научная революция» обычно ассоциирован с известной работой Томаса Куна, но, оперируя им, следует учитывать абстрактность куновской модели научных революций, которая получила изрядную долю критики за последние полвека, что было учтено нами в ходе применения этой модели для осмысления переломных для науки периодов.

Исторический анализ, проведенный в данной работе, охватил несколько революционных периодов в истории науки, изменивших картину мира, представления человека о самом себе и своих возможностях взаимодействия с окружающей реальностью. Речь идет о событиях, происходивших в науке в XVI-XVII вв, далее - с конца XIX в. до середины XX в., и, наконец, о периоде, который начался с 40-х годов XX века и продолжается по настоящее время. В частности, при изучении процессов Первой научной революции были выявлены такие особенности «климата», как хаотизация интеллектуального пространства, избыточность интеллектуального ресурса для появления инновационных теорий и практик, поток новой информации, не выстраивающейся в наличные представления и опыт, ослабление требований к обоснованности выдвигаемых гипотез и строгости рассуждений, размывание рациональности познавательной деятельности и поведения, возможность событиям и тенденциям собственно натурфилософской революции развиваться в среде (в оболочке) инновационных концепций, методологий и практик, сформировавшихся в ненаучных сферах (культуры, политики, экономики, теологии и т. д. и ряд других особенностей³.

В данной работе уделяется много места революционному перелому в физике (конец XIX – первая половина XX столетий), связанному с кван-

² Шиповалова Л.В. Научная революция - разрыв с прошлым или его возобновление? О двусмысленном ответе современной историографии // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2018. № 45. С. 47-57.

³ Дмитриев И.С. "Tempus spargendi lapides": размытая структура научных революций // Эпистемология и философия науки. 2018. Т. 55. № 4. С. 189-205.

товой теорией. Были исследованы некоторые инновации в квантовых технологиях и их связь с революционными изменениями в физике; в частности, вопрос, в какой степени принятие или непринятие конкретными учеными таких изменений влияло на эффективность научных исследований. Оказалось, что физики могут менять свое отношение к теоретическим утверждениям не только в результате экспериментов, но и в процессе использования теории в технологических инновациях. Резюмируя, можно констатировать, что кардинальная перестройка оснований квантовой физики в первой четверти XX века, выразившаяся в новых взглядах на реальность объектов теории, привела к созданию новых технологий в начале XXI века. А значит, влияние революционных трансформаций на инновации может быть отложено на довольно длительный срок и «ожидать своего часа». Этот пример показывает, что в некоторых случаях только при определенном уровне развития технологий у специалистов может возникнуть потребность в новых принципах и понятиях⁴.

Кроме того, при рассмотрении указанных трансформаций в физике был исследован аспект взаимосвязи традиций и новаций уже с другой точки зрения. Вопрос, поставленный И.С. Дмитриевым звучал так: может ли консерватор совершить научную революцию? Из проведенного анализа, пусть единичного, но весьма показательного примера (с Максом Планком), можно сделать следующий вывод – при определенных обстоятельствах, главными из которых оказываются характер решаемой задачи и готовность исследователя хотя бы отчасти «поступиться принципами» (или имитировать отход от традиции) ради формального успеха, консерватор может способствовать дальнейшему развитию событий, которые в итоге приведут к научной революции⁵. (Этот вывод оказывается важен не только для изучения науки и инноваций, но также и как аргумент в решении проблем современного «стареющего» населения, в критическом аспекте реализации новаторского потенциала немолодых людей. Данное исследование не связано напрямую с этой темой, но могло бы служить для неё некоторым фундаментом).

Что касается последней научной трансформации, одним из её проявлений, исследованных в данной работе, стали «цифровая революция» и НТР (научно-техническая революция). Феномен цифровой революции был рассмотрен через призму социальной и исторической эпистемологии и интеллектуальной истории. Цифровая революция трактуется как возникновение такого рода технологий (возрастание мощности, функции счета, хранения информации, коммуникации, контроля), которые не случайным образом получают универсальную доступность (Seruzzi). Данная черта цифровой революции доводит до предела общественную значимость науки как технологии, проявившуюся в революции второй. Эта общественная значи-

⁴ Терехович В.Э. Революционные трансформации в квантовой физике и инновации в квантовых технологиях // Манускрипт. 2018. № 11-1 (97). С. 119-125.

⁵ Дмитриев И.С. "Я не особо думал об этом" (М. Планк и квантовая революция) // Дискурс. 2019. Т. 5. № 5. С. 5-19.

мость (зависимость мира от цифры) и универсальная доступность (цифра в каждом доме) с учетом того, что технологии в своем цифровом виде оказываются достаточно активными в воздействии на человека и порой не слишком контролируемы (как алгоритмы некоторых глобальных платформ), создает новый вызов⁶.

С точки зрения интеллектуальной истории был рассмотрен один из периодов цифровой революции (с конца 40-х до начала 60-х годов XX в.): было исследовано, как развивались компьютерные технологии на западе и в социалистическом лагере, как в России понимали идеи НТР, как это связано с происходящими сейчас процессами. Для этого, во-первых, оказалось важным самоопределение представителей computer science в отношении к другим сферам научной и инженерно-практической деятельности, включая вопрос о соотношении теоретической и прикладной составляющих в структуре знания. Во-вторых, то, каким образом в указанный период времени происходило осмысление взаимодействия новой, оформляющейся сферы профессиональной деятельности с разнообразными социальными практиками: научными, производственными, политическими и т.д.^{7,8}

Данное исследование затронуло аспект того, как фильмы, книги, теле- и радиопередачи могут повлиять на популяризацию определенных технологий, и напротив, о каких подспудных процессах может рассказать альтернативная технофантастика⁹. В частности, подтвердилось предположение, что в странах Запада катализатором для позитивного восприятия политическими элитами и научным сообществом тренда, направленного на развитие инфо-коммуникационных технологий, стала успешная реализация проектов применения вычислительных устройств в ходе Второй мировой войны.

В фокусе внимания исследователей оказалась фигура главного деятеля современных инновационных процессов – инженера; был представлен обзор дискуссий в философии инженерии относительно концептуального определения современного понятия «инженер». Было принято во внимание конфликтное противостояние между инженерами как профессиональным сообществом и их работодателем (государством или капиталовладельцем) начинающее свою историю с начала 20 века, рассмотрен современный контекст инженерной деятельности в её связи с наукой и капиталом. Исследование показало явную тенденцию слияния понятий капиталиста, работодателя и инженера, противоречия отношений инженеров и общества,

⁶ См. главу «Три революции – вызовы и уроки» Шиповаловой Л.В.

⁷ *Miloslavov A. S. & Kuzmina O.V.* The early period of the “digital revolution” from the point of view of intellectual history // *NORDSCI CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCE*. 2018. P. 217-225. 10.32008/NORDSCI2018/B1/V1/23

⁸ *Милославов А.С.* Цифровая революция: опыт периодизации и проблемы прогнозирования // *Genesis: исторические исследования*. 2020. № 3. С. 1-9.

⁹ *Чеботарева Е.Э.* Российская инженерия в контексте философских и социологических исследований: драмы и фантомы // *Эпистемология и философия науки*. 2020. Т. 57. № 1. С. 131-145.

выраженные в решениях научной политики, в частности, в концепции «ответственных инноваций»¹⁰.

В ходе изучения цифровой революции и ИКТ выяснилось, что инновации могут иметь своим источником не только революционные изменения, происходящие в какой-либо отдельной отрасли знаний, а объединение нескольких, вполне традиционных областей науки ради решения прикладных задач. Тем не менее, основным выводом в исследовании перспектив компьютерных наук и инженерии является следующий: для преобразования изобретений в инновации (коммерчески реализуемые технологии) главным условием оказывается среда, а не какие-либо научные идеи и гениальные озарения. Под средой понимается прежде всего благоприятная экономическая среда, наличие правовой сферы в области регистрации патентов, ряд управленческих, социальных и культурных факторов. При отсутствии возможности внедрения и развития технических изобретений российская инженерия создает мифы о «роковом решении» и «упущенном шансе» времен СССР, которые отражаются в современной альтернативной технофантастике¹¹.

В поставленной перед исследователями задаче рассмотрения трансформации науки в связи с инновационными процессами невозможно уйти от рефлексии над корнями современной технонауки, над её связью с классической наукой. В некоторых работах «технонаука» противопоставляется науке классической в связи с доминированием технологической составляющей исследований и капитализацией знания. Тем не менее, одним из результатов данной работы является вывод, что эта взаимосвязь существует и достаточно тесна. Кроме того, современные негативные тенденции технонауки раскрываются как создающие условия своего собственного преодоления: работа над автономией науки, которой угрожают капитализация и технизация, может быть связана с конструктивным диалогом между научным и ненаучным знанием¹².

Важным этапом исследования можно считать рефлекссию над используемыми философскими методами и подходами, осознание их перспективы и ограничений, чем зачастую пренебрегают философы, рассуждая «в общем» обо всём и сразу, смело интерпретируя феномены, принадлежащие к иным дисциплинарным полям. Все авторы монографии в той или иной степени касаются этого вопроса, особенно он важен в отношении исследований в области естественных и точных наук. Так, В. Э. Терехович отмечает: «...профессиональным философам, настроенным на осмысленный диалог с физиками, придется перестать пересказывать известные научные идеи физики первой половины XX века или навязывать абстрактные концепции. Вместо этого или параллельно с этим важно всерьез погру-

¹⁰ Чеботарева Е.Э. Восстание инженеров в 21 веке: конфликтное поле технологических инноваций // Конфликтология. 2018. Т. 13. № 3. С. 150-159.

¹¹ Чеботарева Е.Э. Российская инженерия в контексте философских и социологических исследований: драмы и фантомы // Эпистемология и философия науки. 2020. Т. 57. № 1. С. 131-145.

¹² Шиповалова Л.В. Технонаука: "где опасность, там вырастает и спасительное" // Эпистемология и философия науки. 2020. Т. 57. № 1. С. 45-50.

зяться в проблемы современной физики. И научиться разговаривать на языке, понятном физикам»¹³. Бесценным вкладом в настоящее исследование являются работы доктора химических наук, историка науки И.С. Дмитриева, сосредоточенные на дисциплинарных коллизиях физики и механики в период первой и второй научных революций.

Подводя итоги большого исследования, резюмируем: в возникновении и развитии нового знания, в новых идеях и технологиях всегда важна роль субъекта – ученого, инженера, политика, которые воспринимают любые новации в рамках сложившейся культурной традиции и собственного жизненного опыта; наука «человекомерна». Поэтому гуманитарные исследования инновационных и научных процессов остаются актуальными и необходимыми.

В заключение хотелось бы ещё раз выразить благодарность за оказанную поддержку Российскому фонду фундаментальных исследований, а также РОИФН (Русскому обществу истории и философии науки) за помощь в подготовке издания и неизменно вдохновляющую интеллектуальную атмосферу.

Чеботарева Е.Э., руководитель проекта

¹³ Терехович В.Э. Действительно ли философия слишком важна для физики, чтобы оставлять ее на откуп философам? *Метафизика*. 2020. № 1 (35). С. 28

Глава 1. Три революции – вызовы и уроки*

Л.В. Шиповалова

Введение

В этой главе будут представлены три революции – научная, научно-техническая и цифровая. Такое объединение не является традиционным, однако видится перспективным, поскольку будучи проинтерпретированными во взаимосвязи, указанные исторические события могут предъявить важные уроки современности. Такое объединение не случайно, поскольку все три революции могут быть рассмотрены как последовательные шаги в развитии научного метода и общественного значения научной деятельности. Именно первая научная революция будет рассматриваться в качестве своего рода образца, задающего как основные проблемы последующего развития, так и структурное понимание события революции.

В параграфе, посвященном первой революции – Научной, в результате которой возникает новоевропейская наука – будет сказано о ее многообразных и даже противоречивых интерпретациях, благодаря которым она становится значимым историко-научным событием. Противоречия относятся к определению начала революции, ее героев, и, что самое важное структуры. Существенное и, пожалуй, самое общее противоречие в структуре выражается в том, что начало революции в современной историографии описывается, и как радикальный разрыв с прошлым, и как его возобновление. Это противоречие, присутствующее в самом концепте революции, а также в ее интерпретации в социально-политическом контексте, будет трактоваться как исследовательский вызов, мотивирующий работу по совмещению интерпретаций, которые, как будет показано, могут дополнять друг друга. Субъект нового знания, совершающий революцию (ученый, сообщество, класс), всегда черпает содержание своей деятельности из традиции. Поскольку эта традиция далеко не гомогенна [Дмитриев, 2018], этот субъект оказывается радикально иным, новым лишь по отношению к некоторым ее элементам, относительно которых он может рассматриваться в качестве «пришельца» [Розов, 1996]. Именно это противоречие в отношении к прошлой традиции, присутствующее в событии Научной революции и в его «прочтении» в истории науки, можно считать также уроком революционности вообще, которая никогда не абсолютна в своем разрыве с прошлым. Кроме того, в интерпретации структуры Научной революции в представлении Б. Коэна оказывается важна завершенность: должны быть реализованы все стадии, чтобы революция считалась действительно произошедшей (авторский замысел, публикация новой идеи, обсуждение ее сообществом, применение) [Cohen, 1987]. Последняя

* Глава подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-011-00920 «Революционные трансформации в науке как фактор инновационных процессов: концептуальный и исторический анализ».

стадия представляет собой то, что в социальной теории XX века называется инновационной деятельностью и что в середине XX века станет основным содержанием события научно-технической революции. Еще один урок первой Научной революции состоит в сокрытости и необъективности ее истока - первая стадия авторского замысла всегда остается проблематичным предметом для исследования и, что самое существенное, ставит пределы управлению научным знанием. Рождение новой научной идеи как начало революции – событие по преимуществу неконтролируемое, не заказываемое, но свободное.

Вторая революция – научно-техническая – определяется Дж. Берналом как начало общественного применения научного метода. Ее вызов и урок раскрывается во втором параграфе данной главы. Следует отметить, что вторая революция также представляет собой некоторую исследовательскую коллизию. Само понятие революции, определяющее событие первой половины XX века, существовало только в марксистской литературе и в настоящее время сохраняется за рамками этой традиции исключительно в историко-научном контексте. Дж. Бернал описывает его, отсылая к общественным и научным процессам, происходящим начиная с первой мировой войны, показывая, как наука становится силой – материальной, военной, экономической, идеологической [Бернал, 1956]. Однако, обращение к концепту второй научной или научно-технической революции, внимание к нему, позволяет провести аналогию с первой революцией и ее структурой. В результате такого соотнесения обнаруживается как последняя стадия применения, разрастаясь, претендует в событии второй научной революции заслонить и захватить под собственную власть начальные стадии: возникновения идеи, ее обнародования и обсуждения сообществом, заслонить и господствовать над ними. Технологический императив «то, что понято, должно быть применено» актуализируя смысл инновационной деятельности, постепенно охватывает все человеческие отношения и само научное исследование в его существовании. Этот императив создает серьезный вызов. С одной стороны, любое применение требует наличия отвечающего за него субъекта, активно сознательно действующего и задает современную проблематику инженерного этоса и его нормативности [Чеботарева, 2020]. Однако с другой стороны, логика технологического императива предполагает, что все научные законы уже известны и все участники общественных и научных процессов должны им, лишенным субъекта ответственности, подчиняться. Логика технологического разума оставляет пассивными тех, кто должен быть активным. В этом контексте раскрывается и урок, который преподносит научно-техническая революция. Провозглашение какого-либо агента действия пассивным, рано или поздно вызывает сопротивление, даже если этот агент – техническое устройство. Активность техники переводит нас к третьей революции – цифровой, которая раскрывается в третьем параграфе представленной главы.

Третья революция – цифровая, которая трактуется как возникновение таких новых технологий, обладающих функциями счета, хранения ин-

формации, коммуникации, контроля при неограниченном возрастании мощности соответствующих процессов, которые не случайным образом получают универсальную доступность [Ceruzzi, 2013]. В данном контексте представляется важной именно эта черта цифровой революции, поскольку она доводит до предела общественную значимость технологической науки, проявившуюся в революции второй. Общественная значимость (зависимость мира от цифры) и универсальная доступность (многообразные цифровые устройства в каждом доме) с учетом того, что технологии в своем цифровом виде оказываются достаточно активными в воздействии на человека и порой не слишком контролируемы (как алгоритмы некоторых глобальных платформ), создают новый вызов. Вызов активности и творчества человека в цифровую эпоху, в том числе творчества научного, по преимуществу социального и гуманитарного. В ситуации цифровой революции мы встречаемся с примерами неоднозначного действия цифровых технологий: как поработавших творческую научную активность, так и приводящих к возникновению ее новых форм. Среди примеров такого действия: влияние на производство и распространение научных публикаций, на технологии анализа текстов, на возникновение и распространение гражданской науки, на появление новых видов активности, связанных с ИКТ и блокчейном [Чеботарева, 2019]. Этот вызов обращает к забытым начальным стадиям первой научной революции, включающим обращение к истокам, к традиции, подчеркивает неустранимость личностного творческого акта. Кроме того, отчасти цифровая революция снимает отчасти пафос инновационности и технологического императива, рожденного в первой революции и получившего почти абсолютную силу во второй. Геймификация различных видов активности, в том числе научной (например, в гражданской науке) - симптом скорее воспроизводства и повторения, чем обновления [Очеретяный, 2019]. Уроки цифровой революции еще предстоит пережить.

ПЕРВАЯ НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ¹⁴

Введение – контексты проблемы

Обращение к концепту научной революции в его историческом развитии, историографическом раскрытии и эпистемологической рефлексии обусловлено двумя взаимосвязанными современными контекстами, создающими его проблематичность и раскрывающими настоятельность исследования. Первый контекст дисциплинарной определенности исследований науки, в частности, взаимосвязи ее исторического и философского исследования. Отношения истории и философии науки в современности остаются столь же неслучайными, сколь и проблематичными. Актуализа-

¹⁴ Идеи данного параграфа в основе своей содержат текст, опубликованный в виде статьи «Научная революция: разрыв с прошлым или его возобновление? О двусмысленном ответе современной историографии» [Шиповалова, 2018].

ция историчности как характеристики научной деятельности, базовых научных концептов и даже критериев научности становится очевидной со второй половины XX века. Эта черта науки присутствует в исследованиях представителей постпозитивизма и современной исторической эпистемологии, имеет теоретическую основу в работах марксистских историков и философов науки, в текстах О. Конта и П. Дюгема, в трудах представителей французской исторической эпистемологии Г. Башляра, Ж. Кангилема, М. Фуко. В современности взаимодействие истории и философии науки закреплено в названиях ведущих журналов, в именовании международных исследовательских обществ, а в отечественном интеллектуальном пространстве даже в названии курса в аспирантуре. Следует, однако, признать, что гармоничный союз этих дисциплин в современности не столь очевиден, как можно было бы ожидать. Об этом свидетельствуют непрекращающиеся дискуссии о сложностях междисциплинарного синтеза в исследованиях науки, о проблемах, связанных с «руководящей ролью» философии в нем [Riesch, 2014; Kinzel, 2015; Arabatzis, Howard, 2015]. История по большей части оказывается для философии науки лишь поставщиком эмпирического материала, наполняющего содержанием спекуляции эпистемолога и приводящего к достоверности его проекты исторической реконструкции. Собственная исследовательская активность историка остается для философа часто не востребуемой и не признаваемой. Такого рода проблема вряд ли способствует полноте образа науки, создаваемого различными исследовательскими жестами и используемыми в управлении научными исследованиями. Представляется, что обращение к событию первой Научной революции может быть рассмотрено как образцовый пример такого историографического исследования, которое не только и не столько подтверждает, сколько провоцирует философию науки, представляя собой вызов для эпистемологической рефлексии, для ее способности работать с многообразными и даже противоречивыми интерпретациями прошлого. Ответ на этот вызов делает проницаемыми границы между исследующими науку дисциплинами и наполняет новой силой теоретический эпистемологический проект.

Дисциплинарный контекст актуальности концепта первой Научной революции не существует отдельно от второго, социально-политического контекста исследования. В череде революционных трансформаций общественная значимость научной деятельности становится все более существенной, а практики управления научными исследованиями вызывают все больше вопросов и даже сопротивления со стороны научного сообщества [Антоновский, Бараш, 2018]. В основании возникающего противостояния, связанного с игнорированием автономии научного исследования со стороны управляющих наукой структур и осторожным отношением к требованию эффективности со стороны академии, лежит различие в истолкованиях науки, порождающих неоднозначное отношение к практической значимости научных исследований. Образы науки, рождаемые различными трактовками, вряд ли могут быть гармонизированы, однако они могут и

должны быть прояснены, а обращение к истокам требования применимости может служить такому прояснению. В итоге такого прояснения могут быть обнаружены как необходимость включения инновационности (применимости) в концепт научной революции, так и недопустимость абсолютизации этого требования и подмена им концепта новизны, понятого в широком смысле слова. Вряд ли стоит испытывать иллюзии относительно стремления субъектов политической власти обосновывать собственные жесты научными рефлексиями. Однако это не останавливало до сих пор и не должно останавливать ученых и философов, исследующих науку, от критического разбора условий адекватности этих жестов. В этом смысле теоретическая идентификация дела философии науки в ряду различных дисциплин, изучающих научную деятельность, неотделима от осмысления ее практической задачи формирования такого образа науки, на основании которого реально взаимодействуют в современности различные общественные субъекты.

Таким образом, целью этого раздела главы будет, во-первых, прояснение историографической неоднозначности в истолковании научной революции, представляющей собой провокацию или вызов для эпистемологической рефлексии. Во-вторых, демонстрация того, что в ответе на этот вызов эпистемология совершает существенное прояснение истока новизны и определение границ инновационности. Именно это ограничение, присутствующее в концепте научной революции, лежит в основании уроков первой Научной революции.

Двойственность образа научной революции

Понятие революции в эпистемологическом контексте прочитывается, как правило, как разрыв с прошлым. Такова интенция работы Т. Куна, трактующей это событие как изменение не столько образа мира, сколько «самого мира». К разрыву или, по крайней мере, к существенной перемене точки зрения отсылает и формула А. Койре – «от замкнутого мира к бесконечной Вселенной» [Койре, 2001]. На разрыве с прошлым настаивает отчасти Г. Баттерфилд, распространяя революционное событие на пять веков [Butterfield, 1965] и Д. Вуттон [Вуттон, 2018], полагая, что главным открытием новой науки было изобретение самой возможности открытия, новизны, характеризующей как возникающую науку, так и саму эпоху и выражении признания их значимости и возникновении нового соответствующего концепта. Легитимация новизны действительно имеет место в начале Нового времени и один из ее способов предполагает не просто победу в споре «новых» над «старыми», но отрицание необходимого сопоставления между ними вообще [Бэкон, 1978, с. 9]. Несмотря на то, что мотивы автора «Нового органа» провозглашающего отсутствие необходимости сравнения, не однозначны – желание сохранить почитание «древних» «нетронутым и неущемленным» дополняется неуверенностью в успехе «новых» в возможном споре – вместе с его пафосом входят в традицию истории знания

«эпистемический разрыв» и несоизмеримость возникающего знания с прошлым.

Следуя истолкованию события Научной революции как разрыва с прошлым, историки науки трактуют его начало и определяют героев-революционеров по новизне, выраженной в их действиях, тезисах, открытиях. К ним относят Н. Коперника с идеей гелиоцентризма, Ф. Бэкона с органом новой индуктивной науки, Г. Галилея, обнаружившего горы на Луне и луны у Юпитера, Т. Браге, открывшего актуальную изменчивость небес, И. Кеплера, предложившего рассматривать эллиптические, но не круговые орбиты планет, Р. Декарта, заложившего основания механистической натуральной философии, и т.д. Первый интеллектуальный жест революции и имя автора, его совершившего, варьируются, но ее понимание в качестве разрыва остается инвариантным, так же как и некоторые основные черты возникающей новой науки: математизация природы, экспериментирование, прагматическая ориентация деятельности, переход от органического к механическому истолкованию мира, опора не на авторитеты, а на опыт в поиске достоверности суждения.

Образцовым примером такого подхода, настаивающего на разрыве с прошлым, может служить описание стадий революции, представленное в работе Б. Коэна «Революция в науке» [Cohen, 1987]. Разделяя в целом куновское понимание Научной революции как изменения в научных убеждениях, Коэн первую стадию описывает как «революцию в себе» [Cohen, 1987, 28]. Ученый или группа ученых формулируют новое решение проблемы, изобретают новый способ использования информации, устанавливают новые концептуальные рамки для существующего знания. Научная деятельность осуществляется на этой начальной стадии как индивидуальный творческий акт, практически независимый от внешних коммуникаций, по крайней мере в их актуальном осуществлении. Несмотря на связь с исследовательскими нормами и языком своего времени, возникающая новизна присутствует в «поле науки» на этом этапе как частный, субъективный опыт. Последующие три стадии научной революции Коэн связывает с технологиями дистрибутивности: на первой происходит объективация знания, ее запись и публикация, на второй осуществляется придание объективности посредством распространения новых идей и их критического обсуждения сообществом и, наконец, на третьей - признание идеи и ее практическое применение [Cohen, 1987, 29–31]¹⁵.

Что примечательно в так понятой структуре революции? Событие Научной революции можно считать свершившимся только когда оно прошло через все четыре стадии, между которыми нет строгой причинной зависи-

¹⁵ Любопытно, что близким образом, хотя и без использования термина революция, описывает Э. Гуссерль событие начала геометрии, в котором возникновение идеи, для того, чтобы стать распространяющимся в традиции и устойчивым, должно быть прежде всего объективировано в тексте [Гуссерль, 1996]. Такое истолкование статуса научной идеи соответствует одному из классических пониманий объективности, присутствующему в эпистемологии от Канта до Поппера – объективности как всеобщности, удостоверяемой апелляцией к априорным формам сознания или приобретаемой посредством профессиональной коммуникации в науке.

мости. Всякий раз нужен определенный мотив или усилие, чтобы случился следующий шаг – решение автора придать гласности собственные идеи, профессиональное поле для того, чтобы быть услышанным, социальные, экономические и политические условия востребованности теории, сформированные каналы применения знания. Последний шаг изменений неочевиден и не гарантирован на шаге первом, который представляется свободным актом – началом, такого начала не имеющим. Революционная новизна, очевидно, возникает с самого начала, а вот инновационность характеризует лишь последнюю стадию, которой, тем не менее, не может не быть для того, чтобы считать произошедшее событие революцией. Б. Коэн реконструирует структуру Научной революции из современности и, в некотором смысле не может не быть «заражен» технологическим пониманием науки XX века, являющимся следствием научно-технической революции, но, нельзя не увидеть, что пафос практической применимости научных идей был свойственен и новоевропейским ученым. Д. Вуттон приводит многочисленные свидетельства новоевропейской практической ориентации науки в разделе «Знание – сила» своего труда о научной революции и начинает этот раздел с достаточно показательного высказывания Р. Бойля: «Я никогда бы не поставил физиологию так высоко, как теперь, если бы думал, что она может лишь научить человека понимать природу, но не управлять ею, и что она служит лишь для того, чтобы приятными догадками услаждать его разум, не повышая его силу» (цит. по [Вуттон, 2018, с. 423]). В контексте так понятой структуры научной революции с одной стороны, вряд ли стоит представлять новоевропейских ученых как вождя исключительно знания ради знания и ориентированных исключительно на истину саму по себе. Однако, с другой стороны, зарождение идеи, без которого невозможно разворачивание революционного события, остается творческим, свободным, личностным актом.

Представленное выше истолкование научной революции как разрыва с прошлым уже предлагает современности определенные уроки, однако еще не содержит в себе вызов эпистемологии. Последний возникает когда обнаруживается иная, не менее убедительная историко-научная интерпретация структуры Научной революции, предлагающая рассматривать в качестве ее первой стадии Возрождение. В этом случае в фокусе оказываются те же герои, что и в первом случае, однако условием возникновения новизны, предвещающим разрыв с прошлым, становится обращение к уже существующей традиции для оправдания собственных идей. Так, Коперник апеллирует к найденным им у античных авторов высказываниям о движении Земли. [Коперник, 2009, с. 18]; при этом не только отсутствие у сторонников существующей традиции «вполне установленного» или «надежного» математического знания относительно движения мировых сфер, но и близкие его идеям представления древних, позволяют ему справиться с «боязнью презрения за новизну» [там же, 16-17]. То есть Коперник не только спорит с древними, показывая лакуны и противоречия в их знании, но и ищет у них поддержки, обоснования права на существование собст-

венных идей. Этим его позиция отличается от уверенного провозглашения несравнимости пути новой науки с наукой древней, присутствующего в *Новом Органоне* Ф. Бэкона.

По мнению П. Деара, придерживающегося подобной позиции, начало такому рассмотрению положила работа М.Б. Холл «Наука Ренессанса. 1450–1630» [Hall, 1994]. Сам Деар в своем исследовании «Событие революции в науке. Европейское знание и его притязание (1500–1700)» описывает значимые примеры того, что научная новизна, признаваемая впоследствии, зародилась в умах тех мыслителей, которые не воспринимали ее в качестве таковой. Так, Николай Коперник пишет свой труд «в подражание Птолемею», Андреас Везалий стремится «восстановить» теоретические положения медицины Галена и усовершенствовать их благодаря современным возможностям исследования анатомии человека, Франсуа Виет называет свой основной математический трактат «Аполлоний Галльский», «знаменуя для читателей подражание опытам греческого математика и астронома III в. до н.э. Аполлония Пергского» [Деар, 2015, с. 69, 75, 76]. Все эти авторы, стоящие у истоков новой науки, видели в качестве своей задачи не разрыв, но реконструкцию и возрождение идей и практик античных ученых. Одно из возможных объяснений такого положения дел, предлагаемое П. Деаром, – дух эпохи, требующий верности традиции, а также того, чтобы новации носили «уточняющий характер, чуждый какого бы то ни было радикализма» [Деар, 2015, с. 69]. Представляется, однако, что это предположение еще не объясняет, почему следует считать началом революции стадию, на которой ученые еще испытывают подозрение к новизне.

Еще один яркий пример такого же подхода к определению стадий научной революции представлен в работе Дж. Шустера, посвященной Р. Декарту и его эпохе [Schuster, 2013, р. 77–88]. Первая стадия – научный Ренессанс (1500–1600) – характеризуется вниманием к античной традиции научных исследований, математики и натуральной философии, органично вписывающимся в распространенные ренессансные практики переводов, комментариев и издания античных трудов. Тогда же происходит возрождение Платона и в связи с этим переоценка значения математики для остальных исследований, а также смещение фокуса от науки как созерцательной деятельности к практикам, подчиненным идее пользы и прогресса. Вторая стадия – «Критический период или Гражданская война в натуральной философии» (1590–1660) – стадия споров между «древними и новыми», а также между различными видами новизны. Содержание же последнего периода (1660–1720) включает завершение споров, установление консенсуса, формирование института новой науки и начало ее активной дифференциации, обособление натуральной философии, которая все больше становится подобна науке современной, распространение и признание бэконовской идеи эксперимента и наблюдения как основы исследовательских практик.

Многообразие интерпретаций Научной революции не ограничивается указанным различием подходов, однако именно оно оказывается принци-

пиально, поскольку допускает не только ограничение значения стадии применения, назовем ее условно, стадией инновации, но и проблематизирует первую стадию возникновения новизны, предлагая двойственный ответ на вопрос о ее истоках и легитимации. В данном случае невозможно разрешить это противоречие по образцу кантовских антиномий, разведя предметы, к которым оно относится. Симптоматично, в ряде случаев исследователи обращаются к одним и тем же героям, начавшим революцию, но подчеркивают различные аспекты их деятельности, зачинающей революционное событие. Скорее здесь должна идти речь о двусмысленности как трансцендентальной категории, которая становится актуальной в ответ на работу историка, раскрывающего неоднозначность события начала науки, провоцирующего философа науки на работу пересобирания образа научной деятельности.

Двойственность истока научной новизны

Итак, двойственность образа научной революции состоит в том, что ее начало трактуется и как разрыв с прошлым, и как его, прошлого, воспроизведение. Можно, конечно, связать указанную двойственность с различием предмета и задач историографии, как предлагает, в частности, Ф. Коэн в своем анализе современных работ по данной теме, разделяя их в зависимости от того, на какой вопрос они отвечают: вопрос «что?» или вопросы «как?» и «откуда?» научной революции. В первом случае обращения к содержанию события раскрываются черты нового знания, и подчеркивается разрыв со знанием прежним. Во втором – при выяснении условий и описании истоков новизны – неизбежно в фокус внимания попадают многообразные тенденции того контекста традиции, из которых собирается и вырастает новая научность [Cohen, 1994, p. 14]

Кроме того, можно, обратившись к этимологии, указать на исходную двусмысленность самого термина «революция», использовавшегося до XIV в. исключительно для описания закономерных воспроизводящихся явлений – череды приливов и отливов, обращения небесных сфер, странствий души [Магун, 2008, с. 38]. При этом важно подчеркнуть, что в его значении присутствует не столько естественность кругообращения, сколько настоятельность и неизбежность, а если и случайность, то божественная. Второе значение революционного события, допускающего полное разрушение старого и рождение или построение нового, постепенно закрепляется этим словом к XVIII в. Именно тогда данный термин начинает использоваться и для именованя «научных революционеров». Четыре века медленных трансформаций понадобилось для того, чтобы двойственность концепта революции, включающего как повторение (возвратное движение), так и разрыв с прошлым (радикальную трансформацию), сначала сделалась явной, а потом смысл возвратности был надолго вытеснен из исторической очевидности. Представляется, что этому забвению и преобладанию второго значения над первым мог способствовать концептуальный

«союз» революции и новизны или современности (modernity). Второй термин, несмотря на его раннее возникновение – в V в. н.э. он обозначает христианскую эпоху в ее противопоставлении эпохе языческой [Delanty, 2007, p. 3068] – начинает активно использоваться, в частности во второй половине XVII века в полемике во Французской академии между античными и возникающими новыми тенденциями в науке и искусстве [Спор, 1985]. С начала XVIII века он идет рука об руку с возникшим термином научной революции, отражая общее настроение эпохи, акцентирующее возможность нового начинания, идею автономии и самодостаточности, ставящее под вопрос необходимость любого укоренения в традиции [Blumenberg, 1983]. В концепте «современность» с самого его возникновения и начала использования (особенно с XVII века) находит выражение не только содержательное описание настоящего времени, связанное с его противопоставлением прошлой эпохе. С XVII-XVIII веков качественное отличие, включенное в понятие современности, становится оценочной характеристикой, предполагающей пренебрежительное отношение к прошлому, иному¹⁶. Именно этой смысловой иерархией и пересечением концептов modernity и научной революции благодаря значению новизны, включенному в них, можно объяснить вытеснение первого смысла революционности, связанного с возвратным жестом по отношению к прошлому. Конечно, это объяснение следует рассматривать как гипотезу, которая может быть подтверждена или опровергнута историческим анализом источников.

Относительное концептуальное подтверждение этой гипотезы связано с возвращением первого смысла во второй половине XX века, происходящее не только в эпистемологии, но и в социально-политической теории. Акцент на возвратном жесте идет рука об руку с тенденциями критики проекта Просвещения, истолкованного через пафос автономии, свободы от предрассудков и критического очищения от прошлого, того, что в общем смысле характеризует Новое время. Радикальность различия между прошлым и настоящим порождает иерархию, которая становится подозрительной в постколониальном мире. Так, Х. Аренд, описывая восприятие социально-политических революций их участниками на различных стадиях, подчеркивает те же черты, которые обнаруживают и историографы революционного научного события. Французская и Американская революции «в своей начальной фазе осуществлялись людьми, которые были твердо убеждены, что своими действиями они не создают ничего принципиально иного, а лишь восстанавливают старый порядок вещей, нарушенный и погрязший деспотизмом абсолютной монархии или злоупотреблениями колониальных властей. Они искренне верили – и это служило для них оправданием их действий, – что желают возвратиться назад к временам, когда все было так, как должно быть [Аренд, 2011, с. 53–54]. «До той поры,

¹⁶ О проблемах работы с понятием современности, включающих опасности довести рефлексию эпохи до предписывания ей привилегированного положения, релятивный характер термина до релятивизма, различие между стилями существования эпох до радикального разрыва и т.д. см. текст П. Джеймса «Они никогда не были современными» [James, 2015, p. 41].

когда действующие лица стали участниками событий, обернувшихся впоследствии революциями, никто из них ни в малейшей мере не подозревал, каким будет сюжет этой новой драмы. Однако по мере того, как революция набирала обороты и еще задолго до того, как всем стало ясно, закончится она победой или поражением, новизна этого мероприятия и его сокровеннейший смысл становились все более понятными как самим актерам, так и зрителям» [Аренд, 2011, с. 30–31]. Образцовым примером возвращения забытого смысла в эпистемологии может служить известный критицизм Б. Латура относительно Нового времени, которого не было [Латур, 2006]. Акцент на смесях и пересечениях, выравнивающих все традиционные иерархии – социального и природного, человеческого и нечеловеческого, искусственного и естественного и т.д. – с необходимостью дополняет критику и очищение, как действия, задающие разрыв и формирование идентичности нововременных в отличие от тех, кто ими не является. Пересечение с прошлым, с традицией, великодушие и внимание к иному во времени, также может быть включено в описываемый Латуром порядок смещения. Именно такое темпоральное пересечение отсылает к первому утраченному значению революции.

Латур описывает практики нововременных через критические разрывы и очищение, а смещение трактует как иной, хотя и необходимо дополнительный жест. Однако можно проинтерпретировать ситуацию и как двойственность истока новизны, с которой рождается и новоевропейская наука. Такая эпистемологическая интерпретация предлагает значимые уроки, к которым мы, требующие от науки новизны и инновационности, должны прислушаться.

Первый урок состоит в том, что любая новация будет таковой, если непосредственно создающие идею субъекты, а также иные акторы «поля науки» будут способны на включение в формирование и поддержку воспринимательной и развивающей эту идею новой традиции. Это значение традиции – научных школ, сообществ для формирования нового знания может быть понято в двух смыслах. Во-первых, в контексте первого образа научной революции как разрыва – вторая и третья стадия революции представляют собой практики дистрибутивности и легитимации нового знания, как условия формирования научной традиции или становления зрелого научного сообщества. Эти практики, как в начале становления новоевропейской науки, так и в современности связаны с научной коммуникацией, в том числе с публикационной активностью, с признанием не только на словах, но и на деле необходимости критических дискуссий и публичной научной коммуникации, которая служит условием и сама является применением результатов научной деятельности. Во-вторых, в контексте второго образа науки, условием новизны оказывается обращение к прошлой традиции. Научная революция в этом смысле может быть раскрыта через то, что Э. Гуссерль называет «встречным вопросом» к традиции, имеющим целью ее реактивацию [Гуссерль, 1996]. Цель вопроса с одной стороны, обращение к существу дела, раскрытие его более полным и совершенным образом

с использованием тех подходов, которые в настоящее время стали возможными. С другой стороны, встречный вопрос встроен в задачу критики объективизма знания и возобновления жеста его ответственного авторства. Новое знание возникает как укореняемое в прошлом, но звучащее из настоящего, как обращающееся к единству традиции, но стремящееся определиться по отношению к ней.

В этой ситуации значимости традиции может возникнуть сомнение в возможности новизны. Так его формулирует известный отечественный эпистемолог М.А. Розов: «все традиционны, и, тем не менее, происходит революция» [Розов, 1996, с. 249]. Ответ на этот вопрос представляет собой второй урок двойственного истока новизны. М. А. Розов раскрывает смысл научных инноваций как «монтажа» элементов разных традиций и описывает их героев как «пришельцев», перешедших в новую область свободными от ее догм, но со своими традиционными методами. Таким успешным «пришельцем» оказывается, например, Л. Пастер, приверженный точным экспериментальным практикам и свободный от принятых на данный момент предпосылок биологии. Успешный «монтаж» в геологии осуществляет А. Вегенер, внося в обсуждение проблемы дрейфа материков собственную «полипредметность <...>, используя данные палеонтологии, стратиграфии, палеоклиматологии, тектоники и т.д.» [там же, с. 225-226]. Возможность, оказавшись в поле «взаимодействия традиций, соединить их неповторимым образом», оказывается условием новизны в науке [там же, с. 231]. Разделение труда между подходами и специализациями порой порождает конструктивное взаимодействие между ними в решении определенных проблем: происходит перенесение методов одной специальности в исследование предметной сферы другой. В результате становится возможным прорыв в определенной исследовательской сфере и даже возникновение новой научной специальности¹⁷. Второй урок можно сформулировать как необходимость открытости иному, открытости, обеспечивающей новизну, возникающую на границе традиций.

Третий урок относится непосредственно к проблеме управления научной деятельностью. Границы возможного управления новизной включают обеспечение каналов формирования научной коммуникации, как профессиональной, так и публичной, а также общего контекста открытости иному в используемых подходах, предметной определенности, исследовательских методиках. Однако то, что касается сингулярности рождения новой идеи на перекрестке идей существующих, то, что относится к первому шагу научной революции, вряд ли подлежит контролю и управлению, поскольку не включается ни в какую линейную причинность. Новиз-

¹⁷ В современных исследованиях инноваций такой акцент на роли сетевых взаимодействия, пересекающих границы организации, приводит к возникновению концептов сеть инноваторов (networks of innovators) [Powell, Grodal, 2004] или инновационная сеть (innovation network) [Jarrahia, Sawyer, 2019]. При этом предполагается адекватное распространение этих терминов и на научную коммуникацию, включающее и разработанные ранее понятия «невидимого колледжа» и неформальной коммуникации. Следует заметить, что взаимодействие дисциплин, связанных близким исследовательским интересом, далеко не всегда складывается успешным образом [Davies A., Manning S., Söderlund, 2018]

на начала научной революции не абсолютна, однако, не такова свобода первого творческого жеста.

ВТОРАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ¹⁸

Введение – контексты проблемы

В случае обращения к концепту научно-технической революции также принципиальными являются два контекста. Первый контекст – исследовательской неоднозначности, в котором может быть поставлено под сомнение использование данного термина вообще. Введенное в контексте марксистских исследований в середине XX века, понятие научно-технической революции еще тогда вызывало сомнение в релевантности. Так, Дж. Бернал, во втором издании в 1957 году работы *Наука в истории* пишет о нем, отвечая на замечания критиков, сомневающихся в том, что событие, подобное возникновению новоевропейской науки, имеет место и сейчас. Он перечисляет в качестве доказательства значимые научные открытия и изобретения XX века, среди которых теория относительности и квантовая теория, исследования в области биохимии, электронные микроскоп и электронные вычислительные машины. Однако Бернал настаивает на том, что сравнимое по силе, современное революционное событие в науке содержательно принципиально отличается от Научной революции. «Первая революция была действительным открытием метода науки, вторая только применяет его. Новый революционный характер двадцатого века не может быть ограничен наукой; он состоит, прежде всего, в том факте, что только в наше время наука начинает определяющим образом влиять на промышленность и сельское хозяйство. Эта революция может с большей справедливостью быть названа первой научно-технической революцией» (цитирование по: [Teich, 2008, p. 135]). Марксистские корни данного концепта повлияли на то, что его развитие в основном осуществляется именно в этой традиции. Можно отметить обращение к исследованию научно-технической революции как понятия и события в чехословацкой и советской литературе [Человек, 1973]. В основном оно присутствовало в контексте обсуждения преимуществ социализма при разрешении проблем научно-технического развития, контроля над новыми технологиями, предотвращения опасных общественных воздействий результатов научного исследования, то есть имело в некотором смысле неслучайный идеологический характер. В настоящее время, данное понятие также используется по преимуществу историками науки при описании советского периода развития общества, науки и технологий [Smith, Maggs, Ginsburgs, 1981; Bazić, Minić, 2009; Guth, 2018]. В этом контексте сомнения в актуальности, обращение к данному концепту должно быть дополнительно легитимировано.

¹⁸ Текст данного параграфа в основе содержит идеи статьи «Научно-техническая революция – актуальные уроки неактуального концепта» [Шиповалова, 2020].

Тому можно привести три аргумента, демонстрирующие, что речь не идет о попытке спасти забытое понятие или, тем более, дополнительно обосновать использующую его традицию, но, напротив, о стремлении увидеть с его помощью полноту происходящего в современности. Во-первых, использование именно термина революции и выстраивание в последовательность событий первой Научной и второй научно-технической революции позволит рассматривать вторую по образцу первой, в частности в вопросе об определении ее структуры, включающей четыре стадии. Во-вторых, последняя стадия научной революции в определении Б. Коэна, приведенном в первом параграфе данной главы, содержательно соответствует тому, что Дж. Бернал вкладывал в понятие научно-технической революции – применение научного метода, что позволяет рассматривать второе событие как развитие первого. В-третьих, сам идеологический характер концепта научно-технической революции, вызывающий порой отторжение у исследователей, критически настроенных по отношению к социалистическому прошлому и марксистской традиции, создавшей ему теоретическое обоснование, можно проинтерпретировать как неслучайный. Этот аргумент будет раскрыт ниже. Здесь же следует подчеркнуть, что технологический характер науки, связанный с тем, что наука становится непосредственной общественной силой как в материальном (экономическом, военном, промышленном и т.п.), так и в идеологическом смысле, не может быть не учтен в управлении обществом и не включен в политические коллизии современности. Именно этот характер становится очевидным в эпоху после научно-технической революции, что обуславливает и дополнительную смысловую нагрузку концепта.

Третий аргумент переводит нас ко второму контексту раскрытия концепта научно-технической революции. Этим контекстом является такое положение дел в сфере высшего образования и науки, которое получило наименование академический капитализм и выражается в повсеместном требовании со стороны государства экономической результативности и эффективности научной и образовательной деятельности [Shaughter, Leslie, 1997].¹⁹ Можно рассматривать это требование как внешнее по отношению к самой научной деятельности, оценивая его положительно и принимая как руководство к действию, или критикуя и сопротивляясь различными способами. Однако возможно мы уже принципиально опоздали с оценками, и сегодня речь идет о том, чтобы понять это требование как отвечающее,

¹⁹ Сегодня речь идет не только о государственном управлении научными исследованиями, но и о том, что требования технической применимости и общественной полезности результатов научных исследований начинают трактоваться как собственные цели академии. Часто научные учреждения и их представители готовы признать эти цели в качестве таковых, при этом речь идет не только о создаваемых предпринимательских университетах, но о тех, которые продолжают при этом называться исследовательскими. Ситуация обостряется на постсоветском пространстве, где глобальное требование эффективности и научной новизны дополняет государственное требование формирования или сохранения национальной идентичности [Titarenko, Zaslavskaya, Avetisyan, 2019]. Такое объединение сопровождается сокращением общественного участия в управлении организациями, ведет к усилению институционального контроля, и, в конечном итоге, к зависимости научных исследований от экономической и политической власти [Дунаев, 2018]

как это не парадоксально, существо самой научной деятельности после научно-технической революции. Это понимание, как и в случае обращения Хайдеггера к сущности техники не будет означать обреченности или избыточной ответственности самой науки за то, что сегодня с ней происходит. Напротив, если истолковать требование результативности и эффективности как отвечающее существо научных исследований, можно увидеть и спасительное, сопровождающее опасности капитализации научной деятельности, ростки которого, будучи замеченными, могут быть предметом заботы и самого научного сообщества. Условием такого истолкование будет рассмотрение тенденций академического капитализма как следствия или даже конкретизации действия технологического императива – «то, что понято, должно быть применено». Сам же этот императив будет раскрыт как необходимый элемент научно-технической революции. Производимые им вызовы и уроки будут в центре внимания в этом параграфе.

Кто ответит за инновацию?

«Как правило, открыватель до совершения открытия не может знать ничего о возможностях его применения, и даже потом путь к его практическому внедрению может оказаться столь долг что никакие предсказания будут невозможны. Поэтому на них (не возлагается) никакой ответственности за полезность или опасность последующего развития. Однако в отношении изобретателя дело, как правило, обстоит иначе. Изобретатель <...> всегда имеет в виду определенную практическую цель. Он должен быть уверен, что достижение этой цели представляет определенную ценность, и на него с полным правом можно было бы возложить ответственность за изобретение» [Гейзенберг, 2004, с. 177]. Эта фраза была произнесена Карлом Фридрихом фон Вейцеккером в беседе с Вернером Гейзенбергом в ситуации после взрывов атомной бомбы в Японии, когда применение результатов теоретической физики унесло жизни миллионов людей. Она может быть своего рода эпиграфом к данному разделу, ставящему вопрос об ответственности, а точнее раскрывающему вызов ученому, инженеру, всякому субъекту научной деятельности в эпоху после научно-технической революции.

Технологизация научной деятельности, о которой очевидно может идти речь в современности, особенно в контексте использования понятия «технонаука» может быть понята двояко. В узком смысле, она связана с влиянием на научное исследование, в том числе на его результативность, новых инструментов и технологий. Однако едва ли не более значимым является широкий смысл, который трактует технологизацию как требование практической применимости исследований. Такая трактовка обусловлена еще античным смыслом техне, включающим нацеленность на результат, внешний по отношению к самой деятельности. Также она включена в то определение, которое дает Дж. Бернал научно-технической революции, и присутствует в формуле технологического императива, который был

сформулирован в 1975 г. Эдвардом Теллером²⁰ и входит в понятие инновационной деятельности введенное Й. Шумпетером в 1912 году.

Следует, однако, подчеркнуть, что, несмотря на утверждение технологического характера всей науки, возникновение и легитимацию нового научного знания, а также его техническое воплощение можно считать объективно различными процессами, порой не поддающимися контролю одного ученого или научной группы [Veugelers, Wang, 2019]. Исследователи инноваций, признавая сложность однозначного определения данного понятия, предлагают трактовать его как определяющего «новую комбинацию» существующего знания и ресурсов, различать изобретение (новую идею) и непосредственно инновацию (применение идеи на практике), классифицировать инновации по продукту, процессу и организации, а также радикальности ее социального и экономического эффекта» [Fagerberg, Fosaas, Sapprasert, 2012, p. 1135].²¹ При этом возникает любопытная коллизия. Либо указанное различие принципиально и задается различием субъектов, их целей, самой деятельности и результатов. Либо требование применимости должно распространяться на всю науку и, будучи тотальным, относиться даже к фундаментальным исследованиям. Цена принятия позиции в данном различии – ответ на вопрос об ответственном за инновацию и за применение результатов научных исследований. В первом случае различным стадиям научной революции, выделенным Б. Коэном – рождения идеи, а также ее последовательной дистрибутивности, – соответствуют различные субъекты и, соответственно, можно различить ответственные роли главных действующих лиц: конкретный ученый на первой, экспертное сообщество на второй и третьей, общество в целом на четвертой. Во втором — последняя стадия применения оказывается значимой уже с самого начала и диктует собственную нормативность на всех шагах революционного события. Границы между стадиями оказываются размытыми, поскольку общественный характер идеи, возможность ее использования, потенциальная практическая значимость зачастую предполагается уже на первой стадии и сопровождает ее на последующих. Научно-техническая революция открывает эпоху, когда легитимация исследования через результативность становится общепринятым требованием, вызовом для научного сообщества, орудием власти для научного менеджмента, необходимостью для общества в целом. Новое знание становится тем, за что приходится отвечать и разделять ответственность уже на этапе его создания. Именно в эпоху после научно-технической революции стремление различить ответственность открывателя и изобретателя, приведенное в начале раздела, становится с одной стороны оправданным, имеющим целью ограничить ученых теоретиков от негативных общественных оценок результатов их деятельности. С другой, различие это оказывается неизбежно отно-

²⁰ См. об этом: [Ленк, 1989, с. 383]

²¹ Об отличии академических профессий, в зависимости от склонности их представителей к работе над применимостью изобретений (академическое предпринимательство) см.: [Novotny, 2017].

сительным, поскольку почти всегда применение теоретической разработки, перевод ее в определенный технологический процесс с самого зарождения включено в программу осуществления инновации. Применение, имеющее неоднозначные и порой непредсказуемые последствия, должно требовать ответственности тех, кто создает теорию и владеет знанием об объекте. Тревога ученых в этой ситуации понятна, потому что возможности контроля над применением результата ограничены, а сам результат не всегда очевиден на стадии рождения идеи.

Действующие агенты науки после научно-технической революции

Ответственность за инновацию очевидно предполагает активность, но все ли участники научно-технической революции в равной степени активны? Если предполагать, что вторая революция представляет собой захват последней стадией всей сущности научно-революционного события, то активность его участников оказывается в высшей степени проблематична.

Выше уже было высказано предположение о неслучайности идеологического контекста концепта второй научной революции. Процессы, им обозначаемые, становятся вызовом для власти, для ее способности контроля последствий научных и технических трансформаций. Политические режимы оказываются в ситуации сравнения этой способности и взаимной критики. Технологизация науки при этом оказывается способом легитимации господства [Маркузе, 1994, с. 208]. В чем условия, и каковы следствия того, что так понятая наука становится идеологией [Хабермас, 2007]? В критике классической научной рациональности раскрывается присутствующая еще в основаниях новоевропейской науки ее власть над предметной сферой. Точное и однозначное научное объяснение реальности, «объективного порядка вещей», дополняемые стремлением объяснения властвовать над предметной сферой, служат условием технологического распоряжения. Именно в этом смысле наука отчасти разделяет с капитализмом характер «безличного доминирования», обнаруживающийся марксистской критикой, а в эпоху после научно-технической революции начинает и легитимировать его. «Общество, нацеленное на технологическую трансформацию природы и уже осуществляющее ее, изменяет основу господства, постепенно замещая личную зависимость (раба от господина, крепостного от владельца поместья, а последнего от дарителя феода и т.д.) зависимостью от “объективного порядка вещей” (экономических законов, рынка и т.п.)» [Маркузе, 1994, с. 189]. Этот порядок вещей обладает непререкаемой силой именно потому, что провозглашается уже открытым и достаточно обоснованным, существующим безотносительно к субъекту его обнаружившему. Именно он может служить основанием технологического императива: применение того, что не до конца познано, невозможно. Сущность технологического разума включает допущение «гипотетического бесконечного актора, способного действовать из ниоткуда», не встречаю-

щего никакого сопротивления материала, не требующего взаимности и не допускающего побочных эффектов собственного действия, ожидающего точно предсказанного результата [Feenberg, 2005]. Перед властью такого бесконечного актора все остальные участники революционного события оказываются пассивными проводниками его обезличенной интенции. Сила общественного воздействия науки и многообразие включенных в поле ее действия лиц наталкиваются на проблематичность их активности и, как следствие, на невозможность их ответственности.

В чем же состоит «спасительное», сопровождающее опасность отсутствия активных и ответственных действующих агентов научно-технической революции, присутствующую в самом существе науки? Именно с ответом на этот вопрос связан урок научно-технологической революции, которая доводит до предела две черты, изначально присущие научной деятельности – ее технологическую и общественную составляющую. Более того, становится явным противоречие между общественным характером науки, предполагающим взаимодействие участников и их активность, и технологическим характером, в пределах требующим их пассивности, но при этом обостряющим проблему ответственности. Парадоксальность доминирования технологической составляющей становится явной и очевидно требует преодоления тогда, когда одно из его оснований – наука – само оказывается угнетенным: наука, в основаниях своих содержащая несимметричное отношение субъекта и объекта познания и подчинение предметной сферы, сама оказывается в подчиненном положении в ситуации академического капитализма. Порабощение и инструментализация вещей как предполагаемое научно-технической революцией условие освобождения человека доводится в своей универсальной претензии до порабощения и инструментализации самого человека и его деятельности, в том числе научной [Маркузе, 1994, с. 209]. Представляется, что именно это обращение на себя последствий собственной деятельности, может стать источником сопротивления научного сообщества не непосредственно против академического капитализма, но против его условий, коренящихся отчасти в технологической составляющей самого научного разума.

Поддержкой этого сопротивления может быть союз с другими субъектами, «угнетенными» безличным доминированием объективных законов предметной сферы, а также апелляция к распределенности позиции, силы и активности того действующего актора, который обеспечивает эти законы своей властью. Следует подчеркнуть, что мотив такого движения может быть обнаружен и в самой технологической составляющей в узком смысле слова. Развитые технологии и инструменты научной деятельности становятся неустранимыми участниками процесса познания, им делегируются многие когнитивные функции, которые были традиционно связаны именно с человеческим разумом. Концепт распределенного познания (*distributed cognition*) [Hutchins, 1995] может быть рассмотрен как ответ на вызов научно-технической революции, связанный с проблемой ответственности. Тотальной пассивности перед лицом анонимного бесконечного актора

здесь противопоставляется локальная активность в распределенной социально-технической системе. Центр активности и центр ответственности в этой системе заранее не определены, также как и взаимные влияния различных активных элементов.

Симптомы сопротивления, производимого в ответ на доведение до предела логики технологического разума, мы находим в современности после научно-технической революции. Чем значительнее воздействует технологически трансформированная наука на свои объекты, тем больше эти объекты «возражают» научной точности и универсальности как способу теоретического познания и условию практического управления. Эпоха неопределенности и общество риска – эти концепты именуют поле «протеста» объектов [Nowotny, Scott, Gibbons, 2001; Callon, Lascoumes, Barthe, 2011]. Где наука подходит к своим пределам в предсказании и объяснении климатических изменений, последствий применения технологических инноваций, влияния на среду отходов человеческой деятельности, там точность и универсальность необходимо дополняются локальностью в рассмотрении конкретных случаев и признанием значения многообразных источников информации о происходящем. Новая эпоха, когда «факты неопределенны, ставки высоки, решения безотлагательны, а ценности противоречивы» [Funtowicz, Ravetz, 2003, p. 1], является в определенном смысле следствием размаха научно-технической революции и порождает в качестве собственного следствия необходимость в иной науке. Наука пост-нормальной эпохи неопределенности должна, как показывают, в частности Фунтович и Равецц, при вынесении экспертного суждения как основания общественно-значимых решений, приглашать в качестве активных участников диалога по выработке этой экспертизы всех заинтересованных лиц и даже так называемых дилетантов. Тех, кто, например, проживает в экологически небезопасных районах и может состоянием своего здоровья свидетельствовать о действительных нормах выброса предприятиями вредных веществ в воздух или о воздействии разложения отходов, находящихся в опасной близости от мест проживания и т.п. Это не значит, что научное знание принижается в сравнении со знанием дилетанта. Напротив, можно сказать, что идентификация ученых расширяется до коллектива, включающего и тех, кто прежде был только пассивным субъектом потребления результатов научно-технического развития или просветительской деятельности. Более того, эти ранее пассивные акторы могут оказаться и неожиданными союзниками ученых в борьбе против общего врага – безличного господства логики эффективности и безответственности.

К кругу заинтересованных, но пассивных участников общественных трансформаций относятся не только сами ученые, субъекты познания, но и объекты научного исследования, люди и сообщества как предметы социальных наук, а также материальные объекты, латуровские «не-человеки». Новое в своей радикальности применение научного метода к этим объектам приводит к неожиданным и катастрофическим побочным эффектам, обнаруживает природу и общество как совокупность не безгласных вещей,

но активных участников возможных переговоров о дальнейшем развитии. Симптомами признания активности объектов исследования и приложения силы технологического разума, признания их способности «давать сдачи» служит, например, возникновение экологической этики, а также обоснование перехода к «технологиям смирения» [Jassanoff, 2003].

Пожалуй, самым важным условием выхода за границы логики технологического разума является включение в ряды активных участников процессов общественного развития не только самих ученых, их объектов исследования, а также заинтересованных дилетантов, но и самих технологий [Verbeek, 2011; Gordon, 2018], возникновение представления о возможных не инструментальных отношениях с ними [Хуэй, 2020]. Технологии, воспринимаемые традиционно как средства и исключительно объект контроля и управления, как последний оплот технологического разума, ставятся в этом качестве под вопрос логикой разума общественного. В этом и состоит основной урок научно-технической революции: ее содержание, предполагающее акцент именно на последней стадии революции, заслонение ею всех остальных, приводит с неизбежностью к сопротивлению со стороны подавленного. Более того, именно развитые и продолжающие стремительно развиваться технологии в качестве основного результата второй научной революции, непосредственным образом включаются в общественные взаимосвязи, обнаруживая при этом собственную активность²².

ТРЕТЬЯ ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Прежде чем перейти к рассмотрению цифрой революции, подведем предварительные итоги. Существенный урок первой научной революции, результатом которой следует считать формирование новоевропейской науки, тех черт, которые и сегодня задают образец научного исследования, дает существенный урок неоднозначности истока новизны. Требования обращения к традиции и открытости иному знанию столь же актуальны, сколь и не однозначны для современной ситуации, для тех, кто не ценит сохранение научных школ или сомневается в значении научной коммуникации, в том числе в значении неформальных взаимодействий ученых или включения их в публичную научную коммуникацию с дилетантами, обладающими опытным знанием. Урок первой Научной революции важен и для научной политики, для субъекта власти, который стремится контролировать и заказывать новизну, порой не отдавая себе отчета в свободной, творческой составляющей события ее возникновения. Еще один важный

²² Здесь следует обратить внимание на неоднозначность в определении активности в рамках Акторно-сетевой теории. Следует отличать активность субъектов, обладающих собственной интенциональностью и, в силу этого, ответственностью за свои собственные действия, а также активность агентов, производящих воздействие и включающихся в общественные взаимосвязи [Лаэт, Мол, 2017, с. 176]. В этом контексте следует признавать агентность за технологиями или не-человеческими акторами и это признание не означает выстраивания иерархии, но исходит из понимания того, что интенциональность и ответственность за собственные действия может задаваться самим актором, но не предписываться извне.

урок первой научной революции состоит в том, что в ней уже присутствует четвертая стадия применения, которая может быть названа стадией инновационности или технологизации в широком смысле слова.

Именно последнее обстоятельство обуславливает переход ко второй, научно-технической революции. Она должна считаться научной, так как содержательно развивает революцию первую; революционность же ее заключается в следующем. С одной стороны, радикальная трансформация, происходящая в этом событии, предполагает распространение содержания и значения последней стадией инновационности на все остальные стадии революционного научного события. С другой стороны, в этом событии, ставшем очевидным к середине XX века, присутствует и элемент возобновляющегося жеста. Раннее понятие науки отсылает к умелой деятельности человека, знающего ее причины и основания. Выход на первый план технологической составляющей науки обращает к тем характеристикам, которые уже существовали в прошлом интеллектуальной европейской традиции. Среди них - сближение техне и эпистеме как видов знания в античности, отличающихся незаинтересованностью, присутствующей лишь во втором случае, и разделяющих общую черту обращения к причинам и возможности научения знанию. Акцент на практической составляющей научного знания присутствует в работах новоевропейских ученых и философов. Кроме того, осуществление научных исследований, начиная с XVII века становится все более зависимым от сложных инструментов, делающих их возможными [Столярова, 2016]. Важно, что этот аспект инновационности и технологизации идет рука об руку с властными интенциями науки, усиливая их теоретическую подоплеку посредством практической составляющей, ведь уже само знание объективных законов предметной сферы дает возможность и служит основанием «действия на расстоянии» [Латур, 2012]. Кроме того, неслучайным оказывается общественный характер, приобретаемый наукой в эпоху после научно-технической революции. С одной стороны речь идет о возрастании количества заинтересованных участников: уже почти не остается тех, кто не включен в научно-технологические трансформации либо в качестве субъектов производства знания и его воплощения, либо в качестве тех, кто на себе претерпевает порой неоднозначное воздействие результатов этого знания. С другой стороны, большинство участников в своей деятельности оказываются под властью технологического императива, то есть остаются пассивными и не способными отвечать за собственные действия. Тотальное подчинение того поля, в котором осуществляется применение результатов научной деятельности, отношению к нему как к безгласной материи – будь то природа или общество – не может не вызывать сопротивления со стороны агентов этого поля. В развивающемся конфликте общественной и технологической составляющей науки состоит главный урок научно-технической революции.

Именно развитие этого противоречия можно проинтерпретировать как условие, приводящее к третьей цифровой революции, встраивающее ее

в последовательность научной революционности, в развитие тех образцов, которые сформировались еще в революции первой. Революционность цифровых технологических трансформаций можно обнаруживать несмотря на то, что некоторые исследователи сомневаются в радикальности происходящих перемен, рассматривая их по преимуществу как количественное накопление технологических и общественных изменений, а также как развитие некоторых тенденций, связанных с технологическим характером производства, отчуждения или репрезентации себя в практиках повседневной жизни [Масланов, 2019]. Подобные наблюдения могут характеризовать и соединение цифровизации и научной деятельности, позволяя утверждать, что скорее технологическая новизна встраивается в традиционные практики академии, сопровождая и дополняя их новой модальностью (возможностью репрезентации текстов в цифре, а также осуществлением дискуссий и образовательных процессов в виртуальной реальности). Более того, часто эта модальность, обеспечивающая легкие способы объективации и дистрибуции новой идеи, снижает воодушевление и переживание риска, сопутствующего научной новизне, делает ее обыденной, снижает степень ее общественного воздействия [Ayers, 2013].

Такие наблюдения можно проинтерпретировать как «незаметность» радикальных трансформаций на первой стадии революции, когда те, кого потом назовут научными революционерами, скорее склонны к использованию новых средств для возрождения прошлого, чем к радикальному разрыву с ним. Выше это было названо общим уроком революционности, демонстрирующем невозможность абсолютизации новизны. При этой «незаметности», все же можно указать на одну значимую трансформацию, которую отмечают исследователи процессов цифровизации, хотя и редко рассматривают ее в качестве основной. Речь идет о том, что перемены, связанные с совершенствованием средств вычисления, хранения и управления информацией, а также средств коммуникации, получают, достаточно неожиданно, всеобщую значимость. И потому революционный элемент цифровизации следует связывать не только и не столько с появлением, скажем, компьютера и Интернета, но с тем, что эти маркеры цифровой эпохи входят в публичное пользование, становятся общедоступными [Ceruzzi, 2013]. Именно в этом смысле можно считать цифровую революцию развитием революции научно-технической. Подобно тому, как вторая революция развивает первую Научную революцию, акцентируя значение ее последней стадии, цифровая революция настаивает на общественном характере собственно технологических перемен, внося вклад в разрешение противоречия между технологическим и общественным характером науки, сформировавшимся в эпоху научно-технической революции²³. Цифровые техноло-

²³ Представляется неслучайным в этом контексте, что в качестве последней стадии цифровой революции, которая происходит на наших глазах, исследователи называют стадию коммуникативных преобразований, на которой трансформация общественных взаимодействий, происходящая благодаря использованию Интернета, дополняет непосредственное возникновение новых технологий и соответствующих им научных исследований [Милославов, 2020]

гии могут быть тем, что не только подчиняет все практики специфическому способу их осуществления, но и тем, что становится условием возможной активности всех участников общественных процессов, владеющих ими.

Конечно, такой подход не должен служить однозначно оптимистичному рассмотрению цифровой революции. Во-первых, потому что распространение цифровых технологий не отменяет, но даже усиливает эксклюзивность тех стран, которые лишены высокого уровня развития ИКТ и тех граждан, которые в силу тех или иных причин не могут пользоваться преимуществами, которые эти технологии предоставляют [Ragnedda, Muschert, 2017]. Во-вторых, тотальное распространение цифровых технологий может быть знаком не только освобождения, но и нового витка порабощения. «Капитализм платформ» - концепт, который выражает угрозы тотальной цифровизации и проблематичность активности пользователей в эпоху цифры [Томин, 2019]. Однако в контексте такого подхода становится очевиден и вызов цифровой революции – вызов творческой активности, которая ставится под вопрос революцией второй и становится не только необходимой, но и возможной в революции третьей.

Если рассмотреть цифровую революцию в тех ее воздействиях, которые она оказывает на научную деятельность, лежащую в ее истоке, на исследовательские процедуры и практики научной коммуникации, то можно обнаружить еще одну черту научной революционности – двойственность в отношении к прошлому. С одной стороны, цифровые трансформации, создающие условия для существенного изменения исследовательских практик, имеющих отношение как к сбору данных, так и к их обработке, заставляют задуматься об изменении идентичности традиционных научных дисциплин, особенно, когда эти изменения проникают в гуманитарные науки, традиционно сопротивляющиеся адекватности использования количественных методов [Romein et al, 2020; Tanasi, 2020; Daquino, Pasqual, Tomasi, 2020]²⁴. С другой стороны, совершается особый возвратный жест. Опора в научных исследованиях на большие данные делает возможным новый эмпиризм, возобновляющий вопрос о значении теоретического уровня научных исследований [Anderson, 2008]. Будут ли в третьей волне эмпиризма, воспроизводящей традицию нового времени и логического позитивизма, учтены исторические уроки, покажет время.

Поскольку научные исследования в цифровую эпоху начинают строиться на основании больших данных, у исследователей науки может создаться впечатление, что теперь ее задача связана не с объяснением причин, но с раскрытием «что» объекта, тем более, что это «что» оказывается почти бесконечным в деталях и многомерным в исследовательских подходах, требуемых для его освоения [Журавлева, 2018]. При этом сам концепт больших данных остается неопределенным не только в своей релятивности, но и в своей проблематичности. Последняя связана не только и

²⁴ О специфике этих изменений см. подробнее в: [Weller, 2011, p. 45-47]

не столько с тем, что данных как потенциального предмета научного исследования становится больше, чем может освоить человек при посредстве современной компьютерной техники. Ответом на такой вызов была бы лишь технологическая задача создания более мощных средств работы с большими данными. Эпистемологическая проблема заключается, во-первых, в том, что необходимо предвидение того, какие данные должны собираться и храниться для своего перспективного использования, предвидение будущего интереса к конкретным областям знания и деятельности [Floridi, 2012]. Во-вторых, проблематичность связана с неопределенностью исследовательского объекта, так или иначе собранного из больших данных. В этом контексте вариативной сборки становится востребованной исследовательская творческая активность, поскольку без нее массив данных представляет собой неупорядоченный рой информации, поработавший того, кто стремится к нему приобщиться. Именно этим оправдана работа над базами научных публикаций, формирование из них различных кластеров по специальностям, востребованности, полям предшественников и наследников, развивающих идею. Такая кластеризация конечно создает отбор и замыкает входящего в сформированные базы исследователя в определенной тематике, однако это также представляет собой вызов активности и возможного интереса к иному, ведь выход за границы собственной эхо-камеры возможен только тогда, когда границы этой камеры определены и ощутимы.

Открытость, создаваемая и обеспечиваемая цифровыми технологиями, открытость, относящаяся к данным, используемым в исследованиях, к информации о ходе работ и их результатах, к возникающим новым идеям и критическим дискуссиям их обсуждающим, к экспертному знанию и возможности его оценки всеми заинтересованными субъектами, может быть понята как благо, служащее развитию научного знания и сохранению его общественной значимости [OECD, 2019, Weller, 2018]. Однако такая многоликая открытость создает и вызовы, один из которых возвращает нас к истоку первой научной революции. Каким будет научных субъект в этой ситуации открытости и многообразия возможностей для формирования в научной коммуникации различных идентичностей ученого, репрезентирующего свои исследования на разных площадках, вступающего в коммуникацию с различными общественными субъектами? Будет ли он снова собран на пересечении различных реальностей собственной деятельности из ситуации распределения собственных когнитивных функций между различными действующими агентами, к которым относятся и технологии? Будет ли эта собранность в ситуации тотальной открытости сохранять неявный (tacit), личностный, творческий исток научного знания, оставляющий науку выходящей за рамки любого внешнего контроля и управления, сохраняющей ее свободной? Ответ на этот вопрос, как и представление уроков события нашего времени следует оставить времени будущему.

Глава 2. Консерватор в роли революционера (М. Планк и квантовая революция)*

И.С. Дмитриев

Мой принцип таков: тщательно продумать каждый шаг заранее, а потом, если уверен, что может взять на себя ответственность, идти вперед не останавливаясь ни перед чем.

*Из письма М. Планка М. фон Лауэ
(22 марта 1934 года).*

В философии науки традиционно большое внимание уделяется теоретическому знанию. Однако научные теории при этом рассматриваются, как правило, как нечто уже сформированное, тогда как анализ рождения и становления теории играет значительно меньшую роль. В данной статье на примере построения М. Планком теории излучения абсолютно черного тела, которую принято рассматривать как начало квантовой физики, мы рассмотрим следующие вопросы: возможно ли создание революционной научной теории уже сформировавшимся и консервативно мыслящим ученым, и если «да», то каковы особенности когнитивного процесса и его результата в этой ситуации. В частности, меня будет интересовать взаимосвязь между формальной частью теории Планка и ее когнитивным объяснительным потенциалом.

В отличие от широко распространенного мнения, квантовая научная революция начала XX века, у истоков которой, как принято считать, стоял Макс Планк (*Max Planck*; 1858 – 1947), в своей начальной фазе стала результатом не революционности ее главного героя, но скорее следствием его склонности к компромиссам и даже капитуляции перед интеллектуальными трудностями, с которыми он столкнулся.

Привилегии начального состояния

Годы юности Планка совпали с бурным развитием термодинамики, простые и ясные законы которой покорили молодого ученого своей общностью, незыблемостью и универсальностью. Кроме того, Планка привлекало в этих законах, то, что они освобождали науку от всяких антропоморфных ассоциаций. Его внимание сосредоточилось, главным образом, на втором начале термодинамики и концепции необратимости. Планк предложил считать процесс необратимым («естественным», по его терминологии) если он не может быть сделан полностью обратимым без компенсации, т. е. без внесения изменений в окружающую систему тела. «Решение

* Данный параграф основан на тексте, опубликованном в виде статьи: *Дмитриев И.С. «Я не особо думал об этом» (М. Планк и квантовая революция) // Дискурс, 2019, вып. 5. С. 5 – 19.*

вопроса о том, – вспоминал Планк, – является ли некоторый процесс обратимым или необратимым, зависит только от свойств начального и конечного состояний. Вам не нужно знать природу и ход процесса (*über die Art und über den Verlauf des Vorganges*). ... При необратимых процессах конечное состояние, в известном смысле, выделено по отношению к начальному состоянию; природа, так сказать, отдает ему большее „предпочтение» (*eine größere "Vorliebe"*). ... В качестве меры такого предпочтения у меня фигурирует энтропия Клаузиуса, а второе начало истолковывается как закон, утверждающий, что в любом естественном процессе сумма энтропии всех тел, участвующих в процессе, возрастает»²⁵.

1890-е годы засвидетельствовали интенсивные дебаты по поводу предложенной Л. Больцманом и оспариваемой «энергетистами», в частности, В. Оствальдом, статистической интерпретации второго начала термодинамики. Планк поначалу отрицал такую трактовку (которая, по его мнению, позволяла сомневаться в абсолютной справедливости закона возрастания энтропии, ибо допускала, хоть и с крайне малой, но конечной вероятностью, что энтропия изолированной системы может уменьшаться со временем) и был скептически настроен по отношению к атомной гипотезе. Как он пророчествовал в 1881 году, «несмотря на успехи атомной теории в прошлом, мы в итоге вынуждены будем отказаться от нее и признать непрерывность материи»²⁶. Это отношение к атомистике, хотя и несколько смягчилось к середине 1890-х годов, тем не менее еще некоторое время продолжало оставаться неизменным.

Гипотеза «естественного излучения»

С 1896 года М. Планк сосредоточился на решении задачи о спектральном распределении энергии равновесного излучения абсолютно черного тела²⁷.

Для Планка эта задача представляла большой теоретический интерес, ибо касалась того, что «не зависело от специфики тел и веществ, того, что обязательно сохранит свое значение для всех времен и культур, даже внеземных и нечеловеческих»²⁸.

²⁵ *Planck M. Vorträge, Reden, Erinnerungen / Hrsg. von Hans Roos; Armin Hermann. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. S. 13.*

²⁶ *Planck M. Verdampfen, Schmelzen und Sublimieren // Annalen der Physik und Chemie . (Neue Folge). 1882. Bd. 15 (251). S. 446–475; S. 475.*

²⁷ Понятие абсолютно черного тела является идеализацией и означает тело, которое полностью поглощает падающее на него извне излучение, совершенно его не отражая. Моделью абсолютно черного тела может служить замкнутая полость. Разумеется, такое тело должно излучать энергию, иначе его температура будет возрастать до бесконечности. Чем выше температура абсолютно черного тела, тем больше энергии оно излучает и в какой-то момент наступает термодинамическое равновесие, когда телом поглощается столько же энергии, сколько излучается. Отсюда возникают две задачи: определение равновесной температуры и определения спектра (т. е. распределения по энергиям) излучения. Концепция абсолютно черного тела была введена Кирхгофом в 1860 году.

²⁸ *Planck M. Physikalische Abhandlungen und Vorträge / Herausgeg. vom Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften und der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 1. Aufl. Braunschweig: Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, 1958. Bd. I. S. 599 – 600.*

Вторая причина обращения (причем, не только Планка) к указанной проблеме имела прикладной характер. Равновесное распределение максимизирует длинноволновую (тепловую) компоненту излучения. Следовательно, формула, которую искал Планк, должна была описать наихудший из возможных источников освещения, а потому могла служить для оценки «нижнего порога» эффективности новых типов электрических ламп. Не случайно поэтому имперское бюро стандартов (*Physikalisch-Technische Reichsanstalt*) проявило интерес к измерению равновесного распределения излучения.

К концу 1900 года накопилось множество экспериментальных данных по спектральному составу такого излучения. Часть этих данных хорошо описывалась полуэмпирическим законом, предложенным Вильгельмом Вином (*W. Wien*; 1864 – 1928) в 1896 году.

Еще в 1893 году Вин высказал мысль, что понятие энтропии и температуры можно распространить на тепловое излучение и, следовательно, равновесное излучение можно исследовать термодинамическими методами²⁹. Позднее им было показано, что основная особенность излучения абсолютно черного тела заключается в том, что его спектральный состав является только функцией температуры. Вин рассматривал лучеиспускающее тело как газ, заключенный в идеально отражающую оболочку, все части которой поддерживаются при одинаковой температуре. Если в этой оболочке проделать достаточно малое отверстие, то выходящее из оболочки излучение можно считать практически абсолютно черным. В июне 1896 года Вин предложил полуэмпирическую формулу («закон распределения»), связывающую спектральную плотность энергии излучения $u(\nu, T)$ (т. е. плотность энергии излучения на единицу частоты при данной температуре) с его частотой ν и температурой T : $u(\nu, T) = \alpha \nu^3 \exp(\beta \nu / T)^{-1}$, где α и β – эмпирически определяемые константы³⁰.

Однако эта формула не имела теоретического обоснования, что для Планка было совершенно неприемлемым. В поисках ее вывода из более общих физических законов он исходил из того, что нагретые тела излучают электромагнитные волны. Иными словами, Планк надеялся вывести формулу Вина непосредственно из законов электро- и термодинамики. Конкретная задача, решение которой искал Планк, сводилась к определению максимума энтропии системы, состоящей из моделирующих вещество совокупностей «резонаторов» – гармонических осцилляторов с различными частотами ν (от 0 до ∞) и из электромагнитных волн соответствующих частот. Заметим, что Планк предпочитал говорить об осцилляторах (или, другой, равнозначный, термин – резонаторах), не отождествляя их с атомами или молекулами.

²⁹ *Wien W. Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie // Annalen der Physik und Chemie (Neue Folge). 1893. Bd. 49 (285). S. 633 – 641.*

³⁰ *Wien W. Ueber die Energievertheilung im Emissionsspectrum eines schwarzen Körpers // Annalen der Physik und Chemie (Neue Folge). 1896. Bd. 58 (294). S. 612–669.*

Поначалу Планк полагал, что для его исследования спектрального состава излучения абсолютно черного тела вполне достаточно общих законов максвелловской электродинамики, которым подчиняется взаимодействие между излучением и набором осцилляторов в замкнутой полости. При этом он исходил из того, что частота излучения, испускаемого осциллятором, будет отличаться от частоты поглощаемого излучения. Такая система способна без внешнего воздействия перейти в равновесное состояние.

Больцман внимательно следил за исследованиями Планка, относясь к ним весьма критически. Особенно не по душе австрийскому физику пришла мысль Планка о том, что осциллятор может односторонне, а потому необратимо, воздействовать на энергию окружающего его поля излучения. Больцман убедительно показал, что из уравнений Максвелла нельзя получить необратимые процессы.

Идеи Больцмана о связи процессов излучения и поглощения, о связи излучающего тела и поля излучения, оказали заметное влияние на Планка, который писал в своей автобиографии: «Мои первоначальные тайные надежды на то, что излучение, испускаемое осциллятором, каким-нибудь характерным образом отличается от поглощаемого излучения, оказались обманчивыми. Осциллятор реагирует лишь на такое излучение, которое он сам испускает, и не проявляет ни в малейшей мере чувствительности к соседним областям спектра.

К тому же мое предположение о том, что осциллятор должен оказывать одностороннее и, следовательно, необратимое воздействие на энергию окружающего поля, вызвало энергичное возражение со стороны искушенного в этом вопросе Больцмана, который доказал, что по законам классической динамики каждый из рассматриваемых мною процессов может протекать также в прямо противоположном направлении»³¹.

Получалось, что одних законов механики и электродинамики недостаточно для решения проблемы спектрального состава излучения. Нужно было ввести гипотезу, не зависящую от уравнений Максвелла. Под влиянием критики со стороны Больцмана Планк ввёл в свой анализ дополнительное предположение: гипотезу о «естественном излучении» (то есть некогерентности гармонических колебаний, на которые можно разложить излучение).

Эта гипотеза в некоторых отношениях была аналогична гипотезе «молекулярного хаоса» в больцмановской кинетической теории газов. Вот пример рассуждения Планка из его статьи 1899 года «Энтропия и температура теплового излучения»: «...уже начиная с теории газов принято считать, что возникновение необратимости и определение энтропии становятся возможными только при очень большом числе молекул. Между тем это опасение легко опровергается. Ибо принцип беспорядка (*Princip der Unordnung*), на котором основывается, по-видимому, всякий вид необра-

³¹ Planck M. Vorträge, Reden, Erinnerungen / Hrsg. von Hans Roos; Armin Hermann. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. S. 65.

тимости, в теории газов и в теории теплового излучения реализуется по-разному. Для газов это многочисленные весомые молекулы, создающие беспорядок благодаря нерегулярности их расположения и их скорости, а в пронизываемом лучами вакууме – это многочисленные пучки лучей, которые благодаря их нерегулярно меняющейся частоте и интенсивности создают возможность для возникновения энтропии. Для колебаний одного-единственного резонатора эта нерегулярность выражается так же хорошо, как и для излучения в свободном объеме. Ибо в то время как в теории газов живая сила (*die lebendige Kraft*, т. е. кинетическая энергия – *И. Д.*) одной-единственной молекулы является исчезающе малой величиной по сравнению с кинетической энергией даже малейшего количества газа, и, взятая сама по себе, не имеет никакого самостоятельного значения, в теории излучения энергия одного-единственного резонатора имеет тот же порядок величины, что и энергия свободного излучения, заключенная в очень большом по сравнению с размерами резонатора объеме. В соответствии с этим стационарное колебание резонатора, находящегося в стационарном поле излучения и обладающего определенным собственным периодом, представляет собою не единый элементарный процесс, т. е. простое синусоидальное колебание с постоянной амплитудой и фазой – в таком случае энергия колебания, конечно, превращалась бы свободно в работу и никакую энтропию нельзя было бы определить, но оно состоит в наложении друг на друга очень большого числа малых отдельных колебаний с приблизительно одинаковыми периодами и постоянными амплитудами и фазами (*sie besteht in einer Uebereinanderlagerung sehr vieler kleiner Einzelschwingungen mit nahezu gleichen Perioden und constanten Amplituden und Phasen*) или, что математически приводит в точности к тому же самому, представляет собой одно-единственное колебание с постоянной конечной амплитудой, но не регулярно изменяющейся фазой. Во всяком случае, можно говорить о беспорядке, а также и об энтропии, и о температуре (отдельно взятого. – *И. Д.*) резонатора»³².

Планк различает две области реальности: *микромир*, в котором физические величины (например, амплитуды и фазы осцилляторов) меняются быстро и случайно, не поддаются экспериментальному наблюдению и измерению (микробеспорядок), а потому заменяются средними значениями, и *макромир*, в котором физические величины (например, интенсивность излучения) меняются сравнительно медленно и могут определяться экспериментально. За этими рассуждениями Планка и его гипотезой «естественного излучения» просматривается убежденность ученого в том, что объектами исследования в физике являются величины, характеризующие макромир, тогда как всё, что касается микромира может служить не более чем полезной, но не надежной поддержкой в рассуждениях о причинах наблюдаемых явлений. Скажем гипотеза «естественного излучения» была

³² *Planck M. Entropie und Temperatur strahlender Wärme // Annalen der Physik. (Vierte Folge), 1900. Bd. 1 (306). S. 719 – 737; S. 724 – 725.*

введена с целью устранить из рассмотрения всё, что не отвечает наблюдаемой реальности, и тем самым, облегчить расчеты и вывести точные законы природы. Микромир как таковой, по мысли Планка, не может представлять интерес для физика, и всякие допущения, касающиеся микрообъектов и микропроцессов, в итоге должны быть устранены из конечных результатов. Теория должна строиться так, чтобы ее выводы не зависели от гипотез относительно неподконтрольной физике микрореальности.

Здесь уместно отметить некоторое отличие в позициях Больцмана и Планка: для первого молекулярный беспорядок допускал появление (хоть и с малой вероятностью) низкоэнтропийных состояний, тогда как для второго гипотеза «естественного излучения» служила средством элиминирования из рассмотрения всех «неестественных» процессов, т. е. процессов, ведущих к уменьшению энтропии.

Если ограничиваться задачей формально-математического описания явления, то гипотеза естественного излучения работала блестяще. Планк смог вывести уравнение, связывающее энергию осциллятора с интенсивностью излучения определённой частоты и сформировать понятие электромагнитной энтропии как функции энергии осциллятора. Все это позволило ему получить закон распределения Вина для спектральной плотности равновесного излучения отдельного осциллятора. Казалось бы, он добился желаемого – закон Вина выведен из фундаментальных принципов физики.

Правильная формула любой ценой

Однако опыты О. Луммера и Э. Принсгейма (1897) не подтвердили выводов Вина. Оказалось, что его формула хорошо согласуется с экспериментом только в области коротких волн.

Что же касалось другой формулы, выражавшей спектральный состав излучения абсолютно черного тела, которую предложили Дж. У. Рэлей и Д. Х. Джинс, то она, как показали эксперименты Г. Рубенса и Ф. Курлбаума, оказалась асимптотически правильной для длинных волн, но неприменима для коротких. В этой ситуации напрашивался вопрос: а не являются ли формулы Вина и Рэлей-Джинса предельными случаями некоторого общего закона, справедливого во всем интервале частот и температур?

Интерес Планка к проблеме излучения в известной мере был обусловлен результатами экспериментов Луммера и Принсгейма с одной стороны, и Рубенса и Курлбаума с другой. Эти результаты усилили интерес Планка к проблеме излучения. Эксперименты бросили серьезный вызов теории. В самом деле, почему, формула, казалось бы, строго выведенная из твердо установленных принципов физики, не отвечала экспериментальным данным? Сложившаяся ситуация, как ее воспринимал Планк, иллюстрировала мысль Гете о том, «человек заблуждается, покуда у него есть стремления (*der Mensch irrt, solange er strebt*)»³³.

³³ Planck M. Vorträge, Reden, Erinnerungen / Hrsg. von Hans Roos; Armin Hermann. Berlin; Heidelberg:

«...Я с рвением принялся за работу, – вспоминал он впоследствии. – В качестве прямого пути решения проблемы предлагалось использовать максвелловские уравнения электромагнитной теории света»³⁴.

Планк полагал, что проблема расхождения теории и опыта лежит в неправильном определении энтропии осциллятора. В итоге, он пришел к новому выражению для спектральной плотности излучения, которое было им представлено 19 октября 1900 года на собрании Немецкого физического общества:

$$u(\nu, T) = \alpha \nu^3 [\exp(\beta \nu / T) - 1]^{-1} (*)$$

Эта формула прекрасно отвечала экспериментальным данным как для коротких, так и для длинных волн. Однако она не могла удовлетворить Планка, поскольку не была выведена теоретически, а потому имела в его глазах «очень ограниченное значение – только как счастливо отгаданная интерполяционная формула (*einer glücklich erratenen Interpolationsformel*)». «Поэтому я, – вспоминал Планк, – со дня ее нахождения был занят задачей установления ее истинного физического смысла (*einen wirklichen physikalischen Sinn*), и этот вопрос привел меня к рассмотрению связи между энтропией и вероятностью, т. е. к больцмановскому образу мыслей (*auf Boltzmannsche Ideengänge*). После нескольких недель напряжённейшей в моей жизни работы темнота рассеялась и наметились новые, неподозреваемые ранее дали»³⁵.

В 1931 году в письме Р. Вуду Планк раскрыл некоторые психологические детали этой истории. Ключевыми словами в его рассказе являются, на мой взгляд, следующие: «теоретическое объяснение (формулы (*). – И. Д.) должно было быть ... найдено любой ценой, и никакая цена не была бы слишком высока (*eine theoretische Deutung ... um jeden Preis gefunden werden [musste], und wäre er noch so hoch*). ...Я пришел к этой точке зрения благодаря тому, что твердо держался обоих законов теории теплоты. Эти оба закона казались мне тем единственным, что при всех обстоятельствах должно оставаться неизменным. В остальном я был готов к любой жертве в моих прежних физических убеждениях»³⁶.

Таким образом, радикальным шагом для Планка стало принятие идей Больцмана (а, следовательно, и атомистики), с последующим их переносом из области молекулярно-кинетической теории в теорию излучения. В этом, собственно, и заключалась вся революционность Планка, человека, воспитанного на традициях феноменологизма. Всё остальное стало реализацией определенного математического формализма и принятия физической интерпретации полученных формул, предложенной другими физиками. Но тогда, в декабре 1900 года он был готов пожертвовать всем ради формального решения вопроса. «Любой ценой»!

Springer-Verlag, 2001. S. 31.

³⁴ Ibid. S. 66.

³⁵ Ibid. S. 29.

³⁶ Hermann A. Frühgeschichte der Quantentheorie (1899 – 1913). Mosbach in Baden: Physik Verlag, 1969. S. 31.

Впрочем, полного принятия больцмановских идей не произошло. Планк продолжал считать второе начало термодинамики «абсолютным», а не вероятностным законом, переосмысливая его статистическую интерпретацию, данную австрийским физиком, на свой лад. Он предлагает знаменитое уравнения, известное сегодня как уравнение Больцмана: $S = k \log W$, где W – мера молекулярного беспорядка.

Чтобы определить W в контексте теории излучения, необходимо было определить число способов распределения данного значения энергии по набору осцилляторов. С этой целью Планк обращается к методу, ранее разработанному Больцманом, который в статье 1868 года предложил два вывода закона распределения частиц идеального газа по скоростям, установленного Максвеллом в 1859 году³⁷.

Первый вывод основывался на анализе механических столкновений частиц газа, второй – на вероятности нахождения частицы в некоторой энергетической ячейке. Иными словами, Больцман предположил, что система, состоящая из n частиц и имеющая полную энергию E может быть разделена на p одинаковых энергетических ячеек (Планк использовал термин «элемент энергии (*Energieelement*)») ε и $E = p\varepsilon$. Иными словами, Больцман ввел понятие о p возможных энергетических ячейках $[0, \varepsilon]$, $[\varepsilon, 2\varepsilon]$, ..., $[(p-1)\varepsilon, p\varepsilon]$. Утверждение, что частица оказывается в i -й энергетической ячейке означает, что ее энергия лежит в интервале от $(i-1)\varepsilon$ до $i\varepsilon$. Вероятность, что данная частица идеального газа располагается в i -й энергетической ячейке определяется отношением общего числа способов распределения остальных $(n-1)$ частиц по энергетическим ячейкам (при том, что их полная энергия равна $[p-i]\varepsilon$), и общим числом способов распределения всех n частиц по p энергетическим ячейкам. В этой работе Больцмана наметился переход от теории, основанной на представлениях о соударениях частиц, к теории, базирующейся на комбинаторной статистике. Комбинаторно-статистический подход был затем развит Больцманом в статье 1877 года³⁸, в которой также было дано обоснование статистической трактовки второго начала термодинамики и понятия энтропии.

Каждое состояние газа может быть достигнуто многими способами, зависящими от того, сколько молекул обладают энергиями в интервале $[0, \varepsilon]$, сколько в интервале $[\varepsilon, 2\varepsilon]$ и т. д., т. е. одно и то же макросостояние газа может достигаться разными наборами микросостояний (по терминологии Больцмана, разными комплексиями (*Complexion*)).

В знаменитой статье от 14 декабря 1900 года Планк так описал свою расчетную процедуру: «Теперь нам необходимо обратиться к рассмотрению распределения энергии (*die Verteilung der Energie*) по отдельным ре-

³⁷ Boltzmann L. Studien über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft zwischen bewegten materiellen Punkten // Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 2 Abth. 1868. Bd. 58. S. 517–560.

³⁸ Boltzmann L. Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze des mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung, respective den Sätzen über das Wärmegleichgewicht // Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 2 Abth. 1877. Bd. 76. S. 373–435.

зонаторам каждого класса (*die einzelnen Resonatoren innerhalb jeder Gattung*) и прежде всего к распределению энергии E по N резонаторам с частотой ν ³⁹.

Т. е., излучающее тело моделируется Планком набором не взаимодействующих друг с другом осцилляторов (резонаторов), которые делятся на совокупности (классы), и в каждую совокупность входят резонаторы одинаковой частоты («*den N Resonatoren ν etwa die Energie E , den N' Resonatoren ν' die Energie E' etc.*»). Полная энергия системы E_o выражается суммой: $E_o = E + E' + \dots$.

Продолжим цитирование: «Если E считается неограниченно (*unbeschränkt*) делимой величиной, то такое распределение возможно бесконечным числом способов. Мы будем, однако, полагать, – и это является наиболее существенной особенностью всего вычисления, – что величина E может быть составлена из точно определенного числа конечных равных частей, и используем при этом мировую постоянную $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ [эрг·сек]. Эта постоянная, умноженная на общую частоту ν резонаторов, дает нам элемент энергии ε в эргах; а деля E на ε , мы получим число P этих элементов энергии, которые должны быть распределены между N резонаторами. Если полученное таким образом отношение не будет равно целому числу, мы примем для P ближайшее целое значение. Ясно, что распределение P элементов энергии по N резонаторам может быть произведено только конечным и точно определяемым числом способов. Каждый из этих способов распределения мы назовем “комплексией (*Complexion*)”, используя выражение, введенное г-ном Больцманом для аналогичной величины»⁴⁰.

Заметим, что Планк в приведенном фрагменте говорит о распределении «элементов энергии» по набору резонаторов одинаковой частоты. Продолжая рассуждение, он приводит формулу для вычисления числа способов такого распределения:

$$(N + P - 1)! / (N - 1)! P!$$

Сказанное означает, что существует множество способов распределения энергии излучающего тела E_o по возможным частотам, однако вероятности их реализации различны. Вероятность $W(E_i)$ того, что некоторая энергия E_i будет отвечать частоте ν_i , определяется, по Планку, числом способов распределения P_i «элементов» $\varepsilon_i = h\nu_i$ этой энергии по N_i резонаторам, а именно, формулой

$$W(E_i) = (N + P - 1)! / (N - 1)! P!$$

Поскольку величина «элементов энергии» зависит от частоты, то деление энергии E_i на «элементы» ε_i для каждого класса резонаторов будет различным. Общая вероятность распределения энергии излучающего тела по частотам определяется (в силу предположения о независимости резонаторов друг от друга) произведением

³⁹ Planck M. Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum // Verhandlungen der Deutschen Physikalische Gesellschaft, 1900. Bd. 2. S. 237–245; S. 239 – 240.

⁴⁰ Ibid. S. 240.

$$W = \prod_i W(E_i)$$

Как видим, Планк оперировал с числом «комплексий» (т. е. с числом способов распределения энергии по резонаторам некоторого класса), а не с числом «комплексий» (микросостояний), отвечающих некоторому распределению частиц по одинаковым энергетическим ячейкам, как это делал Больцман. Иными словами, если у Больцмана макросостояние определялось числом микросостояний, т. е. числом способов распределения молекул по энергетическим ячейкам фазового пространства, то в теории излучения Планка вычислялось распределение энергии по частотам, которое и определяло макросостояние излучателя, тогда как распределение энергии по резонаторам данного класса (т. е. одной и той же частоты) определяло одно из микросостояний системы. Можно сказать иначе: у Больцмана микросостояние – это распределение молекул по энергетически ячейкам, тогда как в теории Планка энергия распределена по частотам, а затем энергия, отвечающая резонаторам одинаковой частоты, делится далее на P частей («элементов»), которые распределяются по разным резонаторам данной частоты. В итоге, общий формальный прием, использованный Больцманом, Планк сохранил, но вычислительная схема и физическая модель тела у него иная, так сказать, многоуровневая (подр. см. в статье М. Бадино⁴¹).

И еще одно важное различие в подходах Больцмана и Планка. Характерной особенностью теплового движения молекул газа является его хаотичность, беспорядочность. Состояния молекулярной системы называются беспорядочными (или случайными), если они осуществляются большим (в пределе бесконечно большим) числом способов. Иными словами, понятие беспорядка в этом случае относится к ансамблю молекул в данный момент времени. В планковской теории излучения «беспорядок» характеризует временную эволюцию отдельных осцилляторов. Именно это обстоятельство и позволило Планку ввести понятие энтропии отдельного осциллятора, тогда как в теории Больцмана понятие энтропии одной молекулы лишено смысла. Вместе с тем, Планк, разумеется, осознавал, что временную эволюцию одного осциллятора можно представить с помощью комбинаторного описания множества одинаковых осцилляторов (т. е. среднее по времени заменить средним по ансамблю).

И еще одно важное отличие подходов Больцмана и Планка следует отметить. Больцман разделил пространство энергии (в статье 1868 года) и фазовое пространство (в работе 1877 года) на произвольно малые ячейки, размер которых не имел никакого значения и в пределе обращался в ноль, тем самым, не входя в конечные формулы. В теории Планка 1900 года, наоборот, размер элементарной ячейки (*Elementargebiete*) был фиксирован, определялся универсальной константой, которая входила в окончательное выражение для энергетического спектра излучения⁴².

⁴¹ *Badino M.* The odd couple: Boltzmann, Planck and the application of statistics to physics (1900 – 1913) // *Annalen der Physik.* (Achte Folge). 2009. Bd. 18 (521). S. 81–101.

⁴² Позднее Планк рассматривал постоянную h как элементарный участка двумерного фазового

Но самое главное различие в подходах Больцмана и Планка в контексте моей темы состоит в том, что Планк воспользовался лишь формальной стороной больцмановского статистического подхода, не касаясь микроскопической картины процесса испускания энергии осциллятором. Более того, Планк воспользовался комбинаторно-статистическим подходом Больцмана именно потому, что математический формализм этого подхода не зависел от выбора физической модели, описывающей процесс излучения. Планк мог бы, перефразируя известное высказывание И. Ньютона, заявить: я дал формальный вывод спектральной формулы излучения абсолютно черного тела из «первых принципов» плюс некоторое математическое допущение, и выведенная мною формула прекрасно согласуется с экспериментальными данными при всех частотах, а что касается реальных физических процессов на микроуровне, то на этот счет, извините, «*Hypotheses non fingo*».

Совершил ли Планк научную революцию?

Таким образом, единственным желанием Планка в его исследовании излучения абсолютно черного тела и единственным оправданием его «*Akt der Verzweilung*» было получение «правильной» математической формулы «*um jeden Preis*». Что же касается научной революции 14 декабря 1900 года – дата выступления Планка на заседании Немецкого физического общества (*Deutsche Physikalische Gesellschaft*) с докладом «К теории распределения энергии излучения нормального спектра (*Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum*)», дата, которую принято считать днем рождения квантовой теории, – то это результат позднейшей исторической реконструкции. Причем эта «революция» и в 1900-м, и в последующие годы оставалась никем не замеченной, включая самого Планка, что не удивительно, поскольку ни в одной из своих работ 1900 – 1901 годов он не отмечал фундаментальный факт: энергия осциллятора квантуется, т. е. представляет собой целое кратное от $h\nu$. Более того, между 1901 и 1906 годами Планк вообще ничего не писал по поводу теории излучения.

Величина, которая впоследствии была названа «квантом действия (*das elementare Wirkungsquantum*)», была введена Планком исключительно с целью применить комбинаторику в теории излучения примерно в той манере, в какой Больцман использовал ее в кинетической теории газов. В свою очередь обратиться к больцмановской статистической концепции энтропии Планка вынуждала необходимость дать теоретический вывод формулы (*), т. е. повысить ее когнитивный статус – от «счастливого отгаданной» до теоретически обоснованной. Однако в полной мере сделать это ему не удалось, поскольку пришлось вводить в теорию искусственное допущение, а именно: энергия излучения не может быть разделена между

пространства (для случая одномерного осциллятора). Независимость величины этого участка от частоты обуславливает равновероятность комплексов, используемых для вычисления энтропии.

N осцилляторами бесконечно большим числом способов, а лишь на точно определенное число равных частей $\varepsilon=hn$.

А. Эйнштейн, детально проследив ход рассуждений Планка, справедливо отметил их непоследовательность. Эйнштейн указал, что «теоретический» вывод Планком закона излучения (*) состоит из двух частей (двух блоков аргументации) – электродинамической и термодинамической, – которые между собой логически несовместимы по следующей причине: в электродинамической части выводы основываются на теории Максвелла и предположении, что энергия осциллятора является непрерывно изменяющейся величиной, тогда как в статистической части та же самая энергия рассматривается как дискретная величина, способная принимать лишь значения, кратные hn . «Если энергия резонатора, – пояснял свою мысль Эйнштейн, – может меняться только скачкообразно, то для определения средней энергии резонатора, находящегося в поле излучения, нельзя применять обычную теорию электричества ...». Поэтому теория Планка обязана исходить из предположения, что «хотя теория Максвелла неприменима к элементарным резонаторам, средняя энергия элементарного резонатора, находящегося в поле излучения, равна энергии, вычисленной по максвелловской теории электричества»⁴³, что не соответствует действительности.

Да, и сам Планк не был удовлетворен своим подходом и неоднократно, хотя и безуспешно, предпринимал попытки «как-либо (*irgendwie*) ввести квант действия в систему определений классической физики»⁴⁴.

Многие историки науки полагают, что основы квантовой теории как физической теории были заложены А. Эйнштейном в 1905 – 1907 годах. Насколько это мнение обоснованно, здесь нет ни возможности, ни необходимости обсуждать. Важнее, – в контексте темы настоящей статьи, – что создание квантовой теории – это не результат внезапного озарения (инсайта или *Gestalt switch*) одного человека, оформленного затем в виде доклада с последующей публикацией, но итог длительного и сложного процесса.

И все-таки, – возвращаясь к исходному вопросу статьи, – может ли консерватор совершить научную революцию? Думаю, если ограничиться одним, но весьма показательным случаем М. Планка, на этот вопрос можно дать следующий ответ: при определенных обстоятельствах, главными из которых оказываются характер решаемой задачи и готовность исследователя хотя бы отчасти «поступить по принципам» (или имитировать отход от традиции) ради формального успеха, консерватор может способствовать дальнейшему развитию событий, которые в итоге приведут к научной революции. Планк оперировал с несколькими научными ресурсами (электродинамика, термодинамика, кинетическая теория газов), т. е. с несколькими исследовательскими традициями, постоянно меняя в процессе поиска решения поставленной задачи (под влиянием критики коллег и экс-

⁴³ *Einstein A. Zur Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption // Annalen der Physik. (Vierte Folge). 1906. Bd. 20 (325). S. 199 – 206. S. 203.*

⁴⁴ *Planck M. Vorträge, Reden, Erinnerungen / Hrsg. von Hans Roos; Armin Hermann. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. S. 24.*

периментальных данных) используемые теоретические допущения и математические методы. Именно в игре разнообразных концептуальных ресурсов родилась формальная математическая конструкция, которой затем было суждено обрести физическую трактовку, что и стало началом научной революции в физике.

Глава 3. От революционных трансформаций в квантовой физике к инновациям в квантовых технологиях и обратно*

В.Э. Терехович

Введение

Эта глава посвящена взаимному влиянию между революционными трансформациями в науке и конкретными технологическими инновациями. Под революционными трансформациями подразумевается радикальная перестройка оснований одной или нескольких наук, и, как следствие, переформулирование большинства традиционных характеристик научного познания. В частности исследуется вопрос, может ли сам факт дискуссии, связанной с революционными трансформациями в какой-либо области науки, оказать прямое влияние на характер и динамику инновационной деятельности не только в этой науке, что вполне предсказуемо, но и в создании новых технологий? На примере развития квантовой физики от момента ее создания и до настоящего времени показано, что ответ на этот вопрос может быть утвердительным. Будут приведены аргументы в пользу того, что современная вторая квантовая технологическая революция была подготовлена в процессе экспериментальной проверки разных взглядов на реалистичность моделей квантовой теории, реальность ее объектов, а также на роль наблюдателя в их превращении в классические объекты. Под второй квантовой революцией подразумевается совокупность технологий передачи и обработки квантовой информации. Причем основные объекты этих технологий используются так, как будто они существуют именно в той реалистической форме, как предсказывает квантовая теория. Это значит, что квантовые суперпозиции, нелокальность и неопределенность рассматриваются не как парадоксы, требующие интерпретации, а как обычные свойства объектов и инструменты для практического применения.

Основное утверждение состоит в том, что именно кардинальная перестройка оснований квантовой физики в первой четверти XX века, выразившаяся в новых взглядах на реальность, причинность и процесс наблюдения, привела к созданию новых технологий в начале XXI века. Этот конкретный пример демонстрирует, что влияние революционных трансформаций в науке на технологические инновации может быть отложено на довольно длительный срок, ожидая своего часа. Более того, только при определенном уровне развития технологий у специалистов может возникать потребность в новых понятиях и принципах, в новых методах исследова-

* Идеи данного параграфа в основе своей содержат текст, опубликованный в виде статей: «Революционные трансформации в квантовой физике и инновации в квантовых технологиях» [Терехович, 2018], «Три подхода к проблеме квантовой реальности и вторая квантовая революция» [Терехович, 2019а], «Реальность волновой функции и манипулятивный аргумент» [Терехович, 2019б], «Действительно ли философия слишком важна для физики, чтобы оставлять ее на откуп философам?» [Терехович, 2020].

ния и объяснения, в новой научной картине мира и новых взглядах на реальность.

С другой стороны, будет показано, что в последние десятилетия, именно благодаря второй квантовой революции внутри научного сообщества обострились дискуссии вокруг онтологических и эпистемологических проблем реальности квантовых моделей и их объектов. Новые эксперименты и новые технологии теперь сами становятся сильными аргументами в, казалось бы, чисто философском споре о реальности. Следовательно, развитие технологических инноваций может оказывать обратное влияние на появление научных инноваций вплоть до критического пересмотра философских оснований конкретной области науки. В будущем это может привести к очередному пересмотру представлений о реальности и способах ее познания, а значит, подготовить к революционным трансформациям не только в физике, но и в других областях науки.

Научные инновации и революционные трансформации в науке

Перед обоснованием утверждения, что перестройка оснований какой-либо науки может непосредственно влиять на инновационные процессы в других сферах человеческой деятельности, надо уточнить само понятие *научная инновация*. Под инновацией обычно понимают внедрение в практику чего-то нового, более эффективного, добавляющего некую ценность. Инновацией можно называть и результат такого внедрения, и приведший к нему процесс. Внедряться могут не только новые технологии и продукты, но и новые методы, процессы, отношения, потребности и ценности⁴⁵. И, конечно, внедряться может знание, новое и более эффективное. А значит, понятие *инновация* вполне можно применять к научной деятельности, как процессу получения нового знания.

В философской литературе проблема научных инноваций обычно рассматривается как проблема перехода от одной научной традиции к другой. Причем «инновации являются порождением традиции научного исследования»⁴⁶. И хотя цель научного познания по определению состоит в получении нового достоверного знания о мире и человеке, не любое научное познание подходит под термин «инновация». В отличие от сбора новых фактов, расширения, проверки и уточнения ранее полученных знаний, *инновацией в научном познании* скорее следует называть использование но-

⁴⁵ Приведу только два из многочисленных определений инноваций. Инновации – это производство или адаптация и использование новизны с добавленной ценностью в экономической и социальной сферах. Это и процесс, и результат см. *Edison H., Bin A. N., Torkar R.* Towards innovation measurement in the software industry // *Journal of Systems and Software*. 2013. Vol. 86. № 5. P. 1390-1407. Инновация – это результат инвестирования в разработку получения нового знания по обновлению сфер жизни людей и последующий процесс внедрения с фиксированным получением дополнительной ценности см. *Экономика и право: энциклопедический словарь Габлера / пер. с нем.* М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. 432 с. Также см. обзор дискуссии, связанной с понятием инновации см. *Крючкова С. Е.* Инновации: философско-методологический анализ: дисс. ... д. филос. н. М., 2001. 296 с.

⁴⁶ *Кузнецова Н. И., Розов М. А.* О разнообразии научных революций // *Традиции и революции в истории науки / отв. ред. П. П. Гайденко.* М.: Наука, 1991. С. 60-81.

вых экспериментальных и теоретических методов, дающих вполне конкретный прирост научного знания.

Новые экспериментальные методы могут включать: создание приборов, основанных на новых принципах; реализацию новых схем экспериментов и методов измерений; проверку мысленных экспериментов; изучение ранее неизвестных свойств и объектов и так далее. Новые теоретические методы включают: новые методы вычислений; новые модели и классификации; новые понятия; описание новых явлений (объектов) или новых свойств ранее известных явлений (объектов); новые способы обоснования и объяснения; новые принципы; обобщение существующих или создание новых теорий и законов; формирование новых оснований науки, в том числе философских; создание новой картины мира. К инновациям можно отнести и новые способы внутренней организации науки, а также новые формы ее функционирования как социального института.

По сути, для определения научной инновации можно выделить два ключевых критерия: новизна – раньше этот экспериментальный или теоретический метод не использовался – и эффективность – новый метод дает лучший результат по сравнению с ранее используемыми. Но, как известно, и степень новизны, и научный результат могут быть признаны научным сообществом только после многочисленных дискуссий и проверок. Да и использование новых экспериментальных и теоретических методов далеко не всегда ведет к конкретным научным результатам. Поскольку термин «инновация» обычно применяется к чему-то уже завершеному, внедренному и признанному, то в данном контексте логичнее говорить не об инновациях, а об *инновационной научной деятельности*, в результате которой впоследствии происходит прирост научного знания. Иначе говоря, любая научная деятельность лишь потенциально является инновационной, а признание или не признание степени ее инновационности всегда отложено во времени и происходит как бы «задним числом». Как замечает Е.Н. Князева, «не всякое научное открытие становится инновацией, поскольку для этого оно должно получить определенное признание в научном сообществе»⁴⁷.

Обычная инновационная научная деятельность, несмотря на свою новизну, укладывается в рамки существующей научной традиции, которая опирается на парадигму или дисциплинарную матрицу (Т. Кун), научно-исследовательскую программу (И. Лакатос) или основания науки, включающие научную картину мира, идеалы и нормы исследования и философские основания (В.С. Степин). Как известно из истории и философии науки, парадигмы, научно-исследовательские программы или основания науки под давлением новых экспериментальных данных и новых, более эффективных теорий, периодически заменяются новыми. Такую смену принято называть «научными революциями».

⁴⁷ Князева Е.Н. От открытия к инновации: синергетический взгляд на судьбы научных открытий // Эволюция, культура, познание / отв. ред. И. П. Меркулов. М.: ИФ РАН, 1996. С. 76-92.

В литературе используется разная классификация типов научных революций. В.С. Степин делит их на революции, связанные с трансформацией только специальной картины мира, и глобальные революции, в которых вместе с картиной мира радикально меняются идеалы и нормы доказательства, обоснования, объяснения, построения теории и т.д., а также ее философские основания⁴⁸. Как правило, научная революция обоих типов связана «с качественными преобразованиями материальных средств наблюдения и экспериментирования, с новыми способами оценки и интерпретации эмпирических данных»⁴⁹.

Н.И. Кузнецова и М.А. Розов выделяют четыре типа научных революций⁵⁰. Первый тип связан с появлением новых фундаментальных теоретических концепций. Второй – с разработкой или заимствованием новых методов исследований, которые часто приводят к смене проблем и стандартов научной работы. В качестве примера авторы приводят открытия микроскопа и телескопа. Третий тип вызван открытием новых объектов и явлений исследования, формирующих новый мир. Четвертый – изменением в стиле мышления, благодаря формированию новых методологических программ. В контексте настоящей статьи особый интерес представляют второй и третий типы научных революций.

Дискуссии о содержании и развитии термина «научные революции» достаточно обширна⁵¹. Однако настоящая статья выходит за рамки этой дискуссии. Для характеристики изменений, произошедших в квантовой физике в начале XX века, и в контексте их влияния на технологические инновации я буду использовать термин с более узким содержанием – *революционные трансформации в науке*. Под такими трансформациями я буду понимать процессы радикальной перестройки оснований одной или нескольких наук, и, как следствие, большинства традиционных характеристик научного познания. Радикальность этих трансформаций заключается в перестройке картины мира, во введении новых и пересмотре содержания или даже в отказе от старых фундаментальных понятий и принципов. В результате такой перестройки создается новый язык, формулируются новые проблемы, происходит качественный пересмотр методов научного исследования.

Если ключевыми критериями научной инновации считать новизну и эффективность, то, учитывая масштаб новизны и эффективности революционных трансформаций в науке, их можно считать предельной формой любых инноваций в научном познании. Но, как и в случае обычных науч-

⁴⁸ Степин В. С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-традиция, 2000. 744 с.

⁴⁹ Степин В. С., Порус В. Н. Научная революция [Электронный ресурс] // Гуманитарные технологии. URL: <https://gtmarket.ru/concepts/6961> (дата обращения: 01.07.2018)

⁵⁰ Кузнецова Н. И., Розов М. А. О разнообразии научных революций // Традиции и революции в истории науки / отв. ред. П. П. Гайденко. М.: Наука, 1991. С. 60-81.

⁵¹ Cohen H. F. The scientific revolution: a historiographical inquiry. Chicago: University of Chicago Press, 1994. 680 p.; Experimental Metaphysics. Quantum Mechanical Studies for Abner Shimony: in 2 vols. / ed. by J. J. Stachel, M. Horne, R. S. Cohen. Dordrecht: Kluwer, 1997. Vol. 1. 262 p.; Holmes F. L. The “Revolution in Chemistry and Physics”: Overthrow of a Reigning Paradigm or Competition between Contemporary Research Programs? // Isis. 2000. Vol. 91. № 4. P. 735-753.

ных инноваций, признание или не признание той или иной научной деятельности в качестве революционных трансформаций всегда будет отложено во времени. На факт разнесения во времени стадий научной революции в концепции Б. Коэна обращает внимание другой автор этого сборника Л.В. Шиповалова. На первой стадии ученые находят радикально новое решение проблемы, обнаруживают новый способ использования информации, устанавливают новые концептуальные рамки для существующего знания, задающие его иную интерпретацию. Возникающая научная новизна присутствует пока как частный, субъективный опыт. Затем происходят стадия публикации, стадия распространения и обсуждения новых идей в сообществе, и, наконец, стадия признания и практического применения⁵². Добавлю, что признание научной ценности нового знания еще означает признание его революционности. Сначала научное сообщество постепенно признает конкретные научные результаты, а уже потом оценивает степень революционности трансформаций, приведших к этим результатам. В силу своего радикального характера и существенного отличия от убеждений основной части научного сообщества, признание революционных трансформаций в науке никогда не бывает однозначным и окончательным. Оно всегда сопровождается острыми дискуссиями и может растянуться на довольно длительное время.

Из истории науки мы знаем, что, несмотря на сохраняющиеся противоречия, необходимость революционных трансформаций в какой-то области науки постепенно признается, сначала частью авторитетных ученых, а затем и большинством научного сообщества в этой области. Новые понятия и принципы, новые свойства и абстрактные объекты, в том числе математические, входят в научный обиход, в статьи, дискуссии и темы исследований. Формулировки новых оснований науки включаются в университетские курсы и достаточно быстро становятся естественными для студентов и молодых ученых. Правда все перечисленное еще долго продолжает оставаться непривычным и даже «подозрительным» для старшего поколения, придерживающегося предыдущей картины мира. И вот уже в рамках новых оснований формулируются новые проблемы, возникают новые научные теории, начинают применяться новые экспериментальные и теоретические методы, в том числе методы обоснования и объяснения. Все вместе это стимулирует создание новых приборов, новых технологий и очень скоро новых продуктов. Рассмотрим этот процесс подробнее на примере квантовой физики.

К революционным трансформациям в физике всегда приводила работа людей, занимающихся именно физикой. Как показывает история этой науки, участвующие в революционных трансформациях ученые, использовали идеи, которые принято называть философскими или метафизическими. Как известно, каждая фундаментальная физическая теория имеет свою он-

⁵² Шиповалова Л. В. Научная революция-разрыв с прошлым или его возобновление? О двусмысленном ответе современной историографии // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2018. №. 45.

тологию или свои философские основания, куда входят понятия, априорные постулаты, представления о реальности и причинности, свой язык, логику, способы проверки гипотез и так далее. Естественно предположить, что тем, кто пытается критически пересмотреть какую-либо фундаментальную теорию, бесполезно будет знать ее основания, а также обстоятельства возникновения и примеры их критического анализа. Это знание помогает понять, чем кроме уравнений одна фундаментальная теория отличается от другой, и в чем ее сильные и слабые места. В конечном счете, подобное понимание может стимулировать интуицию ученого к выдвижению новых гипотез и построению новых моделей – самому неформализуемому этапу научного познания.

Обобщая историю физики, можно заметить, что онтологические (о сущности и о принципах устройства мира) и эпистемологические (о природе познания) концепции активно использовались учеными для нескольких целей.

1) Как аргументы для критики существующей физической картины мира и привычных методов ее познания. Ярким примером служит критика А. Эйнштейном постулатов механистической парадигмы, вдохновленная идеями И. Канта и Э. Маха.

2) Как эвристический инструмент для обоснования интуитивных гипотез, противоречащих представлениям, общепринятым в научном сообществе. Именно эту роль философии подчеркивал Р. Фейнман: «Некоторые говорят [...]: "Бросьте вы вашу философию, все эти ваши фокусы, а лучше угадывайте-ка правильные уравнения. Задача лишь в том, чтобы вычислять ответы, согласующиеся с экспериментом, и если для этого у вас есть уравнения, нет никакой нужды в философии, интерпретации или любых других словах". Это, конечно, хорошо в том смысле, что, занимаясь одними уравнениями, вы свободны от предрассудков и вам легче отгадывать неизвестное. Но, с другой стороны, может быть, именно философия помогает вам строить догадки»⁵³.

3) Как способ объяснения результатов, которые были получены с помощью принципиально новых теорий, построенных на основании тех самых интуитивных гипотез. Например, нетрудно проследить, как создатели каждой из десятков интерпретаций квантовой механики явно или неявно использовали либо онтологические, либо эпистемологические аргументы.

4) Как средство выяснить, в какой степени научный метод рационально оправдан и в какой степени мы можем отделить субъективный и объективный вклады в наш опыт познания мира. По мнению А. Шимони⁵⁴, именно эпистемология помогает физикам ответить на эти два вопроса.

⁵³ Фейнман Р. Характер физических законов / пер. с англ. М.: Наука, 1987., с. 155

⁵⁴ Shimony A. The Relationship between Physics and Philosophy // *Philosophies of Nature: The Human Dimension*. Springer, Dordrecht, 1998. P. 177–184.

Революционные трансформации в квантовой физике.

В первой трети XX века в физике произошло несколько революционных трансформаций. В этот период были созданы специальная (1905) и общая (1915-1917) теории относительности, а также квантовая механика (1925 -1927). Квантовая теория оказалась необычайно успешной. Формализм позволял делать предсказания, которые подтверждались опытом и быстро превращались в новые технологии. Были зарегистрированы волновые свойства электронов, обнаружены предсказанные теорией частицы, объяснены свойства атомов, их строение и взаимодействие. Но тот же формализм требовал поистине революционных изменений в объяснении явлений, как минимум, квантовых. Революционность квантовой механики (КМ) проявилась в двух аспектах. В онтологическом аспекте предлагались новые представления о природе квантовых явлений. Вводились новые фундаментальные понятия, объекты и принципы, от старых предлагалось или отказаться, или ограничить их применение. Ставились под сомнение постулаты, касающиеся способов существования, причинности и случайности. В эпистемологическом аспекте КМ предлагала отказаться от привычных методологических и логических постулатов, образцов исследований и объяснений. Постулировались новые принципы познаваемости, наблюдаемости, дополнительности различных описаний, соответствия теорий, а также кардинально пересматривалась роль наблюдателя.

Здесь необходимо конкретизировать пункты, по которым КМ предлагала перестроить основания как классической механики, так и классической теории поля⁵⁵.

1. Новый взгляд на делимость. Вместо непрерывных значений основных физических величин в теории рассматривались их минимальные величины (кванты).

2. Новый взгляд на сосуществование. В отличие от классической физики квантовая теория изучает не набор однозначных свойств объекта, которые можно измерить одновременно, а волновую функцию (вектор состояния, амплитуду вероятности), содержащую полную информацию обо всех возможных значениях свойств квантовой системы. Волновая функция содержит комплексные коэффициенты, которые относятся к возможным результатам наблюдений конкретной наблюдаемой величины. Считается, что до измерения эти возможные значения находятся в суперпозиции. Они как бы существуют вместе и даже интерферируют друг с другом. Поэтому до измерения в принципе невозможно определить, какими определенными свойствами обладает система. В этом заключается первое противоречие с классическим детерминизмом.

3. Новый взгляд на пространство. Оказалось, что суперпозицию

⁵⁵ Более подробное описание связи формализма квантовой механики с проблемами реальности см.: [Гринштейн Д., Зайонц А. Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. М.: Интеллект, 2008. 400 с.; Иванов М. Г. Как понимать квантовую механику. М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2015. 552 с.].

возможных значений удобно изучать через действия операторов на волновые функции. Но не в 4-х мерном пространстве-времени, а в многомерном пространстве возможных состояний. Причем это, так называемое, Гильбертово пространство описывается не вещественными, а комплексными числами, а его размерность равна числу степеней свободы системы и может быть бесконечным.

4. Новый взгляд на взаимодействие. В теории допускается существование, так называемых, запутанных состояний индивидуальных квантовых объектов, которые можно анализировать только как единое целое. Причем это единство не зависит от их удаленности друг от друга. Вместо аксиомы «взаимодействие и информация не могут передаваться быстрее скорости света», между такими запутанными объектами допускаются мгновенные корреляции не только в пространстве, но и во времени. И это еще одно противоречие с классическим детерминизмом.

5. Новый взгляд на определенность значений физических величин. В результате наблюдения невозможно одновременно с одинаковой точностью измерить несовместимые или дополнительные друг другу свойства системы (принцип неопределенности Гейзенберга). Это уже третье противоречие с классическим детерминизмом.

6. Новый взгляд на измерение и наблюдение. До измерения волновая функция (а значит, и все возможные состояния системы) может изменяться во времени в соответствии с дифференциальным уравнением Шредингера. Как и уравнения классической физики, оно вполне детерминистическое и обратимо во времени. Но во время измерения квантовая система непредсказуемым образом переходит только в одно из своих возможных состояний. В Копенгагенской интерпретации этот разрыв заполняется с помощью проекционного постулата. Волновая функция с помощью оператора математически «проецируется» на возможные показания прибора с вероятностью, пропорциональной квадрату амплитуды вероятности каждого из членов суперпозиции (матрица плотности). Суперпозиция мгновенно превращается в смешанное состояние. Комплексная величина превращается в вещественную (собственное значение оператора). Проблема в том, что проекционный постулат не является ни объектом, ни процессом в пространстве-времени. Это только математическое правило, которое позволяет перейти от причинного описания квантовых явлений к вероятностному описанию результатов наблюдения. Как именно отбирается одна из возможностей, теория не описывает. Зато теория позволяет вычислить только вероятность каждого отдельного показания прибора (правило М. Борна). И эти вычисления прекрасно согласуются с экспериментом. В этом кроется еще одно несоответствие классическому детерминизму.

Все перечисленные представления были принципиально новыми и тесно связанными с формализмом новой теории. Но далеко не все из них являлись аксиомами теории или следствиями из нее. Большинство форму-

лировалось как эпистемологические и онтологические проблемы, требующие решения. Сама квантовая теория не давала готовых решений.

Начало дискуссии – а есть ли революционность?

Практически одновременно с созданием квантовой механики развернулась дискуссия не только об ее истинности как теории, но и о том, какое отношение к реальности имеют вводимые этой теорией ненаблюдаемые объекты. Однако сам по себе формализм физической теории ничего не говорил о реальности описываемых им объектов (кванта действия, волновой функции, спина, квантовых операторов, Гильбертова пространства, запутанных состояний и т.д.) и их свойств до измерения. Задача теории ограничивалась непротиворечивым описанием и предсказанием наблюдаемых явлений.

Неудивительно, что создатели квантовой теории пытались придать новым теоретическим понятиям, моделям и их математическим формализмам хоть какой-то физический смысл. В первую очередь искали аналогии из других, уже известных физических теорий. Например, классические аналогии с волнами, фазами, полями, интенсивностью излучения и статистической вероятностью. В процессе поиска таких аналогий и началась дискуссия о реальности объектов квантовой теории.

Эта дискуссия велась в форме соревнования между различными интерпретациями КМ, создатели которых опирались на собственные философские и методологические убеждения. Каждая такая интерпретация пыталась ответить на два основных вопроса: Что скрывается за значками уравнений разных формализмов квантовой теории? Почему формализмы квантовой теории так точно соответствуют экспериментам? Без ответа на эти вопросы трудно быть уверенным, что уравнения не случайно совпали с наблюдениями или не были под них подогнаны.

Сторонники разных точек зрения придумывали способы экспериментального подтверждения своей правоты. Часть из них были сформулированы в виде мысленных экспериментов, которые обычно апеллировали к принципу противоречия и здравому смыслу⁵⁶. Однако, при текущем уровне экспериментальной базы эти эксперименты было невозможно реализовать. Поэтому, они представляли интерес для небольшого числа философски настроенных физиков, профессиональных философов и историков науки.

В первые годы создания квантовой теории среди физиков была популярна позиция привычного классического реализма в отношении квантовых объектов. Считалось, что квантовый мир – это лишь одно из проявле-

⁵⁶ Например, А. Эйнштейн с соавторами в ЭПР-парадоксе доказывали, что квантовая теория или неполна, или нелокальна. Э. Шредингер использовал образ кота, чтобы показать, что квантовая теория в изложении Н. Бора и В. Гейзенберга неполна без описания механизма наблюдения-измерения. Позже Дж. Уилер в мысленном эксперименте с отложенным выбором пытался показать, что до наблюдения фотон не имеет ни определенного свойства (волна или частица), ни определенной траектории.

ний мира классических явлений. Такому взгляду способствовали господствующая парадигма классического поля, подкрепленная авторитетом А. Эйнштейна, и невозможность проверки мысленных экспериментов, предлагаемых его оппонентами.

Для большинства физиков-теоретиков вопрос о пересмотре взглядов на новые объекты и новые свойства квантовой теории не имел принципиального значения. По мере роста числа экспериментальных подтверждений теории и усложнения ее математического аппарата, среди теоретиков стала набирать популярность Копенгагенская интерпретация. Ведь она предлагала хоть какое-то рациональное объяснение странных свойств квантовых объектов.

Кроме успеха теории и авторитета Н. Бора, В. Гейзенберга, М. Борна, Дж. фон Неймана, П. Дирака, В. А. Фока, Л. Д. Ландау и других физиков (хотя их философской позицией мало кто интересовался) можно назвать еще несколько причин длительного успеха Копенгагенской интерпретации. Во-первых, она постулирует полноту квантовой теории для квантовых объектов, что важно для тех, кто с ней работает, хотя бы по психологическим причинам. Во-вторых, в ней предполагается, что истинность квантовой теории никак не противоречит истинности классических и релятивистских теорий. Такая совместимость обеспечивается принципом дополнительности, статистической интерпретацией волновой функции и проекционным постулатом. Все это позволяет оставаться реалистом одновременно по отношению и к квантовой теории, и к любым другим физическим теориям. В-третьих, Копенгагенская интерпретация, являясь антиреалистичной по отношению к квантовым объектам до измерения (даже с учетом особого мнения В. Гейзенберга и В. А. Фока), снимает необходимость объяснения их странного поведения. Правда за это приходится платить постулатом об особой роли наблюдателя и приборов в возникновении классической реальности. Но до начала второй квантовой революции даже это постепенно перестало быть особой проблемой, а дискуссии о реальности волновой функции обычно объявлялись философскими и не имеющими отношения к настоящей физике. Любые гипотезы о реальности квантовых объектов (например, волновая механика Шредингера или Бомовская механика) считались маргинальными.

В свою очередь, те, кто не хотел разбираться в тонкостях философских споров сторонников и противников Копенгагенской интерпретации, нашли успокоение в прагматической позиции: не нужно задумываться о смысле квантовых уравнений, достаточно того, что они хорошо предсказывают⁵⁷.

⁵⁷ Д. Мермин назвал эту позицию «заткнись и считай» применительно к Копенгагенской интерпретации, что не совсем верно, так как она все-таки предлагала свои решения квантовых парадоксов и свое понимание квантовой реальности. По его впечатлению, третье поколение физиков мало размышляло о странностях квантовой теории, а когда их просили сформулировать, что они действительно думают о квантовой механике, они чувствовали себя неудобно, раздражались или скучали [Mermin N. D. What's Wrong with this Pillow? Physics Today. 1989. Vol. 42(4). p. 9].

Подобный способ отгородиться от дискуссии, связанной с объяснением и пониманием, называется *инструментализм* – это эпистемологическая установка о предназначении научных теорий, развитая сторонниками позитивизма. В отличие от физикализма⁵⁸, инструментализм в принципе отказывается от обсуждения реальности ненаблюдаемых объектов научных теорий, поскольку эти объекты сами по себе не имеют значения. Физическая теория вообще не должна ничего объяснять (многим ученым такое утверждение покажется странным). Ведь любое объяснение и любое представление о реальности зависит от занятой метафизической позиции. Поэтому будет легче заявить, что теория – «это система математических положений, выведенная из небольшого числа принципов, имеющих целью выразить возможно проще, полнее и точнее цельную систему экспериментально установленных законов»⁵⁹.

Таким образом, несмотря на философские дискуссии между основателями квантовой теории, начиная с середины 30-х годов прошлого века в квантовой физике доминировали физикализм и инструментализм. В каком-то смысле инструменталистскую позицию первоначально занимал и Н. Бор, когда говорил, что целью квантовой механики является вовсе не описание квантовой реальности, а лишь согласование предсказаний с экспериментальными данными. Однако очень быстро естественное для физика желание объяснить, что скрывается за формализмом создаваемой теории, вынудило и Бора, и Гейзенберга включиться в дискуссию по поводу реальности квантовых объектов и механизма возникновения наблюдаемой классической реальности. В результате сформировалась Копенгагенская интерпретация, которую многие до сих пор отождествляют со всей квантовой механикой.

Позже Бор и Гейзенберг, защищаясь от обвинений в позитивизме, уточнили свое мнение о реальности. В беседах с Фоком Бор уже полностью признавал объективность свойств атомных объектов⁶⁰. Гейзенберг даже стал разделять термины «физически реальное» (то, что существует в 3-х мерном пространстве) и «объективное» (то, что не зависит от субъекта). Вслед за Аристотелем он писал об «объективной» физической реальности, связанной с понятием возможности («потенции»)⁶¹. Затем он уточнял, что «состояние замкнутой системы, которую можно представить при помощи гильбертова вектора, на самом деле объективно, но не реально», и этим возможным, в отличие от действительного управляют законы математики⁶². В другом месте Гейзенберг уже ссылается на Платона, в соответ-

⁵⁸ *Физикализм* — лингвистический тезис, пришедший из *логического позитивизма*. Отрицает метафизику и постулирует, что любое истинное утверждение синонимично какому-то физическому утверждению. Только физика в союзе с логикой – единственный надежный источник знаний о природе, а значит, онтология физики эквивалентна всей онтологии и всей метафизике.

⁵⁹ Дюгем П. Физическая теория. Ее цель и строение. СПб., 1910., с. 25.

⁶⁰ Фок В. А. Об интерпретации квантовой механики // Успехи физических наук. 1957. Т. 62. № 8. С. 461–474.

⁶¹ Гейзенберг В. Развитие интерпретации квантовой теории // Нильс Бор и развитие физики / под ред. В. Паули. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1958. С. 24.

⁶² Гейзенберг В. Развитие интерпретации квантовой теории // Нильс Бор и развитие физики / под ред.

ствии с убеждениями которого, «если мы будем разделять материю все дальше и дальше, мы, в конечном счете, придем не к мельчайшим частицам, а к математическим объектам, определяемым с помощью их симметрии, платоновским телам и лежащим в их основе треугольникам»⁶³. В. А. Фок во многом разделял философскую позицию Гейзенберга, следующую метафизике Аристотеля, и даже подчеркивал, что требуется разработка «ряда философских вопросов, в особенности вопросов, связанных с анализом акта познания. Вопросы эти возникают [...] в связи с необходимостью рассматривать вероятность как фундаментальное понятие и отличать потенциально возможное от осуществившегося»⁶⁴.

В течение нескольких десятилетий развития квантовой физики благодаря использованию принципиально новых теоретических и экспериментальных методов (тех самых научных инноваций) были получены результаты, приведшие к множеству инноваций уже в технологиях. Достаточно упомянуть атомное оружие; атомную энергетику; сверхпроводники; лазеры; полупроводники, впоследствии приведшие к созданию интегральных микросхем, компьютеров, Интернета, оптоволоконной и мобильной связи, медицинских технологий и многого другого. Условно все это можно назвать первым инновационным скачком в экспериментальной физике и в технологиях или ПЕРВОЙ КВАНТОВОЙ РЕВОЛЮЦИЕЙ. Революция эта продолжается до сих пор и, похоже, что ее потенциал далеко не исчерпан.

В ходе первой квантовой революции основным объектом исследования и технического манипулирования были молекулы, атомы, группы частиц и их наблюдаемые свойства. Неудивительно, что почти все отличия квантовой механики от классической физики представлялись не имеющими отношения к реальным объектам и их свойствам, а связывались только с нашим знанием о них, полным или неполным. Исключение составляли лишь новый взгляд на делимость, точнее на дискретность физических величин на квантовом уровне (квантованность). В этот период распространилось стойкое убеждение, что именно дискретность составляет основную особенность квантовых объектов. А значит, «квантовыми» можно называть любые свойства или явления, проявляющие дискретность и описываемые формализмом квантовой теории. Например, ко всему, что связано с полупроводниками или лазерами, можно добавлять термин «квантовое». Тем не менее, если быть точным, понятие «квантовый» следует использовать для единичных объектов, поведение которых подчиняется и всем остальным особенностям квантовой механики, которые здесь уже были подробно описаны. Это и существование возможных состояний в суперпозиции, и отсутствие определенных величин до измерения, и фундаментальная причинная неопределенность, и роль окружения (в том числе приборов

В. Паули. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1958. с. 42-43

⁶³ Гейзенберг В. Развитие понятий в физике XX столетия // Вопросы философии. 1975. № 1. С. 88.

⁶⁴ Фок В.А. Об интерпретации квантовой механики // Успехи физических наук. 1957. Т. 62. № 8. С. 461-474.

и наблюдателя) при измерении, и нелокальные корреляции между запутанными состояниями.

Реально или не реально – вот в чем вопрос?

В современной философии науки дискуссия о реальности объектов научной теории часто рассматривается в контексте противостояния различных версий научного реализма и анти-реализма⁶⁵. Под научным реализмом понимают позицию, разделяющую три тезиса. Согласно метафизическому тезису, мир существует независимо от нашего понимания и наблюдения за ним. Эпистемический тезис гласит, что успешные научные теории с высокой степенью вероятности отражают реальность. Семантический тезис утверждает, что теоретические термины успешных научных теорий обозначают реальные физические объекты и их свойства, даже если эти объекты ненаблюдаемы. Сторонники анти-реализма обычно отрицают все три тезиса.

Научные реалисты приводят ряд аргументов: (1) реализм – это лучшее объяснение успеха науки, иначе мы вынуждены поверить в чудо; (2) наука делает все новые и новые предсказания, и они тоже подтверждаются опытом; (3) предсказания теорий соответствует опыту даже при росте точности измерений; (4) предсказанные факты подтверждаются разными теориями.

У анти-реалистов есть не менее сильные аргументы: (1) логический аргумент о недоопределенности теорий эмпирическими данными; (2) исторический аргумент пессимистической индукции, гласящий, что даже самые успешные теории рано или поздно устаревают, а после научных революций меняются не только теории, но и парадигмы. Есть еще аргументы, связанные с ограниченностью экспериментов и их теоретической нагруженностью, а также с плюрализмом интерпретаций одних и тех же теорий.

Игнорировать аргументы обеих сторон довольно трудно, поэтому неизбежно возникают компромиссные варианты. Например, конструктивный эмпиризм (Б. Ван Фраассен), оставаясь анти-реалистическим, принимает эпистемический тезис реалистов. Одновременно он утверждает, что мы никогда не сможем узнать, существуют ли на самом деле объекты, постулируемые теориями (как наблюдаемые, так и ненаблюдаемые), в лучшем случае это полезные конструкции ума, идеализации или набор эмпирических данных. Для науки вполне достаточно эмпирической адекватности теории.

Благодаря развитию квантовой теории поля и ее экспериментальным подтверждениям, возникло несколько ослабленных версий реализма. Например, экспериментальный или сущностный реализм (Я. Хакинг, Н. Картрайт). Он, наоборот, отказывается от эпистемического тезиса, а

⁶⁵ Фурсов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. 2013. М.: Издатель Воробьев АВ. 240 с.

наиболее надежным критерием реальности ненаблюдаемых объектов теории называет возможность манипулировать ими в эксперименте, благодаря чему можно влиять на другие реальные объекты. Раз объект участвует в причинном влиянии, значит, он существует.

Различные версии структурного реализма пытаются преодолеть аргументы анти-реалистов путем рассмотрения не самих объектов, а структур – устойчивых систем отношений между объектами. Согласно эпистемической версии (Дж. Уоррелл, Г. Максвелл), объекты и свойства непознаваемы, мы можем познавать только структуры реальности, выраженные математическими формализмами теорий. Онтическая версия (Дж. Лэдиман, С. Френч) предлагает полностью отказаться от понятия индивидуальных объектов и их свойств в пользу онтологии структур как фундаментальных элементов реальности, например, различных групп симметрий. В конструктивной версии структурного реализма (Т. Цао) подчеркивается, что теоретические конструкции ненаблюдаемых сущностей всегда будут неполны и должны постоянно реконструироваться на основе возрастающего структурного знания в процессе взаимодействия между теорией, экспериментом и философской интерпретацией теории.

По мнению Я. Хакинга, реалист по отношению к объектам теории не обязательно должен быть реалистом по отношению к теориям⁶⁶. Несомненно, верно и обратное. Реализм относительно теорий говорит о том, что по мере развития теорий, они отражают истинные отношения природных объектов (по сути, это эпистемический тезис научного реализма). Реализм относительно объектов говорит о том, что объекты теорий должны действительно существовать (это соответствует семантическому тезису).

Рассмотрим пример дискуссии о реальности основного объекта квантовой теории – волновой функции. Семантический тезис научных реалистов гласит, что если ненаблюдаемый объект упоминается в теории, хорошо подтвержденной экспериментом, скорее всего, этот объект существует. Однако, по мнению Г. Максвелла, этот критерий реальности основан на старой ошибке, когда значение существовать путают со свидетельством о существовании⁶⁷. Примером такой путаницы может служить попытка доказать реальность «волны вероятности» тем, что волновое уравнение Шредингера предсказывает и, казалось бы, даже объясняет наблюдаемые волновые свойства квантовых частиц. Но тут же возникал вопрос, о каких волнах идет речь. Сначала говорили о «волнах материи», потом ссылались на корпускулярно-волновой дуализм из Копенгагенской интерпретацией, согласно которому, квантовые объекты могут проявляться в опыте то как волны, то как частицы. Правда, из теории следовало, что волновая функция – это не классическая волна какого-то поля, а, как минимум, математическая структура, описывающая корреляции между всеми возможными

⁶⁶ Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Пер. С. Кузнецова, Науч. ред. Мамчур Е. А. М.: Логос 1998. С. 36.

⁶⁷ Максвелл Г. Онтологический статус теоретических сущностей // Философия науки. 2005. №1 (24). С. 20-48.

исходами измерений. В опыте квантовые объекты регистрируются как частицы, а их волновой характер можно обнаружить только в статистической обработке серии экспериментов. По сути, в теории интерферируют не волны, а те самые возможные исходы. Термин «интерференция» здесь означает не сложение классических волн, а лишь математическую операцию векторного анализа.

С появлением квантовой электродинамики в рамках квантовой теории поля объяснительная сила корпускулярно-волнового дуализма существенно ослабла. В формализме «интегралов по траекториям» Р. Фейнмана изучение эволюции квантового состояния до измерения заключается в суммировании вкладов всех возможных переходов квантовой системы из одного состояния в другое. В аналогии с классическими волнами уже нет необходимости, а волны электромагнитного поля становятся лишь статистическим усреднением и удобной моделью. Ньютон оказался частично прав. «Свет существует именно в виде частиц... Это особенно важно знать тем из вас, кто ходил в школу, где возможно, что-то говорили о волновой природе света»⁶⁸. Вместо этого Фейнман использовал другую аналогию – с принципом наименьшего действия, представляя частицу, как перемещающуюся сразу вдоль всех возможных траекторий⁶⁹.

Несмотря на спорность семантического тезиса реалистов, аргументы анти-реалистов кажутся еще слабее. Максвелл критиковал само разделение объектов на наблюдаемые и ненаблюдаемые, поскольку возможность наблюдаемости связана с уровнем развития инструментов для наблюдения, а не с характеристиками реальных объектов (аргумент эволюции приборов). Это значит, что наблюдаемость в принципе не может использоваться для установления онтологического статуса объектов⁷⁰. Применительно к волновой функции это означает, что отсутствие ее экспериментального наблюдения в настоящее время ещё не означает, что такого наблюдения не будет в будущем.

Похожий аргумент Я. Хакинг рассмотрел на примере развития микроскопов⁷¹. Но основной его аргумент в пользу существования ненаблюдаемых теоретических объектов – это возможность манипулировать ими так, чтобы они влияли на другие наблюдаемые объекты. По мнению Хакинга, ни успешное объяснение, ни даже экспериментирование с объектом еще не позволяют сделать вывод о его существовании, «только манипулирование с объектом при экспериментировании с чем-нибудь другим может в этом убедить»⁷². Этот аргумент он связал с причинностью: «реальность относительно к причинности и наши представления о реальности формируются

⁶⁸ Фейнман Р. КЭД - странная теория света и вещества. М.: АСТ, 2014. С. 23

⁶⁹ Фейнман Р., Хибс А. Квантовые интегралы по траекториям. М., 1968. С. 41-48

⁷⁰ Максвелл Г. Онтологический статус теоретических сущностей // Философия науки. 2005. №1 (24). С. 20-48.

⁷¹ Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, Науч. ред. Мамчур Е. А. М.: Логос 1998. С. 135.

⁷² Там же, с. 272.

нашими способностями к изменению мира»⁷³. Хакинг рассматривал пример электрона, но этот же критерий можно применить и к волновой функции. Если манипуляции с волновой функцией влияют на другие наблюдаемые объекты, она вполне может быть признана реально существующей, поскольку является причиной наблюдаемых явлений.

Полагаю, что современный ретроспективный анализ дискуссии будет неполным без учета четырех оговорок. Первая оговорка связана с тем, что реализм в отношении классических объектов может совмещаться, как с реализмом, так и с анти-реализмом в отношении квантовых объектов. Такая же альтернатива возможна и для реализма по отношению к квантовой теории. Подробно об этом писал Хакинг.

Вторая оговорка обращает внимание, что давая характеристику любых подходов к реальности, желательно сразу отказаться от возможности однозначного ответа на вопрос о существовании. В вопросе о реальности обычно подразумевается, что объект (событие) может или существовать (происходить), или нет. Но такая двоичная логика, скрытая в вопросе, не позволяет адекватно описывать квантовые явления. Более перспективным, хотя бы в терминологическом плане, представляется различение понятий «быть» «существовать», «актуальное» и «потенциальное». Эти понятия и связанные с ними проблемы являются предметом современной метафизики модальностей⁷⁴.

Третья оговорка относится к делению подходов к реальности квантовых объектов на пси-онтические и пси-эпистемические⁷⁵. С *пси-онтической* точки зрения, каждому физическому (онтическому) состоянию соответствует только одно квантовое состояние, которое описывает волновая или пси-функция. Это состояние объединяет все собственные свойства квантовой системы и содержит о ней полную информацию. С *пси-эпистемологической* точки зрения, одно и то же физическое состояние может быть совместимо с различными квантовыми состояниями. Последние уже не содержат полную информацию о квантовой системе, а представляют собой наши знания о ней. В чем-то оно похоже на вероятностное распределение статистической механики.

Четвертая оговорка касается неопределенности термина «объективное существование» и также связана с понятием информации. Если объективно то, что не зависит от субъекта, то принципиальным становится понятие субъекта, получающего информацию о квантовом состоянии. Что считать субъектом – любой сознающий индивидуум, подготовленного физика, измерительный прибор, любые макрообъекты или что-то еще? Информация – это наше знание или нечто существующее независимо от нас? Ведь, согласно принципу неопределенности в формулировке Р. Фейнмана, ин-

⁷³ Там же, с. 158.

⁷⁴ Терехович В. Э. Модальные подходы в метафизике и квантовой механике // Метафизика. 2015. №1. С. 129-152.

⁷⁵ Harrigan N., Spekkens R.W. Einstein, incompleteness, and the epistemic view of quantum states // Foundations of Physics. 2010. Vol. 40. No. 2. pp. 125-157.

терференцию разрушает сама возможность устроить прибор, определяющий, какое из двух взаимно исключающих событий осуществилось⁷⁶. Иначе говоря, правило определения вероятности обнаружения частицы зависит не от нашего знания, а от того, есть ли принципиальная возможность узнать, по какому из взаимоисключающих путей она пролетела⁷⁷. Трудность в том, что мы не можем заранее принять какое-либо определение объективности, поскольку она сама является частью проблемы измерения в КМ.

С учетом перечисленных оговорок можно выделить три концептуально разных подхода к проблеме реальности объектов квантовой теории. Эти подходы я условно называю: *классический реализм*, *квантовый антиреализм* (или *квантовый дуализм*) и *квантовый реализм*. Причем первые два относятся скорее к пси-эпистемологическому подходу, и только квантовый реализм – к пси-онтическому.

Защитником *классического реализма* принято считать А. Эйнштейна⁷⁸. Он не верил ни в полноту квантовой теории (анти-реализм по отношению к теории), ни в какую-либо реальность волновой функции (анти-реализм по отношению к объектам). Теория должна описывать реальность, но реальность не может быть такой, как ее описывает КМ, следовательно, КМ – это лишь инструмент, математическая модель для предсказания. Квантовые явления не могут принципиально отличаться от явлений классических, а значит, свойства квантовых объектов и сами эти объекты должны существовать объективно и не зависеть от наблюдения. Тогда волновая функция описывает лишь наше неполное знание о некоем реальном состоянии и похожа на статистическое распределение вероятностей. Неполнота знания подразумевает существование скрытых объективных свойств, которые не описываются квантовой теорией. И, конечно, для квантовых явлений должны соблюдаться принципы локальности и детерминизма. Именно такие представления лежат в основании статистических интерпретаций КМ и интерпретаций с локальными скрытыми параметрами.

Способом сохранить реализм и в отношении квантовой теории, и в отношении ее объектов стал *квантовый реализм*. Первыми его представителями можно считать волновую механику Э. Шредингера и теорию с нелокальными скрытыми параметрами Л. Де Бройля, позже развитую Д. Бомом. Предполагалось, что волновая функция отражает полную информацию о возможных состояниях системы. Но это не просто знание о возможных результатах опытов. Можно говорить о существовании неких независимых от наблюдателя квантовых сущностей, хотя форма их существования может сильно отличаться от классической реальности, в первую очередь своей нелокальностью и отсутствием однозначной причинности

⁷⁶ Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3: Излучение. Волны. Кванты. М.: Мир. 1965. С. 215.

⁷⁷ Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. М.: АСТ, 2014. С. 94.

⁷⁸ Фок В. А., Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н., & Бор, Н. Можно ли считать, что квантовомеханическое описание физической реальности является полным? // Успехи физических наук. 1936. Т. 16. №4. С. 436-457.

при переходе от квантовой реальности к классической. Сначала на роль таких сущностей предлагались волны материи, волны вероятности или нелокальные потенциалы. В более поздних интерпретациях к ним добавились: предрасположенности, отношения, согласованные истории, квантовые операторы, миры, кубиты и, наконец, сама волновая функция.

Промежуточную позицию занял *квантовый анти-реализм* (или *квантовый дуализм*), представленный Копенгагенской интерпретацией, интерпретациями Дж. фон Неймана, Ю. Вигнера, раннего Дж. Уилера (позже он стал ближе к квантовым реалистам), квантовым байесонизмом (Q-bism) и другими. Копенгагенскую интерпретацию поддерживали многие физики, стоявшие у истоков КМ и разделяющие позицию Н. Бора и В. Гейзенберга в их споре с А. Эйнштейном. Возможно, поэтому до сих пор многие ошибочно полагают, что Копенгагенская интерпретация и квантовая теория – это одно и то же⁷⁹.

Квантовый анти-реализм предполагает, что формализм КМ полон, то есть дает нам полную информацию о состоянии системы, и не существует никаких скрытых параметров (реализм по отношению к теории). Считается, что неопределенность на квантовом уровне является неустранимым свойством природы, а вероятностный способ описания мира, таким же фундаментальным, как и другие законы природы. Отсюда Н. Бор сделал два философских обобщения. Одно в виде принципа дополнительности друг другу разных способов описания мира. Второе в форме утверждения в духе инструментализма, что целью КМ является вовсе не описание квантовой реальности, а лишь согласование предсказаний с экспериментальными данными.

Чтобы совместить второе утверждение с полнотой теории, придется признать, что до измерения не имеет смысла говорить о какой-либо реальности, ни о квантовой, ни о классической. Как будто есть только наше субъективное знание, его-то и описывает волновая функция. Недаром сторонники пси-эпистемического подхода часто разделяют именно Копенгагенскую интерпретацию. В отличие от классического реализма, здесь волновая функция отражает не приближенное знание о некоем реальном состоянии, а полное знание о возможных результатах будущих опытов. А в отличие от квантового реализма, она отражает не информацию внутри системы «квантовый объект-окружение-прибор», а исключительно наше знание (то есть информацию для наблюдателя). Классическая реальность как бы «возникает» в процессе измерения классическими приборами. По сути, это анти-реализм по отношению к квантовым состояниям до измерения, но реализм по отношению к квантовым частицам после измерения⁸⁰. На вопрос, как это совместить, предлагается ответ: во время наблю-

⁷⁹ Термин Копенгагенская интерпретация довольно размыт. По сути, это набор не всегда согласующихся друг с другом утверждений, высказанных разными физиками. Например, см. [Гриб А. А. К вопросу об интерпретации квантовой физики // Успехи физических наук. 2013. Т. 183. №12. С. 1337-1352.].

⁸⁰ Как было отмечено в предыдущем параграфе, и Бор, и Гейзенберг позже полностью признавали объективность свойств атомных объектов. Поэтому название *квантовый анти-реализм* верно только отчасти, применительно к формализму квантовой теории, а не к микрообъектам. Поэтому, более удачным

дения происходит непредсказуемый мгновенный «скачок» от причинного описания через эволюцию вектора состояния (суперпозиции возможных состояний) к описанию вероятностей результатов наблюдений. Скачок в описании, но не в реальной эволюции (наше знание в виде волновой функции как будто коллапсирует). Математически это выражается через проекционный постулат, согласно которому вектор состояния квантовой системы в момент измерения мгновенно проецируется на одно из возможных показаний прибора. Важно, что это проецирование не соответствует реальному физическому процессу, а является лишь математическим приемом⁸¹.

Несмотря на противоположное отношение к реальности квантовых объектов, взгляды сторонников классического реализма и квантового анти-реализма на характер существования волновой функции в чем-то близки. Для тех и других она является эпистемологическим объектом, описывающим знание наблюдателя. Только в случае классического реализма – это приближенное знание или незнание о каком-то одном действительном состоянии из нескольких возможных. В качестве аналогии приводят распределение вероятностей уже произошедших событий в статистической физике. В случае квантового анти-реализма – это полное знание (степень уверенности) обо всех возможных результатах будущих опытов. Поэтому, с определенными оговорками классический реализм и квантовый анти-реализм можно отнести к пси-эпистемологической точке зрения, согласно которой одно и то же реальное физическое состояние может быть совместимо с различными квантовыми состояниями. И только квантовый реализм можно отнести к пси-онтической точке зрения, согласно которой каждому физическому (онтическому) состоянию соответствует только одно квантовое состояние, которое как раз и описывает волновая функция. Таким образом, хоть какая-то степень реальность волновой функции подразумевается только в интерпретациях, относящихся к квантовому реализму.

Еще раз подчеркну, все сказанное относится не к утверждениям квантовой теории, а к ее Копенгагенской интерпретации в рамках квантового анти-реализма (или *квантового дуализма*).

Экспериментальная метафизика – как это возможно?

Новый этап дискуссий о реальности объектов квантовой теории начался после того, как в 1964 году Дж. Белл опубликовал свои знаменитые неравенства. С их помощью он надеялся в опыте проверить мысленный ЭПР-эксперимент и тем самым доказать реальность квантовых состояний, хотя бы и в нелокальной в версии интерпретации Д. Бома⁸². В 70-80-х го-

был бы термин *квантовый дуализм*.

⁸¹ Хотя, как было замечено ранее, для В.А. Фока и В. Гейзенберга этот скачок в каком-то смысле представлялся объективным процессом «перехода от возможного к действительному», причем переход вызывает не наблюдатель, а нарушение изолированности системы.

⁸² Bell J. S. Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 290 p.

дах прошлого века, благодаря развитию технологий и экспериментальной базы появилась возможность приготавливать стабильные одиночные и запутанные квантовые состояния, изучать их поведение и манипулировать ими еще до измерения классическими приборами. Одно это возродило интерес к проблемам природы квантовых объектов и способов их изучения.

Научное любопытство экспериментаторов заставило их придумывать различные схемы использования неравенств Белла для проверки мысленного ЭПР-эксперимента с одиночными квантовыми системами⁸³. Эксперименты показали, что сохранить одновременно и реализм и локальность классического реализма невозможно. Надо или признать существенно вероятностное поведение даже отдельно взятой частицы и отсутствие скрытых параметров, или приписать частицам скрытые параметры, признав при этом возможность нелокальной коммуникации между ними. В первом случае мы сохраняем локальность, жертвуя реализмом, во втором — сохраняем реализм, отказавшись от локальности.

Одновременно, новые экспериментальные возможности возродили интерес к проблемам, связанным с суперпозицией, с реальностью математических объектов квантовой теории, а также с нелокальностью и ролью наблюдателя. Стали возникать новые реалистические интерпретации КМ⁸⁴. С другой стороны, в это время в философии науки активизировались критики инструментализма и всех форм позитивизма, постепенно возрождался интерес к философским основаниям науки (К. Поппер, Т. Кун, И. Лакатос и др.), формировались концепции научного реализма (Дж. Сمارт, Р. Бойд, Х. Патнэм и др.), о которых уже было сказано выше. В ответ на критику инструментализма анти-реалисты выдвинули новые аргументы. Достаточно упомянуть исторический релятивизм (Т. Кун, П. Фейерабенд, Л. Лаудан) и конструктивный эмпиризм (Б. Ван Фраассен).

Начиная с 90-х годов дискуссия между тремя подходами к реальности квантовых состояний и их необычных свойств окончательно перешла в лаборатории. Возник даже термин «экспериментальная метафизика»⁸⁵. Философские дискуссии возобновились с новой силой⁸⁶. А эксперименты снова подтверждали предсказания квантовой теории. Например, для проверки возможности сохранить реализм свойств квантовых объектов до измерения, пожертвовав локальностью, были сформулированы неравенства Леггета. Если бы они соблюдались, то, возможно, квантовые объекты все-

⁸³ Гриб А. А. Неравенства Белла и экспериментальная проверка квантовых корреляций на макроскопических расстояниях // Успехи физических наук. 1984. Т. 142. № 4. С. 619-634.

⁸⁴ Б. ДеВитт возродил интерпретацию Х. Эверетта, назвав ее многомировой. Позже были сформулированы интерпретации согласованных историй, транзакционная, модальная, объективного коллапса и ряд других.

⁸⁵ Experimental Metaphysics. Quantum Mechanical Studies for Abner Shimony: in 2 vols. / ed. by J. J. Stachel, M. Horne, R. S. Cohen. Dordrecht: Kluwer, 1997. Vol. 1. 262 p.

⁸⁶ Albert D. Quantum Mechanics and Experience. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994. 206 p.; D'Espagnat B., Scalettar R. Veiled reality: an analysis of present-day quantum mechanical concepts // Physics Today. 1995. Vol. 48. № 7.; Healey R. The philosophy of quantum mechanics: an interactive interpretation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 288 p.; Maudlin T. Quantum non-locality and relativity: Metaphysical intimations of modern physics. Singapore: John Wiley & Sons, 2011. 314 p.

таки имеют определенные свойства до измерения, при условии, что они могут организовать мгновенные корреляции друг с другом. Однако в экспериментах 2007 и 2010 годов неравенства Леггетта нарушались, а это означает, что мгновенного влияния недостаточно для объяснения запутанности, и значит, отказ от локальности не решает проблемы. Нужно отказаться, по крайней мере, от наивного реализма, что у частицы есть определенные свойства, не зависящие от наблюдений. Кстати, недавняя экспериментальная проверка других неравенства Леггетта—Гарга (их иногда называют временными неравенствами Белла), подтвердила принципиальную невозможность свести эволюцию не только фотонов, но атомов к движению по какой-либо определенной траектории. Мы всегда имеем дело с суперпозицией многих траекторий.

Сильным аргументом в пользу квантового реализма явились эксперименты, где наблюдалась интерференция не только частиц, но и макромолекул⁸⁷. Ведь если квантовая теория работает для макрообъектов и является фундаментальной теорией, то ее выводы о существовании могут быть верны и для классических явлений.

Чтобы доказать, что до наблюдения фотон не имеет ни определенного свойства (волна или частица), ни определенной траектории, Уилер предложил эксперимент с “отложенным выбором”⁸⁸. В отличие от двухщелевого эксперимента, детекторы ставятся не у щелей, а после того, как фотон пролетел через них – непосредственно перед вторым экраном. Ряд экспериментов, проводимых последнее десятилетие подтвердили предсказания квантовой теории⁸⁹.

В эксперименте с квантовым отложенным выбором⁹⁰ удалось наблюдать, как фотон проявил себя одновременно и как волна, и как частица. Более того, он плавно переходил от одного проявления к другому. А как известно, понятие дополнительности этих несовместимых между собой аспектов – одно из центральных в стандартной Копенгагенской интерпретации.

Веским аргументом в пользу квантового реализма можно считать эксперименты с квантовым ластиком⁹¹. Вместо того чтобы наблюдать, через какую щель (каким путем) прошли фотоны, тем самым влияя на них, можно «пометить» их информацией с помощью вспомогательных запутанных фотонов. Когда основные фотоны промаркированы, интерференционная картина исчезает, но если после прохождения фотонов через щели информацию об их пути стереть, интерференционная картина появится вновь. Создается впечатление, что квантовые свойства не

⁸⁷ *Juffmann T. et al.* Real-time single-molecule imaging of quantum interference // *Nature nanotechnology*. 2012. Vol. 7(5), P. 297-300.

⁸⁸ *Wheeler J.A.* Quantum Theory and Measurement / Eds. J.A. Wheeler and W.H. Zurek, 1984. P. 182-213.

⁸⁹ *Manning A.G. et al.* Wheeler's delayed-choice gedanken experiment with a single atom // *Nature Physics*. 2015. Vol. 11, P. 539-542.

⁹⁰ *Peruzzo A. et al.* A quantum delayed-choice experiment // *Science*. 2012. Vol. 338(6107), P. 634-637.

⁹¹ *Ma X., Kofler J., Zeilinger A.* Delayed-choice gedanken experiments and their realizations // *arXiv preprint arXiv:1407.2930*. 2014.

исчезают безвозвратно после измерения, а смешанное состояние можно снова превратить в суперпозицию. В других экспериментах можно было сначала зарегистрировать фотон, а уже потом решать, как он должен себя вести. Причем физическая локальная связь между выбором наблюдателя и интерференцией исключается. И вновь была продемонстрирована нелокальность не только в пространстве, но и во времени.

Таким образом, классический реализм постепенно оказался в роли обороняющегося, а активность его сторонников свелась к поиску возможных лазеек в схемах экспериментов и противоречиях в интерпретациях их результатов. Их оппоненты, в свою очередь, придумывали все новые и новые эксперименты для устранения этих лазеек и для проверки предсказаний квантовой теории.

Все проводимые эксперименты подтверждали свойства квантовых объектов, следующие из математического формализма теории. На этом основании многие противники классического реализма стали утверждать, что эксперименты окончательно опровергли его утверждения о том, что свойства квантовых объектов локальны, существуют до наблюдения и независимы от него. Хотя, как это часто случалось в истории физики, сами по себе эксперименты для многих ученых не являются достаточным основанием для отказа от привычных представлений о реальности. Основная конкуренция сегодня происходит между квантовым реализмом и квантовым анти-реализмом. Первый уже давно перестал быть маргинальным, а позиции Копенгагенской интерпретации сильно пошатнулись⁹². При этом многие ее сторонники не знают об этом просто потому, что не в курсе результатов перечисленных здесь экспериментов.

Можно предположить, что конкуренция между квантовым анти-реализмом и квантовым реализмом будет продолжаться до тех пор, пока мы не поймем, как возможные состояния из суперпозиции переходят сначала в смешанное состояние, а затем в одно из наблюдаемых? А также, почему разложение возможных состояний зависит от знания и выбора наблюдателя? И, что означает пространственно-временная нелокальность квантовых корреляций?

Вдохновленные впечатляющими успехами экспериментальной метафизики, сторонники квантового реализма продолжали предлагать новые интерпретации КМ. Появилось большое число статей и научно-популярных книг, стали проводиться десятки семинаров и конференций, посвященных исключительно философским проблемам КМ. После конференции «Квантовая физика и природа реальности» в так называемых «Оксфордских вопросах»⁹³ констатировалось, что по всему миру множество групп исследователей занимаются изучением природы реальности, которая описывается квантовой теорией. Там же были сформулированы ос-

⁹² Reich E. S. Quantum theorem shakes foundations // Nature. 2011. Vol. 201. № 1.

⁹³ Briggs G. A. D., Butterfield J. N., Zeilinger A. The Oxford Questions on the foundations of quantum physics // Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. The Royal Society. 2013. Vol. 469(2157). p. 20130299.

новые проблемы, требующие исследования и, соответственно, финансирования. Следующий этап дискуссий начался с появлением новых квантовых технологий.

Вторая квантовая революция поддерживает квантовый реализм.

К концу прошлого века накопился большой объем новых данных благодаря экспериментам, проводимых первоначально исключительно в рамках дискуссии о реальности квантовых объектов. Эти результаты неожиданно оказались востребованы при создании новых технологий. Их потенциальная эффективность и привлекательность для рынка оказалась важнее, чем теоретические споры о реальности объектов теории, с помощью которой эти технологии могут создаваться. В крупнейших научных центрах начали проводиться квантовые эксперименты и создаваться технологии, уже никак не связанные с проблемами реализма⁹⁴. Зачастую эти проблемы даже не формулировались. Экспериментаторам и инженерам было не обязательно быть в курсе проблем реальности, которые послужили стимулом для экспериментов на предыдущих этапах. Важнее для них было успеть раньше конкурентов использовать потенциальную новизну и эффективность технологических инноваций.

В первую очередь инновации касались технологий передачи и обработки информации, в том числе квантовой криптографии и квантового компьютера. Особые свойства квантовых состояний могли быть также использованы в квантовых часах, квантовых датчиках, в новых методах когнитивных наук, в создании искусственного интеллекта и так далее. По сути, начался второй инновационный скачок в экспериментальной физике и технологиях. Началась, так называемая, **ВТОРАЯ КВАНТОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ**. Этот термин недавно стали использовать для характеристики существенных отличий современной экспериментальной и технологической революции, вызванной развитием квантовой теории. Как было сказано выше, основным объектом исследования и технического манипулирования были молекулы, атомы, группы частиц и их наблюдаемые свойства. Но в последние два десятилетия специалисты научились манипулировать отдельными квантовыми системами (ионами, фотонами и атомами) в состоянии суперпозиции, а также сложными системами в запутанном состоянии. Именно эти новые навыки стимулировали вторую квантовую революцию⁹⁵.

С началом второй квантовой революции взгляд на проблемы, которые

⁹⁴ Сегодня центры квантовых технологий и квантовой информации действуют в большинстве крупнейших университетов мира. Наиболее известные из них находятся в Канаде, Австрии, США, Великобритании и Германии. Собственные центры созданы в корпорациях Google, IBM, Intel и Microsoft.

⁹⁵ О термине «вторая квантовая революция» см. *Dowling J. P., Milburn G. J. Quantum technology: the second quantum revolution // Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2003. Vol. 361. No. 1809. pp. 1655-1674.* Подробное описание новых технологий в рамках второй квантовой революции приводится в «Квантовом Манифесте Европы» (2016). URL: <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/quantum-manifesto-quantum-technologies> (дата обращения: 01.05.2018).

раньше считались философскими, изменился и стал скорее прагматичным. Теперь «загадочные черты квантовой механики рассматриваются как ресурс, который нужно развивать, а не проблема, которую нужно решить»⁹⁶. Сегодня «задним числом» можно утверждать, что революционные трансформации, произошедшие в физике в начале XX века, к концу столетия начали приносить новые плоды. Для инженеров уже не стоит вопрос, существует ли суперпозиция квантовых состояний или нет. Квантовые вычисления и другие манипуляции уже происходят в этой самой суперпозиции (не в классических битах, а в кубитах). В наши дни идет гонка за квантовое превосходство, цель которого – создание многокубитных устройств для вычислений, невозможных на классическом компьютере. Но для этого необходимо решить ряд чисто технических задач: увеличить число кубитов, оградить их от влияния окружающей среды и увеличить время жизни каждого кубита, а значит и время хранения квантовой информации. Но, главное, уменьшить процент ошибок.

С началом второй квантовой революции неадекватность классического реализма в отношении квантовых объектов становится все более очевидной. Но и квантовый анти-реализм Копенгагенской интерпретации оказался недостаточно эффективен для объяснения результатов экспериментов. Экспериментаторов и инженеров уже не устраивают ссылки на таинственную роль наблюдателя, на математический трюк с проекционным постулатом и на дополнительность квантовых и классических законов. Те, кто создает экспериментальные установки и внедряет новые технологии, могут быть анти-реалистами в отношении квантовой теории или, как минимум, сомневаться в ней. Но они, скорее, будут тяготеть к реализму в отношении объектов этой теории, ведь они изучают их свойства, манипулируют ими и используют в работающих устройствах. А, как выразился Хакинг, «большая часть физиков-экспериментаторов являются реалистами относительно теоретических объектов, которые они используют»⁹⁷. Несомненно, физики продолжают использовать операциональный подход, наполняя экспериментальным содержанием основные понятия и утверждения квантовой теории. Но этот подход следует отличать от философского операционализма, который «отказывает в праве на существование понятиям, не имеющим непосредственного отношения к экспериментам»⁹⁸.

По мнению Хакинга, ни успешное объяснение, ни даже экспериментирование с объектом еще не позволяют сделать вывод о его существовании, «только манипулирование с объектом при экспериментировании с чем-нибудь другим может в этом убедить»⁹⁹. А, как известно, и передача

⁹⁶ *Bub J.* Indeterminacy and entanglement: the challenge of quantum mechanics // *The British Journal for the Philosophy of Science*. 2000. Vol. 51. № 4. P. 597-615.

⁹⁷ *Хакинг Я.* Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, Науч. ред. Мамчур Е. А. М.: Логос 1998. С. 272.

⁹⁸ *Клышко Д. Н.* Основные понятия квантовой физики с операциональной точки зрения // *Успехи физических наук*. 1998. Т. 168. №9. С. 977.

⁹⁹ *Хакинг Я.* Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, Науч. ред. Мамчур Е. А. М.: Логос 1998. С. 272.

квантовой информации, и квантовая криптография, и квантовый компьютер основаны как раз на манипуляциях с волновыми функциями запутанных квантовых состояний.

Например, передача зашифрованной квантовой информации может производиться с помощью объектов, предварительно запутанных и разнесенных в пространстве между отправителем и получателем информации. В результате манипуляции с волновой функцией одного из таких объектов в точке отправления его состояние разрушается и воссоздается для второго объекта в точке приёма. Благодаря такой квантовой телепортации можно существенно увеличить расстояние передачи информации и ее секретность. Примечательно, что тех, кто реализует эту технологию не смущает, что сторонники классического реализма отрицают сам возможность существования явления квантовой запутанности и любых нелокальных свойств.

Защищая свою позицию, они напоминают, что квантовая телепортация не передаёт энергию или вещество на расстояние, а передача информации по классическому каналу не может осуществляться быстрее скорости света. Однако, строго говоря, эти аргументы относятся к 4-мерному пространству-времени и информации, получаемой классическим наблюдателем. Но на квантовом уровне до измерения, скорее всего, еще нет ни того, ни другого.

Другой пример манипуляции волновой функцией реализован в прототипах квантового компьютера. Основная его идея в том, что процесс вычисления происходит в состоянии суперпозиции (в кубитах), а ответ выдается уже в виде классической информации (в битах).

Чтобы получить квантовый регистр, несколько кубитов запутывают друг с другом, между ними возникает нелокальная корреляция. Манипулируя такими запутанными кубитами, можно заставить их производить вычисления. Результаты этих вычислений первоначально тоже находятся в суперпозиции, и когда мы пытаемся их узнать, то случайным образом получаем лишь один из них. Суперпозиция при этом разрушается. Для получения ответа с достаточной точностью (вероятностью), надо много раз повторить весь цикл вычислений. Получается, что члены суперпозиции все-таки обладают какой-то степенью существования, даже если мы не можем наблюдать сам процесс взаимодействия внутри квантового регистра, а только его результат. Иначе, откуда этот результат возникает?

В попытках найти ответ на последний вопрос особенно обострился спор квантового реализма и квантового анти-реализма. Сторонник первого подхода Д. Дойч утверждает, что экспоненциальное ускорение в квантовых вычислениях может быть правильно понято только в рамках многомировой интерпретации КМ¹⁰⁰. Хотя, решить проблему вычислений в рамках квантового реализма можно и другим способом, например, придать онтологический статус самой квантовой информации¹⁰¹. В рамках компромисса

¹⁰⁰ Дойч Д. Структура реальности. Наука параллельных вселенных. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. 460 с.

¹⁰¹ Bub J. Why the quantum? // Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics. 2004. Vol. 35. No. 2. pp. 241-266.

между классическим и квантовым реализмом продолжается дискуссия о реализме в его нелокальной версии. А совсем недавно квантовый антиреализм получил поддержку в лице интерпретации, названной Q-bism, где вероятность, как мера знания, заменяется на вероятность по Байесу, как меру уверенности¹⁰².

Для сторонников квантового реализма остается еще один трудный вопрос – всегда ли возможность манипуляций ненаблюдаемым теоретическим объектом говорит о его существовании? Например, если теоретическое представление о волновой функции изменится, то она может или вообще перестать существовать как теоретический объект, или стать предельным случаем другого теоретического объекта, например, оператора квантового поля с бесконечным числом степеней свободы, действующего на вакуумный вектор в пространстве Фока. Что-то похожее происходит в рамках конструктивной версии структурного реализма (Т.Ю. Цао). Однако если формально следовать концепции структурного реализма и абстрагироваться от пристрастий его конкретных сторонников, то волновая функция даже в этом случае вполне может остаться реальной структурой. Во-первых, она обладает необходимыми внутренними симметриями. Во-вторых, ни квантовая механика, ни квантовая теория поля не являются окончательными теориями, а это не может служить препятствием для придания онтологического статуса волновой функции.

Кстати, Хакинг и сам признает, что «многие свойства надежно приписаны к электронам, но большинство свойств выражено в многочисленных теориях или моделях, о которых экспериментатор может знать довольно мало»¹⁰³. Теоретическую нагруженность ненаблюдаемых объектов Хакинг предлагает заменить семейством причинных свойств объекта, которые, как он думает, не зависят от теории. Однако, как известно, понятия о причинных законах и о типах причинности сильно варьируются в различных физических теориях, даже в рамках одной парадигмы.

В истории физики много примеров, когда считавшиеся достоверными случаи манипуляции оказывались ложными, и от подтвержденных таким образом ненаблюдаемых сущностей приходилось отказываться. Очевидный пример – сила тяготения, необходимость в которой как сущности отпала после создания общей теории относительности, где причиной стало считаться искривленное пространство-время. Причинные связи ньютоновой физики оказались ошибочными. А если представления о характере причинности – часть онтологии конкретной теории, то отрицая эту теорию, можно ли продолжать использовать ее причинность?

Более того, в квантовой теории сам физический принцип причинности сталкивается с рядом трудностей. И если эти трудности имеют фундаментальный характер, насколько мы можем опираться на реальность причин-

¹⁰² *Fuchs C. A. On participatory realism // Information and Interaction. Eddington, Wheeler, and the Limits of Knowledge / Durham, I.T., Rickles, D. (Eds.). Springer, Cham, 2017. pp. 113-134.*

¹⁰³ *Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, Науч. ред. Мамчур Е. А. М.: Логос 1998. С. 273.*

но-следственных связей для квантовых явлений? Не будем забывать, что и само понятие причинности довольно противоречиво и является предметом богатой философской дискуссии.

Возможность с помощью волновой функции манипулировать другими объектами – только один из аргументов (хотя и довольно сильный) в пользу ее реальности или, как минимум, в пользу того, что она отражает внутреннюю структуру квантовой системы. Другой аргумент – это получение одних и тех же результатов в экспериментах, проводимых по разным схемам и с разными объектами (частицами, атомами, молекулами). Следует признать, что, во-первых, у обоих аргументов есть слабые стороны и их явно недостаточно, а, во-вторых, они не снимают проблему истинности квантовой теории. Скорее, наоборот, делают необходимым дальнейшее развитие, как самой теории, так и ее интерпретации.

Думаю, что в ближайшее время наибольший интерес будут представлять эксперименты, направленные на прямую проверку гипотезы о реальности волновой функции, высказанной авторами PBR-теоремы¹⁰⁴. Они математически показали, что волновая функция является не статистическим инструментом, а объективным состоянием квантовой системы, точнее внутренней предрасположенностью к тому или иному проявлению в эксперименте, и эта предрасположенность не имеет отношения к нашему знанию или незнанию. Отсюда делается предположение, что любые эпистемологические модели могут быть исключены или ограничены. Хотя сторонники квантового анти-реализма уверены, что в PBR-теореме остаются лазейки¹⁰⁵. В одном из экспериментов было показано, что PBR-теорема выполняется, а статистическая эпистемологическая интерпретация не подтверждается. Это значит, что волновая функция должна напрямую соответствовать объективной реальности, если конечно такая реальность в принципе существует¹⁰⁶.

Обобщая, можно заключить, что возможность манипулировать другими объектами с помощью волновой функции еще не является достаточным аргументом в пользу ее реальности. Но, возможно, это аргумент в пользу гипотезы, что волновая функция все же отражает некую реальную внутреннюю структуру квантовой системы. Сторонник конструктивной версии структурного реализма Т. Цао считает, что реальность ненаблюдаемой сущности может быть выведена из реальности ее структуры, даже если этой сущностью не получается манипулировать¹⁰⁷. В качестве примера он рассматривает кварки и глюоны. Можно предположить, что и волновая функция (вектор состояния) может лишь частично соответствовать некой более фундаментальной сущности, к пониманию которой мы будем

¹⁰⁴ Pusey M. F., Barrett J., & Rudolph T. On the reality of the quantum state. *Nature Physics*. 2012. Vol. 8(6). P. 475.

¹⁰⁵ Reich E.S. A boost for quantum reality // *Nature*. 2012. Vol. 485(7397). P. 157.

¹⁰⁶ Ringbauer M. et al. Measurements on the reality of the wavefunction // *Nature Physics*. 2015. Vol. 11(3). P. 249.

¹⁰⁷ Цао Т. Ю. Структурный реализм и концептуальные вопросы квантовой хромодинамики // *Эпистемология и философия науки*. 2008. Т. 17. №3. С. 143-156

приближаться по мере изучения свойств структур, в которых эта сущность участвует. Например, структур, ответственных за связь квантовых явлений и гравитации. Ведь, независимо от того, будем мы реалистами или анти-реалистами в отношении объектов теории, для нас всегда будет актуальной проблема истинности теории и ее дальнейшей экспериментальной проверки.

Заключение

Даже беглый исторический обзор показывает, что эволюция взглядов на природу объектов квантовой теории подчиняется определенной логике. В момент создания теории, когда ее объекты и принципы только формировались, было необходимо разнообразие взглядов на реальность новых, еще слишком непривычных объектов. Острая, иногда чисто философская дискуссия способствовала прояснению основных положений новой теории. Но когда основной концептуальный каркас теории был сформирован, наступил длительный этап развития математического аппарата и экспериментальных проверок.

Из-за того, что сразу не получилось совместить квантовую теорию с классическим реализмом господствующей парадигмы, на первом этапе более эффективным оказался инструменталистский подход по отношению к теории. Дискуссии реалистов и анти-реалистов померкли на фоне потрясающих успехов новой теории. Но чем более успешной оказывалась квантовая теория, тем сложнее было уклоняться от подобных дискуссий. А поскольку долгое время аргументов в пользу квантового реализма почти не было, быстро усилились позиции квантового анти-реализма (квантового дуализма) по отношению к объектам квантовой теории. Причудливым образом этот подход совмещался с реализмом по отношению к классическим объектам. Все вместе это называлось версиями Копенгагенской интерпретации.

В принципе, не трудно объяснить, почему онтологические и эпистемологические проблемы в оценке способов существования и познания ненаблюдаемых объектов вынуждают многих физиков-теоретиков становиться анти-реалистами. Простота и практическая направленность такого подхода с его отказом от объяснения всегда будут гарантировать ему популярность в науке. Даже, несмотря на его внутреннюю противоречивость. Сегодня этот подход продолжает успешно развиваться, например, в концепциях релятивизма и конструктивного эмпиризма.

Одновременно, особенно в последние десятилетия, как только позволяла экспериментальная база, физики стремились снова и снова проверить аргументы сторонников разных взглядов на реальность ненаблюдаемых объектов. Сегодня многие противники классического реализма считают, что эксперименты окончательно опровергли его утверждения о том, что свойства квантовых объектов локальны, существуют до наблюдения и от него независимы. Но, как это часто случалось в истории физики, экспери-

менты вовсе не являются достаточным основанием для отказа от привычных представлений о реальности. Классическая парадигма не собирается сдавать позиции в умах своих сторонников, которые, наверняка будут изобретать новые лазейки в экспериментах и требовать более веских контраргументов. Похоже, что революционные трансформации, вызванные появлением квантовой теории, спустя 90 лет все еще далеки от завершения.

В начале XXI века основная конкуренция развернулась между квантовым реализмом и квантовым анти-реализмом. Первый давно не является маргинальным, в его рамках уже возникли и продолжают возникать десятки новых интерпретаций КМ. Позиции Копенгагенской интерпретации с ее пси-эпистемическим подходом, напротив, пошатнулись, хотя еще остается большое число ее сторонников. Помимо ряда экспериментов, сильный аргумент против нее содержится в PBR-теореме, благодаря которой любые пси-эпистемологические модели могут быть исключены или ограничены¹⁰⁸.

Как было показано выше, многочисленные эксперименты в рамках экспериментальной метафизики привели ко второй квантовой революции в технологиях, где квантовые объекты используются так, как будто они существуют в форме, предсказанной теорией. Удивительным образом дискуссия, спровоцированная революционными трансформациями в квантовой физике, привела к технологическим инновациям, которые невозможно было даже представить в первые десятилетия развития квантовой физики. Они просто не укладывались ни в одну из доминирующих в то время парадигм – ни в парадигму Эйнштейна, ни в парадигму Бора. Сегодня эти технологии сами становятся аргументом в этом споре, чаще всего в пользу квантового реализма. Более того, уже невозможно представить, чтобы дискуссия о реалистичности моделей квантовой теории и реального существования объектов этих моделей игнорировала работающие прототипы квантовых технологий¹⁰⁹.

Резюмируя, можно констатировать, что кардинальная перестройка оснований квантовой физики в первой четверти XX века, выразившаяся в новых взглядах на реальность объектов теории, привела к созданию новых технологий в начале XXI века. А значит, влияние революционных трансформаций на инновации может быть отложено на довольно длительный срок и «ожидать своего часа».

По сути, можно говорить о подтверждении выводов другого автора настоящего сборника Л.В. Шиповаловой. Она формулирует несколько уроков инновационности. Один урок состоит в том, что любая новация будет таковой, если ученые ее производящие будут способны на формирование поддержки не только в сообществе таких же ученых, но и людей, за-

¹⁰⁸ Briggs G. A. D., Butterfield J. N., Zeilinger A. The Oxford Questions on the foundations of quantum physics // Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. The Royal Society. 2013. Vol. 469(2157). p. 20130299.

¹⁰⁹ Whitaker A. The new quantum age: from Bell's theorem to quantum computation and teleportation. Oxford: Oxford University Press, 2012. 408 p.; Zeilinger A. Dance of the photons: from Einstein to quantum teleportation. N. Y.: Macmillan, 2010. 305 p.

нимающихся практическим применением в технологиях и потенциальных потребителей этих технологий. Другой урок говорит, что для возникновения значимого нового знания в науке необходимо обращение к прошлому, к традиции, поскольку благодаря этому научное сообщество может «из современности определить тот или иной научный жест как революционный»¹¹⁰.

Сделаю еще один, возможно, не совсем очевидный вывод. Опираясь на пример квантовой физики, можно предположить, что сам факт признания или не признания научным сообществом революционных трансформаций в основаниях конкретной научной области влияет на эффективность научных исследований в этой области. С другой стороны, только при определенном уровне развития технологий у специалистов может возникать потребность в новых понятиях и принципах, в новых методах исследования и объяснения, в новой научной картине мира и даже в новых взглядах на реальность. Это значит, что чем быстрее экспериментаторы, а затем инженеры станут реалистами по отношению к объектам квантовой теории, тем быстрее будут происходить инновации в квантовых технологиях. Причем в разных технологиях в качестве реальных могут приниматься совсем разные объекты: волновая функция, калибровочные бозоны, кубиты, операторы квантового поля и так далее.

Все сказанное подтверждает тезис о том, что развитие технологических инноваций может оказывать обратное влияние на изменение философских оснований науки и научной картины мира в конкретной области. Велика вероятность того, что в будущем технологии квантовой криптографии и квантовых вычислений окажутся практически успешными (что пока не гарантировано). А это может привести к очередному пересмотру представлений о реальности и способах ее познания, что в перспективе способно вызвать очередные революционные трансформации не только в физике, но также в биологии и когнитивных науках.

¹¹⁰ *Шиповалова Л. В.* Научная революция-разрыв с прошлым или его возобновление? О двусмысленном ответе современной историографии //Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2018. №. 45.

Глава 4. Субъект инноваций в философской оптике: инженер, программист, кибер-панк, криптограф*

Е.Э. Чеботарева

Кто такие инженеры?

Содержательную проблему современной философии инженерии составляют дебаты о дефинициях и сущности понятий инженера и технологии в принципе. Определение главного объекта исследований философии инженерии – инженера остается туманным; более того, складывается подозрение, что этого определения не может существовать вовсе в связи с текучестью и релятивностью оснований этой профессиональной принадлежности. При этом, однако, исследователи полагают, что существует критическая разница между понятиями техников (технологов) и инженеров [van de Poel, 2009]. Любые попытки конкретизации понятия инженера приводят к противоречиям и замкнутому кругу рассуждений; так, один из ведущих философов инженерии Майкл Дэвис показывает, что попытка определения инженера через то, что он формально может делать в рамках своих профессиональных обязанностей, остается безуспешной и приводит скорее к комичным результатам: инженеры делают примерно то же, что бобры и муравьи при построении плотин и муравейников. Если обычно они занимаются разработками и конструированием, то это – то, чем им предлагают заниматься, но не функция, которая позволяет назвать работника инженером, утверждает Дэвис. Инженеры могут оценивать патенты, писать правила, пытаться восстановить неисправности оборудования, заниматься продажами комплексного оборудования, преподавать и т.д. Что делает эту деятельность инженерной – вот вопрос философии инженерии. [Davis, 2009]. Дэвис отмечает: «Как и в других профессиях, инженерия самоопределяется... В любой момент времени существует ядро, более или менее фиксированное историей, которое решает, что такое инженерия и что ею не является. Это историческое ядро – не концепция, а организация живых практиков, которые по дисциплине, роду занятости и профессии, несомненно, являются инженерами» [Davis, 2015]. Дэвису также кажется важным дистанцирование инженерии от новых дисциплин, которые он называет «подделками» под инженерию: социальная инженерия, генная инженерия, реинжиниринг и пр. [Davis, 2009].

В своей более ранней работе Дэвис, размышляя над определением инженерии, отмечал, что она содержит в себе «столько творчества, сколько его вмещает искусство, столько политики, сколько её есть в законе, и её можно рассматривать как прикладное приложение к науке не более, чем искусство и политику в этом качестве» [Davis, 2009, p. 9].

* Идеи данного параграфа в своей основе опираются на текст, опубликованный в виде статьи «Российская инженерия в контексте философских и социологических исследований: драмы и фантомы» [Чеботарева, 2020].

Другие исследователи концепта инженерии приводят не менее поэтические определения. Например, французская исследовательница Кристель Дидьер, работающая в рамках континентальной философии, показывает моральную насыщенность истории этого термина, который имел разные значения в эпоху Средневековья, начиная от «искусного мастерства», «умения», и заканчивая именованим дьявола и ведьм (*enghinhart* или *mal engegneor*, а также *engineresse*). Дидьер также цитирует слова французского епископа Альберта Руэ, который сказал на рубеже 20 - 21 вв., что «инженер - это тот, кто находится в месте, где создается мир, где творение увековечивается» [Didier, 2009].

Было бы нелишним отметить важный аспект специфики проблем инженерии и связанного с ней комплекса технических изобретений и инноваций, другими словами того, что принято обозначать выражением «технический прогресс». Специфика эта заключается в том, что инженерия, с одной стороны, опирается на фундаментальные научные положения, а с другой – настолько обращена лицом к человеческим запросам и капризам, что ее связь с абстрактными научными теориями кажется далеко не очевидной. Наука неопределенна и непредсказуема в своих выводах и результатах, технологии же, напротив, ценны своей надежностью и подчиненностью понятному алгоритму. Научная картина мира нередко контринтуитивна, в то время как инженеры трудятся над созданием «интуитивных интерфейсов». Наука обращена к миру, абстрагированному от человеческих планов и представлений, инженеры же действуют исключительно в их рамках. Наука приветствует скептицизм и может даже быть иронической (в том смысле, который придает этой характеристике Джон Хорган), технологии же не могут позволить себе такое отношение к своим принципам и к своим пользователям. Принимая во внимание вышесказанное, вовсе не удивительно, что в глазах обывателя наука и инженерия оказываются разделены и последняя обладает несомненно бóльшим авторитетом. Об этой проблеме пишет, например, Умберто Эко, подчеркивая близость технологий к человеку: «Дети воспитываются компьютерными играми, полагают наушники природным отростком евстахиевых труб и дружат по Интернету. Они живут в технологии, они не в состоянии представить себе, как мог бы существовать иной мир, мир без компьютеров и даже без телефонов. Но с наукой такой близости не выходит». Эко приходит к выводу, что технологичность современной жизни не эквивалентна научности, а имеет аналогию с магией, в которой чудо совершается мгновенно, не требуя череду ошибок, экспериментов и постепенного развития. Поражение от века технологии терпит не только наука, но и религия. Богословские диспуты, как замечает Эко, «хоть и подчинены особым критериям, все-таки методологически ближе к науке, нежели к магии, уж хотя бы по одному тому, что они развиваются поэтапно, ступень за ступенью, шаг за шагом» [Эко, 2008, web]. Итак, очевидно, что инженерия отличается значительно большей степенью «человекомерности» по сравнению с наукой. Если воспользоваться мыслью Рабиндраната Тагора, которую он раз-

вивал в беседе о науке с Альбертом Эйнштейном, наука связана с универсальным человеком, не обладающим свойственной отдельным личностям ограниченностью, и является таким образом внеличным человеческим миром истин¹¹¹. Инженерию же характеризует ориентация на обычного человека и его жизненный мир, и взаимодействие этого человека с конкретной технологией настолько быстротечно и контекстуально, что не позволяет сформулировать устойчивые универсальные дефиниции и концепты.

Карта диспутов философии инженерии с очевидностью указывает на требование определения субъекта, ответственного за комфорт и безопасность жизненного мира человека, т.е. прокладывается, явно или нет, в поле инженерной этики. Современные требования к технологическому развитию, включающие в себя концепции ответственных инноваций и «инженерной подотчетности», складываются в результате симбиоза социальных ожиданий, экономических требований, политических отношений, культурных особенностей и нуждаются в широком и разнообразном рассмотрении. Если рассматривать понятие инженера через призму социологических исследований профессиональной этики, оказываются очевидными большинство предпосылок, от которых нерелексивным образом отталкиваются многие философы инженерии. «В различных исторически сложившихся моделях государства, экономики профессиональные мораль и этика складывались неодинаковым образом. Там, где профессии эволюционировали как самостоятельные институциональные акторы, независимые от государства, этика формировалась самими сообществами и служила инструментом солидарности и социального контроля деятельности профессионалов. В странах с континентальной моделью профессионализма моральные основания профессиональной деятельности нередко транслировались государством, заинтересованным в союзе с экспертами, и профессиональная этика впитала принципы бюрократических отношений» [Абрамов, 2018]. Так, в англосаксонской модели, которую представляет упомянутый философ М. Дэвис, понятие ответственности конституирует концепт инженера, причем, как полагает Дэвис, в любой стране мира. Для этой модели важны, например, исследования инженерных кодексов, которые помогают понять приоритеты и степени ответственности инженера перед компанией, клиентом, обществом.

Что касается континентальной модели, то здесь традиционное требование работать на благо общества, благодаря которому профессионалы обеспечивают себе социальный статус, звучит не особенно убедительно. Например, уже упомянутая исследовательница из Франции Дидьер отмечает, что инженерная этика «...созданная в Соединенных Штатах в 1980-х годах, с тех пор получила развитие в других странах, начиная со стран, где профессиональные организации имеют свой кодекс этики. Во Франции эта проблема является новой и сталкивается с некоторыми специфическими

¹¹¹ Беседа Эйнштейна и Рабиндраната Тагора. Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. М.: Наука, 1967. Т. IV, ст. 40, с. 130.

проблемами: она не совсем понятна. В то время как некоторые наблюдатели ставят под сомнение ее теоретические основы и методы, другие просто сомневаются в том, что профессиональная деятельность инженеров может поднимать конкретные этические вопросы» [Didier, 2009, p. 161]. Представитель континентальной модели китайский исследователь Ги Цао описывает свое понимание инженерной этики как «многопользовательскую игру на различных уровнях» и отмечает, что в Китае предмет инженерной этики подчинен «двум курсам» (курс марксистской теории и идеологического и нравственного воспитания) и не достиг пока статуса самостоятельной дисциплины [Сао, 2015, pp. 1618–1619]. Англосаксонская модель способна заставить положения инженерной этики звучать практически в теологическом ключе. Например, исследователи описывают «негативное лицо инженерной этики (превентивную этику)» и «позитивное лицо инженерной этики (желательную этику)». К последней причисляют так называемые хорошие дела (Good works), которые «относятся к более выдающимся и альтруистическим примерам желательной этики, которые часто включают элемент самопожертвования. Хорошие дела – это образцовые действия, которые могут выходить за рамки того, что профессионально требуется» [Harris, Pritchard & Rabins, 2005, p. 15]. Последнее утверждение предполагает метапрофессиональные задачи, и это объясняет, почему инженер стал объектом философского исследования: инженерия – это нечто гораздо большее, чем профессия, следовательно, здесь уместен не только социологический или юридический подход.

Драматические коллизии российской инженерии

Российская инженерия достаточно тяжело пережила потерю приоритета в развитии компьютерных технологий, и эту неудовлетворенную историческую претензию социолог Р.Н. Абрамов называет «теорией упущенного шанса», связывая с ней определенную мифологию российских инженеров. «Согласно “теории упущенного шанса”, каждому из решений или событий истории СССР приписывается свойство “рубежного”, после которого крушение советской системы становилось неизбежным, а сами эти события оказывались вписанными в современный мифологический дискурс о советской эпохе. “Теория упущенного шанса” также оказалась востребованной структурой для создания множества нарративов, специфических для отдельных профессиональных групп и сообществ, которые с ее помощью описывают причины неудач и отставания той или иной отрасли науки или промышленности СССР» [Абрамов 2017, с. 63]. «Теория упущенного шанса», как указывает Абрамов, легла в основу сюжета многочисленных романов, выпускаемых в сериях «Фантастическая история» и «Альтернативная история». Появляется тип героя, называемый «попаданцем», который из нашего времени попадает в советскую Россию и благодаря своим историческим и техническим знаниям становится советником высокопоставленных лиц страны. Он помогает предотвратить те са-

мые роковые события, которые переломили ситуацию не в пользу СССР, добиваясь «исторической справедливости». Так, Абрамов демонстрирует такого героя на примере трилогии Павла Дмитриева «Еще не поздно» цикла «Фантастическая история» (2012), которая представляет одну из альтернативных счастливых историй советской модернизации. Романский цикл П. Дмитриева выглядит как запоздалый реванш советских инженеров-электронщиков, сумевших так исправить ошибочные решения консервативного руководства СССР в конце 1960-х гг. «Смущает, однако, то, что сама возможность реванша возникает благодаря импортным разработкам – японским, американским и европейским, ввезенным пиратским способом из будущего», – отмечает Абрамов [там же, с. 65]. Жанр так называемой попаданческой фантастики привлекает внимание современных исследователей прежде всего благодаря возможности социальной диагностики современности [Ковалев, 2014]. Абрамов, опираясь на свое исследование технократических мифологий «упущенного шанса», диагностирует «ностальгические реминисценции» многих советских инженеров, переживших профессиональный и социальный слом 90-х гг. [Абрамов, 2017, с. 73]. Даже инженерам, сумевшим использовать новые каналы профессиональной мобильности, нелегко дался поиск символических мостиков между бытием «советского инженера» и «успешного бизнесмена». «Фантомные боли о потерянном прошлом не отпускают многих, включая новые поколения профессионалов, которые через устные истории и мемуары ветеранов отрасли впитывают представление о том, что когда-то была сделана роковая ошибка» [там же].

Российские инженеры, особенно молодые, смогли реализовать свой профессиональный потенциал в период кризиса 90-х гг., перейдя от распространенного в позднесоветское время радиолюбительства в перспективную компьютерную сферу. «Любительство оказалось рентабельнее науки и инженерной работы, и через выбор нового, многообещающего компьютерного поля было “подтянуто” к исследовательским амбициям молодежи» [Богатырь, 2013, с. 50]. Однако судя по всему, этот путь оказался компромиссным и вынужденным. «С одной стороны, такая мобильность, по сути, означала выход из инженерной профессии. С другой – ее, наверное, можно рассматривать как исторически, экономически, технокультурно обусловленный случай горизонтальной профессиональной мобильности, вызванный к жизни появлением и широким распространением компьютерной техники в государстве, которое не преуспело в ее разработке и производстве, перестало контролировать и регулировать творческую инженерную мысль в этой области и превратилось в потребителя чужого продукта» [там же].

Если рассматривать «ностальгические реминисценции» российских инженеров через широкую призму фантастических романов, посвященных альтернативной истории, то обнаруживается, что подобный ресантимент является общим местом многих групп населения. Инженерная тема невольно оказывается вовлеченной в альтернативные истории в том числе

благодаря силе технического потенциала, необходимой прежде всего для идеологии модернизации. «В большинстве альтернативно-исторических произведений есть общая идеологическая парадигма, которая не замечается только потому, что стала “привычной как воздух”, и это – парадигма модернизации, точнее – “догоняющей модернизации”. Пришельцы из будущего приезжают в прошлое, чтобы модернизировать его в духе технического и индустриального развития, по шаблону ранних теорий модернизации примерно 1950–70-х гг.» [Фрумкин, 2016, с. 23–24]. Речь, таким образом, идет о некоем «фантоме модернизации», не получившем должную порцию рефлексии. В целом, исследователи российского альтернативно-исторического жанра склоняются к выводам об эскапизме и потере социального оптимизма в современном российском обществе.

Напрашивается вывод, что социальный оптимизм заменяется скорее технооптимизмом в рамках имперской «догоняющей модернизации», в контексте которой технологии обретают магический смысл абсолютной власти. Так, например, симптоматично понимание инженерии у отечественного философа Владимира Никитаева: «Если посмотреть знаменитый трактат Витрувия об архитектуре, то мы найдем там все, что нужно для империи: от военных машин до строительства новых городов. Вообще говоря, инженерия и сама по себе есть особая организация и управление жизнедеятельностью людей. Поэтому когда инженерия соединяется с империей (а она, повторим, именно в империи и зародилась) – она становится техническим выражением и воплощением империи» [Никитаев, 2005, с. 126].

Любопытно привести сравнительный пример технократической романистики до эпохи «упущенных шансов». Возьмем известный роман с главным героем-инженером – «Гиперболоид инженера Гарина» А. Толстого. Роман этот, разумеется, сильно связан с конъюнктурными и материальными соображениями автора и переписывался Толстым несколько раз. По сюжету, техническое изобретение – гиперболоид – в ходе многочисленных приключений приносит своему владельцу практически полную власть над миром при отсутствии желания героя его «модернизировать» в классическом понимании этого термина. В этом смысле (принимая, конечно, в расчет довлевший над Толстым идеологический пресс) мы обнаруживаем в романе художественное воплощение понятия инженерии как империи и власти, которое оказывается возможным, когда технологическим шансом вовремя и умело воспользовались. Никто, разумеется, не пытался анализировать роман Толстого с точки зрения связи науки и инженерии, но любопытен один незначительный момент: несмотря на невероятный ум, волю и дьявольскую изобретательность инженера Гарина, во всех сюжетных вариантах романа он получает гиперболоид исключительно благодаря фундаментальным разработкам безвестного ученого Манцева. Но, несмотря на это понимание зависимости технологий от науки, одному-единственному устройству вменяется поистине магическая способность бесповоротного и бескомпромиссного изменения целого мира.

Для понимания сложившихся проблем инженерного потенциала в России необходимо обратиться в том числе к социальным исследованиям. В каждой стране с развитой инженерной школой, в том числе в России, существует свой исторический, социальный, культурный контекст развития инженерии. Особенности российских инженерных инноваций, как и модернизационных проектов, представляют интерес не только для отечественных, но и для зарубежных исследователей. Так, известный американский исследователь инженерии, специалист по истории российской инженерной мысли Лорен Грэхэм (Грэм) написал работу, посвященную драматической истории изобретений в России начиная с эпохи царизма и заканчивая Сколково [Грэхэм, 2014]. Его интересовала в первую очередь связь собственно технических изобретений с их социоэкономической реализацией и местом в развитии российской цивилизации. В принципе, исследование Грэхэма вполне можно назвать историей «упущенных шансов», демонстрирующей, как начиная с царской России многие изобретения – в области железнодорожного сообщения, энергетики, полупроводниковой промышленности, авиации, ЭВМ, лазеров, генетики и биотехнологий, не получили должной реализации из-за отсутствия устойчивой политики экономического и технологического развития, а также необходимой для превращения изобретений в инновации социальной среды, которая включала бы в себя правовую сферу в области изобретений, рыночные возможности для их экономической реализации и определенную степень интеллектуальной свободы. Грэхэм показывает, что необходимая для внедрения новых технологий среда оказывается важнее как отдельных, пусть и впечатляющих актов технического и научного творчества, так и волюнтаристских методов модернизационного развития, игнорирующих глобальные тенденции и экспертные оценки.

Мы не ставим прямой задачи критики грэхэмовского диагноза российской конкурентоспособности в области инноваций; нам представляется очевидным, что на основе даже очень продуктивного и конструктивного исследования невозможно предложить алгоритм научно-технологического развития, обладающий полнотой, непротиворечивостью и локальностью. Данный диагноз несомненно рисует убедительный контекст для понимания фантомов альтернативной истории в среде российских инженеров. Помимо работы Грэхэма приведем в пример еще один взгляд со стороны, исследование, касающееся конкретной области, – статью Асифа Сиддики (Asif Siddiqi), специализирующегося на истории науки и техники, а также освоения космоса в России. В статье «Почему СССР проиграл лунную гонку» Сиддики анализирует причины провала советской программы освоения Луны в соревновании с США. Не пытаясь, подобно Грэхэму, исследовать особенности российской цивилизации начиная с Ивана Грозного, Сиддики изучает состояние советской оборонной промышленности 1950–60-х гг., у которой обнаруживает «хаотичную систему управления, полностью противоречащую тому, что у нас ассоциируется с социалистической экономикой». В то же время НАСА, как показывает Сиддики, было

централизованной системой, управляемой федеральным правительством. С одной стороны, советская космическая программа «действовала больше как социалистическая версия конкурентного рынка», с другой – правила этого рынка соблюдались лишь в половине случаев, и в итоге «программа оказалась заложницей бюрократического тупика и прихотей влиятельных людей». Ресурсы программы были невероятно ограничены, и, когда ракетные войска стратегического назначения, которые, по существу, управляли советской космической программой, приняли решение о выделении средств, они, естественно, предпочли стратегические и военные программы тем, что считали бесполезными космическими зрелищами. Проект «лунной гонки» с США был обречен на поражение, отмечает Сиддики [Siddiqi, 2019, web].

Очевидно, что собственно инженерные изобретения и, в более широком смысле, научный и человеческий потенциал, вовлеченный в соревнование космических программ, сыграли в данном случае (как и в большинстве других случаев) незначительную роль. Вероятно, незначительность фактической роли инженерного потенциала в вопросах, касающихся реальных внутривластных решений в СССР, отразилась на снижении инженерного статуса во второй половине XX в. «Статистические данные о развитии инженерной профессии в СССР говорят, что в послевоенный период она стала одной из самых массовых... По мнению О.В. Крыштановской, этот рост был обусловлен не только потребностью в инженерных кадрах, но и общим неблагополучием и отсутствием гибкости в сфере государственного управления процессом формирования структуры рабочей силы. В 1970-е–80-е гг. основным выводящим каналом была мобильность инженеров в рабочий класс» [Богатырь, 2013, с. 42]. В наше время ситуация выглядит похожим образом: «С одной стороны, доминирующий режим технократии в политическом дискурсе и культурных убеждениях предполагает сильное инженерное сообщество и его влияние на общественное сознание, к примеру, на высокий уровень технооптимизма в России. С другой стороны, в публичной сфере мы наблюдаем слабую представленность инженеров как экспертов или участников процессов принятия политико-административных решений. Так, например, технологические катастрофы оказываются полем ответственности не инженеров, а чиновников» [Аналитическая записка Центра исследований науки и технологий, 2019, web].

Технопредприниматель: между инженером и бизнесменом

Так что же такое инженер? Эта статья начиналась с вопроса, над которым бьются современные философы инженерии всего мира: кто такой инженер, возможно ли дать дефиницию этого понятия в рамках какой бы то ни было теоретической системы? Следующий из этой логики вопрос должен звучать так: насколько продуктивным и эвристичным шагом является различие техников (технологов) и инженеров? «Магия» инженерии состоит в ее кажущейся самодостаточности, в том, что мы перестаем заме-

чать не только связи технологии и фундаментальной науки, но и зависимость инновационных технологий от среды, подразумевая под последней экономические, правовые и культурные факторы. Альтернативные истории российской технофантастики демонстрируют нам распространенные представления о том, что одно техническое изобретение способно обеспечить конкретному человеку или обществу полную власть над миром вне зависимости как от науки и ее развития, так и от любых социальных факторов и экономических законов. Опровергая подобного рода заблуждения, мы одновременно формулируем собственный ответ на вопрос о сущности инженерии: инженерия – это среда. Среда, с одной стороны, понимающая и поддерживающая связи науки и техники, и с другой – предоставляющая необходимые каналы трансформации изобретений в инновации, т.е. коммерчески реализованные технологии. Безусловно, к среде относятся и жизненный мир человека – конечного пользователя технологий, быстро и непредсказуемо меняющийся под их влиянием.

Мы, тем не менее, не стремимся к упрощению темы феномена инноваций, признав «правильную» среду основной детерминантой инновационного развития. В рамках философии инженерии стоит задаться вопросом о родственности понятий инженеров и инноваций в принципе. Так, например, немецкий философ Альбрехт Фрицше полагает, что инновации обладают дионисийской (в ницшеанском смысле) природой, далекой от рационального планирования и систематических процедур, следовательно, инженеры и техники (которых он не разделяет) скорее обеспечивают инновациям необходимую техническую среду, выступая «молчаливыми партнерами», нежели являются их непосредственными творцами. [Fritzsche, 2017].

Следует ли придумать новое определение для влиятельного нового класса профессионалов, связанных с ключевыми технологиями и передовыми инновациями, тем самым разрубив гордиев узел дефиниции инженера в философии инженерии? Такое определение уже существует, оно было сформулировано в логике Йозефа Шумпетера, который в свое время решал практически те же проблемы с поиском нового субъекта мира рыночной инициативы. В ряде современных исследований используется понятие «технопредприниматель», благодаря которому выстраивается связь между академической карьерой, участием в разработке технологий с помощью грантов, используемых для подтверждения коммерческого потенциала технологии, и вовлечением в различную деловую деятельность вне работы, для которой требуются технические навыки [Dottore, Kassicieh, 2017]. Однако возникает подозрение, что понятие технопредпринимателя как при философском, так и при более внимательном эмпирическом рассмотрении способно породить не меньше противоречий, чем понятие инженера. Означает ли оно, что инженеры, технические специалисты сущностно меняются, приобретая коммерческие компетенции, которые им не были присущи раньше? По крайней мере, одно исследование показывает, что это не так, и знание рынка совершенно не нужно для инженера-новатора.

«Предварительная осведомленность о способах обслуживания рынков и технологические знания являлись лучшим предсказанием инноваций. Тем не менее результаты (исследования. – Е.Ч.), как ни странно, нелогичны – хотя технологические знания положительно коррелировали с радикальностью инноваций, знание способов обслуживания рынков имело отрицательную корреляцию. Это говорит о том, что меньшая осведомленность о способах разработки и упаковки будущего продукта или услуги может способствовать созданию действительно прорывных инноваций. Людям, которые меньше интересуются проблемами клиентов и не знают, как их обслуживать, но при этом обладают глубокими знаниями в области технологий, открываются наилучшие возможности для изобретения революционных инноваций» [Marvel, Lumpkin, 2007]. (Разумеется, подобного рода результаты должны обладать хотя бы частичной локальной и временной воспроизводимостью; кроме того, здесь необходим глубокий анализ выводов и оценка использованных методов исследования).

Философия инженерии таким образом представляет широкое поле актуальных тем и парадоксов, которым в настоящее время не найдено никаких убедительных концептуальных рамок. Российская инженерия, включая ее специфический социально-исторический контекст, работы отечественных философов инженерии и рефлексию фантомных нарративов, способна, на наш взгляд, внести свой конструктивный вклад в разработку этих животрепещущих проблем. Следует добавить, что определение инженерии как среды, а не как специфической дисциплины демонстрирует необходимость привлечения социогуманитарных исследований в круг тем инженерии, технологий и инноваций.

Программист: субъект онтологических преобразований современного социума¹¹²

Если в начале нашей главы мы говорили об инженерах, как предположительно движущей силе инновационных процессов, то сейчас мы продолжим исследовать главным образом тех, кто перед словом «инженер» получил приставку «софт». Для этого следует рассмотреть специфику цифровой реальности и некоторых новых технологий, прежде всего, такую идеологически фундированную, как блокчейн. Именно блокчейн, а также дебаты вокруг этой и других цифровых технологий показывают нам ценности её творцов, потому что исследований профессионального класса софт-инженеров, по сравнению с «классическими» инженерами по понятным причинам пока немного, хотя мы наблюдаем их рост в настоящее время. Скорее всего стремительно развивающиеся технологии и не позволят в будущем большинству профессий «задерживаться» в структуре занятости на сколь-нибудь значимый для академического изучения срок.

¹¹² Данный параграф в основе своей содержит тексты, опубликованные в виде статей «Как философствуют блокчейном: эпистемологический потенциал информационных технологий» [Чеботарева, 2019] и «Софт-инженеры, криптографы, шифропанки: между доверием и подозрением» [Чеботарева, 2021].

Цифровое пространство именуется так благодаря своему подчинению цифре, математике; оно не просто описывается ею, подобно тому, как природа описывается через физические законы с помощью математических инструментов, а именно творится с помощью кода. Код – это инструмент цифровой реальности, позволяющий создавать альтернативные миры с иной архитектурой связей анонимности, приватности, секретности, взаимодействия, доверия. Мы наблюдаем, с одной стороны, волю к творению нового мира, и с другой стороны, эволюцию этих миров, потому что их конкретное воплощение зависит от того, сколько пользователей захочет поддержать новую систему и разделить идеи, лежащие в её основе. По крайней мере на данный момент мы наблюдаем эволюцию криптовалюты (вслед за биткоином возникло множество других криптовалют разной степени надёжности и экономности добычи, а общее их число превышает 2000). Эта ситуация близка лейбницеvской концепции множества миров: сущностью обладает любой мир, если он не противоречит законам логики (математики) и подчиняется программному коду, при этом реальное воплощение получает лучший цифровой мир из возможных (или наименее плохой). Каким образом пользователи выбирают из возможных миров, и доступен ли им этот выбор в принципе – остаётся болезненно острым вопросом.

Блокчейн-технологии изначально ориентировались на разрушение централизованной структуры. По крайней мере, так говорят об этом сами создатели блокчейна: «Одна из фундаментальных истин ... состоит в том, что политическая ситуация предопределена структурой управления. И если у вас централизованная структура – пусть даже ей руководят достойнейшие люди, – она все равно притягивает негодяев. Эти негодяи используют свою власть так, как не предполагали изначальные архитекторы данной системы. Какой пример ни возьми – особенно в отношении финансовых систем, – становится очевидно, что даже если начальники руководствуются наилучшими побуждениями, конечный результат все равно зависит от структуры» [Блог компании HashFlare, 2015]. Окажется ли перевод централизованных систем в децентрализованные под силу блокчейну? Ряд исследователей настроен довольно-таки скептически.

Так, например, китайские исследователи блокчейн-технологий, которые занимаются исключительно технической стороной вопроса, приходят к следующим выводам. Во-первых, они ставят под сомнение решение главной задачи, поставленной перед блокчейном – децентрализации системы, - подвергая анализу «хищнические» стратегии майнеров (людей, создающих новые блоки в цепи блокчейн за вознаграждение), и атаки «сговоров эгоистов». Чем эгоистичнее майнер, тем больший доход он получит, заключают исследователи [Zheng, 2017, p. 562].

Во-вторых, преувеличена беспрецедентная способность блокчейна обеспечить анонимность и приватность пользователей, которая считается главным бонусом этой технологии: «... блокчейн не может гарантировать транзакционную приватность, поскольку значения всех транзакций и ос-

татки для каждого открытого ключа публично доступны. Кроме того, недавнее исследование показало, что транзакции пользователя Bitcoin могут быть использованы для раскрытия информации пользователя...» [Zheng, 2017, p. 562].

В-третьих, под сомнение ставится провозглашаемая надежность хранения информации в блоках: «... некоторые разработчики могут фальсифицировать свои показатели блокчейна, чтобы привлечь инвесторов за счет огромной прибыли» [Zheng, 2017, p. 563]. Китайские исследователи полагают, что блокчейн «продемонстрировал свой потенциал для трансформации традиционной индустрии своими ключевыми характеристиками: децентрализацией, постоянством, анонимностью и возможностью аудита» [Zheng, 2017, p. 563] но при этом показывают, как этот потенциал используется в противоположных целях.

Тем не менее, даже с учетом всех этих уязвимостей, технология блокчейн потенциально способна существенно снизить количество современных правонарушений и сделать деятельность институтов максимально прозрачной.

Мы можем рассматривать введение платформы блокчейн в финансовую сферу как следование принципу новой рациональности (связанной в том числе со старым стремлением к сокращению издержек), который повлечёт за собой трансформацию политической и экономической сферы. Исследователь Кобина Хьюз отмечает, что в настоящее время в вопросах политики, разума и совести (касающихся нарушений прав человека) вычислительные технологии не заменяют человеческих усилий. Это, однако, не должно мешать нам исследовать, может ли технология блокчейна помочь удержать государство в рамках ответственности и вмешаться, когда оно не выполняет свои обязанности. Вопрос заключается в том, хотим ли мы направить некоторые из инициатив блокчейна на пользу гуманитарной защиты или же мы просто решим позволить блокчейну развиваться в отсутствие политического курса, направленного на предотвращение злоупотреблений [Hughes, 2017].

Новые конспирологи: криптоанархисты и шифропанки

Проблемы анонимности, приватности, конфиденциальности являются одними из самых болезненных в новом цифровом мире. Непосредственные творцы цифровых технологий, понимающие всю величину этих проблем и их реальных последствий гораздо лучше остальных, пытаются найти надежные решения, но, как мы уже видели на примере критики блокчейна, пока это не приводит к желаемым результатам. Данная ситуация возводит конспирологию в ряд публично обсуждаемых практик, и инициаторами её дискурса, в том числе, ожидаемо становятся программисты, так называемые шифропанки и криптоанархисты¹¹³. Свобода начинает мыслиться как

¹¹³ Шифропанки – (Cyberpunks) энтузиасты-криптологи, сражающиеся за свободу интернета и за

гарантированное право на анонимность и контроль за своими данными, который уже не доверяется государству. Собственно, об этом идет речь, например, в первом Манифесте криптоанархистов от 1992 года, который начинается словами «Призрак бродит по современному миру, призрак криптоанархии» [Мау, 1992]. Впрочем, ещё до этого времени, когда представление о роли интернет-сети в жизни общества имели лишь узкие профессиональные сообщества, а именно в 1985 году, один из первых теоретиков криптографии и предтеча шифропанка Дэвид Чаум выразил обеспокоенность о сохранении личной информации будущих пользователей интернета. Чаум опасался наступления нового мира, где на каждого будет существовать виртуальное досье, содержащее все его персональные данные, привычки и предпочтения. «Компьютеризация, — встревоженно писал Чаум, — отбирает у людей возможность следить и контролировать, как используется информация о них» [Струнников, 2019]. Именно благодаря этому беспокойству Чаум занялся проблемами шифрования и ещё рядом технологий [Струнников, 2019]. «Укрепление контроля над конституированием социальной реальности соответствует нарастанию конспирологического беспокойства: секретный мир скрывается за очевидной официальной реальностью» [Дуденкова, 2017, с. 25].

Для понимания конспирологической атмосферы, связанной с блокчейном и биткоином, следует помнить, что личность создателя биткоина до сих пор не установлена. Создание биткоина приписывается некому Сатоши Накамото, которого пока не сумели идентифицировать, но вполне вероятно, что разработку биткоина можно считать коллективным детищем работы сообщества криптологов и шифропанков. Существуют разные версии того, почему изобретатель биткоина предпочел остаться инкогнито. Впрочем, один из известных шифропанков, Джулиан Ассанж, полагает, что разработка криптовалюты и технологии блокчейн, которая служит средством её функционирования, была настолько передовой в смысле вызова системе фиатных денег, т.е. осуществления транзакций, свободных от контроля как государственного, так и коммерческого сектора, что разработчик просто не мог чувствовать себя в безопасности¹¹⁴. Манифесты шифропанков посвящены понятиям сокрытия и тайны в форме сохранения анонимности для тех транзакций или обмена информацией, где личность непринципиальна. Шифропанк Эрик Хьюз (Eric Hughes), например, пишет в своём манифесте 1993 года: «... чтобы купить журнал, совершенно обязательно раскрывать продавцу все свои данные. Тем не менее, в связи с повсеместным использованием пластиковых карт у нас уже нет возможности сохранять приватность при совершении любых покупок, так же как и при совершении любых действий в сети, и точно также у нас нет возможности препятствовать продаже собранной информации о нас и иметь

приватность субъекта в цифровом пространстве, также их называют криптоанархистами за либертарианскую позицию.

¹¹⁴ Видеоинтервью с Дж. Ассанжем <https://assange.rt.com/ru/cypherpunks/full-translation-text/#page-1> (дата обращения 1 октября 2019)

представление о том круге лиц, который может иметь к ней доступ» [Hughes, 1993].

Мы можем смело утверждать, что человечество вступает в эпоху нового неравенства – информационного. Если раньше рядовой человек продавал на рынке свою рабочую силу, то теперь наиболее востребованное из того, что может предложить большинство из нас — информация о самых разнообразных деталях нашей жизни, которую мы вынуждены не продавать, а отдавать или использовать в качестве обмена на получение различных услуг, порой не вполне догадываясь, для каких целей и в чьих интересах эта информация может быть использована. Блокчейн как новая система с шифрованием информации предполагает восстановить равенство в приватности для всех участников.

Право на цифровую приватность следует, видимо, считать ценностью, сформулированной в среде софт-инженеров, как людей, ещё задолго до массового распространения интернета и появления такого феномена как социальные сети представлявших себе, какой объем, достоверность и детальность информации о пользователях могут быть записаны и проанализированы, и то, что эти данные могут быть централизованы и сохранены практически навечно. Сложно сказать, какой процент населения в мире осознает эти возможности сбора информации и расценивает их как актуальную и потенциальную угрозу, учитывая рост диаметрально направленной тенденции, которую мы обозначим как паноптиконизацию – желание делиться в сети самыми интимными моментами с незнакомыми людьми и наблюдать за тем, что раньше могло быть подсмотрено только в замочную скважину. Очевидно, что когда роль и количество информации в социуме радикально меняется, то стратегии по её использованию и контролю будут порой сильно различаться, по-новому структурируя общество (что уже было исследовано рядом авторов).

В 2019 году мы отмечали столетие со дня рождения Даниэла Белла, американского социолога, предложившего теорию постиндустриального общества, ставшей практически классической среди работ об обществах будущего. Рассмотрим ценности и последствия современных нам информационных технологий в фокусе концепции постиндустриального общества Белла. Концепция постиндустриального общества характеризуется приоритетом умственного труда; квалификация специалистов и наукоемкие технологии превращаются в основной производственный ресурс. Как следствие, мы можем ожидать рост качества жизни людей и развитие конкурентной инновационной экономики, включая индустрию знаний, и удовлетворение разнообразных потребностей высокоинтеллектуального населения [Белл, 1999].

Существует известный ряд авторов, внесших не меньший вклад в описание модели грядущего общества, таких, например, как Мануэль Кастельс и Элвин Тоффлер. В нашу задачу, разумеется, не входит подробный разбор этих моделей и воследовавших дискуссий, но мы всё же отметим одну из параллельных теории Белла ветвей, малоизвестную в России книгу «Су-

веренная личность: овладение переходом к информационной эпохе» (The Sovereign Individual: Mastering the Transition to the Information Age), написанную в 1997 г. не программистами-шифропанками, а практически гуманитариями — журналистом лордом Уильямом Рис-Моггом и экономистом Джеймсом Дэвидсоном. На западе книга известна благодаря прогнозам относительно постиндустриального, а именно сетевого общества, построенного на новых информационных технологиях; частично прогнозы сбылись (авторы, например, предсказали появление криптовалюты и описали её), частично же описанный сценарий ещё только начинает разворачиваться.

Рис-Могг и Дэвидсон описывают криптовалюту будущего (включая возможности её дробления на бесчисленно малые доли), и последствия использования виртуальных денег, в частности, освобождения людей от власти государства и потерю последним монополии на насилие. Они говорят о новой экономике - киберэкономике, которая создаст способы обеспечения взаимного доверия между людьми, гораздо большего в сравнении с индустриальной эпохой. Также авторы «Суверенной личности» предсказывают ведение международного бизнеса в любой точке мира через Интернет, осуществление финансовых операций через телефон, решение проблем понимания чужого языка с помощью технических устройств, внедрение индивидуальных фильтров для показа новостей и медиаматериалов в сети, переход с массового производства на индивидуальное, развитие виртуальной культуры, включая музеи и спектакли, дифференциацию и фрагментацию рынка услуг. Особое внимание авторами было уделено новым навыкам работы в цифровом пространстве, — навыки запоминания станут бесполезными, утверждают они, возрастет ценность быстрого обучения и умения ориентироваться в мире информации. Вследствие информационной перегрузки будут утеряны навыки внимательного чтения длинных текстов, будут исключаться незнакомые фрагменты и отдельные факты, а также «неудобные выводы». В целом многие мыслительные, дискурсивные навыки окажутся под угрозой [Davidson, Rees-Mogg, 1997].

Рис-Могг и Дэвидсон особенно подчеркивают роль шифрования в перестройке парадигмы доверия в информационном обществе. Мораль информационного века будет моралью рынка, а также, утверждают они, моралью доверия. «Киберэкономика будет сообществом с высоким доверием. В условиях, когда надежное шифрование позволит мошеннику безвозвратно и безопасно размещать доходы от его преступлений, будет очень сильный стимул избегать убытков, не занимаясь в первую очередь бизнесом с ворами и мошенниками. ...репутация честности станет важным активом в киберэкономике. В условиях анонимности в киберпространстве эта репутация не всегда может применяться к известному человеку, но ее можно будет надежно проверить с помощью идентификации криптографических ключей» [Davidson, Rees-Mogg, 1997, p. 306].

Авторы «Суверенной личности» уверены, что информационный век убьет государства, приведя их к финансовому кризису и оставив раздроб-

ленные суверенитеты, выживающие по суровым законам рынка. Это случится, во-первых, благодаря новым экономическим возможностям, которые государства будут пытаться ограничивать или использовать в собственных интересах, и во-вторых, благодаря преобладанию космополитической морали, бесконечно далекой от традиционных ценностей, которые перестанут быть близкими подавляющему большинству как не поспевающие за заданной информационным веком скоростью. Существуют работы современных исследователей блокчейна, которые приходят к похожим выводам: внедрение такой технологии, как блокчейн, в будущем будет способствовать разрушению государственных суверенитетов. Так, исследователь Брендан Марки-Таулер (Brendan Markey-Towler) видит роль технологии блокчейн в снижении роли государства и начале формирования свободных автономных сообществ нового типа. Он рассматривает старые утопические анархистские теории, которые могут наконец обрести реальность благодаря возможностям технологий блокчейна и позволят нам переосмыслить отношения между человеком и обществом. В связи с тем, что благодаря блокчейну возможно создавать, хранить, передавать и корректировать информацию вне ведома государства и обеспечивать этим актам полную прозрачность, необходимость государства в жизни общества ставится под сомнение. Марки-Таулер считает, что эту проблему можно решить путем создания свободных институциональных систем, работающих на конкурентной основе и открытых для всех [Markey-Towler, 2018] (что подчеркивает наше сравнение цифровых реальностей с множеством миров Лейбница).

Итак, мы видим существенные расхождения между той теорией постиндустриального общества, которую предложил Белл, и информационной эпохой, описанной авторами «Суверенной личности». Рис-Могг и Дэвидсон явно имеют более пессимистический взгляд на будущее. С их точки зрения вряд ли в информационном постиндустриальном веке будет выделяться и цениться высокоинтеллектуальный класс, скорее всего интеллектуальный уровень населения будет падать из-за сосредоточения сил на фильтрации огромного количества информации, а ценность знания будет регулироваться исключительно рыночным интересом. Для всех работников наступит время сложнейшей профессиональной конкуренции, рассчитывать на помощь государства окажется невозможным. Да и само государство, скорее всего, будет устранено как общественная форма после ряда финансовых и политических кризисов.

Итак, цифровой мир несёт нам новую шпионологию – трансформацию сокрытого, анонимного, приватного, новые методы как заметания цифровых следов, так и слежения за жертвой, и новое понимание связки доверия и подозрения в оптике растущей неопределенности.

Перспективы философского исследования цифровых технологий

До сих пор большинство людей, включая философов, с трудом представляют себе принцип действия и смысл блокчейна – цепочек из большого количества информационных блоков – в практической жизни. Соответственно возникает вопрос – о чём здесь, собственно говоря, может быть философское вопрошание и насколько оно продуктивно?

Философский подход в данной ситуации призван широко исследовать организационные архитектуры и идеи в основании новой цифровой реальности, а также связи новых понятий и устоявшихся культурных контекстов. Показательны в этом отношении исследования о связи философии с криптографией, где криптоанализ и криптография интерпретируются как «названия снова актуализированной философской деятельности по установлению различия и баланса между открытым и закрытым, явленным и неявным. В этой работе тайна является способом вновь проблематизировать такие важные для современной философии и науки эпистемологические модусы, как доверие и подозрение» [Дуденкова, 26].

Новые технологии можно рассматривать и как инструмент для развития философии, позволяющие исследовать, проверить или отточить как определенные концепции (например, касающиеся вопросов объективности, субъективности, рациональности, приватности), так и социополитические и правовые модели (например, криптоанархии) с учетом новых данных и возможностей. Один из ключевых вопросов к блокчейну и прочим информационным технологиям звучит так: сможет ли новая технология существенно перестроить существующие социальные (экономические) отношения или же она превратится в удобный инструмент существующего социального порядка? Другими словами, этот известный и глобальный вопрос о первичности технологического влияния на общество переходит в новое экспериментальное поле.

Из рассмотрения приведенных здесь работ следует, что блокчейн сам по себе является довольно-таки гибкой технологией, способной подстроиться под многие, даже противоречивые задачи. Поэтому анализ возможностей применения блокчейна в политической и социально-экономических сферах может проводиться как с целью прогнозирования социальных последствий, так и с целью выявления эпистемологического потенциала этой технологии для философии.

«Слабость» блокчейна в смысле его невозможности противостоять эгоизму и «хищническим» инстинктам людей нельзя, как нам кажется, считать его недостатком как технологии. Технология наряду с некоторыми мировоззренческими парадигмами является одним из основных инструментов, помогающих рациональности развиваться и трансформироваться. Если же мы говорим о тотальной власти технологии над человеческими устремлениями, то вопросы как свободы воли, так и морали автоматически снимаются, а одновременно с этим теряет смысл разговор о развитии социальных отношений как сферы возможности некоторого выбора. Субъект

рациональности в этом случае исчезает как таковой. В случае же блокчейна мы можем говорить о возможностях переосмысления ряда социальных сущностей (например, денег благодаря феномену криптовалюты, ценностей и ресурсов благодаря феномену майнинга, государственных институтов через призму децентрализации) и делать выводы о трансформации нашей рациональности.

Кроме того, блокчейн задает вектор абстрактного и нематериального понимания социальных артефактов по сравнению с тем, к чему мы привыкли. Например, это относится к криптовалюте (типа биткоина и эфира, которые не имеют привязанности к материальному стандарту и централизованному выпуску), и к децентрализованному хранению документов, когда мы сохраняем не тексты с изложением дела, а записи об их размещении в системе. В этом смысле арсенал философских подходов, веками выкристаллизовавшихся на работе с уточнением абсолютных и абстрактных понятий получает прекрасную возможность проверки на актуальность.

С точки зрения этого арсенала философия способна «ухватить», например, виртуальную сущность биткоина – нематериальной криптовалюты на платформе блокчейн, существующей на основании договоренности и децентрализованного контроля, находящейся в движении в форме анонимных защищённых транзакций. Количество биткоинов ограничено цифрой в 21 млн., но фактически биткоин делится на мельчайшие составные части, невозможные для традиционных денег и позволяет тем самым говорить о некотором потенциале своей метафизической бесконечности. Кроме того, технология блокчейн, основанная на гарантии невозможности изменения записей о происходящих в системе изменениях, задаёт новую мировоззренческую парадигму: отныне мы можем иметь единую версию человеческой истории, не подлежащую интерпретациям и не имеющую лакун, всякое изменение которой запечатывается шифром под строгим контролем анонимных пользователей и «врезается» в память системы навечно.

При этом проблематичным оказывается вопрос о содержании записей, вносимых в информационные блоки. Очевидно, что контроль анонимных пользователей и защита от исправления внесённой записи хитрой математической формулой гарантирует надёжность и прозрачность в работе с информацией, но кто обеспечит её истинность? Технология вступает в игру на определенном этапе, когда событие уже произошло и превратилось в некий гражданский акт, готовый для занесения в анналы, но каким образом мы можем убедиться, что данные об этом событии и его интерпретация верны? На данный момент плохо представляется возможность корректировки изложения события, занесенного в систему, или его интерпретации; пока что проблема касается только бизнес-контрактов, но если мы попробуем экстраполировать эту ситуацию на другие сферы, то обнаружим похожие затруднения. Кроме того, возможна и такая вещь, как разветвление блокчейна, т.е. появление двух независимых систем с разными записями о событиях. В этом смысле стоит поднять новый вопрос о том,

что обеспечивает истинность событию перед лицом технологической формализации? Каков юридический и онтологический статус внесенной информации? Если наше недоверие к государству как к распорядителю и хранителю общественно важной информации настолько велико, что мы вынуждены перейти к более надежному способу, заменив чиновников технологиями, то каковы механизмы, обеспечивающие надежность информации до внесения в блокчейн: нужно ли для этого участие определенных субъектов - экспертов, сообществ?

Очевидно, что, с одной стороны, на данный момент, блокчейн не столько решает проблемы, сколько создает их, и с другой – у нас есть иные технологии помимо блокчейна, для работы с информацией – например, облачные или электронная подпись [Болдачёв, 2017]. Интерес к технологиям, которые ставят своей целью обеспечение прозрачности и анонимности одновременно, связан в первую очередь с ценностями и идеями, следовательно, философское размышление о блокчейне и иных технологических решениях может быть содержательным и продуктивным.

Зарубежные исследователи подчеркивают роль философии в понимании технологии блокчейна. «...Цель философии блокчейна состоит в том, чтобы сформулировать концептуальные ресурсы для понимания того, что такое блокчейн и чем он может быть, оценить его потенциальное влияние, преимущества и недостатки, а также новые возможности, которые он предоставляет, как индивидуумам, так обществу. «Философия» здесь используется для обозначения теоретических основ, базовых определений, а также общих абстракций технологии блокчейна, – всего, что может составить концептуальное обоснование понятия блокчейна» [Swan & de Filippi, 2017].

Философское исследование блокчейна допускает использование различных культурных контекстов. Концептуальная глубина и многомерность открываются через семантический подход к этому термину, т.е. через само понятие цепи (chain). Цепь как особенный тип структуры несёт в себе некоторые историко-теологические коннотации. Американский философ и историк идей Артур Лавджой (Arthur Lovejoy) в своей известной книге «Великая цепь бытия: история идеи» (1936) отстаивал тезис о том, что история идей состоит из отдельных базисных элементов, подобно звеньям цепи. Идею «великой цепи бытия» Лавджой в свою очередь заимствовал у английского поэта-просветителя Александра Попа, заменив одно слово на — «великая». Поп, развивавший эту идею в дидактической поэме «Опыт о человеке» (1732), описывает «обширную цепь бытия» (Vast chain of Being), началом которой является божество; эта цепь охватывает бестелесные существа, человека, животных, птиц, рыб, насекомых. Достаточно нарушить одно мельчайшее звено в цепи, как она разрушится целиком [Аникст, 1974]. Вообще понятие «цепи бытия», представляющее ступенчатость вселенной, структуру иерархического соединения соприкасающихся элементов по горизонтали и вертикали было известно с античности и стало предметом особенного интереса в эпоху Возрождения, что,

в частности, выявляют тексты Шекспира. «В речах персонажей Шекспира отражаются понятия, связанные с великой цепью бытия. Многие, что не знающим этой системы кажется игрой поэтической фантазии, на самом деле — образы, подсказанные всем строем этой всеобъемлющей концепции мира. Например, Монарх, занимающий высшее положение среди людей, по понятиям, которым следовал Шекспир, мог быть сравним только с теми явлениями, которые в своей сфере занимали такое же царственное положение. Естественно поэтому, что король сравнивается с самым большим светилом солнечной системы. Когда Болингброк поднимает мятеж против Ричарда II, он, хотя в его руках сила, помнит, что король выше. Говоря метафорически об их предстоящей встрече, он очень точно пользуется соответствиями из цепи бытия и ставит себя ниже Ричарда II» [Аникст, 1974].

Понятие великой цепи бытия связано с представлением о иерархической структуре мира, от высшей духовности к низменной материи. Блокчейн технология, напротив, разработана как децентрализованная система, в которой пользователи могут в равной степени быть соучастниками происходящего, сохраняя контроль над своей анонимностью. В основании этой цепи лежит совершенно иная схема распределения ценности, которая намекает на собственное теологическое измерение. Поэтому не столь удивительной выглядит идея религии блокчейнов под названием «0xΩ» (читается как «Zero Ex Omega»), развиваемая бывшим генеральным директором блокчейн-проекта Augur Мэттом Листоном (Matt Liston). Листон, (публично отказываясь называться новым пророком), заявил, что сходство между религиозной верой и евангельским пылом, связанным с криптовалютами, вдохновило его на создание духовной системы, основанной на блокчейне. «Ценность криптовалют в магазине зависит исключительно от того, насколько другие люди считают, что они должны иметь ценность. Религиозная система задаётся точно такой же петлёй обратной связи» [Bernard, 2018].

В религии Листона, о которой он говорит, впрочем, не без иронии, богом является сама структура блокчейна, коллективный разум. «Мы хотим привести новые типы мышления и раздвинуть границы возможностей использования технологий», — отмечает он и признаётся, что ему надоело, что в новом перспективном технологическом пространстве доминируют инженеры и финансисты [Bernard, 2018].

Представление о многообразии мира, зафиксированного в огромной потенциально неизменной и вечной цепи блокчейна, имеет глубокие историко-космологические корни или по крайней мере изоморфно им. Морфологическая эпистемология блокчейна не может не заметить использования концепта цепи в современном изобразительном искусстве. Таким образом предстаёт творчество корейского инсталлятора из Сеула — Ёндока Со (서영덕), который создает человеческие скульптуры (как фигуры, так и огромные головы) из велосипедных и промышленных цепей. В этих

скульптурах впечатляет контраст обращения к такому утилитарному, однородному материалу, как грубая цепь и стремления к достоверной передаче морфологических нюансов, присущих человеческим лицам и телам. «Художнику удается придать скульптурам, лишенным, в своем металлическом величии, казалось бы, даже элементарного эмоционального контекста, самые разнообразные чувства и выражения. Так, одна из его работ, представляет человека в состоянии глубокой тоски и подавленности. Зритель, буквально, может прочувствовать весь спектр переживаний, всю печаль и безнадежность, которые вложил в позу скульптуры корейский художник» [kulturologia, 2014].

Цепь, вызывающая исторические ассоциации со сковыванием, лишением, ограничением при внешней нейтральности в качестве материала добавляет глубинный смысл изображению тоски и печали человека в современном мире – художник говорит прежде всего о современниках. С одной стороны, творчество Ёндока Со кажется близким к идеям стимпанка, с другой – единообразие материала лишает работы характерных для стимпанка отсылок к прошлому и романтико-ностальгических коннотаций.

Наш обзор концептуальных смыслов и форм понятия «цепи» был бы неполон без поворота к биологии, к цепочкам ДНК, геному. Говоря научным языком, ДНК имеет двухцепочечную структуру, где каждая цепочка представляет собой последовательность нуклеотидов, а метафорически – это и есть великая (или обширная) цепь бытия, объединяющая всё живое. Блоки с записью наследственной информации соединенные между собой в виде цепочки – по сути, тоже могли бы носить имя блокчейн. Биологическая метафора оказывается важной в наше время, когда мы пытаемся понять работу сложных систем, включая блокчейн: рост, отмирание, разветвление блокчейна, эволюционную борьбу криптовалют адекватнее оказывается интерпретировать в терминах биологии, или же универсального эволюционизма, нежели математики.

Философское рассмотрение цифровых технологий позволяет обнаруживать закономерности развития и сходство различных дисциплинарных моделей, тем самым помогая справиться с растущей неопределенностью; перспективность этого рассмотрения может определяться как онтологически и методологически, так и терапевтически.

Не менее сложен оказывается вопрос о преемственности связи между инженерами и софт-инженерами как творцами цифровой революции и главными проводниками инноваций. С одной стороны, как мы видим, сохраняется классическая оппозиция между капиталистами, ориентированными на прибыль и вносящими хаос, и инженерами, ориентированными на рациональность и справедливость. Криптоанархисты и шифропанки, вероятно, являются продолжателями именно этой линии. С другой стороны, как было отмечено, очевидна тенденция к стиранию дисциплинарных и прочих границ, что выражается в том числе в феномене технопредпринимателя и «эгоистических майнеров». Но здесь нельзя забывать о всё более возрастающей дифференциации в среде софт-инженеров. Майнеры,

разработчики, программисты могут относиться к различным профессиональным категориям с отличающимися целями и ценностями. Помимо этого, новизна ситуации проявляется в том, что всё большую часть ответственности предполагается отдавать не чиновникам или (софт) инженерам, а самим машинам, и здесь следует обращаться к дискурсам развивающихся в настоящее время дисциплин, таких, как робоэтика. Вопрос о творцах научно-технических революций и инноваций получает, таким образом, совершенно новое, постгуманистическое измерение.

Глава 5. Цифровой мир»: цифры определяют изменения?

А.С. Милославов

К настоящему времени в литературе, посвященной разнообразным гуманитарным и социальным проблемам, стало общим местом утверждение о том, что мы живем в эпоху «цифровой революции». И действительно, технологии, основанные на применении цифровых компьютеров, оказываются повсеместно включенными в разнообразные сферы деятельности человека, нередко замещая последнего. Значительная часть сделок на современной бирже осуществляется автономными интеллектуальными агентами. Процессы автоматизации и роботизации сферы производства и сферы услуг достигли такого уровня развития, что позволяют некоторым специалистам использовать термин «робономика» для именовании экономических отношений недалекого будущего [Ivanov, 2017]. Технологии «blockchain» и связанный с ним феномен крипто-валют обозначают новые вызовы перед финансовыми учреждениями и организациями. Люди в сфере повседневности используют социальные сети, взаимодействуют с «умными вещами», мечтают жить в «умных городах», застроенных «умными домами». Дальнейшее течение «цифровой революции» обсуждается не только в работах футурологов и авторов фантастических романов, но и в публикациях представителей таких почтенных областей знания как экономика, социология, computer science. Так, например, некоторые специалисты уже сейчас предлагают задуматься над общественными последствиями скорого создания «Супер-интеллекта», деятельность которого радикальным образом изменит жизнь отдельных людей и человечества в целом [Шанахан, 2017]. Другие авторы говорят о становлении «цифрового разума», указывают культурные истоки его происхождения, ставят вопросы, связанные с методами корректного осмысления цифровой реальности, и проблематизируют будущее человека в рамках новых условий существования, задаваемых возможностями современной инфокоммуникационной техники (ИКТ) [Очеретяный, 2019].

Очевидно, что вычислительная техника, понимаемая не только в смысле hardware, но, - и это обстоятельство не менее важно – как software, может быть стать предметом обсуждения в самых разнообразных контекстах и дисциплинарных разделах.¹¹⁵ Но, поскольку наше исследова-

¹¹⁵ То, что изменения в аппаратном обеспечении происходят, и вычислительные устройства, занимавшие ранее целые комнаты, сейчас переместились в карманы пиджаков и дамские сумочки, не вызывает сомнений. Именно эти изменения, а также связанные с ними разнообразные практики, чаще всего и привлекают внимание авторов из социально-гуманитарного лагеря. Так, к примеру, говорят о становящемся «мобильном обществе» [7]. Гораздо менее обсуждаемыми в социо-гуманитарной литературе являются тенденции, проявляющиеся в области разработки программного обеспечения. Данное обстоятельство представляется озадачивающим по следующим причинам. Во-первых, представители сообщества программистов активно обсуждают смены «парадигм» в своей деятельности. Во-вторых, работа программиста непосредственно связана с языком. Последний, в свою очередь, издавна являлся центром притяжения для специалистов, работающих на социо-гуманитарном поприще. Общественно значимый характер приобретают и вопросы, связанные с подготовкой специалистов для IT-

ние посвящено взаимодействию научных революций и инноваций, представляется разумным выделить ряд первоочередных вопросов, ответы на которые могли бы служить отправной точкой для понимания того, в какой мере и при каких *условиях* повсеместное распространение цифровых инфокоммуникационных технологий стимулирует или, наоборот, замедляет тенденции инновационной деятельности.

Вопрос об *«условиях»* является чрезвычайно важным в контексте обсуждения инновационных практик. Постараемся разъяснить здесь этот момент для читателя.

В Советском Союзе достаточно длительное время выходила серия книг под названием «Кибернетика – безграничные возможности и возможные ограничения».¹¹⁶ Современный этап развития ИКТ в значительной мере свидетельствует, скорее о «безграничных возможностях» применения вычислительных машин для решения разнообразных задач, чем о «возможных ограничениях». Действительно, если, следуя традиции, заложенной М. Шелером, указать специфические стороны бытия человека (его «монополии») и задаться вопросом о том, что из указанного не поддается «цифровизации», то, по-видимому, нам придется приложить серьезные усилия для отыскания «не-оцифрованного».

«Оружие» - оцифровано, как в «виртуально-игровом», так и в более страшном «физическом» смыслах. «Искусство» - оцифровано! Во всех, многочисленных «смыслах»: от создания, до воспроизведения. Зачем посещать «Сикстинскую капеллу», если можно побывать на «виртуальной экскурсии», включая разложение на «пикселы»? Ну, а что касается создания «нового», то, во-первых, один из «идеологов» цифровой революции, Алан Тьюринг, уже заметил – ничто не ново под Луной [Тьюринг, 2004]. А, во-вторых, современные технологии «нейронных сетей», использующие «большие данные», могут «сосчитать» Гомера и Льва Толстого, Вильяма Шекспира и Андрея Платонова. При этом, порождаются тексты, никогда не имевшие место быть в истории. Можно ли изложить «Иллиаду» в стиле «Войны и мира»? – Можно! Возможно ли на «Ричарда III» одеть «цифровую маску» «Чевенгура»? – Нет проблем!

Инструменты, язык, государство, наука в настоящее время подвержены тотальной цифровизации. Но, если присмотреться как к произошедшим, так и к происходящим процессам, то можно обнаружить немало уди-

отрасли. Так, например, автору этих строк приходилось присутствовать при обсуждении вопросов о том, в каком объеме современному разработчику систем программного обеспечения требуются серьезные знания в области высшей математики и требуются ли они вообще. Еще одна проблема, носящая гуманитарный характер, и которая может быть в качестве примера озвучена в данном контексте – это проблема ответственности разработчиков software за качество производимой продукции. Достаточно часто можно слышать тезис о том, что в современных условиях ввиду сложности программ, последние, так сказать, «с необходимостью» содержат ошибки. И, следовательно, создатель ПО (программного обеспечения) почти избавлен от ответственности за дефекты в работе вычислительных устройств. Нельзя сказать, что указанные проблемы совсем уж лишены внимания (см.: напр. [5]). Но они, как и пути их решения, заслуживают, на наш взгляд более тщательной проработки.

¹¹⁶ В последние годы данная серия продолжается как «Информатика – безграничные возможности и возможные ограничения»

вительного или, по крайней мере, вызывающего вопросы. Например, почему развитие цифровых технологий осуществлялось и осуществляется неравномерно? Какие обстоятельства способствовали формированию так называемого «цифрового неравенства»? Почему Советский Союз, несмотря на значительные успехи ученых и инженеров проиграл «Западному миру» состязание в «компьютерной гонке»? Какие условия способствовали бурному развитию новаторских разработок компьютерной архитектуры в первые десятилетия «информатики»? И почему в последние десятилетия в этой сфере научно-технической деятельности не появляется практически ничего принципиально нового, а значительная часть успехов ИТ обусловлена развитием микроэлектроники. Попытки найти ответы на эти и подобные вопросы вынуждают исследователя истории компьютерных наук покинуть сугубо «интернационалистский» лагерь и занять позицию, в рамках которой развитие вычислительной техники рассматривается, как деятельность по формированию социотехнических систем, а общественные условия и обстоятельства оказываются существенным фактором, влияющим на научную и инженерно-техническую деятельность.

Теперь зададимся следующим вопросом. Является ли развитие цифровых технологий процессом, вытекающим из «логики» развития науки и техники? Иначе говоря, имеем ли мы дело с «революцией»? И если – да, то в каком смысле?

В связи с этим представляется разумным оглянуться в прошлое и обратить внимание на те годы, когда «революционная деятельность» только начиналась, проанализировать намерения и ожидания тех людей – ученых и инженеров-практиков – благодаря энтузиазму и усилиям которых у большинства наших современников, живущих в развитых странах, имеется дома хотя бы один компьютер.

Можно утверждать, что к концу 30-х годов XX в. сформировалась вся концептуальная база необходимая для создания цифровых компьютеров. Подробная реконструкция исторического пути формирования этой базы не является целью написания данной работы, мы укажем здесь только основные, на наш взгляд, интеллектуальные результаты, способствовавшие созданию цифровой вычислительной техники.

Во-первых, были разработаны и нашли применение на практике – от телеграфных сообщений до военной криптографии – различные способы кодирования текстовой информации.

Во-вторых, развитие электротехники обеспечило не только элементную базу достаточную для создания цифровых вычислительных машин, но и привело к разработке математического аппарата необходимого для их описания и проектирования (К. Шеннон, В. Шестаков и т.д.).

В-третьих, идея механического выполнения арифметических операций, берущая свое начало со времен Древнего мира, (например, «Антикитерский механизм»), получила свое дальнейшее развитие в машинах Б. Паскаля, Г.-В. Лейбница и др. В XX веке она обрела широкую практическую реализацию в арифмометрах, выпускаемых различными фирмами,

а также в более амбициозных инженерных проектах, например, в табуляторе Г. Холлерита.

Наконец, инициированная трудами Аристотеля традиция логических исследований, укоренила интеллектуальной традиции понимание, что существуют правила, в соответствии с которыми следует работать с информацией независимо от содержания последней. Кроме того, имеется возможность представления этих правил в явном виде. В первой половине XX века применение логического аппарата к решению проблем обоснования математики, в свою очередь, стало катализатором для активизации исследований относительно вычислимости. Эти исследования привели к формированию различных моделей для представления вычислительных процедур, в том числе, к тем, в основе которых лежало понятие «машины» (А. Тьюринг, Э Пост).

Начавшаяся в 1939 году Вторая мировая война прервала плавное течение научной жизни, при этом, однако, стимулировала работы, направленные на создание вычислительных машин. Успешное их применение для решения баллистических задач и проблем, связанных шифрованием и дешифрованием сообщений можно считать первым шагом на пути к цифровой революции. Важность построения машин, существенным образом ускоряющих обработку информации, была продемонстрирована представителям военных ведомств, государственным чиновникам и менеджерам крупных компаний. Идея компьютеризации вышла за пределы узкого круга представителей научного сообщества и инженеров-новаторов и стала постепенно «овладевать сознанием масс».

Таким образом, можно констатировать, что события, связанные с появлением первых ЭВМ, а также с опытом их применения не носили «революционного» характера, в смысле Т. Куна. Здесь, скорее можно говорить о том, что множество ручейков, исходящих из различных интеллектуальных источников и практик, но слившихся воедино, образовали море – «цифровой мир» - который постепенно стал сферой обитания человека.

Если же рассматривать вопросы, связанные с развертыванием «цифровой революции», то немаловажной является проблема периодизации. Действительно, одной из существенных для социально-гуманитарного познания задач является выделение значимых этапов в истории того или иного процесса. Периодизация в работе историка имеет определенное сходство с систематизацией в естественных науках. Как в последнем случае корректное выполнение упомянутой интеллектуальной процедуры позволяет упорядочить эмпирический материал, так и историческая периодизация способствует организации многообразия событий прошлого в целостную картину. Кроме того, при соблюдении определенных условий оказывается возможным установить общие тенденции в исторических процессах и выявить специфические особенности характерные для какого-либо конкретного «участника» событий. В качестве «участника» здесь подразумеваются разнообразные социальные общности.

Другое дело, что, как в случае с систематизацией, к решению задачи по периодизации необходимо подходить аккуратно. В противном случае результат ее выполнения может породить эвристические бесполезные, а в содержательном плане вводящие в заблуждение конструкции. Пример такой ситуации мы встречаем в работе [Юсупов, Юсупов, 2007], авторы которой выделяют следующие этапы развития вычислительной техники в СССР и постсоветской России: «- золотой век — конец 40-х - середина 60-х годов XX века; - роковое решение — середина 60-х - конец 70-х годов XX века; - экспансия персональных компьютеров — восьмидесятые годы XX века; - постсоветский период — девяностые годы XX века и далее» [Юсупов, Юсупов, 2007, с. 18]. У читателя может сразу возникнуть вопрос: «А как могло возникнуть, так называемое, «роковое решение», если до этого был «золотой век?»» (Под «роковым» авторы цитируемой работы подразумевают решение советских властей отказаться от собственных разработок в области ЭВМ и перейти к копированию западных образцов). Дело, здесь, даже не в том, что представленная периодизация ничего не объясняет. В ней смешиваются разнородные основания. Действительно, период прошлого столетия с конца 40-х годов до середины 60-х можно считать весьма успешным в развитии отечественной информатики и вычислительной техники, но только если рассматривать его через призму результатов, проводившихся тогда исследовательских и опытно-конструкторских работ. Однако, если посмотреть на тот же период времени с точки зрения социальной истории науки, то «золотой век» советской вычислительной техники, к сожалению, утратит часть своего блеска. Административные методы управления, противостояние министерств и отдельных исследовательских коллективов¹¹⁷ – эти, и другие причины, существенным образом тормозили процессы внедрения вычислительной техники в экономической и социальной сферах. Исключение здесь составляют работы, связанные с решением военных задач. Внимательное знакомство с документами, опубликованными, например, в [К мобильному обществу, 2009] и [Очерки истории информатики в России, 1998] приводит именно к такому выводу.

Гораздо более интересные попытки выявить периоды в развитии компьютерных наук можно обнаружить в работах [Бирюков, 1989] и [Denning, Web].

Так, Деннинг (Peter J. Denning), говоря о развитии computer science, выделяет следующие этапы в становлении данной отрасли научно-технической деятельности:

- 40-е гг. - изучение автоматических вычислений (study of automatic computing);

¹¹⁷ Здесь хотелось бы обратить внимание на то, что «конкуренция» сама по себе не несет ничего плохого. Более того, можно сказать, что современные успехи в IT-отрасли в значительной мере достигнуты в рамках конкурентной борьбы. Другое дело, что в условиях, так называемого, социалистического способа осуществления хозяйственной деятельности, соперничество между отдельными учеными и инженерами, как и борьба между коллективами, министерствами и ведомствами достаточно часто обретали формы, не способствующие развитию вычислительной техники и ее внедрению для решения задач народного хозяйства.

- 50-е гг. - изучение процессов обработки информации (study of information processing);
- 60-е гг. - изучение явлений, окружающих компьютеры (study of phenomena surrounding computers);
- 70-е гг. - изучение того, что может быть автоматизировано (study of what can be automated);
- 80-е гг. - изучение вычисления (study of computation)
- 2000-е гг. - изучение процессов обработки информации, как естественных, так и искусственных (study of information processes, both natural and artificial).

Представленная американским ученым периодизация действительно отражает основные тренды исследований computer science в указанные десятилетия. Но она, как и статья, в которой она приведена, обладают тем недостатком, что в них не проясняются причины смены основных векторов исследовательской работы. Для того чтобы представить те стимулы, которые способствовали изменениям в научных интересах, необходимо, на наш взгляд, «погрузить» информатику в широкий контекст социально-экономических практик.

Известный отечественный специалист, Б.В. Бирюков, со своей стороны, предпринял в [Бирюков, 1989] попытку выделить в развитии кибернетики и информатики этапы, которые характеризуются формированием новых направлений исследовательской и инженерной работы. Так, например, автором выделяется период «непосредственного становления кибернетики и информатики» (40 – 50-е гг. XX в.). Данный отрезок времени определен как тот, в рамках которого были «сконструированы и введены в эксплуатацию первые ЭВМ, сложилась теория информации, возникла теория конечных автоматов, теория автоматического регулирования переросла в теорию управления сложными системами и процессами, возникло искусство программирования для компьютеров, которое уже к концу 50-х годов стало обретать собственную теоретическую базу и, наконец, - последнее по счету, но отнюдь не важности, - когда была осознана общность задач переработки информации и управления, возникающих в сферах техники, живой природы и общества [Бирюков, 1989, с. 15-16].

Действительно, трудно не согласиться с автором: все указанные события и процессы случились или осуществлялись в указанный промежуток времени. Однако, на наш взгляд, перечисленного выше оказывается недостаточно, если мы хотим понять не просто ход становления новой дисциплинарной области, но развитие «цифровой революции». И здесь представляется полезным перебросить мост в рассмотрение общественных практик.

В 50-е годы прошлого столетия компьютеры начинают находить применение в различных сферах, требующих обработки большого количества информации. В этом отношении показательной является статья «The Computer Age», подготовленная коллективом авторов и опубликованная в журнале «Business Week», а затем перепечатанная

в «The Computers and Automation»¹¹⁸. Содержание статьи представляет собой обзор проектов применения цифровой вычислительной техники в фирмах и в некоторых государственных структурах США и является интересным документом в контексте интеллектуальной истории «цифровой революции», поскольку в нем отражены те ожидания, которые представители различных сфер деятельности возлагали на электронно-вычислительные машины.

Авторы, прежде всего, подчеркивают, что использование компьютеров приводит к «новому управленческому мышлению» (new management thinking) и помогает улучшить работу [«The Computer Age», 1956, p. 12]. Благодаря вычислительным машинам можно проверять новые идеи, повышающие эффективность производства. Так, например, для решения задач, связанных с переработкой нефти, в компании Texas Co. была использована IBM-705. Применение машины позволило до 15 минут сократить те расчеты, на выполнение которых вручную уходила неделя и более [«The Computer Age», 1956, p. 12]. Итак, быстрота, точность и, как следствие, удешевление работы – вот те конкурентные преимущества, которые получают компании, использующие компьютеры для улучшения производственных процессов. Использовать машины планировалось не только для ускорения расчетов. В конечном счете, предполагалось перейти к математическому и логическому моделированию совершенных структур компании («...eventually expand to the mathematical and logical simulation of complete company setups») [«The Computer Age», 1956, p. 14].

Проект тexasких нефтяников не был единственным. Вычислительная лаборатория университета Уэйн (Wayne University) примерно в то же время была занята разработкой программного обеспечения, которое было бы шагом к полной интеграции документооборота компаний через компьютер (full office-factory integration through a computer). [«The Computer Age», 1956, p. 15].

По мнению авторов статьи, поворотным в вопросе применения компьютеров в бизнесе стал 1955 год, когда многие компании стали наращивать использование вычислительной техники для обработки данных. Так компания General Electric, которая участвовала в производстве компьютеров, ко времени написания рассматриваемой статьи сама применяла в работе 144 вычислительных устройства различных типов и размеров.

¹¹⁸ Стоит отметить, что появление данного журнала в середине 50-х годов XX в., событие весьма примечательное, также заслуживает внимания и содержание номеров этого издания. Дело в том, что адресатом публикаций являлись не только те специалисты, чья деятельность непосредственно связана с разработкой и эксплуатацией вычислительной техники, но, так сказать, «широкая общественность» – бизнесмены, представители сферы образования, менеджеры и т.д. Журнал публиковал терминологический словарь новой, формирующейся отрасли знаний, обзоры разработанных и запущенных в производство вычислительных устройств, статьи, посвященные применению вычислительной техники в разных странах. Затрагивались также социальные проблемы, связанные с автоматизацией производства. Анализировались новые требования, предъявляемые к системе образования.

В общем можно констатировать, что бизнес-сообщество с энтузиазмом восприняло появление вычислительных машин и быстро оценило возможности их применения.

Однако, стоит отметить, что общественная реакция на применение компьютеров в сфере производства не была однозначной. Так, например, Пратт (Fletcher Pratt) в статье, опубликованной в 1954, описывает эпизод, когда руководители проекта по автоматизации нефтеперерабатывающего завода в Канаде старались не афишировать свое участие в нем. Выгода от реализации задуманного - сокращение необходимых для функционирования производства трудовых ресурсов на 30 % [Pratt, 1954].

Этот факт и вызывал опасения в связи с возможной негативной общественной реакцией и, как следствие, с возможными трудностями для работы компании в других местах. При этом автор статьи отмечает, что сам нефтеперерабатывающий завод располагается в том регионе, где нет избытка рабочей силы, а суровые климатические условия не способствуют привлечению переселенцев. Кроме того, в статье говорится о том, что многие фирмы по аналогичной причине скрывают покупку машинного времени на Univac.

Итак, очевидно, что у существенной части представителей американского общества дальнейшее расширение автоматизации производства и применения вычислительной техники ассоциировалось с угрозой безработицы и возможным ухудшением материального благосостояния. Хорошо известно, что и основоположник кибернетики Н. Винер предлагал тщательно продумать возможные последствия, которые могут наступить для общества от внедрения кибернетических устройств в сферу производства. Заметим также, что мотив подобного содержания присутствовал и в аргументации противников кибернетики в Советском Союзе. Автоматизация производства и применение вычислительных машин в условиях капиталистического общества ухудшит положение трудящихся, обогатит капиталистов и будет поставлено на службу американским военным. Примерно так рассуждает в своей статье анонимный автор, подписавшийся как «Материалист» [Очерки истории информатики в России, 1998, С. 604-613].

Конечно, вычислительные машины, создаваемые в рассматриваемый период времени, действительно применялись в военной сфере в условиях противостояния двух систем. В контексте разговора о цифровой революции важно то, что в 50-е годы применять компьютеры планировалось не только для выполнения баллистических вычислений, но и для решения более сложных задач. Так, например, в [Фомин, 2016] сообщается о том, что по заказу правительства США были выполнены модельные расчеты последствий для промышленности страны, которые могут наступить в результате ядерного удара.

Кроме того, следует заметить, что в рассматриваемый нами исторический период настороженное отношение в общественном сознании проявлялось, не только относительно развивающейся вычислительной техники, но и применительно к науке вообще. Так, Форрестер (Jay W. Forrester),

ссылаясь на проведенное исследование, отмечал, что для значительной части американских школьников наука ассоциируется с такими словами как «зло», «злодей» и «атомная бомба» («evil, villain, and atom bombs») [Forrester, 1957]. Данный факт весьма интересен, но в рамках этой статьи мы не будем рассматривать причины подобных «анти-сциентистских» настроений, сформировавшихся в 50-е годы в США. Заметим лишь, что они разительно отличались от того воодушевления, с которым получившая легитимацию кибернетика была воспринята в Советском Союзе.

Что же предлагают упомянутые выше авторы для преодоления возникающих проблем? Стоит обратить внимание на то, что инициативы сохраняют свою актуальность и в свете сегодняшних событий «цифровой революции». Так, Пратт обозначает необходимость продленного образования, как инструмента, позволяющего решить проблему занятости, возникающую в связи с использованием компьютеров и автоматов на производстве. Форрестер, в свою очередь, обращает внимание на необходимость приложить усилия со стороны научного и бизнес-сообществ, направленные на популяризацию вычислительной техники. Представителям науки следовало бы, по мнению автора, участвовать в издании литературы для школьников. А компании, занятые производством компьютеров, могли бы разрабатывать игрушечные конструкторы, дающие возможность, учащимся собирать прототипы простых вычислительных устройств.

Более того, автор считает необходимым распространять знания о компьютерной технике повсеместно, включая сельские общины «Они (наши идеи) не достигают достаточного количества людей и небольших мест. Они не доходят до сельских общин..... И позвольте мне отметить, что сельские общины важны».¹¹⁹ Люди, которые находятся на фермах страны важны для нас в новых технических областях [Forrester, 1957]. Обратим внимание, что текст статьи был опубликован в 1957 г.¹²⁰

Вообще, если судить по публикациям в журнале «The Computers and Automation», проблема адаптации школьного образования к наступающему «веку компьютеров» сильно беспокоила специалистов 50-х годов. Этой проблеме посвящены как отдельные статьи, так и специальные выпуски издания. Так, например, один из авторов констатирует: «В период второй промышленной революции в первую очередь требуются профессиональные и полупрофессиональные работники, удовлетворяющие возрастающим требованиям комплексной технологии» [Housholder, 1957]. Но проблема состоит в том, что школы не способны подготовить подрастающее

¹¹⁹ «They don't reach enough people nor the small places. They don't reach the rural communities. And let me point out that the rural communities are important. The people that are on the country's farms are important to us in new technical fields».

¹²⁰ В качестве любопытного совпадения можно отметить тот факт, что в том же году на экраны Советского Союза вышел ставший популярным фильм «Дело было в Пенькове» (киностудия «Мосфильм», реж. С. Ростоцкий). Местом действия картины является колхозная деревня, а в одном из эпизодов два главных героя – тракторист и юная девушка-агроном – мечтая, рисуют для себя картину недалекого будущего, на которой автоматизированная техника, дистанционно, в том числе и с помощью голосовых команд человека, занимается обработкой земляных угодий. Приходится признать, что мечты советских строителей коммунизма иногда совпадали с идеями американских ученых.

поколение, удовлетворяющее новым требованиям. Отсюда встают вопросы о продолженном образовании и о самообразовании и механизмах мотивации для осуществления этого процесса. Как видим, многое из того, о чем писали авторы времен начала «цифровой революции» сохраняет свою актуальность в настоящее время.

Хотя Деннинг, как отмечалось выше, обозначает различие в становлении компьютерных наук в 40-е и в 50-е годы XX в., можно обозначить, по крайней мере, две общие черты, характерные этого периода «компьютерной революции».

Во-первых, общим было то, что особую значимость в глазах ученых и инженеров имели создание, отладка и контроль самих машин, и в меньшей степени вопросы, связанные с разработкой программного обеспечения. Так, например, Эд. Дейкстра, вспоминая годы начала своей профессиональной деятельности, отмечал: «... сам программист относился к своей работе как к весьма скромному делу: вся его значительность была связана с существованием этой замечательной машины»¹²¹ [Дейкстра, 1993, с. 32]. Более того, тогда же в 1957 году муниципальные власти Амстердама отказали голландскому специалисту в возможности обозначить свою профессию как «программист» в анкете при регистрации брака. Такой профессии в представлении чиновников не существовало [Дейкстра, 1993].

Подобная ситуация достаточно легко объяснима. Причина состояла в уникальности электронных вычислительных устройств, а также в том, что они не отличались большой надежностью. Чаще всего первые компьютеры создавались в единственном экземпляре. И, как отмечал Эд. Дейкстра, «... теперь можно только удивляться, что они вообще работали, хотя бы изредка» [Дейкстра, 1993, с. 32]¹²². В связи с этим обстоятельством «... окружение, в котором все они были сооружены, отличала волнующая атмосфера экспериментальной лаборатории»¹²³ [там же].

Экспериментальный характер работы специалистов в области вычислительной техники и составляет вторую общую черту в развитии «computer science» в 40-е и 50-е годы прошлого столетия. Ученые и инженеры экспериментировали с аппаратным обеспечением, вплоть до химического состава элементов, с механизмами организации памяти, способами записи программ. Некоторые пытались найти альтернативу электронным машинам при решении задач обработки информации и управления. Так, например, М.А. Айзерман в работу «Кибернетика и автоматизация производства» включает отдельный раздел «Кибернетика без электроники», в котором отмечает, что основное преимущество электроники – необычайное быстроедействие. Но нередко процессы промышленного производства не требуют больших скоростей обработки информации [Айзерман, 1960]. Далее автор приводит схемы пневматического сумматора и пневма-

¹²¹ “... the programmer himself have a very modest view of his own work: his work derived all its significance from the existence of that wonderful machine”

¹²² “... in retrospect one can only wonder that those first machines worked at all, at least sometimes”.

¹²³ “... they were all to be found in an environment with the exciting flavor experimental laboratory”.

тического устройства, выполняющего операцию непрерывного умножения двух сигналов друг на друга и деление их произведения на третий сигнал. Для последнего устройства «точность... может быть доведена до 1%, а быстроедействие до 1 секунды. По габаритам это устройство не превышает спичечной коробки» [Айзерман, 1960]. В чем видится автору преимущество таких экзотических для нашего времени машин? Ответ состоит в следующем: «Возможность применения пневматических средств значительно облегчает внедрение кибернетических средств в практику автоматизации производства, не связывает использование кибернетических средств с обязательным переходом от привычной пневмо-гидравлической техники к новым для многих производств электронным устройствам, не требует переобучения персонала и т.д., а главное – позволяет создавать системы высокой надежности» [Айзерман, 1960] Здесь стоит отметить, что идея «пневматического сумматора» не являлась на момент выхода публикации своеобразным «инженерным курьезом», предложенным советским ученым. К примеру, вот что писал Р. Ландауэр в статье «Пути совершенствования электронно-вычислительных машин»: «В вычислительной технике такие жидкостные логические элементы рассматривались всерьез совсем недавно, всего лишь десять лет назад, когда делались первые попытки создать интегральные полупроводники» [Landauer, 1970, с. 123].

Значение «экспериментальной» составляющей в развитии информатики в рассматриваемый период подчеркивал и Уилкс М.В. В частности, он отмечал: «Причина первоначальных успехов состояла в том, что группы в различных частях света готовились конструировать экспериментальные компьютеры совсем необязательно стремясь сделать их прототипами для серийного производства. В результате формировались основы знаний о том, что работоспособно, а что неработоспособно, что выгодно делать, а что невыгодно» [Уилкс, 1993, с. 231]. В связи со сказанным тот же автор обращает внимание на то, что задачу разработки цифровых компьютеров не стоит отдавать на откуп исключительно серийным производителям. Полезно, и университетам сохранять активность в этой области, поскольку они являются свободными от проблем коммерческой выгоды и в меньшей степени зависят от моды [там же, с. 232].

И хотя не все из задуманных проектов обрели успешную реализацию, можно утверждать, что принцип «пролиферации», введенный П. Фейерабендом в философию науки для обозначения процесса размножения конкурирующих теорий, вполне подходит для объяснения успехов компьютерных наук на рассматриваемом этапе их развития.

Наконец, обратим внимание на еще одно обстоятельство, способствовавшее в указанный период времени разворачиванию процесса «цифровой революции». Этим обстоятельством является активная деятельность ученых и инженеров в публичном пространстве. Выше уже упоминалась мысль Форрестера о необходимости донести идеи, связанные с разработкой вычислительной техники до самых отдаленных ферм. Но не только указанный специалист занимался «пропагандой» формирующейся облас-

ти знаний. В средствах массовой информации выступали К. Шеннон, А. Тьюринг, Н. Винер и др. В Советском Союзе огромную роль в популяризации идей кибернетики сыграл А. Колмогоров, публичные лекции которого становились настоящим культурным событием.

Следующий этап цифровой революции уместно связать с появлением персональных компьютеров и появлением Internet. Вычислительные машины разместились на многих рабочих столах, в том числе и в домашних условиях. Данное обстоятельство привело к необходимости разработки удобных для пользователя приложений и инструментов. Актуальной становится проблема человеко-машинного диалога¹²⁴. В то же время ЭВМ начинают «захватывать» сознание масс. В свою очередь, учебные дисциплины, связанные компьютерами, выходят за рамки университетов и становятся элементом школьных образовательных программ. Первые успешные попытки применения сетевых технологий для реализации совместной работы демонстрируют эффективность Internet в различных сферах деятельности. Этот период можно очертить границами со середины 70-х до начала 90-х гг. прошлого столетия.

Наконец, текущий этап цифровой революции, начавшийся со второй половины 90-х годов XX в., мы связали бы с тем, что цифровые технологии становятся главным инструментом коммуникации. Компьютеры, ранее занимавшие целые помещения, переместились в дамские сумочки и карманы мужских пиджаков. Они изменили наши коммуникативные практики, осуществляемые в различных сферах: частной, профессиональной, финансовой и т.д. Эффективность применения ЭВМ при выполнении рутинной интеллектуальной работы сформировала у наших современников иллюзию того, что если результат получен на компьютере, то он заслуживает безусловного доверия. Данное обстоятельство вызывает серьезные опасения у некоторых специалистов [О'Нил, 2018]. Наконец, приобщение значительного количества пользователей к сложным технологиям, породили еще две существенные проблемы «цифрового мира» – «информационная безопасность» и «информационная экология».

Второй вопрос, на который желательно было бы получить ответ заключается в следующем. Являются ли цифровые технологии главным, так сказать, «системообразующим» фактором развития миров науки, техники, искусства, образования и т.п., по крайней мере на нынешнем этапе развития цивилизации? Данный вопрос представляется уместным хотя бы

¹²⁴ Примером здесь являются не только работы, в которых слово «диалог» используется в открытом контексте, но и общее направление исследований. Так, например, в «Очерках по истории информатики в России» мы можем прочесть следующее: «Событием, которое сразу выдвинуло интерактивную машинную графику в качестве новой важной сферы науки и техники, стала публикация в 1962 г. блестящей диссертационной работы Сазерленда, удостоенного доктора философии в МТИ. Эта диссертация, озаглавленная «Скэтчпэд: человеко-машинная система графическая связи», доказала многим читателям, что интерактивная машинная графика – это перспективное, имеющее большое практическое значение, и что немаловажно, весьма интересная область исследований. Уже к середине 60-х годов работы по созданию больших машинных графических систем быстрыми темпами велись в МТИ, в фирмах «Дженерал моторз», «Бэлл телефоун лаборэториз», «Локхид эйркрафт», и других. Так начался золотой век машинной графики» [Очерки истории информатики в России, 1998].

в контексте обсуждения модной концепции «технологической сингулярности», наступление которой авторы связывают дальнейшим развитием вычислительной техники и «искусственного интеллекта».

История становления «цифрового мира» демонстрирует и примеры неудачной «инновационной» деятельности. Примечательным эпизодом является работа над проектом по созданию, так называемых, «компьютеров пятого поколения», привлекавшая внимание научно-технического сообщества в 80-е годы прошлого столетия.

Укажем некоторые сведения, относящиеся к хронологии этого грандиозного замысла¹²⁵, первоначально анонсированного в Японии, но в дальнейшем, оказавшегося предметом для обсуждения специалистов из других стран¹²⁶. В 1979 году в Стране восходящего солнца был создан Комитет научных исследований в области ЭВМ пятого поколения, который возглавил Тору Мото-ока. Очевидно, что созданию данного Комитета, чья деятельность финансировалась правительством Японии при участии крупных корпораций, уже предшествовала определенная концептуальная и организационная проработка оснований проекта. Так что, учитывая традиционную «неповоротливость», характерную для любой бюрократической системы, исходную концептуализацию замысла создать компьютеры нового типа можно отнести к середине 70-х годов XX в.¹²⁷

Уже в 1981 году результаты первых двух лет работы Комитета были представлены на международной научной конференции, а через год вышло издание на английском языке первого отчета «Fifth generation computer systems. Preliminary report on fifth generation computer systems».¹²⁸

Здесь стоит подчеркнуть, что замысел японских специалистов носил «инновационный» характер в современном понимании данного термина [Фомин, 2016]. Следствием успешной реализации задуманного преобразования компьютерной техники должно было стать не просто улучшение аппаратного обеспечения или повышение надежности software, но изменения в компьютерной архитектуре, в инструментах взаимодействия человека и ЭВМ, трансформация роли вычислительной техники в экономической и, как следствие, в других сферах общественной жизни.

¹²⁵ Обращение к хронологии здесь является полезным мероприятием еще и потому, что многочисленные Интернет-ресурсы содержат (или дублируют) ошибки в датировке событий.

¹²⁶ См. напр.: Экспертные системы: принципы работы и примеры / Под ред. Р. Форсайт. М.: «Радио и связь», 1987.

¹²⁷ В связи со сказанным, а также с тем, что японские исследователи были вдохновлены первыми достаточно успешными опытами по разработке «экспертных систем», говорить о том, что замысел создания компьютеров «пятого поколения» созрел в начале 80-х годов, представляется некорректным. По-видимому, авторов подобных утверждений вводит в заблуждение тот факт, что известная книга [Fifth generation computer systems. Preliminary report on fifth generation computer systems] была представлена научному сообществу в 1982 году.

¹²⁸ Обратим внимание, что уже 1984 году вышел отечественный перевод указанной работы. Обстоятельное предисловие к переводу было написано академиком Велиховым Е.П., что может служить свидетельством пристального интереса руководителей советской науки к проекту, заявленному восточными соседями. Здесь же отметим, что в СССР планировалась к изданию целая серия книг, отражающих работу по созданию новых вычислительных систем «пятого поколения». Некоторые из этих успели выйти в свет. См. напр.: [Представление и использование знаний, 1989]

Новые компьютеры, по замыслу авторов указанного текста, должны принять на себя следующие функции. Во-первых, они должны понимать (!) описание проблемы и необходимые спецификации. Важно, что здесь подразумевается возможность для пользователя задать полностью или частично представление проблемы средствами естественного языка. Кроме того, предполагалось обеспечить машину возможностями для адекватной работы с информацией, представленной в графической форме. Во-вторых, для ЭВМ пятого поколения авторы проекта желали обеспечить «синтез процедур обработки». Здесь имеется ввиду то, что машина сможет выполнять обработку информации, как на основе традиционного программного подхода к работе с данными так, и используя инструменты более высокого уровня: дедукцию, индуктивный вывод, аналогию и т.п.¹²⁹. Как следствие, в-третьих, новые технологии должны обеспечить «синтез» ответа, полученного машиной. Наконец, все сказанное выше предполагает, что для реализации задуманного необходимо обеспечить оптимизацию распределения функций между аппаратными инструментами и программными средствами. Обобщая сказанное, можно утверждать, что японские специалисты в рамках одного проекта предложили объединить сразу несколько направлений в области компьютерных наук, которые имеют отношение к тому, что называют «искусственным интеллектом».

Имелись ли у создателей новых вычислительных машин основания для надежды завершить работу к 1990 году?¹³⁰ Выше уже упоминались определенные успехи в создании «экспертных систем». Формировавшаяся на тот момент область научно-технической деятельности, за которой в дальнейшем закрепилось название «инженерия знаний» (knowledge engineering), опиралась на возможность использования в вычислительной технике языков высокого уровня, таких как LISP, PROLOG и т.п. Применение указанных инструментов программирования, как предполагалось, могло бы способствовать оптимизации взаимодействия между человеком и машиной на основе использования элементов естественного языка.

Но основным фундаментом, позволявшим надеяться на создание ЭВМ нового поколения, в указанное время считались успехи в микроэлектронике и, прежде всего, появление технологии создания сверхбольших интегральных схем (СБИС)¹³¹. Применение элементов на основе арсенида галия и использование эффектов, связанных со сверхпроводимостью, как предполагалось, позволит существенным образом увеличить быстродействие вычислительных машин. Наконец, стоит отметить и то, что авторы проекта рассчитывали активно задействовать процедуры параллельной обработки информации.

¹²⁹ Планируемые в указанном пункте изменения удачно представил Р. Ковальски в [Kowalski, 1979]. Если в компьютерах, создаваемых ранее, реализовывался принцип «данные + программа», то в рамках нового подхода следует ориентироваться на пару «база знаний + механизм вывода».

¹³⁰ Именно такой «горизонт планирования» определяется в указанном издании.

¹³¹ Стоит отметить, что авторы рассматриваемого проекта рассчитывали и на «обратную связь». Т.е. успехи в разработке компьютеров нового типа должны были способствовать развитию микроэлектроники и приобретению Японией положения «мирового лидера» в данной области.

Возникает вполне резонный вопрос: а почему указанный проект потерпел неудачу и уже к середине 90-х годов был фактически свернут? Причин для этого было несколько. Во-первых, не оправдали себя «ставки», сделанные в области микроэлектроники. Во-вторых, применение языков высокого уровня требовало вычислительных возможностей, выходящих за рамки, предоставляемые техникой рассматриваемого периода.

Наконец, рассматривая обсуждаемый проект в исторической ретроспективе, можно сформулировать вопрос: «А была ли правильно сформулирована задача, которую требовалось решить?» Как было отмечено выше, многое из того, что было задумано авторами имело отношение к той области научно-технической деятельности, которая именовалась «искусственный интеллект»: распознавание образов и речи, доказательство теорем и т.д. Однако, решение целого комплекса проблем в рамках одного проекта уже к указанному периоду времени представлялось мероприятием достаточно сомнительным, если не сказать «авантюрным»¹³².

Конечно, было бы неверным утверждение о том, что перечисленные выше проблемы, решить которые собирались японские ученые в рамках проекта, не могут быть решены в принципе. Сегодня вычислительные машины достаточно успешно справляются с задачами распознавания образов, могут вполне адекватно выполнять перевод с одного естественного языка на другой (особенно, если речь идет о текстах, имеющих достаточно формализованную структуру). Проблема, на наш взгляд, состоит в другом, а именно в том, что некоторые, на первый взгляд, незаметные изменения, происходящие в научной и инженерно-технической деятельности, могут существенным образом повлиять тенденции развития смежных областей знания и производственной сферы. В рассматриваемом случае специалисты, занятые созданием компьютеров нового типа, не смогли предвидеть, например, нанотехнологий или широкое распространение Internet, не оправдала себя ставка на использование эффектов сверхпроводимости при высоких температурах. Таким образом, можно поставить под сомнение целесообразность создания различных комиссий и комитетов (особенно на уровне государственных структур), в задачи которых входит определение основных тенденций развития науки и техники (и особенно, если речь заходит о выделении приоритетных направлений финансирования).

¹³² Любопытным является тот факт, что в комментариях редактора к отечественному изданию «ЭВМ пятого поколения» сказано следующее: «Кризис исследований в области искусственного интеллекта не случаен. Он вызван излишней широтой задач, поставленных в период формирования данного научного направления. Сегодня нет сомнения в том, что ЭВМ, в принципе, способна обеспечить весьма громоздкой, но конкретной проблемы, допускающей достаточно ясную и достаточно полную постановку и поддающейся алгоритмизации» [18. с.35]. Но ведь заявленный японскими специалистами проект обладал теми же недостатками, что исследования по созданию «искусственного разума»!

Библиография

Абрамов, 2017 – *Абрамов Р.Н.* Советские технократические мифологии как форма «теории упущенного шанса»: на примере истории кибернетики в СССР // Социология науки и технологий. 2017. Т. 8. № 2. С. 60–76.

Абрамов, 2018 – *Абрамов Р.Н.* Профессиональная этика в контексте социологии профессий: обзор международных концепций // Социс. 2018. № 7 (411). С. 87–94.

Айзерман, 1960 – *Айзерман М.А.* Кибернетика и автоматизация производства. М.: «Знание», 1960.

Аналитическая записка Центра исследований науки и технологий, 2019 – Аналитическая записка Центра исследований науки и технологий «Исследование российских инженеров: анализ СМИ, социальных сетей и этнография технокомпаний» / Под ред. О. Бычковой. URL: https://sch2083.mskobr.ru/files/issledovanie_rossijskih_inzhenerov_-_analiz_smi_social_nyh_setej_i_etnografiya_tehnokompanii1.pdf (дата обращения: 10.02.2019).

Аникст, 1974 – *Аникст А.А.* Шекспир. Ремесло драматурга. М., 1974 <http://www.w-shakespeare.ru/library/shekspir-remeslo-dramaturga42.html#bookmark2> (дата обращения 29 октября 2019)

Антоновский, Бараш, 2018 – *Антоновский А.Ю., Бараш Р.Э.* Радикальная наука. Способны ли ученые на общественный протест // Эпистемология и философия науки. 2018. Т.55. № 2. С. 18-33.

Арендт, 2011 – *Арендт Х.* О революции / пер. И. Косич. М.: Европа, 2011. 464 с.

Белл, 1999 – *Белл Д.* Грядущее постиндустриальное общество. (Опыт социального прогнозирования). М.: Академия, 1999

Бернал, 1956 – *Бернал Дж.* Наука в истории общества. М.: Издательство Иностранной литературы, 1956. 740 с.

Бирюков, 1989 – *Бирюков Б.В.* Кибернетика, информатика, вычислительная техника, автоматика: проблемы становления и развития. Вклад отечественной науки // Кибернетика: прошлое для будущего. М.: «Наука», 1989. С. 7-45.

Богатырь, 2013 – *Богатырь Н.В.* Радиолобительство и профессиональная мобильность российских инженеров в 1990-х – первой половине 2000-х гг. // История науки и техники. 2013. № 12. С. 40–52.

Грэхэм, 2014 – *Грэхэм Л.* Сможет ли Россия конкурировать? История инноваций в царской, советской и современной России. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 272 с.

Болдачев, Web – *Болдачев А.* Лишнее звено: почему электронный документооборот на блокчейне не имеет смысла. 11.07.2017 <https://www.forbes.ru/tehnologii/343787-lishnee-zveno-pochemu-elektronnyu->

dokumentooborot-na-blokcheyne-ne-imeet-smysla. (дата обращения 23 октября 2019)

Бэкон, 1978 – *Бэкон Ф.* Новый органон / Ф. Бэкон. Собр. соч. в 2-х томах. Т. 2. М.: Мысль, 1978. С. 5-214.

Вуттон, 2018 – *Вуттон Д.* Изобретение науки: Новая история научной революции. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2018. 656 с.

Гейзенберг, 1958 – *Гейзенберг В.* Развитие интерпретации квантовой теории // Нильс Бор и развитие физики / под ред. В. Паули. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1958.

Гейзенберг, 1975 – *Гейзенберг В.* Развитие понятий в физике XX столетия // Вопросы философии. 1975. № 1.

Гейзенберг, 2004 – *Гейзенберг В.* Об ответственности исследователя // Гейзенберг В. Часть и целое. Беседы вокруг атомной физики. М.: Эдиториал УРСС, 2004. С. 174-185.

Гриб, 2013 – *Гриб А.А.* К вопросу об интерпретации квантовой физики // Успехи физических наук. 2013. Т. 183. №12. С. 1337-1352

Гриб, 1984 – *Гриб А.А.* Неравенства Белла и экспериментальная проверка квантовых корреляций на макроскопических расстояниях // Успехи физических наук. 1984. Т. 142. № 4. С. 619-634.

Гринштейн, Зайонц, 2008 – *Гринштейн Д., Зайонц А.* Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. М.: Интеллект, 2008. 400 с.;

Громов, 2004 – *Громов Г.Р.* От гиперкниги к гипермозгу: информационные технологии эпохи Интернета. Эссе, диалоги, очерки. М.: Радио и связь, 2004, 208 с.

Грэхем, 1991 – *Грэхем Л.Р.* Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. М.: Политиздат, 1991.

Гуссерль, 1996 – *Гуссерль Э.* Начало геометрии. Введение Жака Деррида / пер. М. Маяцкого. М.: Ad Marginem, 1996. 272 с.

Деар, 2015 – *Деар П.* Событие революции в науке: Европейское знание и его притязания (1500–1700) // Деар П., Шейпин С. Научная революция как событие / пер. А. Маркова. М., 2015. С. 11–314.

Дейкстра, 1993 – *Дейкстра Э.* Смиранный программист // Лекции лауреатов премии Тьюринга / Под. ред. Р. Эшенхерста. М.: «Мир», 1993. С. 30–47.

Дмитриев, 2018 – *Дмитриев И.С.* “Tempus Spargendi Lapidis”: размытая структура научных революций // Эпистемология и философия науки. 2018. Т. 55. № 4. С. 189-205.

Дойч, 2015 – *Дойч Д.* Структура реальности. Наука параллельных вселенных. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. 460 с.

Дуденкова, 2017 – *Дуденкова И.* Философия как криптография // Философско-литературный журнал Логос. 2017. Т. 27. № 4 (119). С. 23-46

Дунаев, 2018 – *Дунаев В.* (ред.) Белая книга. Европейские перспективы белорусского высшего образования. Vilnius: VŠĮ «Socialinės ir politinės ekspertizės agentūra». 2018.

Дюгем, 1910 – *Дюгем П.* Физическая теория. Ее цель и строение. СПб., 1910.

Журавлева, 2018 – *Журавлева Е.Ю.* Вызовы технологий «больших данных» для современных социально-гуманитарных наук // Вопросы философии. 2018. № 9. С. 50-59.

Иванов, 2015 – *Иванов М.Г.* Как понимать квантовую механику. М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2015. 552 с.

История информатики в России, 2003 – История информатики в России: ученые и их школы / Сост: В.Н. Захаров, В.И. Подловченко, Я.И. Фет. М.: Наука, 2003.

К мобильному обществу, 2009 – К мобильному обществу: утопия и реальность / Под ред. Я.Н. Засурского – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009.

Клышко, 1998 – *Клышко Д. Н.* Основные понятия квантовой физики с операциональной точки зрения // Успехи физических наук. 1998. Т. 168. №9. С. 975–1015.

Кнут, 1993 – *Кнут Д.* Программирование как искусство // Лекции лауреатов премии Тьюринга / Под. ред. Р. Эшенхерста. М.: «Мир», 1993. С. 48–64.

Князева, 1996 – *Князева Е.Н.* От открытия к инновации: синергетический взгляд на судьбы научных открытий // Эволюция, культура, познание / отв. ред. И. П. Меркулов. М.: ИФ РАН, 1996. С. 76-92.

Ковалев, 2014 – *Ковалев В.А.* Наше непредсказуемое прошлое: попасть в альтернативу // Россия и современный мир. 2014. № 1 (82). С. 141–161.

Койре, 2001 – *Койре А.* От замкнутого мира к бесконечной вселенной / пер. К. Голубович, О. Зайцевой, В. Стрелкова. М.: Логос. 2001. 274 с.

Компьютеры: справочное руководство, 1986 – Компьютеры: справочное руководство. В 3-х томах. Т. 3. Пер. с англ. / Под ред. Г. Хелмса. М.: Мир, 1986.

Коперник, 2009 – *Коперник Н.* О вращениях небесных сфер. СПб.: Амфора, 2009. 580 с.

Кузнецова, Розов, 1991 – *Кузнецова Н.И., Розов М.А.* О разнообразии научных революций // Традиции и революции в истории науки / отв. ред. П. П. Гайденко. М.: Наука, 1991. С. 60-81.

Латур, 2006 – *Латур Б.* Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии. СПб.: Изд-во Европ. Ун-та в С. Петербурге, 2006. 238 с.

Латур, 2012 – *Латур Б.* Политика объяснения: Альтернатива // Социология власти. 2012. № 8. С. 113-143.

Лаэт, Мол, 2017 – *Лаэт М., Мол А.* Зимбабвийский втулочный насос: механика текучей технологии // Логос. 2017. Т. 27. № 2. С. 171-232.

Ленк, 1989 – *Ленк Х.* Ответственность в технике, за технику, с помощью техники // Философия техники в ФРГ. М.: Прогресс, 1989. С. 372-392.

Магун, 2008 – *Магун А.* Отрицательная революция: К деконструкции политического субъекта. СПб.: Издательство Европ. Университета в СПб., 2008. 416 с.

Максвелл, 2005 – *Максвелл Г.* Онтологический статус теоретических сущностей // *Философия науки.* 2005. №1 (24). С. 20-48.

Маркузе, 1994 – *Маркузе Г.* Одномерный человек. М.: REFL-book, 1994. 368 с.

Масланов, 2019 – *Масланов Е.В.* Цифровизация и развитие информационно-коммуникативных технологий: новые вызовы или обострение старых проблем // *The Digital Scholar: Philosopher's Lab / Цифровой ученый: лаборатория философа.* 2019. Т. 2. № 1. С. 6-21.

Милославов, 2020 – *Милославов А.С.* Цифровая революция: опыт периодизации и проблемы прогнозирования // *Genesis: исторические исследования.* 2020. № 3. С. 1-9.

Наследие шифропанков, Web – *Наследие шифропанков: эволюция идей.* Блог компании HashFlare, 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/hashflare/blog/384799/> (дата обращения 12.10.2019)

Никитаев, 2005 – *Никитаев В.В.* Философия и власть: Георгий Щедровицкий (последний проект модерна) // *Методология науки: статус и программы / Отв. ред. А.П. Огурцов, В.М. Розин:* М.: ИФ РАН, 2005. 293 с.

О'Нил, 2018 – *О'Нил К.* Убийственные большие данные. Как математика превратилась в оружие массового поражения. М.: Изд-во АСТ, 2018, 320 с.

Очеретяный, 2019 – *Очеретяный К.А.* Основания цифрового разума // *The Digital Scholar: Philosopher's Lab / Цифровой ученый: лаборатория философа.* 2019. Т. 2. № 1. С. 112-130.

Очерки истории информатики в России, 1998 - *Очерки истории информатики в России / Редакторы-составители Д. А. Поспелов, Я. И. Фет.* Новосибирск, Научно-издательский центр ОИГГМ СО РАН, 1998.

Представление и использование знаний, 1989 – *Представление и использование знаний: Пер. с япон. / Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука.* М.: Мир, 1989. 220 с.

Розов, 1996 – *Розов М.А.* Традиции и новации в развитии науки. Научные революции // *Философия и методология науки / ред. В.И. Купцов.* М.: Аспект Пресс, 1996. С. 202-250.

Скованные одной цепью, Web – *Скованные одной цепью: новые скульптуры талантливого корейца, сделанные из велосипедных цепей.* <https://kulturologia.ru/blogs/120114/19751/> (дата обращения 22 октября 2019)

Спор, 1985 – *Спор о древних и новых.* М., Искусство, 1985. 472 с.

Стёпин, 2000 – *Стёпин В.С.* Теоретическое знание. М.: Прогресс-традиция, 2000. 744 с.

Стёпин, Порус, Web – *Стёпин В. С., Порус В. Н.* Научная революция [Электронный ресурс] // *Гуманитарные технологии.* URL: <https://gtmarket.ru/concepts/6961> (дата обращения: 01.07.2018)

Столярова, 2016 – *Столярова О.Е.* Технонаука как экспериментальная среда и экспериментальная методология // Эпистемология и философия науки. 2016. Т. 48. № 2. С. 40-44.

Струнников, 2019 – *Струнников Г.* Спасти рядового пользователя: как шифропанки изменили интернет и защищают свободу сети // Дискурс, 2019 <https://discours.io/articles/social/spasti-ryadovogo-polzovatelya-kak-shifropanki-izmenili-internet-i-zaschischayut-svobodu-seti>. (дата обращения 12 октября 2019)

Терехович, 2015 – *Терехович В.Э.* Модальные подходы в метафизике и квантовой механике // Метафизика. 2015. №1. С. 129-152.

Томин, 2019 – *Томин Л.В.* Социально-экономические конфликты в рамках капитализма платформ // Конфликтология. 2019. № 3. Т. 14. С. 33-43.

Тьюринг, 2004 – *Тьюринг А.* Могут ли машины мыслить? // Информационное общество: Сб. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. С.221 -284.

Уилкс, 1993 – *Уилкс М.В.* Компьютеры теперь и прежде // Лекции лауреатов премии Тьюринга / Под. ред. Р. Эшенхерста. М.: «Мир», 1993. С. 229–240.

Фейнман, 1987 – *Фейнман Р.* Характер физических законов / пер. с англ. М.: Наука, 1987.

Фейнман, 2014 – *Фейнман Р.* КЭД - странная теория света и вещества. М.: АСТ, 2014. 191 с.

Фейнман, Лейтон, Сэндс, 1965 – *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. Т. 3: Излучение. Волны. Кванты. М.: Мир. 1965. 238 с.

Фейнман, Хибс, 1968 – *Фейнман Р., Хибс А.* Квантовые интегралы по траекториям. М., 1968. 384 с.

Фок, 1957 – *Фок В.А.* Об интерпретации квантовой механики // Успехи физических наук. 1957. Т. 62. № 8. С. 461–474.

Фок, Эйнштейн, Подольский, Розен, Бор, 1936 – *Фок В.А., Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н., Бор Н.* Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? // Успехи физических наук. 1936. Т. 16. №4. С. 436-457.

Фомин, 2016 – *Фомин М.В.* Технологии качества жизни и постиндустриальная эпоха // Вопросы философии. 2016. №3. С.139–146.

Фрумкин, 2016 – *Фрумкин К.Г.* Альтернативно-историческая фантастика как форма исторической памяти // Историческая экспертиза. 2016. № 4. С. 17–28.

Фурсов, 2013 – *Фурсов А.А.* Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. М.: Издатель Воробьев АВ, 2013. 240 с.

Хабермас, 2007 – *Хабермас Ю.* Наука и техника как идеология // Ю. Хабермас техника и наука как «идеология». М.: Праксис, 2007. С. 50-116.

Хакинг, 1998 – *Хакинг Я.* Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, науч. ред. Мамчур Е. А. М.: Логос 1998. 296 с.

Хлуднева, 2003 – *Хлуднева С.В.* Артур Лавджой и «Великая Цепь Бытия» // История философии. Вып. 10. М.: ИФ РАН, 2003. URL: <https://iphras.ru/page50870080.htm> (дата обращения 23 октября 2019)

Хуэй, 2020 – *Хуэй Ю.* Рекурсивность и контингентность. СПб.: V-A-C press, 2020. 400 с.

Цао, 2008 – *Цао Т. Ю.* Структурный реализм и концептуальные вопросы квантовой хромодинамики // Эпистемология и философия науки. 2008. Т. 17. №3, С. 143-156.

Чеботарева, 2019 – *Чеботарева Е.Э.* Как философствуют блокчейном: эпистемологический потенциал информационных технологий // Историческая эпистемология - история, онтология, эпистемология. Сборник статей / Ред. Л.В. Шиповалова. СПб., 2019. С. 47-52.

Чеботарева, 2020 – *Чеботарева Е.Э.* Российская инженерия в контексте философских и социологических исследований: драмы и фантомы // Эпистемология и философия науки. 2020. Т. 57. № 1. С. 131-145.

Человек, 1973 – *Человек – наука – техника (опыт марксистского анализа научно-технической революции).* М.: Политиздат, 1973. 366 с.

Шанахан, 2017 – *Шанахан М.* Технологическая сингулярность. М.: «Точка», 2017, 256 с.

Шиповалова, 2018 – *Шиповалова Л.В.* Научная революция: разрыв с прошлым или его возобновление? О двусмысленном ответе современной историографии // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2018. № 45. С. 47-57.

Шиповалова, 2020 – *Шиповалова Л.В.* Научно-техническая революция – актуальные уроки неактуального концепта // Вестник СПбГУ. Философия и конфликтология. 2020. Т. 36. Вып. 2. С. 313-325.

ЭВМ пятого поколения, 1984 – *ЭВМ пятого поколения: Концепции, проблемы, перспективы/* Под ред. Т. Мото-Ока; Пер. с англ.; Предисл. Е.П. Велихова, М.: Финансы и статистика, 1984.

Эко, 2008 – *Эко У.* Наука, технология и магия // Экология и жизнь. 2008. №4. URL: https://elementy.ru/nauchnoporulyarnaya_biblioteka/430605/Nauka_tekhnologiya_i_magiya/ (дата обращения: 30.12.2019).

Экспертные системы, 1987 – *Экспертные системы: принципы работы и примеры /* Под ред. Р. Форсайт. М.: «Радио и связь», 1987.

Юсупов, Юсупов, 2007 – *Юсупов Р. М., Юсупов Ю. В.* Состояние и перспективы развития информатики // Труды СПИИРАН. Вып. 5. СПб.: Наука, 2007. С.10-45.

Albert, 1994 – *Albert D.* Quantum Mechanics and Experience. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994. 206 p.

Anderson, 2008 - *Anderson C.* The end of theory: The data deluge makes the scientific method obsolete // *Wired*. 2008. Vol. 16 (7).

Arabatzis, Howard, 2015 – *Arabatzis T., Howard D.* Introduction: Integrated history and philosophy of science in practice // *Studies in History and Philosophy of Science*. 2015. Vol. 50. P. 1–3.

Ayers, 2013 – *Ayers E.L.* Does Digital Scholarship Have a Future? // *EDUCAUSEreview*. 2013. July/August. P. 24-34.

Badino, 2009 – *Badino M.* The odd couple: Boltzmann, Planck and the application of statistics to physics (1900 – 1913) // *Annalen der Physik*. (Achte Folge). 2009. Bd. 18 (521). S. 81–101.

Bazić, Minić, 2009 – *Bazić J., Minić V.* The Global Effects of Scientific-Technological Revolution on the Social Alternations // *Informatologia*. 2009. Vol. 42. № 3. P. 228-232.

Bell, 1987 – *Bell J. S.* Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 290 p.

Blumenbergm 1983 – *Blumenberg H.* The Legitimacy of the Modern Age. MIT Press, Cambridge, MA, 1983. 728 p.

Boltzmann, 1868 – *Boltzmann L.* Studien über das Gleichgewicht der lebendigen Kraft zwischen bewegten materiellen Punkten // *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 2 Abth.* 1868. Bd. 58. S. 517–560.

Boltzmann, 1877 – *Boltzmann L.* Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze des mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung, respective den Sätzen über das Wärmegleichgewicht // *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, 2 Abth.* 1877. Bd. 76. S. 373–435.

Briggs, Butterfield, Zeilinger, 2013 – *Briggs G. A. D., Butterfield J. N., Zeilinger A.* The Oxford Questions on the foundations of quantum physics // *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. The Royal Society. 2013. Vol. 469(2157). p. 20130299.

Bub, 2000 – *Bub J.* Indeterminacy and entanglement: the challenge of quantum mechanics // *The British Journal for the Philosophy of Science*. 2000. Vol. 51. № 4. P. 597-615.

Bub, 2004 – *Bub J.* Why the quantum? // *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. 2004. Vol. 35. No. 2. pp. 241-266.

Butterfield, 1965 – *Butterfield H.* The Origins of Modern Science 1300–1800. New York: The Free Press, 1965. 256 p.

Callon, Lascoumes, Barthe, 2011 – *Callon M., Lascoumes P., Barthe Y.* Acting in an Uncertain World. Cambridge, MA: MIT Press, 2011. 287 p.

Ceruzzi, 2013 – *Ceruzzi P.* The Historical Context // *The Sage Handbook of Digital Technology Research*. S. Price, C. Jewitt, B. Brown (eds.), London: Sage, 2013. P. 9-25.

Cohen, 1994 – *Cohen H. F.* The scientific revolution: a historiographical inquiry. Chicago: University of Chicago Press, 1994. 680 p.

Cohen, 1987 – *Cohen I.B.* Revolution in Science. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987. 732 p.

Cohen, 1994 – *Cohen H.F.* The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry. Chicago, IL and London : University of Chicago Press, 1994. 680 p.

Daquino, Pasqual, Tomasi, 2020 – *Daquino M., Pasqual V., Tomasi F.* Knowledge representation of digital hermeneutics of archival and literary sources // *JLIS.it*. 2020. Vol. 11(3). P. 59-76

Davies, Manning, Söderlund, 2018 – *Davies A., Manning S., Söderlund J.* When neighboring disciplines fail to learn from each other: The case of innovation and project management research // *Research Policy*. 2018. Vol. 47(5). P. 965–979.

Delanty, 2007 – *Delanty G.* Modernity // *Ritzer G.* (ed.), *Blackwell Encyclopedia of Sociology*. Blackwell Publishing. Malden, Mass, 2007. P. 3068-3071.

Denning, Web – *Denning P.* What is computation? [Электронный ресурс]. URL: (<https://ubiquity.acm.org/article.cfm?id=1880067> (дата обращения 07.11.2019)) DOI: 10.1145/1880066.1880067

D'Espagnat, Scalettar, 1995 – *D'Espagnat B., Scalettar R.* Veiled reality: an analysis of present-day quantum mechanical concepts // *Physics Today*. 1995. Vol. 48. № 7.

Dowling, Milburn, 2003 – *Dowling J.P., Milburn G.J.* Quantum technology: the second quantum revolution // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2003. Vol. 361. No. 1809. pp. 1655-1674.

Einstein, 1906 – *Einstein A.* Zur Theorie der Lichterzeugung und Lichtabsorption // *Annalen der Physik*. (Vierte Folge). 1906. Bd. 20 (325). S. 199-206.

Experimental Metaphysics. Quantum Mechanical Studies for Abner Shimony: in 2 vols. / ed. by J. J. Stachel, M. Horne, R. S. Cohen. Dordrecht: Kluwer, 1997. Vol. 1. 262 p.

Fagerberg, J., Fosaas, M., Sapprasert, 2012 – *Fagerberg J., Fosaas M., Sapprasert K.* Innovation: exploring the knowledge base // *Research Policy*. 2012. 41 (7), P.1132–1153.

Feenberg, 2005 – *Feenberg A.* Critical Theory of Technology: An Overview // *Tailoring Biotechnologies*. 2005. Vol. 1. Is. 1. P. 47-64.

Floridi, 2012 – *Floridi L.* Big Data and their epistemological challenge // *Philosophy and Technology*. 2012. Vol. 25(4). P. 435-437.

Forrester, 1957 – *Forrester J.* Social and public relation responsibilities of the computer industry // *Computer and Automation*. 1957. Vol. 6. №1, Part 2, Jan. P. 52-54.

Fuchs, 2017 – *Fuchs C. A.* On participatory realism // *Information and Interaction. Eddington, Wheeler, and the Limits of Knowledge / Durham, I.T., Rickles, D.* (Eds.). Springer, Cham, 2017. pp. 113-134.

Funtowicz, Ravetz, 2003 – *Funtowicz S., Ravetz J.* Post-normal science. In Online Encyclopedia of Ecological Economics. 2003. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/ce91/a2cf9b7e05411fb5b1b9276b9aaf565bffb2.pdf> (дата обращения 15.08.2020).

Gordon, 2018 – *Gordon J.-S.* What do we owe to intelligent robots? // *AI & Society: journal of knowledge, culture and communication*. 2018. Vol. 33. Is. 4. P. 1-15.

Guth, 2018 – *Guth S.* Oasis of the future: The nuclear city of Shevchenko/Aqtau, 1959-201 // *Jahrbucher fur Geschichte Osteuropas*. 2018. Vol. 66. Is. 1. P. 93-123.

Hall, 1994 – *Hall M.B.* The Scientific Renaissance: 1450-1630 (The Rise of Modern Sciences), Dover Publications, New York, 1994. 400 p.

Harrigan, Spekkens, 2010 – *Harrigan N., Spekkens R.W.* Einstein, incompleteness, and the epistemic view of quantum states // *Foundations of Physics*. 2010. Vol. 40. No. 2. pp. 125-157.

Healey, 1991 – *Healey R.* The philosophy of quantum mechanics: an interactive interpretation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 288 p.

Hermann, 1969 – *Hermann A.* Frühgeschichte der Quantentheorie (1899 – 1913). Mosbach in Baden: Physik Verlag, 1969. 181 S.

Holmes, 2000 – *Holmes F.L.* The “Revolution in Chemistry and Physics”: Overthrow of a Reigning Paradigm or Competition between Contemporary Research Programs? // *Isis*. 2000. Vol. 91. № 4. P. 735-753.

Housholder, 1957 – *Housholder A.S.* Education for automation // *Computer and Automation*. 1957. Vol.6, №1, Part 2, Jan. P. 51.

Hutchins, 1995 – *Hutchins E.* Cognition in the Wild. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995. 402p.

Ivanov, 2017 – *Ivanov S.* Robonomics - principles, benefits, challenges, solutions // *Yearbook of Varna University of Management*. 2017. Vol. 10. P. 283-293.

James, 2015 – *James P.* They Have Never Been Modern? Then What Is the Problem with Those Persians? // Pascoe, S., Rey, V., James, P. (eds.) *Making Modernity from the Mashriq to the Maghreb*. Arena Publications, Melbourne. 2015. P. 31–54.

Jarrahi, Sawyer, 2019 – *Jarrahi M.H, Sawyer S.* Networks of innovation: the sociotechnical assemblage of tabletop computing // *Research Policy: X*. 2019. Vol. 1. 100001. P. 1-14.

Jasanoff, 2003 – *Jasanoff Sh.* Technologies of Humility: Citizen Participation in Governing Science // *Minerva*. 2003. Vol. 41 (3). P. 223–244.

Juffmann, 2012 – *Juffmann T. et al.* Real-time single-molecule imaging of quantum interference // *Nature nanotechnology*. 2012. Vol. 7(5), P. 297-300.

Kinzel, 2015 – *Kinzel K.* Narrative and evidence. How can the case studies from the history of science support claims in the philosophy of science? // *Studies in History and Philosophy of Science*. 2015. Vol. 49. P. 48–57.

Kowalski, 1979 – *Kowalski R.* Logic for Problem Solving, North Holland, Elsevier, 1979.

Landauer, 1970 – *Landauer R.* The Future Evolution of the Computer // *Phys. Today*. 1970. Vol. 23. No 7.

Ma, Kofler, Zeilinger, 2014 – *Ma X., Kofler J., Zeilinger A.* Delayed-choice gedanken experiments and their realizations // arXiv preprint arXiv:1407.2930. 2014.

Manning, 2015 – *Manning A.G. et al.* Wheeler's delayed-choice gedanken experiment with a single atom // *Nature Physics*. 2015. Vol. 11, P. 539-542.

Maudlin, 2011 – *Maudlin T.* Quantum non-locality and relativity: Metaphysical intimations of modern physics. Singapore: John Wiley & Sons, 2011. 314 p.

Mermin, 1989 – *Mermin N.D.* What's Wrong with this Pillow? *Physics Today*. 1989. Vol. 42(4). p. 9

Novotny, 2017 – *Novotny A.* The Heterogeneity of the Academic Profession: The Effect of Occupational Variables on University Scientists' Participation in Research Commercialization // *Minerva*. 2017. Vol. 55. P. 485–508

Nowotny, Scott, Gibbons, 2001 – *Nowotny H., Scott P., Gibbons M.* Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty, Cambridge: Polity Press, 2001. 288 p.

OECD, 2019 – *Fostering Science and Innovation in the Digital Age.* <https://www.oecd.org/going-digital/fostering-science-and-innovation.pdf> (дата обращения 1.09.2020)

Peruzzo, 2012 – *Peruzzo A. et al.* A quantum delayed-choice experiment // *Science*. 2012. Vol. 338(6107), P. 634-637.

Planck, 1900 – *Planck M.* Entropie und Temperatur strahlender Wärme // *Annalen der Physik*. (Vierte Folge). 1900. Bd. 1 (306). S. 719–737.

Planck, 1958 – *Planck M.* *Physikalische Abhandlungen und Vorträge / Herausgeg. vom Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften und der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften.* 1. Aufl. Braunschweig: Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, 1958. Bd. I: XV, 776 S.

Planck, 1882 – *Planck M.* Verdampfen, Schmelzen und Sublimieren // *Annalen der Physik und Chemie* . (Neue Folge). 1882. Bd. 15 (251). S. 446–475.

Planck, 2001 – *Planck M.* *Vorträge, Reden, Erinnerungen / Hrsg. von Hans Roos; Armin Hermann.* Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. 224 S.

Planck, 1900 – *Planck M.* Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum // *Verhandlungen der Deutschen Physikalische Gesellschaft*, 1900. Bd. 2. S. 237–245.

Powell, Grodal, 2004 – *Powell W.W., Grodal S.* Networks of Innovators // *Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.), Oxford Handbook of Innovation.* Oxford University Press, Oxford. 2004. P. 56-85.

Pratt, 1954 – *Pratt F.* The Human Relations of Computers and Automation // *Computer and Automation* V.3 №10, Dec. 1954. P. 6–7.

Pusey, Barrett, Rudolph, 2012 – *Pusey M.F., Barrett J. & Rudolph T.* On the reality of the quantum state. *Nature Physics*. 2012. Vol. 8(6). P. 475.

Ragnedda, Muschert, 2017 – *Ragnedda M., Muschert G.W. (eds.)* Theorizing Digital Divides. London and New York: Routledge, 2017. 218 p.

Reich, 2011 – Reich E.S. Quantum theorem shakes foundations // *Nature*. 2011. Vol. 201. № 1.

Reich, 2012 – Reich E.S. A boost for quantum reality. *Nature*. 2012. Vol. 485(7397). P. 157.

Riesch, 2014 – *Riesch H.* Philosophy, history and sociology of science: Interdisciplinary relations and complex social identities // *Studies in History and Philosophy of Science*. 2014. Vol. 48. P. 30–37.

Ringbauer et al., 2015 – *Ringbauer M. et al.* Measurements on the reality of the wavefunction. *Nature Physics*. 2015. Vol. 11(3). P. 249.

Romein et al, 2020 – *Romein C.A., Kemman M., Birkholz J.M. et al.* State of the Field: Digital History // *History*. 2020. Vol. 105(365). P. 291-312

Schuster, 2013 – *Schuster J.* Descartes-Agonistes: Physico-mathematics, Method & Corpuscular-Mechanism 1618-1633. Springer, 2013. 652 p.

Shaughter, Leslie, 1997 – *Shaughter S., Leslie L.* Academic Capitalism: Politics, Policies, and the Entrepreneurial University. Johns Hopkins University Press, 1997. 296 p.

Shimony, 1998 – *Shimony A.* The Relationship between Physics and Philosophy // *Philosophies of Nature: The Human Dimension*. Springer, Dordrecht, 1998. P. 177–184.

Smith, Maggs, Ginsburgs, 1981 – *Smith G.B., Maggs P.B., Ginsburgs G. (eds.)* Soviet and East European Law and the Scientific-Technical Revolution. Oxford: Pergamon Press, 1981. 346 p.

Tanasi, 2020 – *Tanasi D.* The digital (within) archaeology. Analysis of a phenomenon // *Historian*. 2020. Vol. 82(1). P. 22-36.

Teich, 2008 – *Teich M.J.D.* Bernal the Historian and the Scientific-Technical Revolution // *Interdisciplinary Science Reviews*. 2008. Vol. 33. № 2. P. 135–139.

Titrenko, Zaslavskaya, Avetisyan, 2019 – *Titrenko L., Zaslavskaya M., Avetisyan P.* Academic and Corporate Cultures in Modern University (A Case Study of Armenia and Belarus) // *Wisdom*. 2019. Vol. 1(12). P. 49-61.

«The Computer Age», 1956 – «The Computer Age» staff of Business Week, Computer and Automation. 1956. Vol. 5. №9, Sept. P. 12-21

Verbeek, 2011 – *Verbeek P.-P.* Moralizing Technology: Understanding and Designing the Morality of Things. Chicago and London: University of Chicago Press, 2011. 183 p.

Veugelers, Wang, 2019 – *Veugelers R., Wang J.* Scientific novelty and technological impact // *Research Policy*. 2019. Vol. 48. Is. 6. P. 1362-1372.

Weller, 2011 – *Weller M.* The Digital Scholar: How Technology is Transforming Scholarly Practice. Bloomsbury Publishing Plc, London, N.Y., 2011. 200 p.

Weller, 2018 – *Weller M.* The Digital Scholar Revisited // *The Digital Scholar: Philosopher's Lab*. 2018. Vol. 1. № 2. P. 52-71.

Wheeler, 1984 – *Wheeler J.A.* Quantum Theory and Measurement / Eds. J.A. Wheeler and W.H. Zurek, 1984. P. 182-213.

Whitaker, 2010 – *Whitaker A.* The new quantum age: from Bell's theorem to quantum computation and teleportation. Oxford: Oxford University Press, 2012. 408 p.

Wien, 1893 – *Wien W.* Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie // *Annalen der Physik und Chemie (Neue Folge)*. 1893. Bd. 49 (285). S. 633–641.

Wien, 1896 – *Wien W.* Ueber die Energievertheilung im Emissionsspectrum eines schwarzen Körpers // *Annalen der Physik und Chemie (Neue Folge)*. 1896. Bd. 58 (294). S. 612–669.

Zeilinger, 2010 – *Zeilinger A.* Dance of the photons: from Einstein to quantum teleportation. N. Y.: Macmillan, 2010. 305 p.

Об авторах

Чеботарева Елена Эдуардовна, кандидат философских наук, доцент кафедры философии науки и техники СПбГУ.

Шиповалова Лада Владимировна, доктор философских наук, профессор, заведующая кафедрой философии науки и техники СПбГУ.

Дмитриев Игорь Сергеевич, доктор химических наук, профессор кафедры философской антропологии и истории философии Института философии человека Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена.

Терехович Владислав Эрикович, кандидат философских наук, доцент Школы философии и культурологи НИУ ВШЭ; старший преподаватель Института философии СПбГУ.

Милославов Алексей Сергеевич, кандидат философских наук, доцент кафедры философии науки и техники СПбГУ.

**Революционные трансформации в науке
как фактор инновационных процессов:
концептуальный и исторический анализ**

Монография

Научная редакция и составление – Е.Э. Чеботарева.

Компьютерная верстка: Т.М. Хусяинов
Дизайн обложки: Е.А. Урусова

Тексты печатаются в литературной редакции авторов.

Подписано к использованию 30.12.2020
Формат: PDF/A. Усл. печ. л. 7,8.
Объем данных - 2,7 Мбайт.

Издательство «Русское общество истории и философии науки»
105062, Россия, Москва, Лялин пер., д. 1/36, стр. 2, комн. 2.
E-mail: info@rshps.ru

Минимальные системные требования:
браузер Google Chrome v. 2.0 и выше,
пропускная способность сетевого подключения не менее 128 кбит/с.

ISBN 978-5-6045557-6-7

