

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ФИЛОСОФСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Волошин Михаил Юрьевич

Эпистемологический статус вычислительных экспериментов

5.7.6. Философия науки и техники

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата философских наук

Научный руководитель:

кандидат философских наук, доцент

Вархотов Тарас Александрович

Москва – 2025

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Эпистемология научного моделирования	16
1.1. Дюгем contra Максвелл: фальстарт эпистемологии моделирования.....	16
1.2. Стандартная концепция науки (“Received View”) и место моделей в ней	41
1.3. «Роль моделей в науке»: язык или практика?	53
1.4. Ранние прагматические классификации моделей.....	60
1.5 Мэри Хессе: модели, аналогии и метафоры.....	71
1.6. Семантический (теоретико-множественный) подход: модели как гомоморфные структуры	80
1.7. Прагматический подход: автономность модельных практик.....	88
1.8. Промежуточные выводы. Прагматический аспект моделирования	99
Глава 2. Опыт прагматической эпистемологии моделирования.....	101
2.1. Модели, репрезентации и первичность практики	101
2.2. Обобщение значений термина «модель» по А.И. Уемову.....	111
2.3. Прагматическое (практическое) понятие модели. Концепция В.А. Штоффа и собственное определение моделирования.....	121
2.4. «Быть моделью» как отношение. Отражение и гомоморфизм.....	132
2.5. Моделирование и эксперимент.....	147
2.6. Мысленные эксперименты и модельные эксперименты	168
2.7. Промежуточные выводы: континуум научных практик.....	180

Глава 3. Вычислительные эксперименты	187
3.1. Введение в эпистемологический контекст	187
3.2. «Экспериментальность» вычислительных экспериментов и принцип материальности.....	203
3.3. «Сюрпризы вычислений»	219
3.4. Визуализация, коммуникация и объективность: анализ концепции Дастон и Галисона	246
3.5. Новая эпистемология?	253
3.6. Совсем не новая эпистемология: 4 тезиса	262
3.7. Выводы	273
 Заключение	 275
Список литературы	286

Введение

Настоящее диссертационное исследование посвящено анализу определенного типа научных практик, сложившихся в качестве типичных в целом ряде научных дисциплин. На протяжении второй половины XX века и начала XXI века можно наблюдать устойчивый рост активности исследований различных областей науки с помощью компьютерных технологий, и в частности, того, что мы называем в этой работе «вычислительными экспериментами».

Актуальность работы обусловлена неуклонно возрастающей ролью моделирования и компьютерной симуляции в современной науке, ролью, требующей специального эпистемологического анализа. Вычислительные эксперименты все чаще затрагивают различные области, использующие компьютерное моделирование, и в качестве программного инструментария ученого распространяются на такие значимые области, как генетика, геномика, молекулярная и структурная биология, а также ряд областей медицины. При этом эпистемологический статус методологии компьютерной симуляции в случае большинства, если не всех релевантных научных дисциплин, остается непроясненным. Наша работа, таким образом, выполняет актуальную задачу включения методов вычислительного экспериментирования в область обсуждения методологии моделирования в философии науки.

В общем виде эта проблематика рассматривается нами как часть более широкой темы – эпистемологии моделирования, которая явным образом получила развитие в качестве отдельного сюжета эпистемологии науки с середины XIX века – а именно, с работ Максвелла, продолжающих исследования Фарадея по изучению электромагнитных эффектов (в частности, силовых линий). Максвелл, а вслед за ним и другие британские ученые (например, лорд Кельвин), поставил во главу угла метод «аналогий», или построения воображаемых механических моделей для немеханических

(электромагнитных) явлений. Эта позиция вызвала серьезные возражения со стороны ученых, чьими идеалами научности были аксиоматически-дедуктивные системы высказываний (в частности, П. Дюгем). С тех пор в философии науки периодически возобновляются дискуссии о роли и месте моделирования в научной практике. Вдобавок к этому, в XX веке набирает обороты интерес к истории науки среди философов. Среди прочих концептуальных сдвигов, такое обращение к пристальному изучению истории науки показало значимость тесно связанного с моделированием *мысленного эксперимента* для научной практики – не только современной, но и, скажем, раннего Нового Времени (в особенности Галилео Галилея) и ученых XIX века.

Следовательно, мы хотим рассмотреть «вычислительные эксперименты», то есть эксперименты, существенная часть которых происходит в качестве вычисления на компьютерном оборудовании, как пересечение двух фундаментальных эпистемических проблемных регионов: мысленных (воображаемых) экспериментов и научного (как воображаемого, так и материального) моделирования.

За исключением специально оговоренных случаев, мы используем понятия «вычислительный эксперимент» и «компьютерная симуляция» как синонимы. Первое чаще встречается в научной литературе, второе – общепринятое обозначение в современной зарубежной философско-научной литературе. «Специально оговоренные случаи» включают в себя акценты на определенных аспектах этих понятий: так, «экспериментальный» характер вычислительных экспериментов является проблематичным, и поэтому небезынтересно само использование этого термина учеными; в понятии «компьютерная симуляция» слово «симуляция» обычно используется для указания на *динамический* характер моделирования (репрезентация не только объекта, но и процессов, которые происходят с ним), и т.д.

Мы различаем гносеологию и эпистемологию следующим образом: гносеология – это теория *всякого* познания, в том числе личных познавательных актов (греч. «γνώσις» - знание, познание); эпистемология – это

теория *научного* познания, то есть, во-первых, претендующего на особого рода достоверность (греч. «ἐπιστήμη» - наука, достоверное знание, обоснованное знание), а во-вторых, рассматриваемого в перспективе научного *сообщества*. Эта работа – об эпистемологии, а не о гносеологии. Поэтому в данной работе не рассматриваются, например: проблемы когнитивных процессов отдельного познающего субъекта; модели мира или его фрагментов в сознании человека; практика моделирования за рамками научного познания и научного сообщества (игрушечные модели, модель как профессия и т.п.)

Под «эпистемологическим статусом вычислительных экспериментов» мы подразумеваем то положение, которое эта деятельность занимает по отношению к другим формам существования научного знания и научной деятельности. Это очень удачно выразил П. Годфри-Смит:

«Я полагаю, что цель философии науки – дать нам общую картину науки следующего типа. Одна часть этой картины – это рассмотрение научной *практики*, понимаемой предельно широко. Это рассмотрение того, как ученые развивают и исследуют идеи, какие способы репрезентации они используют и как совершается выбор в пользу той или иной точки зрения. Вторая часть, более философическая – это рассмотрение того, что может быть *достигнуто* этой деятельностью – как она соотносится с миром в целом, знание какого типа она делает возможным».¹

Соответственно, вопросы, на которые здесь следует искать ответ – это в первую очередь вопрос о том, с какими типичными научными практиками связана вычислительно-экспериментальная деятельность, какова степень доверия к результату этой практики (доверия как со стороны самих ученых, так и со стороны философов и историков науки), и главное – на каких концептуальных основаниях могло бы основываться это доверие. Наконец, пути и способы трансформации научной деятельности в последние

¹ Godfrey-Smith P. Models and fictions in science // Philosophical studies. – Vol. 143 (1), 2009. – P. 102

десятилетия формируют исследовательский интерес к тому, каким могло бы быть развитие методологии компьютерного моделирования в XXI веке.

Степень разработанности проблемы

Среди авторов, которые специально уделяли внимание проблемам эпистемологии научного моделирования – П. Дюгем, М. Хессе, Л. Апостел, П. Ачинстайн, С. Френч, Н. да Коста, П. Годфри-Смит, Н. Картрайт, Я. Хакинг, У. Маки, Ф. Гуала, М. Морган, М. Моррисон, Н. Винер, Ф. Сапп, П. Саппс, Б. ван Фраассен, Р. Фригг, Д. Байлер-Джонс, А. Бокулич, А. Гельферт, М. Суарес, М. Вайсберг, М. Вартофский и др., а в отечественной традиции – В.А. Штофф, Ю.А. Гастев, А.И. Липкин, А.А. Зиновьев, А.И. Уемов, Ю.А. Шрейдер, Я.Г. Неуймин и др. В то же время практически отсутствуют попытки исторической реконструкции эпистемологии моделирования, выявления прошлых и нынешних тенденций ее развития (исключения – две сравнительно недавние зарубежные монографии вышеупомянутых Байлер-Джонс и Гельферта, обе - крайне неполные).

Эпистемологические проблемы экспериментирования попадали в поле зрения философов еще в XIX веке (например, Дж. Милль, Э. Мах), но полноценное развитие эта область получила только в 70-80е годы XX века в связи с работами, в первую очередь, Я. Хакинга и Х. Раддера, а также А. Франклина, Д. Гудинга, Н. Картрайт, М. Моррисон, М. Морган, П. Галисона, Р. Харре, Дж. Вудварда и др. Примерно с тех же годов существует традиция рассмотрения эксперимента в рамках Science&Technology Studies и родственных подходов (Б. Латур, К. Кнорр-Цетина, Г. Коллинз, Т. Пинч, Э. Пикеринг и др.) Среди отечественных исследователей необходимо отметить работы А.В. Ахутина, В.В. Налимова, А.И. Липкина, В.С. Пронских, Л.М. Косаревой и др.

Среди исследований в области эпистемологии мысленных экспериментов необходимо отметить работы Э. Маха, П. Дюгема, А. Койре, Т. Куна, а из более современных – Я. Хакинга, Р. Соренсена, Н. Нерсисян, Т. Гендлер, М. Буццони, Дж. Брауна, Дж. Нортон. Проблематика мысленных

экспериментов часто рассматривалась параллельно и в прямой связи с материальными экспериментами (классические примеры – главы 11 и 12 «Познания и заблуждения» Э. Маха, работы Яна Хакинга). Среди ключевых отечественных исследователей в этой области – А.И. Щетников, В.С. Библер, А.В. Ахутин, А.И. Липкин, В.П. Филатов, А.А. Шевченко, Т.А. Вархотов и др.

Наконец, эпистемология вычислительных экспериментов – сравнительно недавно возникшая область, в которой, тем не менее, уже сложился своеобразный «канон» работ, без которых не обходится ни одно серьезное обсуждение рассматриваемых проблем. Это работы П. Хамфриса, П. Галисона, М. Морган, М. Моррисон, Э. Винсберга, М. Вайсберга, Р. Фригга, К. Байсбарта, У. Паркер и И. Ленхарда. Также существенную значимость имеют исследования Р. Хьюза, Э. Келлер, Ф. Гуалы, С. Хартманна, Х. Дюрана, Ж. Жебель и др. В отечественной философско-научной литературе работы, специально посвященные эпистемологии вычислительных экспериментов, отсутствуют; исключение представляет единственная статья З.А. Сокулер.²

Цель исследования: выявление методологической специфики вычислительного (компьютерного, виртуального) экспериментирования в сопоставлении с научным моделированием и «традиционным» экспериментированием.

Задачи исследования:

1) Реконструировать историю концептуализации понятия «модель» в различных вариантах интерпретации структуры научной теории и научного знания в целом.

2) Уточнить понятия «модель» и «моделирование» в контексте эпистемологии науки с учетом их фактического использования в научной практике.

² Работы упомянутых авторов, имеющие отношение к проблематике данного диссертационного исследования, можно найти в списке литературы в конце.

3) Оценить на основе 1) и 2) соотношение моделирования и экспериментирования (в том числе мысленного) как научных практик.

4) Показать продуктивность интерпретации вычислительного эксперимента как моделирования и определить их родовые сходства (с другими моделями в науке) и видовые отличия (локальную специфику);

5) выявить и критически оценить эпистемологический статус вычислительного эксперимента.

В первой главе решаются задачи 1 и 2, во второй главе – задачи 2 и 3, в третьей главе – задачи 4 и 5.

Объект и предмет исследования

Объект исследования: практики моделирования и вычислительного экспериментирования в науке.

Предмет исследования: эпистемологические характеристики вычислительных экспериментов (компьютерных симуляций).

Научная новизна исследования

- 1) Впервые проведена комплексная реконструкция эпистемологической истории научного моделирования и эволюции представлений о специфике и методологическом статусе моделей в науке.
- 2) Сформулирована концепция «субъектно-прагматической» эпистемологии моделирования, в рамках которой предложены уточненные определения понятий «модель» и «моделирование».
- 3) Дана континуальная классификация научных практик и обоснована невозможность проведения строгих границ между ними.
- 4) Показано, что эпистемология вычислительных экспериментов входит в эпистемологию моделирования.
- 5) Впервые в отечественной литературе проанализирован в общем виде «аргумент материальности» и показана его ошибочность.

- 6) Показано, как особенности вычислительных экспериментов, связанные с дискретностью вычислений и визуализацией результатов, влияют на их эпистемологический статус.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Теоретическая значимость исследования состоит в демонстрации расширенных возможностей эпистемологии моделирования и ее применения к новым областям человеческого знания (вычислительным экспериментам). Показано, что проблемы эпистемологии вычислительного экспериментирования могут быть адекватно решены при соответствующей трансформации более широкой эпистемологической рамки. Кроме того, в работе развитие эпистемологии моделирования реконструировано как связный исторический процесс, и тем самым продемонстрированы концептуальные истоки тех или иных положений современной эпистемологии. Акцентуация на прагматических аспектах моделей и компьютерных симуляций предлагает, по сути, определенную методологическую рамку для дальнейших исследований этих научных практик.

Практическая значимость исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы при составлении программ курсов и учебных пособий по философии науки, истории науки (XX века), специальных курсов по эпистемологии моделирования и компьютерных симуляций, а также в процессе преподавания и освоения этих дисциплин. Также полученные результаты, как мы надеемся, могут использоваться практикующими учеными в ходе планирования и подготовки вычислительных экспериментов, обоснования необходимости и значимости их использования в конкретных областях научного знания.

Методологическая основа исследования

Общей методологической рамкой нашего исследования является критический метод, сформулированный Кантом как исследование «условий

возможности», в нашем случае – условий возможности научного познания определенного рода. Мы сосредоточимся на практике научного моделирования, конкретизируя ее затем до практики построения компьютерных симуляций. Мы ищем *условия возможности* этой практики, следуя в общих чертах кантианской критической методологии. Нас интересует, какого рода знание делает возможным та или иная практика, в нашем случае – практика (компьютерного) моделирования, и чем обосновывается эта возможность.

Мы используем в качестве важной части философско-методологического инструментария герменевтический метод в варианте, развитом Г.-Г. Гадамером. Приведем пространную цитату для характеристики этого метода:

«Язык есть способ мироистолкования, предпосланный любому акту рефлексии... Язык и понятие столь очевидно и столь тесно друг с другом связаны, что допущение, будто понятия можно «применять», или заявление типа «я называю данный предмет так-то и так-то» равносильны разрушению самой ткани философствования. Единичное сознание, если, конечно, оно претендует быть сознанием философским, такой свободой не располагает. Оно вплетено в язык, последний же никогда не есть язык говорящего, но всегда язык беседы, которую ведут с нами вещи.»³

Существуют тексты, производимые в рамках научных дисциплин, в них, явно или неявно, высказывается или подразумевается некоторое представление о базовых для этой дисциплины принципах и понятиях. Существуют тексты о моделях – как содержащие модели, так и описывающие их. И герменевтический подход, как указывает Гадамер, будет означать, что «подразумеваемое автором подлежит пониманию “в его собственном смысле”», при условии того, что «” в его собственном смысле” не означает “то,

³ Гадамер Г.-Г. Философские основания XX века // Гадамер Г.-Г. Актуальность прекрасного. М.: Искусство, 1991. – С. 24-25

что этот автор имел в виду»⁴. Разумеется, оставляя за собой свободу интерпретации, мы ни в коем случае не собираемся совершать акт насилия над текстом, «вчитывая» в него то, что нам хотелось бы там увидеть; тем не менее, представляется очевидным, что автор не всегда проводит рефлексию над фоновым или неявным знанием, порой помимо его воли проскальзывающим в текст. Чтобы его распознать, необходим внешний наблюдатель-интерпретатор.

Положения, выносимые на защиту

- 1) Реконструкция эпистемологической истории моделирования показывает, что даже в наиболее далеких друг от друга философских подходах к научным моделям неизбежно присутствует *прагматический аспект*, который понимается нами как учет субъекта моделирования и его познавательных целей.
- 2) Так называемый «прагматический подход» (представленный, в первую очередь, работами Н. Картрайта, М. Морган и М. Моррисон), характеризуется в первую очередь тем, что делает указанный *прагматический аспект* центральным для анализа моделирования. При этом для ограничения потенциала релятивизации эпистемологии моделей за счет абсолютизации роли субъекта целесообразно использовать некоторые элементы семантического подхода, а именно – рассматривать отношение «быть моделью» как гомоморфизм.
- 3) В соответствии с логикой прагматического подхода, определение понятия «модель» должно зависеть от понятия «моделирование» (как результат работы – от самой работы): моделирование – это деятельность по целенаправленному воспроизводству структуры объекта познания; модель – результат такой деятельности, то есть мысленное представление или

⁴ Там же. – С. 19.

материальная реализация структуры, созданные субъектом в целях получения информации об объекте познания.

- 4) Существенный момент моделирования присутствует и в смежных научных практиках: эксперименте и мысленном эксперименте. Таким образом, между теоретизированием и наблюдением имеется «континуум научных практик», включающий в себя натурные эксперименты, модельные эксперименты и мысленные эксперименты; в каждом из них присутствует моделирование. Хотя мы хорошо различаем типичные образцы этих форм деятельности, концептуально невозможно провести между ними строгие границы.
- 5) Распространенный в современной эпистемологии тезис о том, что эпистемологический статус экспериментов (в том числе вычислительных) зависит от степени материального подобия целевой системе (т.н. «аргумент материальности»), ошибочен. Модель может состоять из *материи*, быть *мысленной* конструкцией или реализоваться на *вычислительном* устройстве. Ее эпистемологический статус *не определяется* выбором одной из этих альтернатив.
- 6) Многие существенные особенности вычислительных экспериментов связаны с: а) дискретизацией производимых компьютером вычислений; б) характером визуализации их результатов. В частности: а) во многом именно из-за дискретизации вычислений достоверность вычислительного эксперимента определяется *не* как корректность дедуктивного следствия из посылок теории, а как способность предсказать практически корректный результат, то есть результат, в большей мере соответствующий поставленной цели; б) модель создается *таким образом*, чтобы другой познающий субъект мог ее *понять* и *использовать* для получения знания, и значимость визуализаций в компьютерном моделировании подчеркивает это особенно ярко.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность результатов исследования обеспечивается опорой на широкий круг источников и исследовательской литературы, следованием принятой методологии, что позволило прийти к обоснованным выводам.

Результаты исследования были изложены в научных работах, опубликованных в изданиях, отвечающих требованиям п. 2.3 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова:

- 1) Волошин М.Ю. «Принцип материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2024. – Т. 8, № 3. – С. 310-335. (Scopus) (Пятилетний импакт-фактор РИНЦ: 0,424)
- 2) Волошин М.Ю. Контингентность генетической информации: pro et contra // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2023. – Т. 7, № 1. – С. 317-339.
- 3) Хамдамов Т.В., Волошин М.Ю. Концептуализация компьютерных симуляций в философии науки // Эпистемология и философия науки. – 2021. – Т. 58, № 2. – С. 151-169.
- 4) Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35.
- 5) Волошин М.Ю. Две истории биоинформатики: наука о данных vs наука о жизни // Логос. – 2020. – Т. 30, № 3(136). – С. 1-20.
- 6) Вархотов Т.А., Волошин М.Ю. Таксономия нематериального эксперимента // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2025. – №1(43). – С. 138-167.

Результаты диссертационного исследования и возможности их теоретического применения в различных предметных областях были представлены на следующих конференциях:

- 1) Воображение как основа научного моделирования // XXII Международная конференция молодых ученых «Векторы», Москва, Россия, 18-21 апреля 2024.
- 2) «Путаница с моделями» и ее истоки: о неадекватных классификациях подходов к рассмотрению моделей в философии науки // Всероссийская научная конференция "Философия перед лицом новых цивилизационных вызовов", Москва, Россия, 4-5 февраля 2022.
- 3) Компьютерная симуляция vs материальный эксперимент: подходы к разграничению // XXII Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества, Москва, Россия, 13-30 апреля 2021.
- 4) Научные модели и поэтические метафоры: сопоставление стратегий концептуализации (на примере русского имажинизма) // XXVIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2021", МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия, 12-23 апреля 2021.
- 5) Визуализация научного объекта и возможность нематериального эксперимента // XXIV Международная конференция студентов и молодых ученых "Наука и образование: исследование визуальных эффектов в современной культуре", Томск, Красноярск, Москва, Россия, 12-16 апреля 2021.
- 6) Modelling and simulation in bioinformatics: new philosophical issues about nature of models // XI международная конференция Школы философии НИУ ВШЭ "Способы мысли, пути говорения", Москва, Россия, 7-10 октября 2020.

Глава 1. Эпистемология научного моделирования

Философская книга должна быть, с одной стороны, особым видом детективного романа, а с другой — родом научной фантастики.

Жиль Делез

1.1. Дюгем contra Максвелл: фальстарт эпистемологии моделирования

По всей видимости, первое специальное исследование по эпистемологии научного моделирования принадлежит Пьеру Дюгему, который в работе «Физическая теория, ее цель и строение» (1906) посвятил отдельную главу («Абстрактные теории и механические модели») сравнению моделирования и теоретизирования. Это, конечно, не означает, что соответствующая научная практика ранее отсутствовала, как не означает и того, что ее не пытались осмыслить, хотя бы в форме рефлексии ученых над собственной деятельностью. Однако именно Дюгем впервые поставил вопрос о научных моделях *как самостоятельную проблему* – противопоставив моделирование абстрактно-теоретической деятельности ученых.

Дюгем начинает с противопоставления двух типов «умов»: абстрактные умы – «узкие, но глубокие, сильные», и умы «широкие, но слабые». Сама идея заимствуется им из «Мыслей» Паскаля, в которых автор в эссеистически-афористической манере, рассуждая о собственных житейских наблюдениях, проводит дальнейшие более тщательные различия подтипов и вариантов «умов»; однако в контексте философии науки нас интересует прежде всего два базовых типа. Сильный и узкий ум, по Дюгему, наиболее распространен в народах континентальной Европы, прежде всего во Франции и Германии; это сказывается на многих аспектах культурного творчества – художественной литературе, правовой системе, и конечно, на научной деятельности. Абстрактная теория, как характеризует ее Дюгем, представляет

собой типичный результат деятельности такого ума: многообразие явлений он сводит к эмпирическим законам, а многообразие законов – к теоретическим гипотезам, и результатом является стройная, логически согласованная, аксиоматико-дедуктивная система. Умы широкие, но слабые, по Дюгему – преимущественно умы англичан. Такой ум неспособен к абстракции и дедукции. Вместо лаконичных обобщений он вводит множество слабо связанных между собой чувственных образов, замещающих искомые связи между явлениями. Абстрактная теория либо слишком сложна для восприятия такого ума, либо вовсе не является желаемым способом отображения природы. Вместо этого английские физики строят *модели*.

«Когда француз изучает работы по физике, опубликованные в Англии, он на каждом шагу наталкивается на один элемент, возбуждающий сильнейшее его изумление. Элемент этот, почти всегда сопутствующий изложению теории, есть *модель*... Вот перед нами книга, в которой излагаются современные теории электричества. На каждом шагу вы находите здесь веревки, переброшенные через блоки, продетые сквозь кольца и носящие тяжести, трубки, из которых одни насасывают воду, другие набухают, стягиваются и растягиваются, зубчатые колеса, сцепленные между собой или с зубчатыми стержнями. Мы надеялись попасть в мирное и заботливо упорядоченное хозяйство дедуктивного разума, а попали на какой-то завод».⁵

Хотя откровенно издевательский тон Дюгема наводит на мысли о его шовинизме,⁶ он далек от того, чтобы отрицать гений Фарадея, Максвелла или лорда Кельвина. Дело в том, что в случае построения моделей основной познавательной способностью, задействованной в научной деятельности, оказывается не столько ум, сколько воображение. «Когда У. Томсон

⁵ Дюгем П. Физическая теория, ее цель и строение. – М.: КомКнига, 2007. С. 83–85.

⁶ В «Физической теории...» (1906) Дюгем почти всегда располагает немецких физиков в одном ряду с французами и противопоставляет им англичан. В 1915г., на фоне общеевропейской германофобии в связи с Первой Мировой войной, Дюгем пишет статью, общий смысл которой сводится к тому, что английские умы – это еще куда ни шло, если сравнить их с современными немцами. Поэтому подозрение в шовинизме подкрепляется, конечно, не только издевательским тоном Дюгема. (Duhem P. La science allemande, Paris: Hermann et fils, 1915).

предлагает механическую модель какой-нибудь группы явлений, он не затрудняет себя строго логическими рассуждениями для обоснования точного соответствия между этой группой конкретных тел и физическими законами, которые она должна представлять. *Воображение*, которое только и должна заинтересовать модель, вот единственный судья сходства, существующего между образом и вещью».⁷ И поскольку воображение, действуя спонтанно, не может быть подчинено строгой системе регулятивов, постольку оно не может – буквально – быть научным *методом*.

Несомненные успехи английских физиков, по Дюгему, объясняются «иллюзией», будто бы модель английского физика непосредственно предшествует его открытию и является его причиной. Фактически же дело обстоит так: «Модель строится уже после того, как теория уже сформулирована и строится она самим автором этой теории или каким-либо другим физиком. Затем модель мало-помалу вытесняет из памяти абстрактную теорию [*что вообще-то странно: «широкие» умы, по Дюгему, как раз отличаются отличной памятью – прим. М.В.*], которая была создана раньше ее и без которой она и не могла бы быть придумана. После этого модель выступает как инструмент открытия, хотя в действительности она была только изобразительным средством».⁸ Таким образом, кажущаяся значимость моделирования в английской физике есть эффект стиля изложения англичан, а не действительный продуктивный метод, способный конкурировать с дедуктивным методом французов.

Если модель и может привести к открытию, то разве что в силу простой случайности. «Нет учения столь нелепого, чтобы оно не могло когда-нибудь навести на мысль новую, счастливую. И звездочеты внесли свой вклад в развитие принципов механики неба».⁹ Итак, модели бесполезны для совершения открытий; но вредны ли они?

⁷ Дюгем П. Указ.соч. С. 95. *Курсив наш.* – М.В.

⁸ Там же, с. 112.

⁹ Там же, с. 117.

Дюгем полагает, что скорее да. Сам по себе упрек в отсутствии логической стройности (множество разнородных противоречивых моделей вместо аккуратной системы суждений и выводов) ничего не стоит: напомним, что для Дюгема научная теория – это в первую очередь *классификация* явлений, и, выбрав различные основания классификации, можно получить различные, плохо совместимые между собой теории (модели).¹⁰ Но в то же самое время цель физической теории, по Дюгему – из просто *удобной* и *экономной* классификации превратиться в классификацию *естественную*, то есть такую, которая возбуждает в ученом не вполне рациональное, но неотвязное ощущение, что он уловил действительные связи между явлениями природы.¹¹ Это ощущение достигает особой силы убедительности, когда предложенная классификация особенно стройна и всеохватна. Поэтому ученый, работающий в стиле английских физиков, построивший множество несогласованных моделей, явно или скрыто испытывает недовольство самим собой и своей работой. «Достаточно прочесть предисловие, предпосланное Максвеллом своему учебнику электричества и магнетизма, изобилующему неразрешимыми противоречиями, чтобы убедиться, что противоречия эти далеко не были желательны, что автор, наоборот, желал получить вполне стройную теорию электричества».¹² То же касается, конечно, и деятельности Фарадея и Кельвина. «Каждый физик естественно стремится к единству науки», – безапелляционно резюмирует Дюгем, и тогда ясно, что, взяв построение моделей за идеал научной практики, физик никогда не добьется успеха. Широкие и слабые умы выдавали «свои конструкции... за временные наброски, за леса, которые скоро должны быть убраны. Они никогда не теряют надежды, что настанет когда-нибудь день и явится гениальный архитектор,

¹⁰ Дюгем здесь приводит примеры из области биологии (наука классифицирующая *par excellence*); среди современных философов биологии тот же взгляд на классификации отстаивает Джон Дюпре. См. Dupre J. *Processes of life: Essays in the Philosophy of Biology*. Oxford, 2012.

¹¹ Здесь Дюгем в некотором роде уподобляется Канту: возможна ли метафизика как наука – это очень сложный вопрос, но «природная склонность» у нас явно есть.

¹² Дюгем П. Указ соч. С. 122.

который построит здание, все части которого будут возведены по одному плану».¹³

Таким образом, по Дюгему, чувственно-осязательное, фрагментарное моделирование природы никогда и не было сутью научной работы Максвелла и прочих. Однако именно так их деятельность была воспринята многими во Франции и Германии; Дюгем специально останавливается на репликах Генриха Герца («Теория Максвелла есть *уравнения* Максвелла») и Анри Пуанкаре («Из двух противоречивых теорий каждая сама по себе может служить полезным вспомогательным средством для исследований, если только не смешивать их и *не искать в них сущности вещей*») [*курсив в обоих случаях мой – М.В.*]. Дюгем неожиданно поверхностно относится к суждениям этих прославленных ученых. О причинах распространения заведомо порочного «английского метода» он говорит: «Вкус к экзотическому, желание подражать чужеземному, потребность одевать свой дух, как свое тело, по английской моде... К тому же шумное восхищение методом английским является для многих средством, чтобы заставить забыть, в какой малой степени они сами овладели методом французским, как трудно для них усвоить абстрактную идею, следить за строго логическим рассуждением».¹⁴ Нужно испытывать поистине глубокое презрение к моделированию (или к англичанам?), чтобы упрекнуть такого человека, как Пуанкаре, в неспособности к логическим выводам или в слепом подражательстве. Наконец, еще одна причина, объясняющая популярность английских научных моделей – развитие промышленности: инженер или фабрикант более заботятся о пользе и выгоде, нежели об истине, и лучше понимают язык чувственных образов и механизмов, нежели логики. Поэтому экономическая ситуация второй половины XIX века активно способствовала тому, что в лекциях по физике в технических школах «ложные умозаключения – самые чудовищные, вычисления – самые неправильные... Пронесшийся с шумом,

¹³ Там же. С. 123.

¹⁴ Там же. С. 109.

поднимая пыль и распространяя зловоние, автомобиль [принимают] за триумфальную колесницу человеческого мышления».¹⁵ (Между прочим, эти образные строки способны несколько пошатнуть устоявшееся в философии науки обозначение Дюгема как инструменталиста: автомобиль – явно более эффективное решение проблемы передвижения, чем колесница, однако первый – «зловонный», а вторая – «триумфальная»).

Итак, впервые в философии науки поставив вопрос о самостоятельной роли научного моделирования в процессе научного познания, Дюгем фактически отвечает на него отрицательно. Нет, не может быть и не должно быть самостоятельной роли у научного моделирования; эта практика глубоко вторична, чревата заблуждениями и опасностями и остается достоянием умов хоть и «широких», но все же – «слабых».

Нам следует задаться вопросом, который на первый взгляд может показаться тривиальным. С кем именно (и с чем именно) спорит Дюгем? Его недовольство популярностью «неадекватной» формы научной практики вполне понятно. Но если его вывод состоит в том, что наука все равно, так или иначе, делается дедуктивно, «по-французски», а модели – побочный и необязательный эффект этой деятельности; если даже сам Максвелл, в представлении Дюгема, рассматривал модели как временную уступку познавательным трудностям, то тогда в области философско-научной рефлексии, по сути, не существует оппонирующей Дюгему позиции. Ядовито-агрессивный тон четвертой главы «Физической теории» выглядит чуть ли не истеричным – будто Дюгем сам придумал себе оппонента и сам же с блеском его разгромил. Примем в качестве допущения, что это не так, что у выпадов Дюгема в адрес физики XIX века была цель: некая методологическая установка, не эксплицированная теми, кто ее придерживался, но обнаруженная и «развенчанная» Дюгемом.

¹⁵ Там же. С. 110.

Вслед за А.П. Огурцовым мы могли бы назвать предмет нашего интереса «методологическим сознанием» ученого. «Ученый, тематизируя собственную научную деятельность, собственные методы работы, универсализирует их особенности, превращает их в характеристики научно-теоретической деятельности вообще и в методологию научной работы... [Эта тематизация] может и не получить концептуально развернутой формы, может не стать методологической концепцией. Целый ряд предположений и методологических допущений могут остаться неявными и неартикулированными самими учеными». И далее: «В истории науки нередки факты, свидетельствующие о том, что существует разрыв между тем, что говорит сам ученый, и тем, что он реально делает, между тем, что он утверждает в качестве собственной методологии работы, и теми неявными предпосылками, которым он отдает предпочтение и которые нередко остаются неартикулированными или проговариваются в письмах, дневниковых записях и пр.»¹⁶

Развивая идеи Дж. Холтона о «тематическом анализе науки»¹⁷, А.П. Огурцов предлагает «тематический анализ истории методологии науки». Он выделяет 10 тем, пронизывающих методологические проекты, начиная с Френсиса (а иногда и с Роджера) Бэкона и заканчивая второй половиной XX века.¹⁸ Модели и моделирование в этом списке отсутствуют, и ни Максвелл, ни Фарадей, ни Томсон не рассматриваются как «ученые-методологи» (в отличие, например, от Ампера, Френеля, Гаусса, Дарвина и др.)¹⁹ Но аспекты

¹⁶ Огурцов А.П. Развитие методологического сознания ученых XIX века и проблемы методологии науки // Методология науки: проблемы и история. М., 2003. - С. 249-250.

¹⁷ Холтон Дж. Тематический анализ науки. М.: Прогресс, 1981.

¹⁸ Огурцов А.П. История методологии науки: реальные и виртуальные трудности // Методология науки: проблемы и история. М., 2003. С. 226.

¹⁹ Правда, Огурцов оговаривается в начале статьи, что это только первая часть исследования: «В дальнейшем предполагается рассмотреть наряду с логико-философскими концепциями метода (в неопозитивизме, неокритицизме, неокантианстве) методологические разработки ученых, в частности 1) *модели метода в электродинамике (от Фарадея до Максвелла)*...» (Огурцов А.П. Развитие методологического сознания... С. 242, курсив мой – М.В.) Свое обещание он не сдержал: в следующем сборнике «Методологии науки» (2005) работа Огурцова посвящена исключительно Шлику и Кассиреру, и вплоть до своей смерти в 2014г. он не возвращался к этой проблематике. Так или иначе, в его списке методологических тем научное моделирование так и не нашло своего места; между тем это именно та тема, которой посвящена первая глава настоящей диссертации.

«методологического сознания» Максвелла и Фарадея всплывают в параграфе, посвященном Амперу, где Максвелл сам противопоставляет Ампера Фарадею: не столько с точки зрения *метода исследования*, сколько с точки зрения *метода изложения*. Вскоре мы вернемся к этому месту, однако уже здесь следует высказать предположение: не Дюгему ли (и последовавшей за ним неопозитивистской традиции умолчания о научных моделях) мы обязаны тем, что Максвелл, Фарадей и лорд Кельвин – чуть ли не единственные по-настоящему крупные ученые XIX века, проигнорированные А.П. Огурцовым в своей «тематической» реконструкции истории методологии? Дальнейшее изложение покажет, как мы надеемся, что научное моделирование вполне могло бы стоять в ряду методологических «тем», а позиция Дюгема является одной из ее возможных экспликаций, но вовсе не единственно возможной для описываемого исторического периода.

Вернемся к уже цитированным словам Дюгема: «Достаточно прочитать предисловие, предпосланное Максвеллом своему учебнику электричества и магнетизма, изобилующему неразрешимыми противоречиями, чтобы убедиться, что противоречия эти далеко не были желательны, что автор, наоборот, желал получить вполне стройную теорию электричества».²⁰ Дюгем не ставит здесь сноску, поэтому неясно, какое предисловие имеется в виду. Есть две работы Максвелла, претендующие на то, чтобы считаться «учебником электричества и магнетизма» и фактически активно использовавшиеся в таком качестве: это «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873) и «Элементарный трактат об электричестве» (1881, также известный как «Электричество в элементарной обработке» в переводе на русский язык 1886 года).

В предисловии к «Трактату» 1873 года Максвелл прямо формулирует свои цели: «...изучение электромагнетизма во всей его полноте... охват всего

²⁰ Дюгем П. Указ соч. С. 122.

предмета в целом с общей методической позиции...»²¹ и т.д., - целостность и всеохватность, а вовсе не фрагментарность и противоречивость характеризуют трактат Максвелла с точки зрения самого Максвелла. Более того, там же Максвелл пишет о Фарадее: «Я осознал, что его подход к пониманию явлений тоже является математическим, хотя и не представлен в общепринятой форме через математические символы. Я нашел также, что его методы могут быть выражены в обычных математических формах и, таким образом, сопоставлены с методами признанных математиков... Когда я облек все то, что считал идеями Фарадея, в математическую форму, то обнаружил, что результаты обоих подходов совпадают»²² [курсив мой – М.В.]. И далее: «Я не сомневаюсь в том, что метод, названный мной немецким [имеются в виду Гаусс, Вебер и др. – прим. М.В.], также найдет себе сторонников и будет изложен с мастерством, достойным его изобретательности».²³ Итак, Дюгем прав: Максвелл действительно «желал получить вполне стройную теорию электричества». Но дело в том, что Максвелл считал, что это ему удалось, и вовсе не переживал в предисловии к «Трактату» о якобы неразрешимых противоречиях, которыми тот якобы изобилует.

Что касается более позднего предисловия к «Элементарному трактату об электричестве», то имеет смысл привести его почти целиком:

«Цель нижеследующего трактата отличается от цели моего более обширного трактата об электричестве и магнетизме. В том трактате предполагалось, что читатель знаком с методами высшей математики, которые не используются в этой книге, и его исследования направлены на получение способности охватить математически разнообразные явления этой науки. В этой, меньшей работе я захотел представить в форме настолько компактной, насколько это возможно, те явления, которые позволяют пролить свет на

²¹ Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т. Т.1. М.: Наука, 1989. - С. 11-12.

²² Там же. С. 12-13.

²³ Там же. С. 14.

теорию электричества, и использовать их, каждое в своем порядке, чтобы позволить идеям об электричестве развиваться в разуме читателя. В более пространном трактате я иногда использовал методы, которые я не считал наилучшими, однако без которых обучающийся не в состоянии проследовать за ходом исследования основателей математической теории электричества. С тех пор я стал более убежденным в превосходстве методов, родственных фарадеевскому, и поэтому использовал их с самого начала».²⁴

Итак, смысл этого предисловия не просто не стыкуется с дюгемовской цитатой (как в предыдущем случае), но и прямо противоположен ему: Максвелл *сознательно* отошел от идеалов математической строгости, восплаемых Дюгемом, во имя возможности воспроизвести в уме потенциального читателя ход мысли и воображения Фарадея (и, возможно, самого Максвелла). Никаких переживаний о нежелательных противоречиях здесь тем более нет, дифирамбов в адрес «немецкого» метода (который у Дюгема, конечно, стал «французским») – тоже нет.

Вместо этого оба предисловия содержат восторженное преклонение перед Фарадеем, его образом мышления. В «Трактате» 1873 года читаем красноречивое признание: «Если чем-то из написанного здесь мною я смогу облегчить изучающему понимание фарадеевских способов мыслить и выражаться, то сочту выполненной одну из главных целей своих, а именно передачу другим того восхищения, которое испытал я сам при чтении “Исследований” Фарадея».²⁵ В коротком «Трактате» 1881 года Максвелл говорит о передаче читателю фарадеевского хода развития идей, здесь – о передаче эмоционального восторга, которым эта передача идей сопровождается; ничто из этого не рассматривается Максвеллом как препятствие к построению математически строгой теории электричества.

²⁴ Maxwell J. K. An elementary treatise on electricity. Oxford, Clarendon Press, 1881. P. viii. Перевод мой (русскоязычное издание 1886 года найти не удалось). Далее в предисловии коротко описывается содержание основных разделов книги.

²⁵ Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т. Т.1. М.: Наука, 1989. - С. 15.

Остается загадкой: что имел в виду Дюгем? Если его упреки и справедливы, то разве что по отношению к ранней статье Максвелла «О фарадеевых силовых линиях», написанной им около 1855-56гг. (в 25 лет!) и опубликованной значительно позже, около 1864г. Ни при каких условиях эту статью нельзя было счесть «учебником», у нее нет в буквальном смысле «предисловия», и, хотя она действительно «изобилует противоречиями» (в представлении Дюгема о противоречиях), Максвелл, кажется, не выражает особых сожалений по этому поводу. Судя по предисловию к короткому «Трактату» 1881 года, далее Максвелл только все более убеждался в правильности избранного пути.²⁶ Однако сложно упрекнуть Дюгема в таком странном для историка науки пороке, как неумение читать. Мы предполагаем, что Дюгем критиковал скорее «дух», чем «букву» максвелловской эпистемологии: этим «духом», конечно, было пронизано всякое максвелловское переложение Фарадея, если он действительно хотел добиться заявленных при этом целей – задействовать *воображение* читателя, а не его дедуктивно-математические способности.

Вот, например, уже упомянутая выше знаменитая максвелловская оценка деятельности Ампера: «Экспериментальный метод, посредством которого Ампер установил законы механического взаимодействия электрических токов, составляет одно из наиболее блестящих достижений науки. Кажется, будто вся эта совокупность теории и опыта во всей своей мощи и в полном вооружении выскочила из головы «Ньютона электричества». Форма ее совершенна, строгость безупречна... Но метод Ампера, хотя и облечен в форму индукции, не позволяет нам все же проследить последовательность идей, руководивших им. Нам трудно поверить, что Ампер действительно открыл свой закон взаимодействия посредством опытов, которые он описывает. Мы вынуждены подозревать, что, как он это и сам

²⁶ Вероятно, предисловие к «Элементарному трактату об электричестве» было одним из последних текстов, написанных Максвеллом. Он скончался 5 ноября 1879г., «Элементарный трактат» был подготовлен к печати Уильямом Гарнеттом, учеником Максвелла, и издан уже после его смерти.

говорит, он открыл свой закон посредством метода, который он нам не показывает, и что, построив в итоге его совершенное доказательство, он снял затем все следы лесов, посредством которых он его соорудил».²⁷

Удивительным образом упрек, который Максвелл предъявляет методу изложения Ампера (француза-математика, между прочим), абсолютно созвучен упреку, который Дюгем предъявляет «широким и слабым» умам английских физиков, и в первую очередь, самому Максвеллу, но с обратным знаком. Максвелл говорит нам: если бы Ампер показал подлинный ход своих рассуждений и экспериментов (как это делал Фарадей), мы бы узрели «строительные леса», то бишь модели; а амперовская «дедуктивность» - эффект манеры изложения. А Дюгем говорит: если бы Максвелл достаточно тщательно проследил и осветил в трактате происхождение своих идей, мы бы узрели гипотетико-дедуктивную структуру, лежащую в основе всякого научного открытия; а «модельность» - эффект манеры изложения.

Здесь само собой напрашивается введенное Рейхенбахом различие «контекста открытия» и «контекста обоснования»²⁸ (в других вариантах – «оправдания»), однако заочная полемика между Дюгемом и Максвеллом ведется не по поводу того, что подлежит, а что не подлежит методологическому анализу, но по поводу самой содержательной наполненности этих контекстов. Для Дюгема модели в науке – элемент контекста обоснования, проявляющийся в описании *уже открытой* теории, причем этот элемент – вредный и во многом лишний. Для Максвелла модели в науке – элемент контекста открытия, причем элемент важный и требующий

²⁷ Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т. Т.2. М.: Наука, 1989. - С. 154. Мы приводим эту цитату в переводе А.П. Огурцова, а не указанного здесь классического русскоязычного издания. Дело в том, что, по забавному стечению обстоятельств, перевод Огурцова («вся эта совокупность теории и опыта во всей своей мощи и в полном вооружении выскочила из головы») созвучен описанию Аполлодором в «Мифологической библиотеке» процесса рождения Афины из головы Зевса («Из головы выскочила в полном вооружении Афина»). Если Зевс – это Ампер, он же «Ньютон электричества» (вспомните о молниях!), то его теория – это Афина, то есть богиня мудрости. Нам остается только позавидовать тем временам, когда подобные отсылки к классике не требовали пояснений.

²⁸ Reichenbach H. Experience and prediction. An analysis of the foundations and the structure of knowledge. Chicago: University of Chicago Press, 1938.

тщательного воспроизводства даже в учебных текстах; при этом Максвелл вовсе не собирается отрицать, что идеальная физическая теория в итоге должна быть математически строгой и логически непротиворечивой. И тот, и другой требуют от ученых не скрывать «строительные леса», посредством которых они пришли к своим теориям, однако в том, что именно представляли собой эти «леса», они радикально расходятся.

Из вышесказанного следует, что Дюгем, критикуя моделирование как научную практику, критиковал вовсе не то, что можно (развивая мысль Огурцова) тематизировать как «моделирование» в рамках методологического сознания ученых XIX века. Внимание на это обратил современник и в каком-то смысле соратник Дюгема Эрнст Мах. В 1907г. он написал предисловие к переводу «Физической теории» на немецкий язык, в котором, в частности, указал: «Модель, как и образ, Дюгем рассматривает как паразитическое растение. Что Дюгем здесь заходит, по-видимому, слишком далеко и в чем именно он слишком далеко заходит, я изложил в другом месте».²⁹

Этим «другим местом» является «Механика» Маха, а именно «Добавление 2», где Мах обсуждает вопрос о преемственности механики Возрождения (Леонардо, Кардано, Стевин, Галилей) по отношению к Аристотелю и Иордану де Неморе (XIII век). Среди множества частных историко-научных замечаний Мах делает и замечание общего плана, касающееся как истории, так и философии науки. Приведем его здесь: «Не одно только научное наследие важно, а важна также *материальная* культура, в нашем частном случае – дошедшие до нас машины и орудия, как и традиции их употребления. Опираясь на это материальное наследие, мы без труда можем *сами* установить или повторить и расширить те наблюдения, которые привели древних к их научным построениям, и только таким образом лишь научиться собственно *понимать* их. Это материальное наследие, постоянно пробуждающее сызнова нашу самостоятельность, *слишком низко*, как мне

²⁹ Мах Э. Предисловие к немецкому изданию // Дюгем П. Указ.соч. С. 3-4.

кажется, *оценивается* сравнительно с литературным». ³⁰ Оговоримся, что Мах и Дюгем имеют в виду трактат Аристотеля «Механические проблемы», который, как сейчас признается, не принадлежит Аристотелю (еще Таннери в 1915 году усомнился в авторстве Аристотеля, однако и Мах, и Дюгем уже были при смерти). ³¹ Однако для нас это не так важно: Мах явным образом указывает на то, что практика конструирования механических моделей как минимум с IV века до нашей эры существенно влияла на физику и до сих пор требует тщательного осмысления в целях *понимания* – именно что понимания контекста открытия, того пути, которым «древние» пришли к своим решениям проблемы движения. Это понимание станет возможным, если мы сможем воспроизвести ход рассуждений древних. Но Мах – буквально – говорит не о «ходе рассуждений», а о «наблюдении»: повторить наблюдение, произведенное в древности, может значить: либо *вообразить* его (повторить в своем уме), либо *сконструировать* его (повторить в искусственной материальной системе, то есть – построить рабочую модель). Поэтому построение моделей важно для развития науки, а анализ этой практики важен для эпистемологии и истории науки. К сожалению, это «Добавление» Маха так и осталось в приложениях к «Механике», не отразившись существенным образом ни на философии науки самого Маха, ни на дискуссиях по поводу статуса моделей в науке.

Мы не найдем у Маха апологетики моделирования, но вместо этого «Познание и заблуждение» содержит главу об *аналогии* (глава 13, «Сходство и аналогия как руководящий мотив исследования»). Как именно связаны в эпистемологии аналогия и моделирование – это отдельный сложный вопрос, к детальному обсуждению которого мы вернемся в последующих разделах. Здесь же мы говорим об имплицитной методологии ученых XIX века («методологическом сознании», по Огурцову), в рамках которой зачастую не

³⁰ Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск, 2000. С. 440-441. Курсив как в оригинале.

³¹ Щетников А.И. Аристотелев корпус. Механические проблемы // Scholē, СХОЛЭ. 2012. №2. – С. 405-433.

проблематизируются основания тех или иных методов: в лучшем случае делается достаточно произвольная попытка прояснения понятий, в худшем – просто постулируется или некритично воспроизводится «само собой разумеющийся» концепт. Если упомянутую главу 13 Маха считать «лучшим» случаем, то «худшим» по отношению к ней будет начало статьи Максвелла «О фарадеевых силовых линиях». Это та самая статья, чтение которой (в отличие от «Трактата», например) действительно могло производить на физиков впечатление, описанное Дюгемом: «Мы хотели попасть в царство разума, а попали на какой-то завод».

Мы начнем с Максвелла и позже вернемся к «Познанию и заблуждению» Маха.

Итак, как сам Максвелл в начале собственного научного пути объясняет свое использование аналогий?

Согласно Максвеллу, научная теория есть результат неизбежного упрощения многообразия явлений, которые, к тому же, часто бывают уже описаны большим количеством разнообразных теорий. Есть две возможных формы результата такого упрощения: математическая формула и физическая гипотеза, и оба страдают недостатками. «В первом случае мы совершенно теряем из виду объясняемые явления и потому не можем прийти к более широкому представлению об их внутренней связи... С другой стороны, принимая некоторую физическую гипотезу, мы уже смотрим на явления предубежденно и становимся склонными к той слепоте по отношению к фактам и поспешности в допущениях, которым способствуют частные односторонние объяснения. Мы должны поэтому найти такой метод исследования, который на каждом шагу основывался бы на ясных физических представлениях, не связывая нас в то же время какой-нибудь теорией, из

которой заимствованы эти представления, благодаря чему мы... не отклонимся от истины из-за излюбленной гипотезы».³²

Прокомментируем это. Во-первых, под «физической гипотезой» здесь Максвелл имеет в виду принятие на себя определенного онтологического (чтобы не сказать – метафизического) обязательства, утверждения о «подлинной сути вещей»; это те самые *hypotheses*, которые Ньютон, по известному выражению, *non fingit*.³³ Следовательно, «быть связанным теорией» в этом месте означает «быть связанным онтологическим обязательством», к которым люди (ученые) склонны иметь пристрастия. Поэтому далее Максвелл скажет: «Я не буду делать никаких предположений о физической природе электричества... Я надеюсь достигнуть общности и точности и избежать тех опасностей, которые возникают при попытках с помощью преждевременной теории объяснить причины явлений... Зрелая теория, в которой физические факты будут физически объяснены, будет построена теми, кто, вопрошая самое природу, сумеет найти единственно верное решение вопросов, поставленных математической теорией».³⁴ Итак, Максвелл строит теорию «незрелую», но зато «математическую», которая стремится к «общности и точности» (снова убедимся в несправедливости упреков Дюгема), но не является «единственно верной».

Но при этом в чисто математических выражениях как бы «схлопываются» сами явления, подлежащие объяснению. Отсюда, во-вторых, становится понятно, что «ясные физические представления», на которых основывается математический формализм – это не те же самые «явления», которые он претендует количественно описать. Это другие представления. Они связаны с первыми не через глубинное родство их природы

³² Максвелл Дж. К. О фарадеевых силовых линиях // Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952. С. 12.

³³ Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.-Л., 1936. – С. 662.

³⁴ Максвелл Д. К. Указ. соч. С. 17.

(предположение о таком родстве было бы «физической гипотезой»), а посредством *аналогии*.

Определение аналогии по Максвеллу: «Под физической аналогией я разумею то частное сходство между законами двух каких-нибудь областей науки, благодаря которому одна является иллюстрацией для другой».³⁵ Образец такой аналогии: «Изменение в направлении лучей света при переходе их из одной среды в другую тождественно с отклонениями материальной частицы от прямолинейного пути при прохождении ее через тонкий слой, в котором действуют силы».³⁶ Второй образец такой аналогии: «Аналогия между светом и колебаниями упругой среды идет много дальше... [Но] она основана лишь на формальном сходстве между законами световых явлений и законами упругих колебаний. Если мы лишим ее физического облика..., то останется лишь система истин, которая хотя и не внесет ничего гипотетического [*читай – метафизического; прим. М.В.*], но зато, наверное, будет несостоятельной как в наглядности, так и в плодотворности методов».³⁷

Максвелл не использует понятие «модель», но похоже, говорит именно о том, за что Дюгем его критикует. Мы, однако, можем убедиться в неправоте Генриха Герца. «Теория Максвелла» явно не есть «уравнения Максвелла», более того, без «модельной» части теория Максвелла «несостоятельна», как утверждает сам Максвелл.

Смысл проведения аналогии между двумя областями явлений для Максвелла состоит в том, чтобы применить математический аппарат, разработанный в части одной области явлений, к другой, сохранив одновременно и наглядность, и точность. Такое применение оправдывается Максвеллом с помощью достаточно сильного и радикального эпистемического тезиса: «Все применения математики в науке основаны на соотношениях между законами, которым подчиняются физические величины,

³⁵ Там же, с. 12.

³⁶ Там же, с. 13.

³⁷ Там же. Автор приносит извинения за обилие цитат, однако здесь оно представляется необходимым.

и законами математики, так что цель точных наук состоит в том, чтобы свести проблемы естествознания к определению величин при помощи действий над числами».³⁸ Сама возможность применения математического аппарата к природе, возможность количественного анализа естественных явлений, основана на аналогии!

Станем ли мы считать незаконным такое использование? В таком случае последовательно было бы отказаться от чисел; ведь тот факт, что два и два яблока вместе дадут четыре яблока, аналогичен использованию «2», «4», «+» и «=» в определенном порядке. Здесь, однако, не стоит заходить слишком далеко: тезис Максвелла не в том, что книга Природы написана на языке математики, а скорее в том, что цель естественных наук – переписать ее на этот язык, не потеряв по ходу повествования физический смысл абстрактных конструктов.

Здесь Максвелл и Дюгем могли бы сойтись во мнениях, ведь идеалом и того, и другого является строгий формализм. Но в случае Максвелла этот формализм должен быть а) наглядным и б) плодотворным, а этого нельзя достичь, не сохранив чувственную образность мысли. Дюгем же за каждым «присоединением» чувственной интерпретации к формализму видит отход от строгости, ведь он надеется, как мы уже цитировали, «попасть в упорядоченное хозяйство дедуктивного разума».

Судя по всему, *подлинным* (не декларируемым, а подлинным!) камнем преткновения для Дюгема послужила именно роль, которую Максвелл отводит воображению в процессе построения научного знания. Для Максвелла научное знание действительно больше похоже на «завод», чем на хрустальный дворец; но человек науки конца XIX – начала XX века хорошо способен вообразить себе завод, в то время как хрустальные дворцы заоблачных «истин» рушились прямо у него на глазах. Проведение аналогий и построение моделей, таким образом, являются путем к математическому формализму, а не

³⁸ Там же, с. 12.

от него; Дюгем же отрицает действенность такого пути. В самом деле: если излагается аксиоматико-дедуктивная система, всякий вправе ожидать совпадения в доказанных в рамках такой системы теоремах. Но как ожидать совпадения в работе воображения? Максвелл может только *надеяться* на то, что, если использовать всем знакомые физические явления в качестве аналогий, ум читателя воспроизведет и остальные шаги. Задействуемые образы поэтому должны быть максимально просты. Силовые линии поля моделируются Максвеллом в одном случае как геометрические линии (фрагменты конических сечений), в другом – как трубки с несжимаемой жидкостью и переменным сечением.³⁹ Предполагается, что в опыте читателя и линии, и особенно трубки – уже встречались; таковой читатель является типичным современником очередного промышленного переворота.

Иллюстративность научной модели, таким образом, получает полярные оценки. Для Максвелла это путь к объективности, ведь именно общность всем знакомых чувственных образов приведет читателя к правильному пониманию значения математических уравнений. Для Дюгема те же чувственные образы – путь прочь от «естественных» классификаций и от научной истины.

Чтобы обзор этой несостоявшейся дискуссии сделать по-настоящему полным, нужно привести еще два эпистемологических свидетельства. Это первые два профессора кафедры философии индуктивных наук в Венском университете, Эрнст Мах и Людвиг Больцман.

Мах выступает апологетом использования аналогий. Само дюгемовское различие «умов» и соответствующих им типов изложения кажется Маху некорректным: «не только существуют все возможные промежуточные ступени между этими двумя крайностями, но и каждый отдельный человек может приближаться то к одной, то к другой из них, в

³⁹ Максвелл Д.К. Указ. соч. С. 16-17.

зависимости от настроения и поставленной себе задачи».⁴⁰ Было бы, конечно, любопытно узнать реакцию Дюгема на зависимость способа изложения научной теории от «настроения». Однако Мах, кажется, выступая за использование аналогий, видит в них то же, что Дюгем. «Мне кажется, что следует различать между работой вывода тех или других положений из данных принципов и работой отыскания принципов»,⁴¹ - пишет Мах, вновь воспроизводя различие «контекст открытия–обоснования». Модели (анalogии) играют определенную роль при совершении открытия (здесь Мах противоречит Дюгему), однако, коль скоро открытие принципов совершилось, выводы из них и тем более их изложение должно следовать стандартам формальной строгости.

В тринадцатой главе «Анализа ощущений» Мах говорит о «руководящем мотиве» исследования. «О процессе работы античного исследования мы знаем очень мало. До нас едва дошли важнейшие результаты исследований. Но, как это наглядно показывает пример Евклида, форма изложения этих результатов часто как будто приспособлена к тому, чтобы затушевать пути исследования. В интересах ложно понятой точности, но против интересов науки, этот античный пример слишком часто, к сожалению, находил подражание в новейшее время».⁴² И далее Мах поясняет, почему чтение ученых-классиков доставляет особенное наслаждение: «Эти великие наивные люди, без всякой таинственности цеховых ученых, объятые радостью ставить и разрешать задачи, сообщают нам подробно, что и как им стало ясно. Так, у *Коперника*, *Stevin'a*, *Галилея*, *Gilbert'a*, *Кеплера* мы знакомимся с **основными руководящими мотивами** исследования без всякой помпы, на примерах величайших достигнутых ими результатов».⁴³ Мах пишет о том же

⁴⁰ Мах Э. Анализ ощущений. М.: Территория будущего, 2005. - С. 188.

⁴¹ Там же. Добавим, что изначально это различие проводит Аристотель в «Никомаховой этике»: «эпистема» как работа вывода и «нус» как работа по отысканию начал.

⁴² Там же, с. 228.

⁴³ Там же, с. 229. Курсив и полужирный как в оригинале.

восторге, с которым Максвелл читал работы Фарадея (и, возможно, Мах – работы Максвелла).

Но при этом приговор аналогии суров: «наше ожидание [сходства признаков у объектов] **логически не основательно**... Наша склонность ожидать упомянутое выше тождество основывается на нашей психологически-физиологической организации».⁴⁴ Психологическая склонность человека заключать по аналогии работает именно как «руководящий мотив»: аналогия может указать нам, где имеет смысл искать дальнейшее сходство, что *вообще* имеет смысл искать. Аналогия может даже стимулировать «напряженное внимание» или «особую любовь» к изучаемому предмету. Тем не менее, с точки зрения экономного изложения результатов исследования аналогия действительно выглядит несколько лишней. Дидактическое и эвристическое значение – вот максимум эпистемологического статуса аналогии, который готов признать Мах. В той степени, в какой эпистемология Маха является натуралистической, аналогии играют важную роль. Но за рамки индивидуально-гносеологического смысла эта роль не выходит: аналогия полезна *субъекту*, но не *науке*. Причаститься субъектности великого ученого приятно и полезно, но для структуры физической теории (а именно это является объектом внимания Дюгема) нерелевантно.

Термин «модель» (в значении «научная модель») Махом употребляется на страницах «Анализа ощущений» всего несколько раз, везде – как синоним «анalogии». Между тем ни Мах, ни Дюгем, ни Максвелл не проводили между ними концептуального различия. Тем удивительнее выглядит статья под названием «Модель» в десятом издании «Encyclopaedia Britannica» (1902г.), за авторством Людвиг Бoльцмана. Особенно это показательно, учитывая, что в предыдущем, девятом издании (1883г.) между «Mockingbird» и «Modena»

⁴⁴ Там же, с. 230. Полужирный как в оригинале.

ничего нет, а современная версия энциклопедии содержит несколько различных статей о разных «моделях», но ничего – о «моделях вообще».

«Модель - ... материальная репрезентация некоторого объекта - того же, большего или меньшего размера – который существует в действительности или должен быть сконструирован на деле или мысленно. В целом это означает действительно существующую или рассматриваемую мысленно вещь, свойства которой должны быть скопированы». ⁴⁵ Больцман далее перечисляет ряд специальных случаев (модель в сталелитейном деле, в скульптуре, в анатомии, физиологии, в микроскопии) и затем выдает развернутое представление о модели как *продолжении мысленной репрезентации*. В контексте эпистемологии начала XX века и тех полемических тезисов, которые мы описали выше, представление Больцмана выглядит весьма необычно:

«Модели играют чрезвычайно важную роль в математических, физических и механических науках... Наши мысли стоят в том же отношении к вещам, что и модели – к объектам, которые они репрезентируют... [Когда мы пытаемся содействовать] нашим механическим и физическим идеям с помощью кинематических моделей – мы просто расширяем и распространяем работу того же принципа, согласно которому мы воспринимаем объекты мысленно или репрезентируем их в языке». ⁴⁶

После таких слов впору признать, что эпистемология моделирования «в полном вооружении выскочила из головы» Людвигу Больцману и сразу вошла в энциклопедический режим существования (подобно гуссерлевской статье «Феноменология»), однако это ощущение тут же покидает нас, как только мы обнаруживаем, что максвелловские всеохватные аналогии между физическими и математическими объектами из «моделирования» исключаются: «Ни в этом случае, ни в случае карт, графиков, музыкальной

⁴⁵ Boltzmann L. Model // Encyclopaedia Britannica. 10th ed. London: The Times Printing House, 1902.

⁴⁶ Ibidem.

нотации, фигур etc., мы не можем обоснованно говорить о моделях, так как эти последние всегда включают конкретную пространственную аналогию в трех измерениях».⁴⁷ Согласно Больцману, «Максвелл и его последователи сконструировали множество кинематических моделей для того, чтобы позволить себе представить механическое устройство эфира – как в целом, так и его отдельных частей».⁴⁸ Отличие Максвелла от предшествующих поколений ученых Больцман видит в том, что «ранее господствовало убеждение, будто возможно с высокой степенью вероятности обнаружить такие механизмы в природе, а современные философы постулируют не более чем частичное подобие между явлениями природы и явлениями, наблюдаемыми в таких механизмах».⁴⁹ И об этих механических моделях Больцман пишет, что «эти модели из дерева, металла и картона – на самом деле продолжение нашего процесса мышления... физическая теория – это только ментальное конструирование механических моделей».⁵⁰

Опасения, что Больцман под «научной моделью» имеет в виду *только* искусственно сконструированный объект, похожий на некий другой объект, подтверждаются, когда мы читаем, что «...в чистой математике, особенно в геометрии, для представления органам чувств точных форм геометрических фигур, поверхностей, и кривых, используются модели из папье-маше или гипса...»⁵¹

Заметим, что нигде в работе «О фарадеевых силовых линиях» Максвелл не говорит о том, что трубки с жидкостью нужно буквально *создать*: их достаточно только *вообразить*. Понимает ли это Больцман? Знает ли он, что Максвелл не использовал термин «модель» в этом случае? Несомненно, да: Больцман – не только переводчик работ Максвелла на немецкий язык, но и их комментатор. В комментарии к «О фарадеевых

⁴⁷ Ibidem.

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ Ibidem.

⁵⁰ Ibidem.

⁵¹ Ibidem.

линиях» Больцман пишет: «[Максвелл] не был бы так часто неверно понят, если бы изучение его не начинали прямо с “Трактата”, тогда как своеобразный метод Максвелла выступает гораздо ярче в его более ранних произведениях».⁵² Соответственно, Больцман намеренно сохраняет термин «модель» для *материального* объекта, который должен быть *физически* сконструирован (из папье-маше или гипса?..), а максвелловские «анalogии» могут быть проведены как между существующими, так и гипотетическими или воображаемыми объектами. Слово «модель», таким образом, используется Больцманом в очень узком смысле: материальный объект, замещающий (преимущественно в силу масштаба) другой материальный объект.

Попытаемся подытожить эту «нулевую главу» эпистемологии моделирования. Пьер Дюгем в 1906 году критикует практику использования механических моделей – как материальных, так и воображаемых – как не соответствующую духу научного познания, который требует строгости, непротиворечивости и чистоты. Никто из заочных оппонентов Дюгема не называет эту практику «моделированием» - и Максвелл, и Мах говорят об «анalogиях», Больцман же «моделированием» называет узкий сегмент этой практики (и у нас нет данных о том, занимался ли Максвелл активно изготовлением фигурок из папье-маше, или же он перепоручил эту серьезную и ответственную работу кому-то из своих учеников). Преимущество «анalogий» для Максвелла (и отчасти для Маха) состоит в том же самом, в чем для Дюгема кроется их главный недостаток: они задействуют воображение. Простота и наглядность аналогии должны наполнять разных читателей Максвелла одними и теми же визуальными интерпретациями математического формализма, в то время как для Дюгема множественность несогласованных интерпретаций – свидетельство наличия у теории серьезных проблем. И если бы дело касалось только *описания процесса открытия*, вопросов у Дюгема не

⁵² Больцман Л. Примечания к работе Максвелла «О фарадеевых силовых линиях» // Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952. - С. 90. - Впервые эти комментарии Больцмана вышли в «Оствальдовских классиках», том 69, 1895 год.

возникло бы: он занимается структурой *уже построенной* физической теории, он уже работает в рамках контекста обоснования. Модели, по Дюгему, не помогают открывать новые закономерности; но даже если бы и помогали, им не нашлось бы места в итоговом стройном и упорядоченном царстве чистого разума. Что же до литературных достоинств текста, использующего аналогии – это не эпистемологический вопрос; Больцман может сколько угодно восхищаться стилем *изложения* Максвелла, но это не та роль моделей в науке, которую проблематизирует Дюгем.

Со стороны это выглядит как крайне запутанный клубок сюжетов, связанных между собой разве что взаимным употреблением имен главных героев. Но в этой путанице и в отсутствие прямо поставленных эпистемологических проблем мы можем усмотреть зародыши вопросов эпистемологии моделирования, как они были обозначены гораздо позднее, уже в середине XX века: является ли модель элементом структуры научной теории? необходима ли модель для достижения понимания (и что такое понимание)? может ли модель помочь научному открытию? какое значение имеет модель для дидактико-педагогической практики (воспроизводства следующих поколений ученых)? наконец, какую роль в научном поиске и обосновании играет воображение?

То, как эти вопросы ставились в XIX веке, и особенно то, как их – одним махом и не вполне справедливо – разрешил Дюгем, оказало решающее влияние на несколько последующих десятилетий. По аналогии с кантовским «десятилетием молчания» я предлагаю называть это «сорокалетием молчания»: в 1945 году (спустя 39 лет после «Физической теории» Дюгема) Норберт Винер и Артуро Розенблюм опубликуют статью, озаглавленную, ни много ни мало, «Роль моделей в науке».

1.2. Стандартная концепция науки (“Received View”) и место моделей в ней

Положение дел в «мейнстриме» философии науки первой половины XX века определялось доминацией неопозитивистского взгляда на структуру научной теории – взгляда, который получил название «Стандартная концепция науки», «Синтаксический подход» или «Общепринятый взгляд» («Received View»). В том, что касается научных моделей, как и во многих других вопросах, неопозитивисты оказались наследниками Дюгема. В 1939г., в третьем номере первого тома «Международной энциклопедии единой науки», Рудольф Карнап выносит краткий приговор научному моделированию:

«Когда такие абстрактные и неочевидные формулы, как, например, уравнения электромагнетизма Максвелла, предлагаются в качестве аксиом, физики желают сделать их интуитивно ясными с помощью построения “моделей”, то есть – репрезентации электромагнитных микропроцессов по аналогии с известными макропроцессами, например, движением видимых объектов... Важно понимать, что изучение моделей имеет не более чем эстетическую, дидактическую или в лучшем случае эвристическую ценность, но они вовсе не существенны для успешного применения физической теории».⁵³

Краткость этого приговора чуть ли не более красноречива, чем его содержание. Во всем первом томе «Энциклопедии» (а это десять неопозитивистских монографий) научные модели специально обсуждаются дважды, оба раза – в связи с философскими проблемами конкретных дисциплин (физики и биологии соответственно), и оба раза – вскользь и поверхностно.

⁵³ Carnap R. Foundations of logic and mathematics // International Encyclopedia of Unified Science. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955. - P. 209-210.

Филипп Франк в «Основаниях физики» (1946) упоминает о различении двух типов теорий – «феноменологические» теории (представляющие собой систему уравнений) и «объяснительные», они же «каузальные», они же «иллюстративные» (pictorial) теории (представляющие собой «механические модели»)⁵⁴ Франк далее подвергает критической оценке это различие, справедливо указывая, что поведение «механической модели» тоже описывается системой уравнений, и в этом смысле ученый совершает одну и ту же познавательную операцию; с другой стороны, нельзя требовать от всякой теории наличия «каузального объяснения» в этом узком смысле (наличия механической модели), так как «Мы достоверно знаем, что движение субатомных частиц не может быть описано ньютоновскими законами движения, а значит, и механической моделью».⁵⁵ Отсюда следует, что каузальное объяснение, если оно и возможно, никак не связано с моделированием, и тема научных моделей тут же теряет для Франка всякий интерес.

Феликс Майнкс в «Основаниях биологии» (1955), в параграфе под названием «Организм как открытая система» предлагает системный взгляд на взаимоотношения организма с окружающей средой и отмечает повышенную сложность биологических систем по сравнению с системами неживой природы. «В биологии “моделями” называются экспериментальные установки или теоретические конструкции, которые демонстрируют одну или несколько далеко идущих аналогий с процессами в органическом мире, с произвольной степенью упрощения... Такие модели не являются гипотезами в обычном смысле слова, так как они не могут быть непосредственно проверены наблюдением. Это, скорее, комплексы утверждений, уже подтвержденных физически или химически, и применяемых почти аллегорически к

⁵⁴ Синонимичность понятий «объяснение», «причина» и «иллюстрация» остается на совести Филиппа Франка. Мы же отметим, что эта синонимичность – не более чем указание на то, что в данном направлении прояснение названных концепций философии науки было Франку неинтересно.

⁵⁵ Frank P. Foundations of physics // International Encyclopedia of Unified Science. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955. - P. 435.

биологическим данным – с осознанием ограничений и с определенными оговорками».⁵⁶ Вслед за Карнапом и Франком Майнкс предостерегает от переоценки роли моделей: «[Модели], как и биологические гипотезы, эвристически полезны. Модель служит как указание на общее направление, в котором стоит конструировать конкретные гипотезы об организменных процессах, непосредственно проверяемые на опыте. Непонимание этой роли моделей в биологии может привести к поверхностным суждениям о том, что с их помощью можно якобы “объяснить” свойства организмов».⁵⁷ Таким образом, Майнкс избегает франковской синонимичности «объяснение-иллюстрация».

Общий тон этих пассажей – утверждение о низкой значимости моделей и моделирования, предостережение против противоположного мнения. В отличие от «Физической теории» Дюгема (и, вероятно, именно благодаря ее наличию), неопозитивистские работы не включают специальную аргументацию против моделирования. Имеет место лишь ясное указание на глубокую вторичность этой практики. Анализ понятия «модель» не проводится, попытки классификации и выделения функций моделей отсутствуют. Как и для А.П. Огурцова, для логических позитивистов моделирование не является «методологической темой».

Однако история неопозитивизма знает и заметное исключение из этого общего правила – исключение, правда, тем менее удивительное, чем более поздние версии неопозитивистской философии науки принимаются во внимание. Мы рассмотрим позицию позднего классика синтаксического подхода (с рядом оговорок, которые будут сделаны ниже) Эрнеста Нагеля, выраженную в работе 1961 года «Структура науки: проблемы логики научного объяснения».⁵⁸ Принципиально значимым для нас является тот факт, что

⁵⁶ Mainx F. Foundations of biology // International Encyclopedia of Unified Science. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955. - P. 595.

⁵⁷ Ibidem.

⁵⁸ Nagel E. The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation. – Harcourt, Brace & World, 1961. Отметим в скобках, что «Логика научного исследования» Карла Поппера вышла на английском языке в 1959

Нагель, как и Дюгем, обсуждает эпистемологический статус научных моделей в контексте более широкой и более значимой для обеих проблематики – структуры научной теории. Иначе говоря, научные модели «имеют значение» для философии науки в той степени, в какой они могут или не могут быть встроены в эту структуру.

Проблема структуры научной теории попадает в поле зрения Нагеля в связи с существованием научных законов нескольких уровней, а именно – теоретических и эмпирических. Нагель стремится провести различие между теориями и (всего лишь) эмпирическими закономерностями⁵⁹ (также используется термин «экспериментальные законы»), различие, которое нужно ему для решения традиционного в логическом позитивизме вопроса о редукции значения теоретических терминов к эмпирическому базису. Он выделяет как минимум три возможных основания для такого различия:

а) Термины, используемые в эмпирических законах, подразумевают существование процедуры измерения: значением этих терминов является прямое указание на способ эмпирической фиксации. Эта позиция, по-видимому, восходит к Шлику и получает более детальную разработку в так называемом «операционализме» Бриджмена.⁶⁰ Научные термины в теоретических высказываниях не отсылают к процедуре измерения – по крайней мере, напрямую. Ключевым для Нагеля, естественно, является вопрос о том, как же именно тогда связаны теория и опыт.

году, а «Структура научных революций» Томаса Куна выйдет в 1962г. – в той самой серии «Международная энциклопедия единой науки», в которой публиковались вышеупомянутые монографии Карнапа, Франка и Майнкса.

⁵⁹ В оригинальном тексте используется слово «laws», однако при переводе на русский язык есть возможность использовать слово «закономерность» как семантически более слабый вариант слова «закон». Можно предположить, что такое словоупотребление даже окажется близким для практикующих ученых, так как «открыть закон» и «обнаружить закономерность» – формулировки очевидно разных научных результатов, и второе кажется ближе к фиксации исключительно опытных данных. Этот любопытный лингвистический казус, возможно, заслуживает отдельного исследования, здесь же и далее по тексту раздела о Нагеле следует иметь в виду, что «эмпирические законы» не являются законами в строгом смысле слова, каким бы он ни был.

⁶⁰ Поппер К. Предположения и опровержения: рост научного знания. – М.: АСТ, 2004. – С. 108–110.

Пока, однако, из а) и ряда других соображений Нагель выводит еще одно затруднение для ответа на этот вопрос:

б) Эмпирические законы могут быть получены индуктивным путем – обобщением данных опыта. Нагель не видит здесь юмовской проблемы индукции, что весьма кстати для нас, так как проясняет его позицию – под эмпирическими законами следует понимать конечный набор актов *единичной* фиксации опытных данных. «Обобщение» тогда обеспечивается как раз операциональным определением терминов, позволяющим воспроизвести полученные результаты. Поскольку эмпирические законы на большее (например, на всеобщность) не претендуют, проблема индукции на этом уровне не возникает. По мысли Нагеля, это позволяет эмпирическим законам «жить своей жизнью» («live the life of their own»)⁶¹, то есть фиксировать опыт, не привязанный к определенной теоретической интерпретации, и поэтому кочевать в неизменном виде из теории в теорию. Примером такого живущего своей жизнью опыта (скорее всего, спорным) служит опыт Милликена по измерению заряда электрона. Теории, однако, претендуют на всеобщность и сталкиваются с проблемой индукции, потому они – не обобщение опыта, а «свободные творения разума» («free creations of the mind»).

в) Эмпирические законы представляют собой единичные высказывания, теории же являются системами высказываний. Это различие, несмотря на кажущуюся принципиальность, у Нагеля является всего лишь количественным: эмпирические законы описывают⁶² однородный класс феноменов, теории же охватывают большее разнообразие.

Таким образом, высказывания, описывающие эмпирические закономерности, исключаются из собственно структуры научной теории. Классическую проблему связи теории и опыта Нагель переводит в проблему соотношения теории с экспериментальной практикой, результаты которой

⁶¹ Таким образом, вовсе не Яну Хакингу стоит приписывать это утверждение.

⁶² Вместо «описания» Нагель иногда использует слово «объяснение»; подробнее об «объяснении» см. ниже в этом же разделе.

формулируются (непроблематичным для Нагеля образом) в виде вышеупомянутых высказываний. Соответственно, нагелевский подход к структуре самой теории (и выделение научных моделей в качестве ее элементов), на наш взгляд, следует рассматривать и оценивать как попытку вклада в решение именно этой проблемы: связи теоретического и наблюдаемого. Зафиксировав этот важный момент, перейдем к самой структуре научной теории.

В структуре научной теории Нагель выделяет три элемента:

1) «Абстрактное исчисление» («abstract calculus») – формальный скелет теории, аксиоматизированный набор постулатов и выводимых из них следствий. Термины в этом исчислении, как уже было отмечено, сами по себе не имеют эмпирического содержания, однако они имеют «имплицитное значение» - быть объектом, удовлетворяющим определенному набору высказываний, в которых встречается данный термин. (Примерами «имплицитных значений» служат значения геометрических терминов в аксиоматизации Гильберта).

2) Правила соответствия – правила приписывания эмпирических значений теоретическим терминам, то есть установления соответствия между теоретическими положениями и эмпирическими законами.

И наконец,

3) Модель – интерпретация теории.

Имеется в виду интерпретация в логическом смысле: некое множество объектов (универсум), заданное отношение и семантическая функция, приписывающая значения терминам теории. Нагель не пишет, однако, по всей видимости, подразумевает, что имеется в виду *истинная* интерпретация, то есть такая, при которой выполняются все аксиомы абстрактного исчисления.

При этом истинность модели не следует понимать в корреспондентном смысле: теорию и реальность связывают правила соответствия и эмпирические законы, модель же является моделью теории благодаря непротиворечивости, а не благодаря релевантности опытным данным.

Очевидно, что моделей одной теории может быть несколько (и даже бесконечно много), а также что эмпирическая интерпретация терминов (через правила соответствия) также является моделью и, значит, может выполнять соответствующие функции. Если это верно, то возникает вопрос: зачем вообще нужны модели, если они нужны?

«[Модели] обычно излагаются... с помощью сравнительно знакомых понятий таким образом, что вместо *форм высказываний* [*statement-forms*] постулаты теории оказываются *высказываниями* [*statements*], содержание которых может быть хотя бы частично представлено визуально. Такое представление принимается, среди прочих причин, потому, что понять его гораздо проще, чем неизбежно более длинное и более сложное чисто формальное выражение».⁶³ В этой цитате Нагель акцентирует внимание на возможности визуализации моделей, которая играет иллюстративно-педагогическую роль: для объяснения/изложения сложной научной теории проще предъявить ее модель, чем формализованное исчисление.⁶⁴

Еще одна цитата, указывающая на возможную роль моделей, содержит также и предупреждение о неблагоприятных последствиях их использования: «Хотя модель может иметь необычайную ценность для поиска новых путей исследования – чего с нами может и не случиться, если теория представлена полностью в абстрактной форме – представление теории в терминах модели

⁶³ Nagel E. Op. cit. – p. 95.

⁶⁴ О том, что модельная визуализация имеет гораздо большее значение, см., например, нашу работу: Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35.

влечет за собой риск того, что побочные (adventitious) свойства модели могут ввести нас в заблуждение относительно подлинного содержания теории». ⁶⁵

И модель как вспомогательная иллюстрация, и модель как источник вдохновения научного поиска кажутся чем-то внешним по отношению к собственно проблеме структуры научной теории. В частности, второй из упомянутых аспектов явно относится к «контексту открытия», тогда как и абстрактное исчисление, и правила соответствия, очевидно, являются «контекстом обоснования»; в таком случае, структура научной теории *приобретает динамический характер* и претензии на описание процесса развития научного знания, чего Нагель нигде эксплицитно не признает. Что касается первого аспекта – иллюстративного – то Нагель пишет далее, что «Не существует и, наверное, не может существовать окончательного и нерушимого доказательства того, что теоретические понятия, используемые современной наукой, не могли бы быть явно определены в терминах экспериментальных идей». ⁶⁶ Это означает, что в отсутствие моделей роль визуализации, если уж она настолько важна, могут выполнять те самые эмпирические (экспериментальные) законы, подразумевающие определенную процедуру измерения, и нет необходимости излагать теорию в виде чистого формализма. Другой вопрос, что такое изложение может на практике оказаться *менее удобным*, чем модель, но это лишь означает, что существует *практическая потребность* науки в моделях, но не *концептуальная необходимость* включения моделей в структуру научной теории. Напомним, что именно такую необходимость отрицал Дюгем. На тех же основаниях Нагель мог бы включить в структуру научной теории, например, государственные расходы на научную сферу: гораздо удобнее создавать теории, когда есть деньги, чем когда их нет.

⁶⁵ Ibid. – p. 96.

⁶⁶ Ibid. – p. 98.

Дальнейшая проработка вопроса о научных моделях производится Нагелем с использованием нового термина – «аналогия». Сколь-нибудь строгого определения аналогии (хотя бы подобного определению «модели») Нагель не дает, однако он приводит базовую классификацию аналогий (субстанциальные и формальные) и определенный перечень функций, выполняемых этим эпистемологическим инструментом. Впрочем, нельзя сказать, что эта попытка терминологического анализа является успешной.

Во-первых, понятие «аналогия» возникает в связи с проблемой объяснения, которое определяется Нагелем классически – «попытка понять неизвестное в терминах известного».⁶⁷ По всей видимости, следует думать, что аналогия для Нагеля является способом объяснения – в отличие от модели, входящей в структуру научной теории в виде возможной реализации этой теории (анalogии в формальную структуру теории не входят). Из этого, в частности, следует, что нагелевское понимание объяснения *не подвергается* известной критике со стороны Поппера, который «переворачивает» структуру объяснения и объявляет, что на самом деле это попытка понять известное (базисное высказывание) в терминах неизвестного (гипотетическое общеутвердительное высказывание).⁶⁸ Отношение аналогии не является отношением дедуктивной выводимости: под огонь критики Поппера подпадает использование Нагелем слова «объяснение» в контексте отношения между теоретическими и эмпирическими законами, а также между эмпирическими законами и феноменами. Эти отношения можно вписать в дедуктивно-номологическую модель, отношение аналогии – нет. Впрочем, возможно, вовсе не стоит в данном случае ожидать от Нагеля терминологической точности, и употребление термина «объяснение» зависит скорее от некоего «common sense», нежели от детально проработанной концептуализации. В таком случае, однако, расплывается граница между «объяснением» как эпистемологической операцией и «объяснением» как

⁶⁷ Nagel E. Op.cit. – p. 107.

⁶⁸ Поппер К. Указ. соч. – сс. 174-176.

разъяснением, растолкованием, т.е. операцией дидактической. (Второе, как мы помним, свойственно моделям).

Во-вторых, как было сказано, аналогии подразделяются на субстанциальные и формальные. Первые имеют место тогда, когда элементы некоторых систем обладают схожими свойствами, вторые — когда наблюдается сходство между абстрактными отношениями элементов. Нагель указывает, что термин «формальная аналогия» синонимичен термину «формальная модель»⁶⁹. При том, что описание модели в структуре научной теории представляет собой набор *высказываний*, всякую модель в этом смысле можно назвать формальной; соотношение понятий «аналогия» и «модель» вновь оказывается неясным.

В качестве орудия из эпистемологического арсенала ученого аналогия представляет собой:

а) способ сформулировать новую теорию;

б) способ задавать вопросы, направляя исследование. «В контексте исторического развития кинетической теории газов, например, модель теории предполагала вопросы об отношении диаметров молекул к расстояниям между молекулами, об эластичности молекул, о различных типах сил, действующих между молекулами, и так далее... В общем, модель может оказаться эвристически ценной, так как она предлагает способы распространения теории [на новые случаи]».⁷⁰ Это замечание приводит в замешательство по двум причинам. Во-первых, Нагель вновь произвольно заменяет термин «аналогия» термином «модель». Во-вторых, выше он называл теории «свободными творениями разума» именно благодаря их возможности соотноситься с разнообразными эмпирическими закономерностями (через разные правила соответствия). Таким образом, мы здесь имеем ту же трудность, что описанная выше: если модель является (нереалистической) интерпретацией теории, а

⁶⁹ Nagel E. Op.cit. — p.110.

⁷⁰ Ibid. — p.113.

эмпирические (реалистические) интерпретации многовариантны и до некоторой степени произвольны, то при их наличии зачем вообще нужны модели?

в) указание на то, где и как искать привязку к эмпирическому. Это может в какой-то мере служить ответом на наш последний вопрос. Модель есть не только интерпретация, но и образец *интерпретирования* теории – ведь в отсутствие «реалистической» интерпретации может быть непонятно, как ее искать;

г) гарантия наличия объяснительной силы теории. Если имеет место аналогия с системой, по поводу которой есть знакомая объясняющая теория, ученые скорее склонны считать, что есть возможность построить удовлетворительное объяснение и для данной системы. Психологизм подобной аргументации очевиден; в контексте позитивистского взгляда на науку она не может выглядеть серьезной.

Пожалуй, самое любопытное в «Структуре науки» Эрнеста Нагеля – в той ее части, которая касается проблемы моделей – состоит в том, что Нагель излагает свои рассуждения, как будто совершенно не осознавая ни их непоследовательности, ни их неточности, ни того, что они – похоже – в корне противоречат идеологическим установкам логического позитивизма. При общей верности Стандартной концепции науки у Нагеля не формируется столь характерное для этой концепции пренебрежительное отношение к моделям. Более того: если считать включение в «структуру научной теории» показателем значимости, то «модели» (включенные в нее) оказываются существеннее, чем «эмпирические законы» (не относящиеся к теории).

Мы должны сделать несколько шагов назад и оценить более широкую перспективу. В целом для логического позитивизма характерно скорее нормативное, чем дескриптивное отношение к собственным концептуализациям: позитивисты (и «логические», и их предшественники) говорят о том, как *должно быть* устроено научное знание, как *правильно*

строить научную теорию; в конечном итоге их цель – реформирование научной деятельности в нужную сторону (а именно – в сторону Единой Науки на базе эмпиризма, индуктивизма и т.д.)⁷¹ В этом же духе следует понимать высказывания Карнапа, Франка и Майнкса: как предостережения против неадекватной оценки того, что в тех или иных науках называется «моделями».

Но картина изменится, если предположить, что целью Нагеля была именно дескриптивная концептуализация. Вне зависимости от того, что говорит Дюгем или Карнап, фактически ученые используют модели для научного познания, как и само слово «модель» для обозначения некоторой формы существования научного знания. Если вместо того, чтобы объяснять, что не так с этой практикой, попытаться детальнее выяснить, что именно эта практика представляет собой, можно обнаружить целый пласт проблем эпистемологии науки, лишь поверхностно присыпанный рассуждениями о «вводящих в заблуждение» моделях.

⁷¹ Карнап Р., Ган Г., Нейрат О. Научное миропонимание – Венский кружок // Логос. - №2, 2005. – С. 13-26.

1.3. «Роль моделей в науке»: язык или практика?

Для сравнения мы можем обратиться к знаменитой статье Норберта Винера и Артуро Розенблюта «Роль моделей в науке» (1945).⁷² Шестистраничный очерк, не содержащий *ни одной* ссылки на какую-либо другую работу⁷³ и благодаря этому не вписанный заранее ни в какой дискурсивный ряд, важен именно потому, что и Винер, и Розенблют, являясь действующими учеными (и не являясь профессиональными философами⁷⁴), выражают благодаря этому определенную рефлексию над ситуацией с моделями «изнутри» научного сообщества.

Статья начинается с декларирования необходимости абстракций в науке: в силу сложности изучаемого региона действительности необходимо заменять в научном исследовании этот регион «моделью со схожей, но упрощенной структурой».⁷⁵ Такого рода модели бывают двух видов: материальные – «репрезентация сложной системы с помощью системы, которая предположительно проще и которая предположительно имеет некоторые свойства, похожие на свойства исходной системы, выбранные для изучения»,⁷⁶ и формальные – «выражение в логических терминах идеализированной сравнительно простой ситуации, имеющей структурные свойства оригинальной фактической системы».⁷⁷

Полезность моделей Винера и Розенблюта определяют следующим образом:

А) Модель позволяет «заменить феномен, принадлежащий неизвестному исследовательскому полю, феноменом того поля, в котором

⁷² Rosenblueth A., Wiener N. The role of models in science // Philosophy of science. – Vol. 12 (4), 1945. – pp.316-321.

⁷³ Если не считать упоминания «Сильвии и Бруно» Льюиса Кэрролла.

⁷⁴ Имеется в виду, конечно, дисциплинарная (не)принадлежность и связанная с этим (не)вовлеченность в определенный круг обсуждаемых проблем, а не указание на отсутствие философских способностей; «нефилософские» размышления Винера, как и, например, Эйнштейна или Фрейда, имеют далеко идущие философские последствия.

⁷⁵ Rosenblueth A., Wiener N. Op.cit. p. 316.

⁷⁶ Ibid., p. 317.

⁷⁷ Ibidem.

исследователь чувствует себя как дома». Авторы дополняют это показательным замечанием: «Таким образом, [модели] имеют важные *дидактические* преимущества [курсив мой – М.В.]»⁷⁸

Б) Наличие модели позволяет провести эксперимент в более удобных условиях, чем те, что присутствуют в оригинальной изучаемой системе. Здесь как раз и проявляется специфическая роль «формальных» моделей, потому что для переноса экспериментальной проверки с одной системы на другую должны присутствовать основания полагать, что между ними действительно есть существенное сходство, то есть «предполагать наличие адекватной формальной модели, структура которой будет одинаковой со структурой обеих материальных систем».⁷⁹

Это налагает определенные требования как на формальные, так и на материальные модели. Если формальная модель тривиальна, материальная будет иррелевантна изучаемой системе – то есть, уточняют авторы, «грубая аналогия не является плодотворной для науки»⁸⁰. Если материальная модель не предполагает эксперимента, результат которого не мог бы быть получен на основе только формальной модели, то такая модель излишня. Если модель сложнее, чем оригинальная система, то она только мешает научному прогрессу. Заметим, что все эти требования по сути являются критериями *эвристической значимости* модели и обсуждаются в контексте прагматической ценности соответствующих научных практик.

Винер и Розенблют вводят классификацию научных проблем на два типа: «закрытый ящик» и «открытый ящик». «Закрытые ящики», подобно «черным ящикам» бихевиористов, определяются набором входных и выходных данных, и научная деятельность состоит в установлении корреляции между этими данными. Ящики становятся «открытыми», когда удастся установить, какие механизмы лежат в основе этой корреляции.

⁷⁸ Ibidem.

⁷⁹ Ibidem.

⁸⁰ Ibid., p. 318.

Различие между этими типами проблем, таким образом, скорее количественное, чем качественное: учет большего числа параметров позволяет делать более качественные предположения об устройстве «ящиков». Система, принадлежащая изучаемой действительности, обладает значительным количеством параметров, часть из которых до поры до времени предполагается содержащейся в «закрытом ящике» и не моделируется. Постепенное «открывание ящиков», таким образом, эквивалентно постепенному усложнению моделей, что Винер и Розенблют считают критерием научного прогресса.

Структура научного знания, таким образом, выглядит для авторов как «последовательность моделей, предпочтительно формальных, иногда материальных».⁸¹ Стремление выработать предельно точную модель, однако, бессмысленно по двум причинам. Первая из них, касающаяся материальных моделей, сформулирована в известном афоризме: «Лучшей материальной моделью кошки является другая кошка, а еще лучше – та же самая кошка»⁸². Другой показательный пример на эту же тему авторы почерпнули из «Сильвии и Бруно» Кэрролла: наиболее точной картой некоторой страны, способной удовлетворить все потребности в географическом познании, является сама эта страна. Таким образом, прагматический аспект оказывается неизбежным: модель, претендующая на приближение к «истинной» репрезентации, теряет свою эвристическую ценность. Вторая причина и вторая проблема – связанная уже с формальными моделями – ограниченность человеческого разума: чем детальнее и проработаннее модель, тем больший интеллектуальный ресурс требуется для ее концептуализации; в пределе познающий субъект, способный построить «формальную модель всего», должен быть Богом.

Почему эта статья имеет значение для понимания проблем, с которыми столкнулся Нагель? Потому что Винер и Розенблют, будучи учеными,

⁸¹ В другом месте той же статьи Винер и Розенблют упоминают об «иерархии моделей», что очень напоминает известную концепцию ван Фраассена (подробнее о ней далее).

⁸² Rosenblueth A., Wiener N. Op. cit. – p. 320.

попытались эксплицировать, говоря словами Гадамера, «способ мироистолкования», лежащий за использованием слов «модель», «аналогия», «репрезентация», и в ходе этой экспликации сразу стал очевиден эвристико-прагматический характер практик моделирования в науке. Нагель же попытался вписать моделирование в синтаксическую структуру научной теории, отчего «модель» получила коннотации и «интерпретации теории», и «иллюстрации», и «анalogии»; в стремлении к стройной логической реконструкции науки он пришел к прямо противоположному – к путанице в понятиях. В контексте статьи «Роль моделей в науке» становится понятным, что то, что Нагель говорит об аналогиях, Винер и Розенблют без особого смущения могут сказать о моделях (например, о том, зачем они нужны). Тогда синонимичность понятий «модель» и «аналогия» может оказаться не неточностью Нагеля, а следствием дискурсивных особенностей языка науки, которые могут быть не в полной мере отрефлексированы философами науки.

Таким образом, хотя «в общем виде» неопозитивистская установка состоит в том, что модели – далеко не самая необходимая (а порой даже опасная и вредная) часть научной деятельности, стремление к анализу языка науки порождает частные столкновения философских концептуализаций с обыденным словоупотреблением ученых. Можно, конечно, объявить это «контекстом открытия» и, следовательно, несущественным аспектом развития науки. Но тогда возникает вопрос: мы все еще занимаемся философией действительной *науки*? Или мы уже перешли к философствованию по поводу некоторого «идеального типа» науки, который нигде и никогда не был реализован во всей полноте?

Ситуацию 50-60х годов можно охарактеризовать как выбор в пользу первой из этих альтернатив.

В качестве попытки «прото-прагматического» анализа моделей можно рассмотреть работу Лео Апостела, датированную 1960г.: «К формальному исследованию моделей в неформальных науках». В самом начале этой статьи

Апостел делает программное заявление: «В научном исследовании модели используются в различных формах, как инструменты для достижения различных целей. Первейшее требование, которому должно удовлетворять исследование моделирования в науке, - не отвергать это бесспорное разнообразие».⁸³ Подобно Ачинстайну (см. следующий раздел), Апостел начинает с попытки зафиксировать проблемное поле исследования через классификацию моделей, однако имеются два существенных отличия: а) Ачинстайн дает классификацию моделей с явным намерением критиковать излишне формальный синтаксический подход Нагеля, в то время как Апостел не ставит задачи критики какого-то конкретного подхода; б) классификация Ачинстайна основывается на *сущностной природе* модельного отношения, а Апостел, как мы увидим далее, выводит на первый план *мотивацию* исследователя, конструирующего модель. Иначе говоря, модели нужны кому-то и зачем-то, и концепция моделей неизбежно должна учитывать этот аспект.

Структуру модельного отношения Апостел формулирует как R(S,P,M,T): «Субъект S, имея в виду цель P, рассматривает объект M в качестве модели для прототипа T».⁸⁴ В конце статьи, уже в завершение своего анализа, он предложит более общее определение модели: «Любой субъект, который использует систему A, ни прямо, ни косвенно не взаимодействующую с системой B, с целью получить информацию о системе B, использует систему A как модель для B».⁸⁵ Апостел признает, что основную трудность для формализации модельного отношения представляет как раз прагматический аспект: понятия «использовать», «цель», «информация о», но рассчитывает на дальнейшее развитие логики формальной прагматики. Как мы видим, в обоих определениях подчеркивается активная роль субъекта в конструировании моделей и необходимость учитывать их назначение.

Назначение моделей классифицируется следующим образом:

⁸³ Apostel L. Towards the formal study of models in the non-formal sciences // Synthese. – Vol. 12, 1960. – p.125.

⁸⁴ Apostel L. Op.cit. – p. 128.

⁸⁵ Ibid., p. 160.

А) В отсутствие теории для определенной области фактов мы заменяем ее другой областью фактов, имеющую нечто общее с изучаемой, для которой есть теория;

Б) Имеющаяся полноценная теория слишком сложна математически;

В) Две различных теории можно соединить моделью, интерпретирующей их обе;

Г) Неполную теорию можно дополнить моделью (например, качественную теорию – количественной моделью);

Д) Модель позволяет подвести известную область фактов под более общую теорию;

Е) Теория, описывающая факты, может быть недостаточна для *объяснения* этих фактов – но это сможет сделать модель;

Ж) Модель может выступать заменителем объекта, который слишком велик, слишком мал, слишком далек или слишком опасен для непосредственных манипуляций или экспериментирования с ним;

З) Модель может стать визуальной репрезентацией теории, выраженной в формальной структуре;

И) Модель может выступать посредником между теоретическим и наблюдаемым уровнями знания.

Апостел пытается предложить рациональную реконструкцию процесса моделирования, которая сможет удовлетворительно описать все эти прагматические аспекты. Он полагает, что «Упомянутые цели... составляют что-то вроде системы. Несомненно, модели функционируют в качестве соотношения между теорией и теорией, теорией и экспериментами, между экспериментами, между интеллектуальными структурами и субъектами, использующими эти структуры».⁸⁶ Отметим, что взаимодействие субъектов,

⁸⁶ Apostel L. Op.cit. – p. 127.

опосредованное моделью, является указанием на коммуникативную функцию (см. раздел о Хессе). Апостел также пытается формализовать свой подход к моделям, но эта формализация довольно сильно расходится с синтаксическим подходом. Так, он отмечает, что в науке нормальна ситуация, когда «существует множество не-изоморфных моделей»⁸⁷.

Тем не менее, на наш взгляд, дальнейшая разработка проблемы моделей Апостелом сталкивается с теми же трудностями, что и рассмотренные нами выше: пытаясь формализовать прагматический аспект, он неизбежно утрачивает и субъекта, и его цель. Более того, он делает это намеренно: «Может ли отношение модель-прототип, существующее в формальной семантике, сказать нам что-то о сходных отношениях, существующих в столь разных областях? Мы убеждены, что да. Более формально: если L – отношение между M и T , то мы утверждаем, что из $R(S, P, M, T)$ мы можем вывести факты о $L(M, T)$, зависящие от различных значений P , M и T ».⁸⁸ И далее на протяжении статьи Апостел демонстрирует свой способ подвести отношение моделирования под алгебраические, семантические и синтаксические отношения в формализованных исчислениях. Результат, кажется, не удовлетворяет его самого: «Мы не можем надеяться дать единую структурную дефиницию для моделей в эмпирических науках. Если такая унификация и возможна, то только через возврат к нашей стартовой точке – к функциям моделей»,⁸⁹ - пишет он в конце своей статьи.

⁸⁷ Ibid., p. 129.

⁸⁸ Apostel L. Op.cit. – p. 128. Заметим в скобках, что здесь не упомянут (намеренно или случайно) параметр S , характеризующий субъекта моделирования.

⁸⁹ Ibid., p. 160.

1.4. Ранние прагматические классификации моделей

Проблематика моделей получила дальнейшее развитие в трудах американского философа Питера Ачинстайна, в особенности в работе «Понятия науки» («Concepts of science», 1968). Мы рассмотрим несколько глав этой работы, специально посвященных анализу понятий «модель» и «аналогия». Но вначале необходимо сделать ряд предварительных замечаний. Во-первых, хотя способ рассуждения Ачинстайна кажется нам более адекватным тому, что предписывает Гадамер (см. Введение), стилистически он остается довольно близок Нагелю. Во-вторых, на определенные размышления может навести заглавие книги: в отличие от «Структуры науки» у Нагеля, мы имеем «понятия», или «концепты» науки, что можно интерпретировать как отход от попыток стройной систематизации научного знания в сторону рассмотрения отдельных элементов этого знания – собственно, понятий.⁹⁰

Ачинстайн начинает с вопроса: что происходит, когда некто А проводит аналогию между X и Y? В такой постановке проблемы аналогии можно выделить два важных момента. «Некто А» является довольно очевидным указанием на предпочтительность семиотической модели Пирса, в которой в знаковой ситуации присутствует интерпретатор, по сравнению с «треугольником Фреге» или бинарным отношением Соссюра.⁹¹ Второй момент – «проводить аналогию» означает совершать некоторое действие; ставя вопрос таким образом, Ачинстайн интересуется практикой, а не фиксированным соотношением элементов.

При проведении аналогии происходит следующее:

а) А замечает сходство X и Y в некоторых отношениях;

⁹⁰ Аналогичную попытку можно усмотреть в эволюционной эпистемологии Тулмина, описывающей теории как «популяции понятий».

⁹¹ Правда, напрашивающийся вывод о том, что аналогия является видом отношения означивания, а работа ученого с аналогией – видом знаковой ситуации, кажется все же преждевременным.

б) X и Y в других отношениях различаются;

в) X может быть описан с точки зрения Y, либо в тех же терминах, что и Y и т.п.

г) Когда X описан таким образом, он становится понятнее.

«Говорить об аналогии между X и Y значит говорить о (некоторых) сходствах между непохожими в остальных отношениях X и Y, внимание к которым может позволить кому-то думать об X и описывать X с точки зрения Y... и таким образом изобразить X в более ясном (enlightening) виде, так, чтобы можно сделать о нем определенные правдоподобные утверждения».⁹² Мы убеждаемся в том, что отношение аналогии подразумевает наличие, помимо двух объектов или систем, «некоего A», который должен «думать об X», которому нечто станет «яснее» и который должен производить утверждения. Фактически с самого начала в качестве существенного свойства аналогии заявляется соотнесенность с субъектом познания.

Однако, по Ачинстайну, «аналогия» не является синонимом «модели» или даже частным случаем «модели»; аналогия, скорее, является существенным элементом структуры некоторых (не всех) подвидов моделей. Ачинстайн развивает довольно детальную классификацию моделей и их особенностей. Модели бывают *репрезентационными, теоретическими и воображаемыми*.

Репрезентационные модели представляют собой трехмерную физическую репрезентацию изучаемого объекта. Их Ачинстайн подразделяет, в свою очередь, на 4 подвида:

- 1) Истинные (true) модели: физическая репрезентация объекта с сохранением всех его исходных свойств, кроме масштаба. Таковой, например, является модель моста, уменьшенная в 100 раз по сравнению с оригинальным мостом;

⁹² Achinstein P. Concepts of science: a philosophical analysis. – Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1968. – p. 208.

2) Адекватные модели: сохранение только некоторых исходных свойств и характеристик («истинная модель» металлического моста, выполненная, например, из пенопласта, а не железа);

3) Искаженные модели: изменение различных характеристик с различным масштабом (уменьшить длину моста в 100 раз, а ширину – в 150);

4) Аналоговые (analogue) модели: характеристики не воспроизводятся вообще, вместо этого проводится *аналогия* между X и Y.

Классификация репрезентационных моделей вызывает некоторые вопросы. Так, например, неясно, существуют ли вообще в природе «истинные» модели, то есть можно ли уменьшить масштаб, не изменяя материальных характеристик; даже в примере с мостом очевидно, что как минимум некоторые детали модели будут состоять из иных материалов по сравнению с исходным мостом. Вероятно, все модели видов 1, 2 и 3 следует считать «адекватными». Что касается «аналоговых» моделей, то здесь Ачинстайн уточняет соотношение между понятием «аналогия» и «модель» следующим образом: проведение аналогии является частью процесса построения модели, однако не любая аналогия делает X моделью Y, а только та, где есть цель изучить Y на примере X (опять же, «некий А» должен поставить перед собой такую цель). Но когда выше Ачинстайн определял признаки аналогии, наличие субъекта познания и связанных с ним эпистемологических претензий уже входило в понятие аналогии – в этом смысле «аналогия» эквивалентна «аналоговой модели». Другое дело, что репрезентационные модели вообще требуют физической трехмерной реализации, а провести аналогию можно и между другими видами объектов, как мы увидим далее.

При этом (и Ачинстайн допускает такое словоупотребление) все репрезентационные модели можно назвать аналоговыми – в том смысле, что существует (сконструированный или уже имеющийся) объект, с которым проводится аналогия; в первых трех случаях проведение аналогии состоит в непосредственном конструировании второй системы, в четвертом – в сопоставлении с уже данной системой, но когда вторая система уже существует, во всех случаях присутствует указанная цель – изучить Y на примере X .

Теоретические модели определяются Ачинстайном следующим образом: «В этом смысле, когда ученые говорят о модели некоего X , они имеют в виду не объект или систему Y , отличную от X , а набор допущений об X »⁹³. Как ни странно, именно к этому классу моделей следует отнести, например, «бильярдную» модель газа, модель атома Бора, корпускулярную модель света, модель ДНК Уотсона-Крика и т.д.

Теоретические модели обладают рядом существенных черт.

Во-первых, как было сказано, они являются набором допущений, предположений (assumptions) об объекте или системе. Это значит, что диаграмма, рисунок или конструкция не являются теоретической моделью, хотя «репрезентируют» модель. Именно поэтому, например, «модель ДНК Уотсона-Крика» является теоретической моделью, хотя достоверно известно о существовании картонно-проволочной конструкции, с которой связана существенная часть теоретической работы по выявлению структуры двойной спирали. (Стоит ли эту конструкцию считать репрезентационной моделью теоретической модели – открытый вопрос). Теоретическая модель может быть (и часто бывает) выражена в системе математических уравнений, и тогда является «математической моделью».

⁹³ Achinstein P. Op.cit. – p.212.

Во-вторых, теоретическая модель описывает объект или систему, атрибутируя ей определенную внутреннюю структуру, механизм, который объясняет внешне выраженные свойства этой системы. В этом плане построение теоретической модели представляет собой, в терминологии Винера и Розенблюта, процесс «открывания» проблемных «ящиков».

В-третьих, теоретическая модель является упрощенным приближением, полезным *в определенных целях*. «Полезно представить, что X имеет такую-то и такую-то структуру, поскольку затем можно вывести из этого некоторые известные принципы; более того, действительная структура X примерно такова, хотя и является более сложной, так как подразумеваются только простые отношения, а различные усложняющие факторы были опущены»⁹⁴. Из этого вытекает принципиально важное для Ачинстайна и последующей дискуссии о моделях различие: теория отличается от теоретической модели тем, что модель – это набор *полезных* допущений, в то время как теория – это набор допущений, *претендующих на истинность*. Ценность модели определяется двояким образом: насколько она достигает цели, для которой она должна быть полезной, и насколько полно и точно она репрезентирует исследуемый объект; неполная репрезентация может быть лучшей моделью, чем более точная, если цели исследователя определены соответствующим образом. Более того, существование альтернативных целей подразумевает возможность и необходимость наличия альтернативных моделей одного и того же. Соответственно, наличие альтернативных теоретических моделей – нормальная ситуация в науке, тогда как наличие альтернативных теорий, каждая из которых претендует на истинность – это проблема; такие теории требуют детальной проверки, доработки, взаимной критики и т.д.

В-четвертых, теоретические модели могут быть (и бывают) предложены в рамках более широкой, фундаментальной (basic) теории.

⁹⁴ Achinstein P. Op.cit. – p. 214.

В-пятых, теоретические модели формулируются, развиваются и даже иногда именуются на основании *аналогии* изучаемой системы с другой системой.

Последние два замечания можно обобщить в схему:

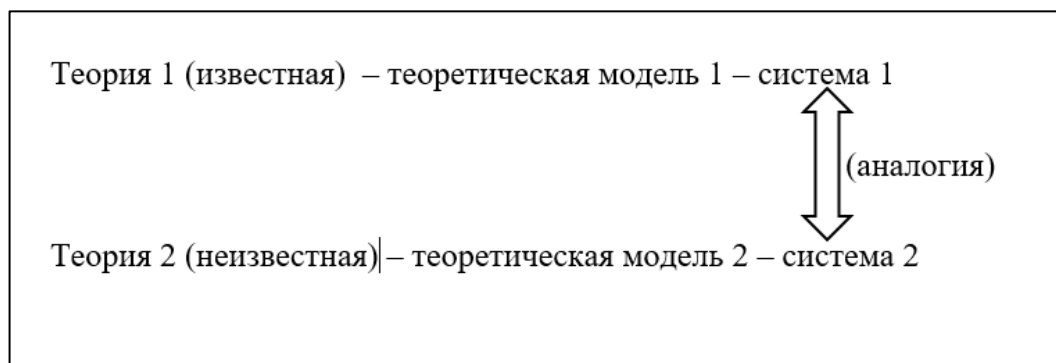


Рисунок 1. Место аналогии в структуре научной теории по Ачинстайну

Понятие теоретической модели у Ачинстайна, таким образом, довольно четко разграничено с понятием аналогии: модель представляет собой набор допущений о данной системе, тогда как аналогия означает соотнесенность этой системы с другой. Как и Нагель, Ачинстайн признает дидактическую роль моделей: на них удобно изучать сложные теории.

Что касается *воображаемых* моделей, то в качестве их примеров Ачинстайн приводит модель воображаемого неевклидова мира Пуанкаре и модель электромагнитного поля Максвелла. Воображаемые модели, как и теоретические, являются описанием некоторого объекта или системы с помощью набора предположений. Их претензии на истинность еще меньше, чем у теоретических моделей: они не являются даже приближением к истине или указанием на то, где истину искать. Однако ключевое отличие воображаемых моделей – это их цель: продемонстрировать то, каким объект *Х* мог бы быть при определенных гипотетических условиях.

Зачем это нужно? Во-первых, на воображаемых моделях можно демонстрировать когерентность определенных теоретических допущений (например, таким образом можно продемонстрировать непротиворечивость системы аксиом). Во-вторых, воображаемая модель может стимулировать

научный поиск в направлении того, как все устроено на самом деле (воображаемая модель может быть взята в качестве гипотезы, проверяя и опровергая которую, по заветам Поппера, ученый придет к более адекватному пониманию действительности). В-третьих, здесь тоже присутствует дидактический момент: работа с воображаемой моделью делает более понятным тот набор теоретических принципов, на котором она основана.

Общая классификация моделей по Ачинстайну может быть оформлена следующей таблицей:

Вид модели	Теоретическая модель	Воображаемая модель	Репрезентационная (аналоговая) модель
Что модель представляет собой	Набор допущений и предположений		Объект (реальный или воображаемый)
На какой вопрос отвечает модель	Каков X на самом деле?	Каким X мог бы быть?	Каков Y, аналогичный X?

Ачинстайн претендует на то, что эта довольно детальная схема является (феноменологическим) описанием того, как обстоит дело с моделями и аналогиями в науке. Далее он, исходя из этого описания, собирается критиковать подход Нагеля и вообще синтаксический подход. Со своей стороны, заметим, что Ачинстайн исходит из фиксации действительного положения дел (другой вопрос – адекватно ли он это положение дел зафиксировал), а Нагель предлагает сразу философско-теоретическое объяснение того, в чем состоит природа моделей, и лишь затем пытается уложить многообразную практику моделирования в это объяснение.

Далее Ачинстайн формулирует и последовательно критикует ряд тезисов синтаксического подхода с позиций вышеизложенной классификации моделей.

Тезис 1. *Модель – это набор высказываний, приписывающих свойства некоторому объекту или системе.*⁹⁵ Это верно для теоретических моделей и частично верно для воображаемых, однако репрезентационные модели являются объектами, а не высказываниями. Аналогия может быть высказыванием, констатирующим факт сходства свойств объектов или систем, но не приписыванием этих свойств.

Тезис 2. *Высказывания, составляющие модель, описывают предмет, отличный от того, моделью чего он является.* Это, наоборот, оказывается неверным для теоретических и воображаемых моделей: они претендуют на описание того самого объекта (реального или воображаемого). Неприменимость к репрезентационным моделям тривиальна, так как они вообще не являются высказываниями.

Тезис 3. *Модель создается, чтобы предоставить интерпретацию для неинтерпретированного формализма или исчисления.* Критика этого тезиса отчасти основана на тех противоречиях, которые мы выше выявили в изложении Нагеля. Ачинстайн пишет, что тезис о модели как интерпретации исчисления можно понимать трояким образом:

а) Модель является интерпретирующей системой и не тождественна исчислению, то есть является одной из многих возможных интерпретаций. Так, моделью высказывания «Все А суть Б» является высказывание «Все металлы плавятся», равно как и «Все апельсины оранжевые». Однако такое толкование оказывается слишком широким: нас интересуют именно научные модели, а не, например, любые общезначимые высказывания.

б) Цель формулирования и использования модели – предложить интерпретацию для неинтерпретированных терминов исчисления. Такое понимание Ачинстайн, напротив, считает слишком сильным: «Физик

⁹⁵ Глава называется «О семантической теории моделей», однако, как видно из первого тезиса, подразумевается все же «синтаксический» подход к научной теории (именно он представляет теорию и модель как совокупность высказываний).

использует модель Бора для предъявления интерпретации исчисления (или потому что она может предложить такую интерпретацию) не в большей степени, чем тот, кто произносит фразу “Все металлы плавятся” для интерпретации схемы “Все А суть Б”»⁹⁶. То есть модели, конечно, могут использоваться таким образом, но непохоже, чтобы это было целью их существования.

в) Цель – не предложить интерпретацию, а продемонстрировать саму возможность интерпретации, так как ученые должны представлять свои идеи в виде хотя бы частично интерпретированного исчисления. Проблема, однако, состоит в том, что эту функцию мог бы выполнять любой набор значений переменных (в том числе, как мы указывали выше, это может сделать эмпирическая интерпретация, построенная через правила соответствия).

Таким образом, тезис 3 неверен для теоретических моделей. Однако он может быть верен для воображаемых моделей: «Смысл воображаемой модели – показать, каким мог бы быть Х, если он должен удовлетворять условиям С. Чтобы показать это, модель может продемонстрировать, помимо прочего, как термины из С могут быть интерпретированы... [так как] С может состоять из формул...»⁹⁷. Также в отношении воображаемых моделей тезис 3 может быть верен в том смысле, что модель демонстрирует непротиворечивость (consistency) набора воображаемых предпосылок.

Тезис 4. *Модель всегда предлагается в связи с некоторой теорией, имеющей ту же формальную структуру, что и модель.* В широком смысле слова этот тезис оказывается трюизмом: поскольку теоретическая/воображаемая модель является интерпретацией исчисления, постольку она имеет ту же структуру. Если же сузить тезис в том плане, что *научная* модель является интерпретацией *научной* теории и имеет общую с ней структуру, то, по Ачинстайну, неизбежно приходится вводить элемент

⁹⁶ Achinstein P. Op.cit. – p. 233.

⁹⁷ Ibid., p. 235.

конвенционализма: рассматривать только теории, общепризнанно научные (generally recognized as scientific), в то время как существуют модели, не являющиеся интерпретациями общепризнанно научной теории (воображаемая модель электромагнитного поля Максвелла). В таком случае вопрос о сущности научной модели сам обретает чисто конвенционалистскую форму: научная модель – это то, что ученые считают научной моделью.

От себя добавим, что в каком-то смысле Ачинстайн признает вышеуказанный конвенционализм и не считает его недостатком (хотя он, несомненно, является недостатком для синтаксического подхода Нагеля): классификация моделей Ачинстайна сама по себе является экспликацией конвенции по поводу понятий «модель», «аналогия» и «репрезентация». Мы можем принять это как методологический регулятив: конвенциональность терминологии как результат исследования не имеет познавательной ценности, в то время как начать с уточнения существующих конвенций – продуктивная идея.

Тезис 5. *Модель – это аналогия.* Мы уже видели, что у самого Нагеля этот тезис выглядит крайне расплывчато и иногда он использует термины «аналогия» и «модель» как синонимы. Согласно Ачинстайну, проведение аналогии является частью процесса построения моделей, но при этом не всех – существуют модели, не «аналогичные» ничему, и существуют аналогии, которые, в отсутствие поставленной исследователем цели изучить одно на примере другого, не являются моделями. Вероятно, Ачинстайн допустил бы и употребление понятия «аналогия» применительно к отношению между *теориями*, а не только объектами или системами.

При всех разногласиях с Нагелем позицию Ачинстайна сложно отнести к семантическому подходу, так как научная теория для него не является набором моделей разной степени общности. Он признает, что структура научной теории – это набор высказываний, и по крайней мере ряд моделей (теоретических, например) также характеризуются Ачинстайном как

высказывания – предположения или допущения. С этой точки зрения Ачинстайн является непосредственным продолжателем синтаксического подхода. Признавая, однако, целые классы моделей, не являющихся высказываниями, и декларируя их роль в процессе получения научного знания, а также акцентируя внимание на прагматических аспектах этих моделей, Ачинстайн довольно далеко отходит от позиции Нагеля и синтаксического подхода вообще.

1.5 Мэри Хессе: модели, аналогии и метафоры

Мы несколько нарушаем хронологический порядок, разбирая взгляды Хессе, изложенные в работах 1963-66гг., после Ачинстайна (книга 1968 года). Это, однако, оправдано местом их идей в последующих дискуссиях о природе научных моделей: в Ачинстайне видят прежде всего знаменитого критика синтаксического подхода (он же «Received View»)⁹⁸, в то время как концепцию Хессе используют в дискуссиях о более позднем теоретико-множественном, или семантическом подходе – например, пытаясь продемонстрировать его совместимость с идеями Хессе⁹⁹.

Начало полемики о статусе моделей в научном познании Хессе возводит к заочному спору между Пьером Дюгемом и Норманом Кэмпбеллом. Кэмпбелл (1880-1949) опубликовал в 1921 году книгу под названием «Что такое наука?» Это был краткий очерк философии науки и теории измерений, не привлечший внимания специалистов, поскольку предназначался не философам науки, а практикующим сотрудникам лабораторий. Мы не стали рассматривать его, в хронологическом порядке, после Дюгема, так как работа (в отличие от «Физической теории») не получила никакого отклика и кажется, повлияла на философско-научные дискуссии только в 60-е, когда, собственно, Хессе извлекла Кэмпбелла из забвения. Напомним, что мы считаем период с «Физической теории» Дюгема по «Роль моделей в науке» Винера и Розенблюта «сорокалетием молчания», и отсутствие минимальных реакций на книгу Кэмпбелла только подтверждает такую характеристику.

Около трети книги Хессе представляет собой импровизированный диспут между «дюгеминцем» и «кэмпбеллианцем», в котором Хессе, очевидно, стоит на стороне второго¹⁰⁰. Последователь Дюгема утверждает, что

⁹⁸ French, S., da Costa, N. Theories, models and structures: thirty years on // *Philosophy of science*. – Vol. 67, 2000. – p.116-117.

⁹⁹ См., например: Da Costa N., French S. The Model-theoretic approach in the philosophy of science // *Philosophy of science*. – Vol.57 (2), 1990. – pp. 248-265; а также Rentenzi M. The metaphorical conception of scientific explanation: rereading Mary hesse // *Journal for general philosophy of science*. – Vol. 36, 2005. – pp. 377-391.

¹⁰⁰ Хотя эта очевидность не такова, как, например, во многих диалогах Платона: «дюгеминец» выглядит вполне серьезным и умным критиком позиции Хессе.

«модели могут быть полезны для того, чтобы предложить [новую] теорию, однако я не думаю, что они существенны, даже как психологическое средство, и они точно не существенны *логически* для того, чтобы теория могла быть принята как научная».¹⁰¹ Последователь Кэмпбэлла, напротив, утверждает, что «модели в некотором смысле существенны для [essential to] логики научных теорий».¹⁰²

В связи с этим позиция Нагеля, рассмотренная нами в начале главы, выглядит как (неудачная) попытка синтеза этих позиций: он «предает» Дюгема, попытавшись включить модели в логическую структуру теории, но пытается сделать это, оставаясь в рамках представлений о теории как формализме. Мы отмечали также, что нагелевская концепция неявным образом переводит проблематику моделей в область динамики научного знания (то есть в область контекста открытия): «кэмпбеллианец» Хессе также признает, что работает «не со статическими, формализованными теориями... но с теориями в процессе развития»¹⁰³.

Смысл, вкладываемый в понятие «модель», Хессе объясняет на примере модели газа как бильярдных шаров. Модель включает в себя три отношения аналогии:

- *негативная аналогия* – свойства двух систем, которые различаются между собой (бильярдные шары могут быть белыми или красными, молекулы газа – нет);

- *позитивная аналогия* – свойства, которые могут быть сходными (скорость или импульс шара/молекулы);

- *нейтральная аналогия* – свойства, о которых пока неизвестно, являются ли они общими для модели и моделируемого объекта. Именно

¹⁰¹ Hesse M. Models and analogies in science. – Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1970. – p. 7. Как мы видели (см. Раздел 1.1), это не вполне точное отражение позиции Дюгема: «полезность» моделей он тоже ставит под сомнение.

¹⁰² Ibidem.

¹⁰³ Hesse M. Op.cit. – p. 10.

нейтральные аналогии наиболее важны для эпистемологии моделей: они ориентируют научный поиск, так как с ними связаны наиболее очевидные способы предложения гипотез. (Например, мы можем предположить, что молекулы при столкновении будут вести себя подобно бильярдным шарам).

Само понятие модели определяется Хессе как «полная интерпретация дедуктивной системы, зависящая от позитивных и нейтральных аналогий [с моделируемым объектом]».¹⁰⁴ При этом субстанциальная природа модели оказывается непринципиальной: «Модель для меня – это любая система, неважно, сконструированная, изображенная, воображаемая или еще какая-то, которая обладает свойством придавать теории *предсказательную силу*»¹⁰⁵, - говорит «кэмпбеллианец» Хессе.

Одна из функций моделей – «способ предложить новую теорию»,¹⁰⁶ а также, как было сказано, дополнять гипотезами уже существующую. Однако модель, по мнению Хессе, должна обладать чем-то большим, чем просто эвристический потенциал, с которым «дюгемианец» не спорит. Дело в том, что, по мнению Хессе, модель имеет прямое отношение к эмпирической интерпретации теоретических терминов – терминов, референты которых *ненаблюдаемы*. Модель, в этом смысле, - это способ сделать невидимое видимым. Так, можно интерпретировать распространение звука в воздухе как волновой процесс по аналогии с распространением волн в воде: частицы воздуха ненаблюдаемы, частицы воды – наблюдаемы; соответственно, эмпирической интерпретацией математического формализма, описывающего оба процесса, будут именно частицы воды – по крайней мере, до тех пор, пока нельзя будет дать адекватную эмпирическую интерпретацию теоретического термина «частица воздуха». Разумеется, после того, как адекватная теория представлена, аналогия не нужна для эмпирической интерпретации: ее можно

¹⁰⁴ Ibidem. Точнее, так определяется понятие «модель-1»; Хессе также вводит понятие «модель-2» для обозначения совокупности всех аналогий (в т.ч. негативных), однако сама не придает этому различию большого значения.

¹⁰⁵ Hesse M. Op.cit. Курсив автора.

¹⁰⁶ Ibid., – p. 14.

вывести дедуктивно из теоретических положений. Проблема, однако, в том, что эмпирические данные могут иметь сколь угодно большое разнообразие теоретических объяснений, следствиями которых они будут; равно как и следствия, выводимые из дедуктивной системы самой по себе, могут быть эмпирически проинтерпретированы самым различным образом (пример Хессе с аналогией между звуковыми и световыми волнами¹⁰⁷). Модель, таким образом, является не только эвристическим указанием на то, где искать привязку теории к эмпирике (как это отмечал еще Нагель): она сама до поры до времени играет роль эмпирической интерпретации. Исключить модель из логической структуры теории, в таком случае, — значит «обездвижить» теорию, лишить ее предсказательного потенциала.

На то, что модель является частью структуры теории, указывает и еще один факт. «Кэмпбеллианец» Хессе замечает, что предсказания, производимые на основе модели, могут подтверждаться или опровергаться точно так же, как и предсказания самой теории; модель даже может быть отвергнута — сама или вместе с теорией, к которой она апеллирует. Так, корпускулярная теория света подразумевала модель, согласно которой, две частицы света, падающие в одну точку, должны увеличить интенсивность света (как если бы два материальных шара падали в одно место). Однако эксперименты с дифракцией опровергли это предсказание, после чего была отброшена и модель, и теория целиком.¹⁰⁸ Аргумент состоит в том, что, если бы модель не была содержательно связана с теорией, ее подтверждение или опровержение не влияли бы на статус самой теории.

Позитивные аналогии могут возникать на различных основаниях. Самое простое основание — наличие общего свойства (например, Земля и Луна имеют сферическую форму и получают тепловую энергию от Солнца). Вторая

¹⁰⁷ Ibid., p. 27-28.

¹⁰⁸ Hesse M. Op.cit. — p. 33-34. Возможность существования *experimentum crucis* известным образом критиковалась в постпозитивистской философии науки (например, Лакатосом или Куайном); с нашей точки зрения, полемика по этому поводу не оказывает существенного влияния на аргументацию Хессе.

возможность – наличие *сходных* свойств (явление эха в распространении звука схоже с явлением отражения в распространении света). Наконец, аналогия может присутствовать на основании сходных соотношений между частями системы (или частью и целым): так, отношение отца к сыну можно сопоставить с отношением государя к его подданным. Все эти виды Хессе объединяет понятием «материальная аналогия» и характеризует ее как *дотеоретическое (pre-theoretic)* соотношение явлений или систем. В противоположность материальным аналогиям, *формальные* аналогии являются результатом «взаимно-однозначного соответствия между различными интерпретациями одной и той же формальной теории».¹⁰⁹

Необходимым условием наличия аналогии является существование горизонтальных и вертикальных отношений между элементами «пропорции» (греч. ἀναλογία - «пропорция, соответствие, соразмерность»).

Свойства звука	Свойства света
Высота тона	Цвет

1. Горизонтальные отношения должны быть отношениями *сходства* (описанными выше)

2. Вертикальные отношения должны быть отношениями *причинности*.

3. Существенные свойства модели не являются частью негативной аналогии.

При соблюдении этих трех условий модель может считаться функционирующей. Хессе делает интересное замечание по поводу отношений причинности, упомянутых в пункте 2: задаваясь вопросом, можно ли свести научную деятельность *целиком* к построению моделей, она отвечает: «Нет», так как именно теория, стоящая за некоторой моделью, и определяет, что будет

¹⁰⁹ Hesse M. Op.cit. p. 68.

вертикальным каузальным отношением.¹¹⁰ В этом смысле теоретическая и модельная составляющие научного знания неотделимы друг от друга.

Что же касается вопроса о том, какие именно свойства должны считаться существенными (пункт 3), то кажется, Хессе принимает в этом отношении конвенционально-прагматическую точку зрения. Так, она пишет о существовании «порочного круга» в обосновании аналогических умозаключений: вывод по аналогии зависит от индуктивного переноса свойств; в свою очередь, такая индукция основана на признании факта аналогии между системами. Выход из этого порочного круга она видит в соглашении о «признании качеств, между которыми мы распознаем сходства или различия, далее не анализируемыми».¹¹¹ Такой конвенционализм напоминает известную позицию Поппера по поводу базисных высказываний: и в том, и в другом случае конвенция может быть пересмотрена и подвергнута дальнейшему критическому анализу (в этом смысле сохраняются принципы научной рациональности), но на определенных этапах научного поиска она необходима.

Помимо перечисленных функций – модель как способ предложить теорию и модель как эмпирическая интерпретация ненаблюдаемых теоретических объектов – Хессе выделяет еще одну, а именно *коммуникативную* функцию моделей. Рассматривая, вслед за Максом Блэком, проблематику метафорического объяснения (как в науке, так и вообще – в литературе, поэзии и т.д.), Хессе указывает на принципиальную вещь – использование метафоры подразумевает, что *ее поймут*.¹¹² Это, разумеется, не означает, что метафора имеет однозначный смысл для всех возможных реципиентов, однако какое-то понимание будет ближе, а какое-то – дальше от истины (или от намерений автора). Следовательно, необходимо отказаться от точки зрения, согласно которой «метафоры целиком некогнитивны,

¹¹⁰ Ibid., p. 98.

¹¹¹ Hesse M. Op.cit. – p. 74

¹¹² Ibid., p. 164

субъективны, эмоциональны или являются стилистическими особенностями языка».¹¹³ Хессе пишет: «Эти взгляды имеют свои параллели в позициях многих философов науки, которые полагают, что модели чисто субъективны, психологичны, и применяются индивидами для собственных эвристических целей. Это совершенно ошибочное описание их функций в науке. Модели, как и метафоры, задумываются ради коммуникации».¹¹⁴ Возможно, ни сам ученый, ни те, кто «воспринимает» его модель, не фиксируют ее «полного» смысла (в этом и суть нейтральных аналогий Хессе), однако будь моделирование исключительно субъективной практикой, оно было бы в науке совершенно невозможным.

Дальнейшие параллели с метафорическим языком углубляют проблематику модели. Подобно тому, как применение метафоры к некоему объекту изменяет нашу оптику рассмотрения этого объекта (сказать, что «человек – это волк», по примеру Хессе, означает изменить наше представление о некоторых существенных свойствах человека), так и применение модели изменяет наше понимание моделируемого. Хессе делает следующее программное заявление: «Дедуктивная модель объяснения должна быть модифицирована и дополнена взглядом на теоретическое объяснение как на *метафорическое пере-описание* региона объясняемого [курсив наш – М.В.]»¹¹⁵.

Здесь можно вспомнить, что аналогичного взгляда на природу метафоры придерживался Хосе Ортега-и-Гассет. В работе «Две главные метафоры» он подчеркивает: «Метафора – это действие ума, с чьей помощью мы достигаем того, что не под силу понятиям... Метафора удлиняет радиус действия мысли».¹¹⁶ Сравнивая стихотворение Лопе де Вега (метафора «хрустального копья» как струи фонтана) и закон всемирного тяготения

¹¹³ Ibidem

¹¹⁴ Ibid., p. 165

¹¹⁵ Hesse M. Op.cit. – p. 171.

¹¹⁶ Ортега-и-Гассет Х. Две главные метафоры // Ортега-и-Гассет Х. Эстетика. Философия культуры. – М.: Искусство, 1991. – с. 207.

Ньютона (ряд числовых соотношений сопоставлен с небесными телами), Ортега-и-Гассет пишет, что «научный закон говорит всего лишь о тождестве между абстрактными частями двух предметов, поэтическая метафора утверждает полное сходство двух конкретных вещей. Стало быть, наука использует примерно те же интеллектуальные средства, что поэзия и практическая жизнь. Разница – не в них самих, а в несхождении режимов и задач, которым подчиняется каждая сфера».¹¹⁷ В другой работе, «Эссе на эстетические темы в форме предисловия», Ортега-и-Гассет углубляет свой анализ метафоры на примере строчки другого поэта, который назвал кипарис «призраком мертвого пламени». «Каков же здесь метафорический предмет? – задается вопросом испанский философ. – Не кипарис, не пламя, не призрак – все они принадлежат миру реальных образов. Новый объект, который выходит нам навстречу, – некий “кипарис – призрак пламени”».¹¹⁸ И далее: «Когда метафора декларирует их [кипариса и пламени] абсолютную идентичность с той же силой, что и абсолютную неидентичность, она подводит нас к тому, что мы не ищем идентичности в реальных образах этих предметов, а используем их всего лишь как отправной пункт, за которым мы должны найти идентичность новых объектов – кипарис, который без всякого абсурда мы можем считать пламенем».¹¹⁹

Метафора, таким образом, преобразует оба сопоставляемых объекта, порождая новый. Мы полагаем, что концепцию Хессе можно истолковать аналогично¹²⁰: модель газа в виде бильярдных шаров не есть ни, собственно, реальные молекулы газа, ни бильярдные шары, она есть новый объект, сконструированный в целях передачи наглядного образа – эмпирически проинтерпретированного теоретического термина.

¹¹⁷ Там же, с. 209.

¹¹⁸ Ортега-и-Гассет Х. Эссе на эстетические темы в форме предисловия // Ортега-и-Гассет Х. Эстетика. Философия культуры. – М.: Искусство, 1991. – с. 105.

¹¹⁹ Там же, с. 107.

¹²⁰ То есть аналогично истолковать аналогию, да простится мне этот каламбур.

Не подрывает ли такая поэтическая трактовка научной модели принципы научной рациональности? Хессе полагает, что нет, так как в ее понимании «рациональность состоит в непрерывной адаптации нашего языка к нашему непрерывно расширяющемуся миру».¹²¹ В связи с этим подчеркивается роль научного сообщества в процессе адаптации языка: «описания наблюдений не начертаны на лице событий, они уже – “интерпретации” событий, и способ интерпретации зависит от рамочных допущений языкового сообщества».¹²² Как указывает Мария Рентенци, эти допущения касаются не только дискурса вокруг научной деятельности, но проникают в самую суть теоретизирования, поскольку напрямую касаются процесса научного объяснения.¹²³

¹²¹ Hesse M. Op.cit. – p. 177. Мы вновь обратим внимание на то, что здесь подчеркивается динамический характер научного знания.

¹²² Ibid., p. 15.

¹²³ Rentenzi M. The metaphorical conception of scientific explanation: rereading Mary Hesse // Journal for general philosophy of science. – Vol. 36, 2005. – p. 389.

1.6. Семантический (теоретико-множественный) подход: модели как гомоморфные структуры

Как пишет один из «отцов-основателей» семантического подхода, Фредерик Сапп, «семантическая концепция теории сегодня – возможно, наиболее распространенный среди философов науки способ философского анализа природы научных теорий».¹²⁴ Имеется в виду конец 80-х гг., однако семантический подход продолжает оставаться популярным и в 90-е годы,¹²⁵ и в XXI веке.¹²⁶

Семантический подход восходит к работам П. Саппса,¹²⁷ Дж. Снида, В. Штегмюллера 1960-х гг. С точки зрения семантического подхода, природа научных теорий – не лингвистическая (как это утверждалось в рамках синтаксического подхода), а теоретико-множественная. Если ядром синтаксического подхода является аксиоматизированная система высказываний, то для семантического подхода «сердце теории – это вне-лингвистическая *теоретическая структура*»¹²⁸. Предложить теорию – значит специфицировать эту структуру, то есть задать некоторое множество и отношения на нем, а также сформулировать гипотезу, согласно которой эта структура будет отображать («картировать», «mapping relationship») отношения феноменов реального мира. Сапп подчеркивает, что теория в такой интерпретации выражает именно структуру отношений, не объясняя, в чем состоит содержательный смысл самого отношения: «Законы теории не уточняют, каково это отношение отображения. Это резко контрастирует с синтаксическим подходом, который реконструирует теории в виде

¹²⁴ Suppe F. The semantic conception of theories and scientific realism. – Urbana and Chicago: University of Illinois Press, 1989. – p. 3.

¹²⁵ «Сегодня мы можем сказать, что аксиоматизировать теорию – значит применить семантический или теоретико-модельный метод». Da Costa N., French S. The Model-theoretic approach in the philosophy of science // Philosophy of science. – Vol.57 (2), 1990. – p. 250.

¹²⁶ См. например, Godfrey-Smith P. Models and fictions in science // Philosophical studies. – Vol. 143 (1), 2009. – pp. 101-116., а также Contessa G. Scientific models, partial structures and the new received view of theories // Studies in History and Philosophy of Science. – Vol.37, 2006. – pp.370-377.

¹²⁷ В отечественной литературе «Suppes» часто транскрибируется как «Суппес», а не «Саппс», что некорректно. Но зато это позволяет не путать его с Ф.Саппом (Suppe).

¹²⁸ Suppe F. Op.cit. – p. 4.

конъюнкции высказываний – законов и правил соответствия, которые специфицируют проявление законов в наблюдаемых феноменах».¹²⁹ С этой точки зрения, экспериментальные, измерительные (и, видимо, модельные) практики научного исследования нужны для выявления структурного подобия отношений в теоретической и феноменальной части научного знания, однако сами по себе они не предопределены научной теорией: это означает, что семантический подход допускает относительно самостоятельное существование моделей разных уровней (даже в отсутствие выявленных отношений изоморфизма).

В качестве рабочих определений введем определения Ю.А. Шрейдера: «*Моделью (или реляционной системой)* называется множество M с заданными на нем отношениями $A1 \dots Am$. Итак, модель – это $R = \langle M; A1 \dots Am \rangle \dots$ Две модели $R = \langle M; A1 \dots Am \rangle$ и $R' = \langle M'; A'1 \dots A'm \rangle$ называются *изоморфными*, если существует взаимно однозначное отображение множества M на M' , при котором любое соотношение $\langle x, y \rangle \in A_i$ между элементами множества M равносильно аналогичному соотношению между их образами $\langle x', y' \rangle \in A'_i$ ».¹³⁰ Шрейдера, вообще говоря, можно также отнести к представителям семантического подхода, так как для него *значением* теории (в том числе научной) является конкретная модель, а *смыслом* теории – класс всех возможных моделей.¹³¹

Сапп также подчеркивает, что слово «семантика» в названии подхода следует интерпретировать как указание на «формальную семантику, или теорию моделей, в математической логике»¹³². Ньютон да Коста и Стивен Френч характеризуют это следующим образом: «Под “моделями” здесь имеются в виду математические модели в смысле реляционных структур, для которых все высказывания теории выражают истинные свойства структуры,

¹²⁹ Ibidem.

¹³⁰ Шрейдер Ю.А. Логика знаковых систем: элементы семиотики. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – С. 43-44.

¹³¹ Там же, с. 50. Понятия «значение» и «смысл» должны пониматься здесь семиотически.

¹³² Suppe F. Op.cit., p. 4.

которая, в свою очередь, действует как интерпретация теории. Это позволяет применить математические и логические приемы формальной теории моделей Тарского». ¹³³ Они также указывают, что семантический подход унаследовал эту идею у группы Бурбаки, для которого аксиоматизация математической теории означала переопределение видов объектов, типов и структур этой теории в терминах теории множеств. Язык теории множеств, таким образом, понимается как «универсальный язык, на котором мы можем воспроизвести всю существующую математику (и практически всю область научного мышления)» ¹³⁴. Итак, под моделями имеются в виду в первую очередь математические модели. Баас ван Фраассен известным образом проиллюстрировал работу аксиоматического метода на примере аксиоматизации геометрии Пуанкаре. ¹³⁵ В общих чертах пример выглядит следующим образом: дано пять аксиом, теория T_0 состоит из первых трех аксиом, $T_1 = T_0 +$ аксиома 4, $T_2 = T_0 +$ аксиома 5. Средствами логического

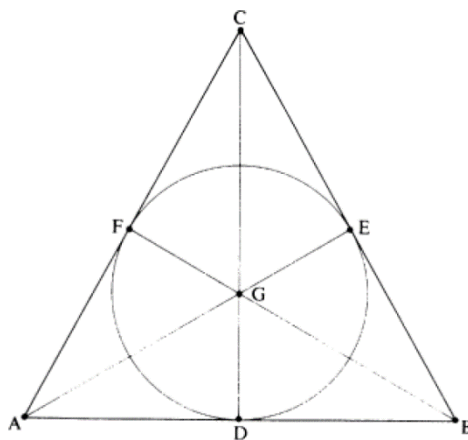


Рисунок 2. Иллюстрация плоскости Фано из "Scientific image" ван Фраассена

анализа можно выявить непротиворечивость теорий T_0 , T_1 и T_2 . То же самое, однако, можно продемонстрировать иначе, предложив модель теории T_1 , которая представляет собой так называемую «плоскость Фано»:

¹³³ Da Costa N., French S. The Model-theoretic approach in the philosophy of science // Philosophy of science. – Vol.57 (2), 1990. – p. 250.

¹³⁴ Ibid., p. 253.

¹³⁵ Van Fraassen B. Scientific image. – NY: Oxford University Press, 1980. – pp. 41-44.

Ван Фраассен дает определение модели: «Любая структура, которая удовлетворяет аксиомам теории, является моделью этой теории».¹³⁶ Наличие модели, по ван Фраассену, демонстрирует непротиворечивость аксиом теории; хотя то же самое можно установить средствами синтаксического анализа, оказывается достаточно предложить модель. Теория T2, однако, которая включает аксиому «На каждой прямой лежит бесконечное множество точек», не интерпретируется моделью плоскости Фано, однако если расположить плоскость Фано на евклидовой (бесконечной) плоскости, новая модель будет интерпретацией и теории T1, и теории T2. Более того, между моделями этих теорий можно установить отношение *изоморфизма*, что позволяет уточнить соотношение теорий T1 и T2: «всякая модель T1 может быть отождествлена с подструктурой некоторой модели T2».¹³⁷ Распространяя этот пример на естественные науки (применительно к физике Ньютона), ван Фраассен пишет: «Когда Ньютон заявляет об эмпирической адекватности теории, он заявляет, что теория имеет такую модель, что все явления актуальной действительности можно идентифицировать как изоморфные [частям] этой модели».¹³⁸ Соответственно, «быть убежденным в [истинности] теории – значит быть убежденным в том, что одна из ее моделей является корректной репрезентацией мира».¹³⁹

В этом изложении ван Фраассена семантический подход выглядит эквивалентным синтаксическому: то, что можно описать как аксиоматизированную теорию, можно описать и как иерархию моделей. Однако сторонники семантического подхода полагают, что у них есть одно серьезнейшее преимущество: «Одной из ключевых отличительных особенностей семантической концепции теорий, развиваемой Бетом, ван

¹³⁶ Ibid., p. 43.

¹³⁷ Van Fraassen B. Op.cit. – p. 43.

¹³⁸ Ibid., p. 45. Шрейдер уточняет, что моделью в этом смысле можно считать «любой реальный или абстрактный объект, расчленимый на множество элементарных частей» См. Шрейдер Ю.А. Указ.соч. – с.44.

¹³⁹ Van Fraassen B. Op.cit. – p. 47. Понятие «истинность» используется здесь скорее для удобства перевода, в оригинале стоит «To believe a theory». В контексте философии науки ван Фраассена вместо «истинности», конечно, следует скорее говорить об «эмпирической адекватности».

Фраассеном, Саппсом и мной, является *отсутствие чего бы то ни было похожего на правила соответствия* – и это отсутствие является критическим для предлагаемого способа определения теории [*курсив мой* – М.В.]¹⁴⁰. Как мы указывали в начале обсуждения работы Нагеля, его анализ моделей следует рассматривать в контексте проблемы соотнесения теоретического и эмпирического уровней знания. В синтаксическом подходе в целом эта проблема решается за счет введения правил соответствия между эмпирическими и теоретическими терминами (у Нагеля – между эмпирическими и теоретическими законами); однако вопрос о том, можно ли целиком редуцировать значение теоретического термина к феноменально фиксируемому, остается открытым. Семантический подход предлагает стратегию анализа теории, полностью оставляющую эту проблему в стороне; таким образом, анализ моделей здесь еще более связан с соотнесением уровней знания. Фактически вместо обсуждения соотнесенности теории и реальности через модель все уровни – теория, модель, реальность – интерпретируются как теоретико-множественные сущности с заданными структурными отношениями, и достоверность теории гарантируется общностью математической структуры мира и языка описания.

Сложно не увидеть в этом влияние идей раннего Витгенштейна: «2.15. То, что элементы образа соединяются друг с другом определенным способом, показывает, что так же соединяются друг с другом и вещи... 2.1511. Так образ связан с действительностью; он достает до нее. 2.1512. Он подобен масштабу, приложенному к действительности».¹⁴¹ Примечательно при этом, что Сапп, повествуя об истоках и историческом развитии семантического подхода, признается, что «был не в курсе большей части позитивистской философии науки. Я слегка просмотрел кое-что (Брейсуэйт, Карнап и Нагель), но быстро заключил, что это имеет мало отношения к реальной науке, насколько я ее знаю... Будь я индоктринирован позитивизмом, я сомневаюсь, что был бы

¹⁴⁰ Suppe F. Op.cit. – p. 20.

¹⁴¹ Витгенштейн Л. Логико-философский трактат. – М.: Канон + РООИ «Реабилитация», 2017. – С. 46.

способен разрабатывать семантический подход».¹⁴² Возможно, заслуживает отдельного исследования вопрос о том, не являются ли семантический и синтаксический подходы исторически различными вариациями на тему «Логико-философского трактата».

Модели, таким образом, из побочных эффектов научной деятельности становятся ее ядром. Однако возникает вопрос: те ли это модели, которые нас интересуют? В самом деле, интерпретация теории как иерархии моделей является способом ее формализации с помощью математического аппарата; в этом смысле модель, даже не будучи математической, *должна быть проинтерпретирована* в качестве таковой. Так, Шрейдер приводит пример множества M квартир в многоквартирном доме, и заданных на нем отношений «находиться выше», «находиться на одной лестничной клетке» и т.д.; в таком случае, дом является моделью любого другого подобного дома, а заодно изоморфным проекту этого дома – и вообще изоморфным любой математической теоретико-множественной конструкции с аналогичными отношениями.¹⁴³

Стремление к такой формализации может быть частным случаем стремления к избавлению от путаницы – по крайней мере, так, по словам Саппа, к теоретико-множественному подходу пришел Патрик Саппс (слушая довольно путанные лекции Л.Томаса по физике, он «хотел увидеть, как могла бы выглядеть аксиоматическая формулировка» и т.д.)¹⁴⁴. Это мотивация, под которой, на наш взгляд, могли бы подписаться и логические позитивисты. Мы помним, однако, что когда Нагель пытается определить роль моделей, он приписывает им, помимо прочего, иллюстративно-педагогическую роль: модель может быть удачным способом объяснить, в чем состоит теория, тогда как аксиоматическая формулировка может оказаться громоздкой и чересчур сложной для восприятия. Вспомним также и то, что специально на

¹⁴² Suppe F. Op.cit. – p. 14.

¹⁴³ Шрейдер Ю.А. Указ соч. – с. 45.

¹⁴⁴ Suppe F. Op.cit. – pp. 7-8.

коммуникативный аспект модели обращает внимание и Мэри Хессе: модель должна быть понятной кому-то. Семантический подход, кажется, игнорирует этот аспект: хорошо, если теория формализована (или может быть формализована) в виде иерархии моделей, и неважно при этом, насколько удобной для понимания будет та или иная модель.

В этом отношении показательна попытка Стивена Френча и Ньютона да Коста включить концепцию аналогии Хессе в теоретико-множественный подход, проинтерпретировав ее как «частичные отношения». Если дано бинарное отношение R , то есть упорядоченная тройка множеств $\langle R1, R2, R3 \rangle$, где $R1$ – множество пар, удовлетворяющих R , $R2$ – множество пар, не удовлетворяющих R , и $R3$ – множество пар, о которых неизвестно, удовлетворяют они R или нет. При этом объединение множеств $R1 \cup R2 \cup R3 = A^2$, т.е. декартовому произведению универсума на самого себя. Авторам представляется очевидным, что концепция позитивных, негативных и нейтральных аналогий Хессе полностью укладывается в эту схему.¹⁴⁵ В то же время нам так не кажется, учитывая и подход Ачинстайна (отношение аналогии подразумевает субъекта, который проводит аналогию – здесь его нет), и подход самой Хессе: аналогия/модель/метафора выполняют функцию коммуникации, которая в данной формализации совершенно не принимается во внимание.

Эти размышления подталкивают к тому, чтобы согласиться с Габриэлем Контесса: «Философы науки все лучше осознают, что различия между синтаксическим и семантическим подходом менее значительны, чем того хотели бы сторонники семантического, и что, в конечном счете, ни один из них не является удовлетворительной рамкой для размышления о научных теориях и моделях. Ключевое разграничение в философии науки, я полагаю,

¹⁴⁵ French, S., da Costa, N. Theories, models and structures: thirty years on // *Philosophy of science*. – Vol. 67, 2000. – pp. 122-123. В качестве более удачной попытки можно рассмотреть работу Марии Рентенци, пытающуюся совместить концепцию научного объяснения ван Фраассена и метафорического объяснения Хессе, однако она в меньшей степени касается теории моделей. См. Rentenzi M. The metaphorical conception of scientific explanation: rereading Mary Hesse // *Journal for general philosophy of science*. – Vol. 36, 2005. – pp.377-391.

пролегает не между защитниками синтаксического и семантического подходов, а между теми, кто считает, что философия науки требует формального подхода и теми, кто полагает иначе».¹⁴⁶ Семантический подход, таким образом, унаследовал главную проблему синтаксического подхода в отношении моделей – утрату связи с реальной практикой научного моделирования.

¹⁴⁶ Contessa G. Scientific models, partial structures and the new received view of theories // Studies in History and Philosophy of Science. – Vol.37, 2006. – p. 376.

1.7. Прагматический подход: автономность модельных практик

Краткую характеристику прагматического подхода дает, например, Расмус Винтер. Синтаксический и семантический подходы признаются неадекватными, поскольку: «(1) Практики, инструменты и эксперименты переплетены с математическим моделированием. (2) Существует многообразие значений моделирования – математические модели, диаграммы, нарративы, симуляции, программы и т.д. (3) Модели имеют имплицитные предпосылки и функции».¹⁴⁷ Прагматический подход, таким образом, концентрируется, во-первых, на многообразии практик работы с моделями, а во-вторых, на многообразии контекстов их использования.

Собственно, прагматический подход в том виде, в котором он оформился в 80-90х гг., можно считать именно возвратом к функциям моделей (как это представлено, например, у Апостела и у Ачинстайна, см. разделы 1.3 и 1.4), к попытке разобраться в многообразии их практического применения, не сводя это многообразие к унифицирующей схеме вписанности в формальную структуру научной теории. Подчеркнем, что такой подход не должен означать полной социокультурной релятивизации данной проблематики, как это происходит, на наш взгляд, в концепции моделей М.Вартофского. Моделирование должно быть понято как специфическая *научная* практика в контексте других специфических *научных* практик вроде теоретизирования или экспериментирования; прагматический подход, конечно, больше, чем свои предшественники, рискует скатиться в релятивизм, поэтому крайне важно не утрачивать демаркационную линию, как бы трудно ни было ее провести в каждом конкретном случае.

Такая линия может быть проведена, например, по тому параметру, который был отмечен, а затем утрачен Апостелом, - а именно, по субъекту знания. Мы видели, как у Хессе особенностью модели (и метафоры) является

¹⁴⁷ Winther R. Mathematical modelling in biology: philosophy and pragmatics // Frontiers in plant science. – Vol.3, 2012. – p.102.

ее принципиальная доступность для понимания другим субъектом, и шире – языковым сообществом. Аналогичного тезиса придерживается одна из основательниц прагматического подхода, Нэнси Картрайт, в знаменитой книге «Как лгут законы физики». Развивая мысль Томаса Куна о функциональных определениях научной практики, Картрайт пишет: «Для того, чтобы проводить какое-либо коллективное исследование, группа должна быть способна ограничить типы моделей... Если бы в конкретном исследовательском сообществе существовало бесконечно много способов подцепить (hook up) феномены с помощью интеллектуальных конструкций, построение моделей было бы полностью хаотичным, и не существовало бы консенсуса по поводу проблем, над которыми следует работать».¹⁴⁸ Дополним этот тезис указанием на то, что фактически такой консенсус существует (то есть ученые все же как-то работают), и фактически практика конструирования моделей как-то организована; из этого по *modus tollens* следует, что у научного сообщества как субъекта знания существует определенное представление о структуре научного моделирования, хотя оно может и не быть эксплицировано (как отмечают Моррисон и Морган, «моделирование – это скорее невербальный навык, и им нужно овладеть, а не выучить его»¹⁴⁹).

В концепции Нэнси Картрайта модели занимают промежуточное положение между теоретическим и феноменальным уровнями научного знания. Собственно, название книги «Как лгут законы физики» следует интерпретировать именно в том смысле, что законы физики буквально не описывают реальность – вместо этого они описывают поведение ряда модельных объектов, которые уже, в свою очередь, некоторым образом соотнесены с реальностью (являются ее аппроксимацией, структурным подобием и т.п.).¹⁵⁰ Это до некоторой степени напоминает семантический

¹⁴⁸ Cartwright N. How the laws of physics lie. – Oxford, NY: Oxford University Press, 1983. – p. 144.

¹⁴⁹ Morrison M., Morgan M. Models as mediating instruments // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – p. 12.

¹⁵⁰ О статусе концепции Картрайта в полемике «реализм-антиреализм» см. Фурсов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. – М.: Издатель Воробьев А.В., 2013. – С. 158-162.

подход, однако, во-первых, модель (и теория) не обязательно понимается как множество с заданными отношениями, и во-вторых, что важнее – функция моделей в концепции Картрайт – не опосредовать структурные отношения теоретического и феноменального, а опосредовать *практику объяснения*. Представим себе, говорит Картрайт, следующую картину физики: существует небольшое количество теоретических принципов, описывающих небольшое количество базовых типов физических взаимодействий, и всякое усложнение взаимодействий может быть редуцировано к этому базовому уровню. Однако такая процедура репрезентации в терминах базовых объектов «будет невероятно сложной... Красота и сложность современной физики состоит в ее способности давать простые объяснения с помощью простых моделей».¹⁵¹

Нельзя недооценивать значимость этого уровня объяснения для понимания структуры научной теории, поскольку зачастую именно от него зависит «реалистичность» модели и теории в целом. Картрайт пишет о двух смыслах «реалистичности»: описание реальных объектов в противовес «идеализированным» объектам (в этом смысле феноменологическое описание реалистичнее модели), и описание «сущности» происходящих процессов (если принять, что теоретические законы вскрывают «сущность») в противовес «явлениям» - в этом смысле модель оказывается «реалистическим объяснением». Первый смысл достаточно ясен, что же касается второго, то Картрайт приводит забавную историю из жизни, иллюстрирующую то, что она имеет в виду: «Профессор Энтони Зигман объявил, что он готов рассказать о лазерных материалах в реальных лазерах. Я думала, что он собирается рассказать о рубиновых стержнях... Вместо этого он начал: “Рассмотрим набор двухуровневых атомов”»¹⁵². (Автору данной работы также довелось пережить подобный опыт. Преподаватель ФББ МГУ на вводной лекции по биоинформатике сказал, что будет объяснять, что такое геном. После чего он достал CD-диск, продемонстрировал его нам и объявил, что перед нами геном

¹⁵¹ Cartwright N. Op.cit. – p. 145.

¹⁵² Cartwright N. Op.cit. – p. 148.

Крейга Вентера.) И профессор Зигман, и упомянутый преподаватель были в известном смысле правы: *сущностью* рубинового стержня являются атомы, точно так же, как *сущностью* генома Крейга Вентера является информация, которую можно записать на диск. Модельное объяснение, парадоксальным образом, может оказаться более реалистичным, чем объяснение, приближенное к реальности.

Парадокс возникает из-за того, что модель одновременно функционирует в связи с теорией и в связи с наблюдаемым миром. Модель является реалистичной моделью фрагмента реальности (в первом смысле), если она является достаточно точным приближением к ней; но она является реалистичной интерпретацией теории (во втором смысле), если способна реализовать *объяснительную функцию* теории. Отметим, что в перечне функций моделей Апостела первый смысл реалистичности выражен пунктами А, Г, Е, Ж, тогда как второй – пунктами Б, В, Д, З, и оба – пунктом И. В этом смысле Картрайт подводит *прагматическое* обоснование под все перечисленные ранее функции, то есть делает то, что сам Апостел не смог.

Картрайт подчеркивает, что не следует считать наиболее реалистичную модель (в любом из указанных смыслов) лучше, чем другая, поскольку разнообразные модели служат разным целям. В этом смысле качество модели оценивается по ее способности выполнять объяснительную или репрезентативную функцию, а не по достоверному отображению реальности или теории. Например, «иногда нам нужно выразить каузальные процессы, которые порождают некоторые явления, и для этой цели лучше использовать модель, которая интерпретирует каузально релевантные факторы настолько реалистично, насколько это возможно... Но это может исключить реалистичную интерпретацию других факторов».¹⁵³ К моделям поэтому вообще не следует относиться «реалистически» в бытовом смысле этого слова:

¹⁵³ Cartwright N. Op.cit. – p. 152.

модели являются образами, «симулякрами»¹⁵⁴, «искусственными творениями» (work of fiction). Типичным примером является функция распределения (distribution function), модель в теории вероятностей, имеющая множество применений в физике, но совершенно «нереалистичная»: «Функции распределения играют преимущественно организующую роль. Их нельзя увидеть, они не являются причинами чего-либо, и, как и множество других “удобных свойств” (properties of convenience), мы не имеем ни малейшего понятия о том, как применять их за пределами контролируемых условий лаборатории... Какова функция распределения молекул в этой комнате?.. Это странные вопросы, потому что на них нет ответов. Они вопрошают о свойствах, которые имеются только у модельных объектов, а не реальных объектов в реальном мире».¹⁵⁵

Таким образом, секрет успеха объясняющей что-либо теории лежит в удобном конструировании модели, которая будет ее интерпретировать, а также будет интерпретировать феноменологические свойства реального мира. Модель должна быть идеальным посредником между теорией и миром: не являясь ни тем, ни другим, она представляет собой особый тип объекта научной деятельности. «Природа не готова заранее к тому, чтобы уместиться в наши математические теории. Мы конструируем и теории, и объекты, к которым они применяются, а затем сопоставляем их по частям с реальными ситуациями».¹⁵⁶

Эта «автономность» моделей становится центральным пунктом дальнейшего развития прагматического подхода, представленного работами Маргарет Моррисон и Мэри Морган. «Именно потому, что модели частично независимы и от теорий, и от реального мира, они содержат этот компонент

¹⁵⁴ Картрайт использует слово «simulacrum», не отсылая к известному контексту философии Бодрийяра; однако, поскольку ее книга была опубликована спустя 2 года после «Симулякра и симуляции», можно предполагать определенную интертекстуальную связь. А.А. Фурсов переводит соответствующее место как «образное представление». См. Фурсов А.А. Указ.соч. – с. 161.

¹⁵⁵ Cartwright N. Op.cit. – p. 156.

¹⁵⁶ Ibid., p. 162.

автономности, который позволяет использовать их как инструменты для исследования в обеих областях»¹⁵⁷, - пишут они в программной статье «Модели как опосредующие инструменты». Они выделяют четыре основополагающих проблемных пункта прагматической теории моделей, которые необходимо проанализировать: их конструирование, их функционирование, их способ репрезентации и обучение на их основе.

Конструирование моделей. Принципиальная особенность подхода Моррисон и Морган – акцент на практике конструирования моделей, а не на уже существующих образцах. Модели, с их точки зрения, могут быть построены буквально из чего угодно. «Модели конструируются путем выбора и объединения набора объектов, которые рассматриваются как релевантные для решения определенной задачи».¹⁵⁸ Они могут включать элементы теоретической части знания, эмпирические явления и закономерности, математические формулы, метафоры и т.д. В несколько более строгом смысле того же придерживается Картрайт, когда утверждает, что модели «реалистичны» в двух направлениях – теории и феноменов; однако здесь мы видим акцент на практике их производства. Именно эта практика придает им статус автономности. Так, в синтаксическом подходе, как мы видели, модель является интерпретацией теории или ее следствий; модель поэтому жестко вписана в логический аппарат теории и зависит от него. Модели типа «репрезентаций» Ачинстайна (уменьшенная копия моста), в свою очередь, выглядят как целиком зависящие от параметров реальности. Модели в интерпретации Моррисон и Морган состоят из разнородных компонентов сразу; единство этой смеси придает *цель ее использования*. Авторы вписывают в этот подход не только концепцию Картрайт, но и концепцию Хессе: «Мы можем легко переинтерпретировать ее подход, рассматривая нейтральные свойства как средства, с помощью которых нечто независимое и отделимое

¹⁵⁷ Morrison M., Morgan M. Models as mediating instruments // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – p.10.

¹⁵⁸ Ibid., p. 13.

включается в модель».¹⁵⁹ Именно благодаря частичной независимости и от теории, и от феноменального уровня, модели могут играть роль посредников, которую описывает Картрайт: если бы модели принадлежали только одному из этих «регионов», было бы неясно, как связать его с другим.

Сложные отношения автономности моделей и соотнесенности их с уровнями научного знания Моррисон иллюстрирует на примере модели маятника, которую можно уточнять практически бесконечно (учесть растяжимость подвеса, сопротивление воздуха и т.д.) Возможность уточнять модель, приближая ее к реальному маятнику, «зависит от богатства обосновывающей ее теоретической структуры»¹⁶⁰, но в то же время «существование хорошо подтвержденной теории никоим образом не гарантирует, что существует возможность представить [достаточно точную] модель определенной системы».¹⁶¹ Соответственно, способ уточнения или упрощения модели не находится в прямой зависимости от теории: сама эта зависимость будет определяться контекстуально.

Функционирование моделей. Пытаясь описать многообразие практик работы с моделями в науке, Моррисон и Морган, по сути, воспроизводят перечень из статьи Апостела, приведенный нами выше (что, на наш взгляд, лишний раз доказывает ценность «несвоевременных размышлений» Апостела на эту тему). Отличительной особенностью является автономность их функционирования, вытекающая из обсуждавшихся выше особенностей конструирования: модели построены таким образом, что могут «жить своей жизнью»¹⁶², то есть могут работать как в связке с теоретическим и эмпирическим уровнями, так и самостоятельно. Примеры работы в связке уже обсуждались нами в связи с другими подходами, о самостоятельной работе следует сказать отдельно. Модель, как указывал еще Апостел, может

¹⁵⁹ Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 16.

¹⁶⁰ Morrison M. Models as autonomous agents // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – p. 51.

¹⁶¹ Ibid., p. 52.

¹⁶² Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 18.

использоваться как замена экспериментального объекта более удобным для манипуляций; с точки зрения Моррисон и Морган, здесь реализуются сразу две функции: модель является одновременно и инструментом, и объектом экспериментирования.

Манипулирование объектами известным образом использовал Ян Хакинг в своей аргументации в пользу научного реализма («Если электроны можно напылять, то они реальны»), но в данной ситуации приходится делать следующий шаг: обосновать (хотя бы частичную) эквивалентность объекта модели и реального объекта. Хакинг также признавал способность экспериментальных результатов «жить своей жизнью».¹⁶³ С нашей точки зрения, хотя экспериментирование с моделями может служить доводом в пользу антиреализма, в случае подхода Моррисон, Морган и Хакинга это не совсем так: «своя жизнь» экспериментальных объектов может состоять, например, в их вовлеченности в процесс конструирования моделей (как это происходило в примере Хакинга с фотоувеличением). Тогда аргумент обращается в прямо противоположную (реалистическую) сторону: именно через практику конструирования моделей и их независимость от теоретического уровня мы можем проследить прямую связь экспериментального результата с реальным миром.

Дополнительным аргументом в пользу нашей интерпретации является указание Моррисон и Морган на еще один аспект самостоятельного функционирования моделей: их использование для конструирования техники. «Способность моделей функционировать как инструменты создания [технических средств] проистекает из того факта, что они предоставляют нам информацию, позволяющую вмешиваться в мир».¹⁶⁴ Техническая успешность моделей, таким образом, является вариацией на тему «манипулятивного аргумента» Хакинга. Разумеется, наш аргумент касается реализма

¹⁶³ Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998.

¹⁶⁴ Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 23.

относительно объектов, а не теорий, хотя возможность его распространения на теоретический уровень подлежит дополнительному исследованию.

Репрезентация. Как и в концепции Картрайт, модели могут репрезентировать в двух направлениях: они могут быть репрезентациями теории (или ее частей), феномена (или его аспектов), или и того, и другого сразу. Репрезентация не подразумевает точного «отражения»: напротив, «модель атомного ядра способна репрезентировать только малую часть его поведения, и иногда мы знаем, что она репрезентирует ядерную структуру неточно (например, игнорируя определенные квантово-механические свойства)».¹⁶⁵ В другом месте Моррисон приводит цитату Генриха Герца: «Отношение динамической модели к системе, которую она моделирует, то же самое, что и отношение образов вещей в нашем сознании к самим вещам».¹⁶⁶ Но, в отличие от Герца (и в полном согласии с Картрайт), адекватность репрезентации оценивается не точностью отображения, а использованием в определенных контекстах.

Иногда репрезентативная роль модели выражается в ее *симулятивной* природе: «Мы можем симулировать поведение феноменов, не обязательно зная при этом, что симулируемый процесс протекает так же в природе»¹⁶⁷. Мы уже видели нечто подобное при обсуждении «воображаемых моделей» Ачинстайна. Роль симулятивных моделей аналогична их роли – направлять научный поиск в сторону большего соответствия фактам. Хотя конструирование симулятивных моделей кажется абсолютно произвольным, на деле это не совсем так: «Подобно тому, как общие теоретические принципы могут ограничивать способы конструирования моделей, структура модели может ограничивать типы поведения, которое может быть симулировано».¹⁶⁸ Нам представляется логичным рассматривать это следующим образом:

¹⁶⁵ Ibid., p. 28.

¹⁶⁶ Morrison M. Models as autonomous agents // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – p.39.

¹⁶⁷ Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 29.

¹⁶⁸ Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 29.

модели лишь *частично* независимы от эмпирической базы, симулятивные модели независимы от нее *полностью*; однако они компенсируют это большей зависимостью от теоретических ограничений и возможных аналогий с другими процессами, похожими на симулируемый. В этом плане они продолжают поддерживать контакт с реальностью, но «обходными путями». В другом месте Моррисон указывает, что «отношения, выраженные моделью, таковы, что они объясняют, с какой вероятностью определенные типы поведения имеют место».¹⁶⁹ Нетрудно здесь снова увидеть параллель с функциями воображаемых моделей Ачинстайна.

Обучение. Модели учат нас чему-то и позволяют обучаться нам. Уже у Нагеля мы видели акцент на иллюстративно-педагогической функции моделей. Однако подход, основанный на *практике* конструирования моделей, несколько смещает акценты. «Сама деятельность по конструированию создает возможности для обучения: что будет подходить друг другу и каким образом?»¹⁷⁰ То есть практика конструирования является способом научиться строить модели, приобретением того самого «невербального навыка», который мы упоминали выше. Использование уже сконструированных моделей представляет собой второй аспект обучения: манипуляции с моделью позволяют нам получать сведения о моделируемом мире. Ярким примером здесь является модель шаров в урне, используемая в огромном количестве учебных примеров по статистике; хотя реальные задачи статистики бесконечно далеки от того, чтобы определить вероятность вытаскивания белого или черного шара, обучение происходит именно так. Третий аспект состоит в изучении границ нашего «модельно-ориентированного» познания: мы можем конструировать модель, чтобы попытаться понять, какие вообще аспекты изучаемой системы подвергаются (или не подвергаются) успешному моделированию. «Мы должны сначала понять, что мы можем

¹⁶⁹ Morrison M. Op.cit. – p. 63.

¹⁷⁰ Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 31.

продемонстрировать в модели, прежде чем задавать вопросы о реальных системах».¹⁷¹

Можно заключить, что модели в прагматическом подходе должны рассматриваться в первую очередь как инструменты с широкой вариабельностью применения, в контексте прагматики их конструирования и дальнейшего использования, их работы в различных научных и образовательных контекстах. «Модели являются одновременно источниками знания и средствами его получения»¹⁷², и эти многообразные аспекты моделирования оказываются за бортом рассмотрения синтаксического или семантического подхода.

¹⁷¹ Morrison M., Morgan M. Op.cit. – p. 33.

¹⁷² Ibid., p. 35

1.8. Промежуточные выводы. Прагматический аспект моделирования

В результате нашего краткого обзора теории моделей может возникнуть соблазн принять исключительно прагматический подход в качестве «последнего слова в философии науки». Но поступить так – значит отвергнуть значительную часть того, чему прагматический подход обязан своей привлекательностью. Например, он развивался преимущественно как оппозиция семантическому подходу, но инкорпорировал, как мы показали, определенные идеи Хессе, которые, в свою очередь, развивались как оппозиция синтаксическому подходу. Поэтому общую логику развития проблематики можно охарактеризовать так: практически каждый из философов, занимавшихся проблематикой модели (включая даже Нагеля), *неизбежно сталкивался с аспектом прагматики* и пытался его по-своему проинтерпретировать. Мы можем сделать вывод, что проблематизация прагматического аспекта моделирования (субъект, его цели, контексты использования и модусы функционирования) является в некотором смысле неизбежностью каждого, кто работает с моделями; и прагматический подход просто поставил этот аспект в центр анализа. Но при этом следует не забывать о многих достойных, на наш взгляд, чертах каждого из рассмотренных подходов, имеющих значение для нашего дальнейшего анализа проблемы.

В синтаксическом подходе модель является интерпретацией теории, причем не обязательно реалистичной и не обязательно связанной с эмпирической базой. Как ни странно, именно это положение коррелирует с идеями Моррисон и Морган о «симулятивных моделях» и применимо к ним в полной мере. Семантический подход, однако, дал нам понять, что интерпретация теории не обязательно подразумевает дедуктивную выводимость: она может быть понята в терминах изоморфизма структур теории и модели. Питер Ачинстайн, критикуя синтаксический подход, обратил наше внимание на многообразие моделей, и именно его классификация

кажется нам наиболее адекватной (по сравнению с более широкими, но и более расплывчатыми классификациями прагматиков). Мэри Хессе продемонстрировала, что в основе моделирования лежит ряд аналогий, и отношение аналогии может быть интерпретировано как частный случай метафоры; подобно метафоре, аналогия (а вслед за ней и модель) выполняет коммуникативную функцию – сообщение должно быть каким-то образом понятно субъекту (в том числе сообществу), которому оно адресовано. Теоретико-множественный подход акцентирует внимание на структурном подобии, и мы вправе толковать его более широко, чем это делают сами «семантики»: модель может быть структурно подобна (может быть, не обязательно строго изоморфна) теории, реальности или другой модели, в зависимости от функций, которые подразумеваются при ее конструировании. На многообразие этих функций впервые указал Лео Апостел, а на значимость процесса конструирования – Моррисон и Морган. Им же следует приписать постоянное подчеркивание того факта, что модель может функционировать в различных контекстах как автономный агент, хотя, как нам продемонстрировала Нэнси Картрайт, ее основная задача – служить посредником между теорией и опытом.

Мы надеемся, что предыдущее рассуждение достаточно убедительно показало, что история изучения моделей приводит нас не к однозначному принятию наиболее современного из подходов, а к комплексному восприятию проблематики моделирования в контексте различных вариантов философии науки, - восприятию, которое максимально расширяет наше собственное понимание научных моделей.

Глава 2. Опыт прагматической эпистемологии моделирования

Эпистемолог, желающий пополнить свою скудную онтологию чувственных впечатлений теоретико-множественными конструктами, внезапно становился очень богатым: теперь ему приходится иметь дело не только со своими впечатлениями, но и с множествами впечатлений, и с множествами множеств, и так далее.

Уиллард Ван Орман Куайн

2.1. Модели, репрезентации и первичность практики

Как может выглядеть современная эпистемология научного моделирования?

История темы моделирования в философии науки позволяет сделать ряд содержательных выводов, касающихся не столько той или иной концепции, сколько эпистемологии моделирования как таковой. Для (рациональной) реконструкции истории эпистемологии моделирования мы использовали семиотическую триаду (синтаксис, семантика, прагматика), с точки зрения которой часто анализируется структура научной теории и, соответственно, место научных моделей в этой структуре. Предыдущая глава представляет собой успешно развернутый нарратив темы эпистемологии моделирования в исторической перспективе – со второй половины XIX века по 2000-е годы. Как и всякий «большой нарратив», эта глава страдает недосказанностью: нечто неизбежно осталось за рамками нашего внимания. Однако результаты такого исторического рассмотрения все же говорят кое-что важное для построения современной эпистемологии.

Наиболее важным здесь является то, что мы называли «прагматическим аспектом» моделирования. Необходимо четко различать «прагматический

подход» к научным теориям и научным моделям (то есть определенную оптику их рассмотрения) и «*прагматический аспект*» (то есть определенные стороны практики моделирования, выявленные в результате такого рассмотрения – то, что связано с субъектом моделирования, его целями и ценностями). Дело в том, что синтаксический и семантический подходы, как следует из предыдущей главы, не исключают прагматического аспекта моделирования, а напротив, высвечивают его, обнаруживая значимость прагматики там, где, казалось бы, в силу принятых методологических обязательств прагматика должна быть проигнорирована.

Воспользуемся снова синтаксическим подходом (конкретно, логическим позитивизмом Рудольфа Карнапа) для иллюстрации этой мысли. Карнап отвергает значимость моделирования для логического образа науки: модели играют разве что «дидактическую или эвристическую» роль.¹⁷³ При этом саму модель он рассматривает чисто логически: модель есть интерпретация некоторого исчисления (*calculus*). Как мы уже указывали в описании концепции Эрнста Нагеля, такой подход весьма последователен. Если представить физическую теорию в виде исчисления, то среди ее интерпретаций есть и эмпирическая интерпретация (модель, которая представляет собой действительный и данный в опыте мир), и множество других, возможных интерпретаций, которые являются моделями этой теории, хотя и не описывают действительный мир. Такие модели могут быть полезны как средство доказательства непротиворечивости теории (см. раздел 1.6, о концепции ван Фраассена), но они не являются *позитивным* знанием (в смысле, который этому термину придают все поколения позитивистов).

Мы можем сформулировать тезис, с которым согласились бы и логические позитивисты (в частности, Карнап):

¹⁷³ Carnap R. Foundations of logic and mathematics // International Encyclopedia of Unified Science. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955. - P. 209-210.

- 1) Если модель – это всего лишь интерпретация исчисления, то она не играет важной роли в научном познании

Рассуждение Карнапа можно реконструировать как применение правила *modus ponens*:

- 2) Модель – это интерпретация исчисления (одна из множества возможных).
- 3) Следовательно, она не играет важной роли в научном познании.

Но учет прагматического аспекта заставляет нас принять в качестве второй посылки другое положение, а именно:

- 2') Модели играют важную роль в научном познании.

Действительно, об этом говорит как вся последующая (начиная с 60-х) эпистемология моделирования, рассмотренная нами в главе 1, так и непосредственные обычаи словоупотребления ученых (по крайней мере, термин «модель» для описания собственных результатов используется в науке с завидной регулярностью).

В противоположность Карнапу, по правилу *modus tollens* мы должны заключить, что:

- 3') Следовательно, модели не являются (только) интерпретациями исчисления.

Если мы продолжим здесь следовать мысли Карнапа и Нагеля, но с новыми вводными данными, то роль модели как дидактического и/или эвристического средства оказывается не «всего лишь» побочным эффектом практики моделирования, а наоборот, ее существенной конституэнтой.

Но в чем именно состоят такие свойства, как «дидактичность» или «эвристичность» модели? Первое обозначает полезность модели для целей преподавания (объяснить кому-то что-то). Второе – полезность модели для решения стоящих перед наукой проблем (облегчить кому-то процедуру вывода). И в том, и в другом случае на сцену выходит *субъект*, использующий

модель; субъект, имеющий свои цели (есть некоторая перспектива желательного результата использования модели) и регулятивы (есть некоторая процедура определения значимости тех или иных результатов, желательности их достижения).

Таким образом, даже принимая максимально «анти-субъективистскую» позицию логического позитивизма (в частности, антипсихологизм этого направления и его настороженное отношение к аксиологии общеизвестны), в ходе размышления о моделях мы с необходимостью наталкиваемся на прагматический аспект моделирования: учет субъективных целей в практике построения и использования моделей.

Пример с синтаксическим подходом Карнапа и Нагеля, вероятно, наиболее показателен; но то же самое можно продемонстрировать по поводу прочих описанных в главе 1 концепций. Так или иначе, мы стоим перед дилеммой: если признавать значимость научного моделирования для науки вообще, эта значимость будет связана с субъектом моделирования; и наоборот – радикальное стремление избежать субъективизма в характеристике моделирования (модель как *только* интерпретация исчисления, безотносительно целей и задач его использования, безотносительно того, кто использует) ведет к отрицанию роли моделей в науке вообще.

Возникает вопрос: существуют ли в богатой и пестрой истории эпистемологии концепции, которые не просто учитывают субъектность и субъективность процесса моделирования, но ставят ее в центр своего внимания?

Прагматический подход, представленный наиболее заметным образом в работах Картрайт, Моррисон и Морган, говорит не столько о месте научных моделей *в структуре научной теории*, сколько о месте *научного моделирования* в структуре научных практик. В самом деле: модели в рамках этого подхода очевидным образом не являются «теориями» или их частью, они соотнесены с теориями как нечто внешнее; причем и эмпирический базис

науки тоже «живет своей жизнью». Соответственно, вместо проблемы соотнесения теории, эмпирики и модели, мы имеем проблему соотнесения *практик* теоретизирования, моделирования и получения данных (экспериментирования). Этот путь ведет к следующему логическому шагу, имеющему принципиальное значение:

*Практика моделирования первична по отношению к ее результату - модели.*¹⁷⁴

Что это значит? Мы могли бы следовать до конца нашей «субъективистской» линии в определении научных моделей. Наиболее радикальной реализацией этой линии будет тезис о том, что «модель» - это всякий объект, который некоторый «субъект» использует в качестве такового. Или, выражаясь иначе, «модель» – это все, что люди называют «моделью».¹⁷⁵

Очевидным недостатком такого определения является то, что оно ничего не определяет и потому в качестве определения бесполезно. Действительно: как дальше разворачивать такую характеристику моделей и ориентировать наши поиски? Если причина, по которой некто называет нечто моделью, находится не «внутри» практики моделирования, а за ее пределами (экстернализм), то становится методологически непонятным, то есть существенно недоопределенным, по какой причине (каким причинам) некто может *не называть* нечто моделью. Скажем, заявить, что нечто является «теорией», а не «всего лишь моделью», или «фактом», а не «какой-то моделью», означает приписать теории/факту более высокий эпистемологический статус, признать за ними большую степень

¹⁷⁴ Помимо прочего, это означает, что теоретизирование («умозрение») первично по отношению к «теории», а «экспериментирование» - к «эксперименту», но подробный анализ такого хода мысли выходит за рамки настоящей работы.

¹⁷⁵ По аналогии с методологической установкой социологии знания: знание – это то, что люди считают знанием; или, если точнее, «социология знания должна заниматься всем тем, что считается знанием в обществе»: Бергер П., Лукман Т. Социальное конструирование реальности. – М., 1995. – С. 30. О развитии этой установки в методологии социально-конструктивистских исследований знания см. Вархотов Т.А. Конструктивистская программа в философии и методологии науки // Философия науки: исторические эпохи и теоретические методы / под ред. В.Г. Кузнецова и др. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2006. – С. 90-125.

достоверности. Но выражения типа «это не теория, а модель» совершенно обесмысливаются в глазах эпистемолога, если вставать на радикально субъективистскую позицию: модель – это то, что субъект считает моделью, теория – это то, что субъект считает теорией. Признав это, эпистемолог должен отложить письменные принадлежности, закрыть ноутбук и начать искать себе другую профессию.

Какой бы карикатурной ни казалась описанная выше ситуация, именно это происходит, если принять точку зрения Маркса Вартофского на эпистемологию моделирования.

В качестве более общего понятия, чем «модель», Вартофский использует понятие «репрезентация» (всякая модель является репрезентацией, но обратное не верно). О репрезентации Вартофский высказывает три ключевых тезиса:

«1) *Все, что угодно* (в самом сильном и безусловном смысле этого словосочетания) может быть репрезентацией всего остального...

2) Именно *мы* определяем нечто как репрезентацию чего-то другого...

3) ...репрезентацией может быть все, что таковой считается; репрезентирование – это то, что *делаем мы*... причем оно будет именно такой репрезентацией, какой мы его делаем или считаем».¹⁷⁶

Это, казалось бы, вполне в духе развиваемого здесь подхода, особенно слова «репрезентирование – это то, что делаем мы». Но из дальнейшего изложения мы узнаем, что понятие репрезентации еще шире: им обозначается не только научное моделирование, но и другие формы научного и ненаучного познания, а также творчества (искусства) и т.д. То, что нам хотелось бы дифференцировать (различать более тонким образом), Вартофский сливает воедино: «Я хочу высказать предположение о существовании универсального

¹⁷⁶ Вартофский М. Модели. Репрезентация и научное понимание. – М.: Прогресс, 1988. – С.18. Курсив как в оригинале.

отношения, проявляемого этими сущностями [*моделями, теориями, аналогиями, репрезентациями, референциями* – прим. М.В.], - отношения, в пределах которого они оказываются скорее одинаковыми, чем различными». ¹⁷⁷ Отличие моделей от других форм репрезентации – отличие по степени, а не по качеству: так, «*ad hoc* аналогии» мы склонны приписывать меньшую степень достоверности, чем «теоретическим моделям». Вартофский констатирует это; но у него нет ответа на вопрос «почему это так?»

«Все что угодно может быть моделью всего чего угодно! На самом деле это не более чем утверждение того факта, что любые две вещи во вселенной имеют некоторое общее для них свойство...». ¹⁷⁸ С этим тоже сложно спорить. Но от чего тогда зависит то, что некоторые формы референции мы называем «моделями» и отправляем их в отдельный класс сущих? Они - не вполне теории об объектах, но и не вполне объекты теорий. Вартофский пишет тавтологичное: «Именно *принятие чего-либо в качестве модели* актуализирует потенцию, превращая потенциальную модель в реальную» ¹⁷⁹, и мы могли бы предъявить Вартофскому претензию, что ровно то же самое мы могли бы сказать о любом познавательном отношении, – если бы Вартофский сам не дезавуировал это далее по тексту. Для него «модельные отношения имеют смыслы не только для весьма сложных репрезентаций, называемых нами научными теориями или теоретическими моделями науки, но и для любого дескриптивного высказывания. Любое предложение, которое можно рассматривать как дескриптивное, является моделью того, о чем говорится в этом предложении» ¹⁸⁰.

Это означает, что всякое высказывание, теория или аналогия являются моделями – если не актуально, то по крайней мере потенциально – любых других высказываний, теорий и аналогий, а также еще и моделями положения

¹⁷⁷ Там же, с. 29.

¹⁷⁸ Там же, с. 30.

¹⁷⁹ Там же, с. 33.

¹⁸⁰ Там же, с. 38.

дел в мире, и, может быть, еще и моделями самих себя. При той широчайшей трактовке понятия «модель», которой придерживается Вартофский, он, несомненно прав. Столь же несомненно, что его правота бессодержательна: мы не узнали ничего нового о моделях и моделировании, даже наоборот – мы вовлекли в область значений этих понятий много чего такого, что хотелось бы от моделей и моделирования отличать.

Единственное, что могло бы по существу о(т)граничить понятие модели – это роль субъекта. Вартофский определяет модель как трехместное отношение $M(S, x, y)$, где S – это субъект, который рассматривает x как модель y .¹⁸¹ В другой работе, характеризуя онтологические (метафизические) претензии научных моделей, Вартофский пишет откровенное: «Фактически методологическое утверждение эмпирика о своей модели не может идти дальше следующего утверждения: сущности модели – будь то “сегменты поведения”, “операции” или “протокольные предложения” – предназначены лишь для отображения его реального поведения как ученого».¹⁸² Итак, модель есть эффект поведения ученого (мы бы сейчас сказали – результат научной практики); из этого вытекает следующий вопрос: эффектом чего является «модельное» поведение ученого и чем оно отличается от других форм репрезентации (теорий, аналогий, знаков, образов), а также от других форм поведения?

Мы не найдем у Вартофского не только ответа на этот вопрос, но и его постановки. Однако общая характеристика науки по Вартофскому придает вопросу ясности. Наука, с его точки зрения, это «исторически развивающаяся форма человеческой познавательной деятельности или *практики* и что она как таковая является существенно целенаправленной деятельностью. Ее характер, или природа, не могут быть поняты вне ее целей в *данном* контексте, то есть вне ее целей или познавательной практики в социально-историческом

¹⁸¹ Там же, с. 34.

¹⁸² Там же, с. 76. Курсив как в оригинале.

контексте».¹⁸³ Если это до сих пор не стало читателю очевидным, Вартофский специально оговаривается, что его «историческая эпистемология является марксистской по своей ориентации»¹⁸⁴, и мы окончательно удостоверяемся в социально-историческом характере *практики*, которую Вартофский выделил курсивом в предыдущей цитате. По всей видимости, Вартофский имеет в виду общеизвестное:

«Вопрос о том, обладает ли человеческое мышление предметной истинностью [*то есть вопрос о сущности репрезентации, по Вартофскому, - прим. М.В.*], — вовсе не вопрос теории, а практический вопрос. В практике должен доказать человек истинность, т. е. действительность и мощь, посюсторонность своего мышления»¹⁸⁵.

В контексте «Тезисов о Фейербахе» общественная практика выступает как ключевой, руководящий критерий истинности результатов нашего познания. Репрезентации, однако, могут быть истинными или ложными, не переставая от этого быть репрезентациями; следовательно, практика не только определяет «истинность» модели, но и собственно ее «модельность»: является ли нечто моделью (репрезентацией) или нет. Это означает, что эпистемология моделирования нуждается в определении «моделирования» раньше, чем «модели». Не только моделирование как практика определяет модель как ее результат, но и понятие «моделирования» определяет, каким будет понятие модели.

Главный недостаток всей предшествующей эпистемологии моделирования, включая Вартофского, заключается в том, что она поступала наоборот. Продолжая перефразировать Маркса и Энгельса: модель бралась только в форме *объекта*, или в форме *созерцания [репрезентации]*, а не как *человеческая чувственная деятельность, практика, не субъективно*.

¹⁸³ Там же, с. 98.

¹⁸⁴ Там же, с. 99.

¹⁸⁵ Маркс К. Тезисы о Фейербахе // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т.3. С. 1. – М., 1955.

Будет ли теперь достаточно для характеристики моделирования описать возможные вхождения термина «модель» в различные описания практики ученых?

2.2. Обобщение значений термина «модель» по А.И. Уемову

Средствами социологии науки или наукометрии можно было бы обрисовать общий разброс различных ситуаций и контекстов, в которых употребляется понятие «модель», составить подробный перечень возможных значений «модели» и попытаться найти если не общие для всех этих значений черты, то хотя бы некоторую группу, образующую «семейное сходство».

Такую попытку предпринял в свое время Авенир Уёмов в работе «Логические основы метода моделирования» (1971г.) Первая глава этой книги – «Понятие модели» - представляет собой грандиозную во всех отношениях попытку обобщить все многообразие определений и характеристик понятия «модель» в науке и философии науки и, соответственно, все многообразие признаков (предикатов) «модели». Все эти понятия и признаки сведены им в общую таблицу, где строки – это различные определения понятия «модель», встреченные им в литературе, а столбцы – предикаты, приписываемые «модели» в этих определениях (обозначаются P) или, напротив, заведомо отсутствующие у них (обозначаются Q). Итоговая таблица Уеова выглядит следующим образом (37 определений понятия и 77 предикатов):

112

Например, a_1 – это понятие модели по В.А. Штоффу, а a_{19} – это понятие модели по А.А. Зиновьеву; P_1^1 – имеющийся в определении Штоффа предикат «быть системой», а P_{19}^2 – имеющийся в определении Зиновьева предикат «описывается некоторым множеством суждений, из конъюнкции которых с множеством суждений, сопоставляющих модель и прототип, выводится знание о прототипе».¹⁸⁶

«Первый взгляд на построенную сводную матрицу может дать основание для пессимизма, - пишет А.И. Уемов. – Ни одного признака, общего для всех понятий модели, не прослеживается».¹⁸⁷ Мы можем добавить, что и второй, и последующие взгляды на эту таблицу оптимизма не внушают. Разброс предикатов и определений не позволяет сделать осознанный выбор в пользу одного из них, тем более, что многие из даваемых определений не исключают друг друга и вполне могли бы быть совмещены; так же, как и приписываемые предикаты встречаются в определениях зачастую в произвольных примечаниях.

Но главная трудность, на наш взгляд, состоит в адекватности самого подхода Уеова. Такая таблица могла бы быть пригодной для количественного анализа: например, выявить, что такой-то признак упоминает большинство авторов определений, или что такое-то определение содержит максимум признаков. Но количественный анализ нерелевантен просто потому, что даваемые различными авторами определения неравноценны. Предположительно, кто-то из этих авторов более прав, а кто-то менее прав. Этот вопрос о правоте не может быть решен квазидемократическим путем: как известно, и миллионы мух могут ошибаться, и самое популярное среди философов определение модели не обязательно окажется наилучшим. Соответственно, и информативность «табличного» анализа Уеова стремится к нулю, если заведомо не принято решение о вне-табличных критериях

¹⁸⁶ Уемов А.И. Логические основы метода моделирования. – М.: Мысль, 1971. – С. 30

¹⁸⁷ Там же, с. 36

принятия или отвержения определений. Фактически Уемов вполне осведомлен об этих ограничениях, и существенную часть первой главы посвящает тому, как свести одни признаки к другим, минимизируя неизбежные взаимозависимости различных параметров.

Обработав этот, так сказать, «массив данных», Уемов приходит к определению понятия «модель», которое он называет «охватывающим». В него входят только признаки P_1^1 и P_1^4 . А именно: модель – это «система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе».¹⁸⁸ Такое определение, полагает он, полностью охватывает все рассмотренные (напомним, это 37 штук) понятия модели.

Если мы правы в том, что понятие модели всегда, с неизбежностью, будет опираться на прагматический аспект, то есть на субъекта моделирования и его цели, то и в этом «охватывающем» понятии Уеова мы столкнемся с тем же самым. И действительно: некий объект X может «служить средством» только в том случае, если нечто (здесь – получение информации об Y) является *целью*. Наличие цели неявно предполагает наличие субъекта S , стремящегося к ее достижению. В самом деле, объект X стал моделью только в результате желания субъекта S использовать его в качестве такового по отношению к Y . До этого – как бы ни был он похож на целевую систему¹⁸⁹ – назвать его моделью целевой системы нельзя. Таким образом, тот факт, что X служит для получения (новой) информации об Y , является прагматическим аспектом моделирования (с нашей точки зрения – центральным и принципиальным аспектом).¹⁹⁰

В предыдущем абзаце обсуждался признак P_1^4 , по классификации Уеова: «служить средством получения информации». Но то же самое можно показать и относительно признака P_1^1 : «быть системой». Система, с

¹⁸⁸ Там же, с. 48

¹⁸⁹ Т.А. Вархотов замечает, что и установление сходства с целевой системой тоже является субъектной операцией (Вархотов Т.А., личное сообщение).

¹⁹⁰ Также это значит, что отношение «быть моделью» правильнее рассматривать как тернарное: $M < S, X, Y >$.

общепринятой точки зрения, есть то, что состоит из элементов, упорядоченных некоторым образом, и что проявляет эмерджентные свойства: свойства целого, несводимые к свойствам частей (элементов).¹⁹¹ Сам Уемов фактически стирает различие между «системой», «структурой» и «программой»¹⁹², и для нас оно здесь тоже несущественно. Принципиально важно следующее: «системность» строения чего бы то ни было подразумевает некоторый способ деления целого на элементы. Всегда существует больше одного способа разбить целое на элементы, в зависимости от выбора критериев мереологического деления. Объект, который в одних случаях должен быть рассмотрен как элементарное целое (например, планета как материальная точка в небесной механике¹⁹³), в других случаях требует системного рассмотрения (планета как сложная самоорганизующаяся динамичная система в экологии). Отличить «одни» случаи от «других» можно, только указав на перспективу, из которой выстраивается отношение субъекта к объекту познания; иначе говоря – указав на цель использования чего-то в качестве системы, а затем и модели.

Поэтому оба признака «охватывающего» понятия модели по Уемову оказываются прагматически-зависимыми. Тем самым подтверждается наш общий тезис о том, что попытка дать определение научной модели будет неизбежно вовлекать прагматический аспект моделирования – или оставаться бессодержательной, не имеющей отношения к делу характеристикой. Уточним еще раз: сейчас для нас принципиально важно не то, *как именно* было бы правильно определить «научную модель», а то, куда склоняются и *к чему ведут попытки* такого рода. Попытка Уемова особенно ценна тем, что эксплицитно является обобщающей и результирующей попыткой. Если Уемов верно обобщил множество известных ему попыток определить понятие «модель», то верна и наша характеристика эпистемического дискурса о

¹⁹¹ О проблемах с определением понятия «система» и об «общепринятой точке зрения» на этот счет см. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. – М.: Наука, 1974, особенно глава 3 (с.77-106).

¹⁹² Уемов А.И. Указ. соч. С. 47

¹⁹³ Напомним, что по классическому определению Евклида точка – это то, что не имеет частей.

моделировании применительно ко всему тому широкому кругу точек зрения, которые, удачно или не очень, осветил и охватил Уемов.

Но далее Авенир Уемов делает то, что отчасти пытался в своей статье сделать Лео Апостел, а именно – заняться логической формализацией. Все оставшиеся главы книги посвящены процедуре *логического вывода по аналогии*.

«Наша задача будет заключаться в определении *структуры выводов* по аналогии, реально используемых в практике моделирования. Такое определение предполагает прежде всего *выяснение оснований*, дающих возможность переносить информацию от модели к прототипу... Многообразие форм выводов по аналогии будет определяться прежде всего *характером той информации, которая переносится* с модели на прототип». ¹⁹⁴ В оставшихся четырех главах книги подробно анализируются выводы по аналогии, дается их детальная классификация, рассматриваются возникающие при этом логические трудности; это все соотносится и сопоставляется с логическим же анализом других правдоподобных умозаключений.

Но именно в этом месте мы должны констатировать свое расхождение с Уемовым. Понятие «умозаключение» (в том числе «умозаключение по аналогии») характеризуется в тексте книги как «процесс определения валентного значения одной мысли – заключения на основе валентных значений других мыслей – посылок». ¹⁹⁵ Уемов специально использует здесь термин «мысль», а не более привычное всем «суждение», потому что определение «умозаключения» через «суждение» «имеет тот недостаток, что оно в духе господствующей в логике традиции ограничивает умозаключения выводами из посылок, имеющих форму суждения, отрицая тем самым

¹⁹⁴ Уемов А.И. Указ. соч. С. 73–74. Курсив как в оригинале.

¹⁹⁵ Там же, с. 58.

возможность выводов из понятий». ¹⁹⁶ Таким образом, умозаключение – вывод из суждений или понятий к другим суждениям и понятиям.

Мы не будем обсуждать правомерность такого подхода с точки зрения логики. Но с точки зрения эпистемологии моделирования мы должны признать такой подход ошибочным. В самом деле, огромные усилия различных эпистемологов на протяжении XX века состояли в том, чтобы перестать редуцировать «научное знание» исключительно к пропозициональным формам существования. Научная модель сама по себе не является понятием, суждением или умозаключением, хотя несомненно может быть описана – успешно или не очень – с помощью понятий, суждений и умозаключений. Различные процедуры логического вывода, анализируемые Уемовым далее по тексту его монографии, можно трактовать как варианты переноса информации о «модели» к информации о «прототипе»; при этом отношение аналогии между моделью и прототипом *представляется уже в некотором виде данным*. Практика конструирования и использования моделей в этом анализе подменяется практикой умозаключений на основе наличия предзаданных отношений. Собственно, с тех пор, как Уемов перешел от анализа понятий «модель» к анализу умозаключений на основе аналогии, он покинул область эпистемологии моделирования и перешел в область логики правдоподобных умозаключений.

Не вызывает сомнений тот факт, что если А является моделью Б, то из суждений об А (или на их основе) производятся выводы относительно Б. Истинностную (вероятностную, правдоподобную) оценку этих выводов, наверное, можно проанализировать логическими средствами. Но нельзя полагать, что А является моделью Б *в силу наличия таких выводов*. Иначе мы попадаем в порочный круг: А является моделью Б, потому что из описания А мы делаем вывод к описанию Б; в то же время вывод из описания А к описанию Б является возможным только потому, что А является моделью Б.

¹⁹⁶ Там же, с. 57.

Именно с такой проблемой сталкивается еще одна известная попытка логического анализа моделирования. В статье А.А. Зиновьева и И.И. Ревзина «Логическая модель как средство научного исследования» (1960) дается следующее определение модели: «Пусть X есть некоторое множество суждений, описывающих (фиксирующих) соотношение элементов некоторых сложных объектов A и B ... Пусть, далее, Y есть некоторое множество суждений, полученных путем изучения A и отличных от суждений X ... Пусть, наконец, Z есть некоторое множество суждений, относящихся к B и также отличных от X . Если Z выводится из конъюнкции X и Y по правилам логики, то A есть модель для объекта B , а B есть оригинал модели A ».¹⁹⁷

С точки зрения этого определения для того, чтобы узнать, является ли A моделью B , нужно попытаться вывести суждения о B из суждений об A и суждений, описывающих отношения между A и B . Но здесь неявно предполагается, что все три класса суждений *уже даны*, уже имеются в наличии, и вопрос о том, является ли A моделью B , решается после формулировки этих суждений. Вместе с тем именно суждения о B (названного в статье *оригиналом*) являются целью познавательной деятельности, которую осуществляет субъект, использующий A в качестве модели. Не имея суждений о B , нельзя охарактеризовать A как модель B . Но в то же самое время, не охарактеризовав A как модель B , нельзя сказать о том, что суждения, выводимые из конъюнкции описания A и описания отношений A к B , являются суждениями о B . Мы снова упираемся в тавтологичность определения.

Определение Зиновьева и Ревзина лишается такой тавтологичности, если трансформировать его в субъективно-прагматическом духе. В самом деле, пусть A считается моделью B лишь тогда, когда имеется субъект S , намеренный использовать сведения об A и сведения об отношениях между A

¹⁹⁷ 89. Зиновьев А.А., Ревзин И.И. Логическая модель как средство научного исследования // Вопросы философии. - № 1, 1960. - С. 82.

и В для вывода суждений о В. С нашей, прагматической точки зрения, в этом случае А является моделью В, *даже если выводы о В оказываются недостаточно достоверными или вообще ложными*. А, в таком случае, будет «неудачной» моделью В, но тем не менее – моделью.

Таким образом, тавтологичности определения можно избежать, но достигается это за счет внесения в характеристику моделирования определенной степени субъективного произвола. Но Зиновьев и Ревзин могли бы возразить нам, что наше уточненное определение вместо тавтологичного становится волюнтаристским: желание субъекта определяет наличие некоторого эпистемического статуса у познавательного средства (модели). Разве какой угодно субъект может охарактеризовать что угодно в качестве модели чего угодно?

Как видно, это возвращает нас к релятивистской позиции Вартофского. Однако мы уже показали, что волюнтаризм, подразумеваемый здесь, хотя и имеет место, но оказывается существенным образом ограничен.

Он ограничен прежде всего двумя обстоятельствами:

Во-первых, под *практикой* моделирования понимается не индивидуальное намерение некоторого субъекта познания использовать А для получения информации о В, а намерение *общественное*. Неоднократно повторяя слово «эпистемология» в тексте этой работы, мы хотели бы тем самым подчеркнуть, что мы занимаемся именно *научным* познанием, а *научное* познание имеет *коллективный* характер и является *практикой* некоторого (со)общества в целом (в недостижимом пределе – всего человечества). В этом смысле, конечно, кто угодно может считать любой объект А моделью любого объекта В; но это намерение не порождает практику *научного* моделирования, в отличие от эксплицитного намерения ученого, вовлеченного в социальный контекст производства знания.¹⁹⁸

¹⁹⁸ Это отличие научной деятельности от разнообразных форм индивидуального познания очень хорошо проиллюстрировано в коллективной монографии: Кузнецова Н.И., Розов М.А., Шрейдер Ю.А. Объект

Во-вторых, если деятельность по моделированию первична по отношению к ее результату – модели, то субъект, не производящий операций по приданию модели некоторой определенной формы, но декларирующий нечто в качестве модели, оказывается неправ. Одного факта заявления недостаточно: нечто *должно быть сделано* с объектом А, чтобы он стал моделью объекта В. Деятельность эта, в свою очередь, может быть весьма разнородной: субъект S может как построить объект А *ex nihilo* в качестве модели, так и всего лишь *представить* объект А в некотором виде, в котором он будет с некоторым успехом служить моделью объекта В. Поскольку эта деятельность, даже если она осуществляется в одиночку, всегда имеет в виду некоторое *сообщество*, она должна иметь принципиальную возможность *быть сообщённой*, то есть передаваться в ходе коммуникации. Поэтому отдельно взятый субъект познания не обладает всей полнотой власти над собственными моделями; он всегда рассматривает или создает их в некоторой перспективе возможных коммуникаций. Как мы видели в разделе 1.5, Мэри Хессе обращает специальное внимание на эту сторону процесса моделирования.

исследования – наука. – М.: Новый Хронограф, 2012. Научное познание является научным не только в силу его определенных внутренних характеристик, но и в силу соотнесенности с «внешней» по отношению к нему общественной практикой.

2.3. Прагматическое (практическое) понятие модели. Концепция

В.А. Штоффа и собственное определение моделирования.

Не соглашаясь с Уемовым в методологии работы, мы солидарны с интенцией: предложить обобщающее понятие модели, в существенной мере учитывающее историю разворачивания эпистемологических концепций, описывающих моделирование. Эту историю мы в ее наиболее существенных моментах изложили в главе 1. Здесь же наша задача усложняется: дать собственную характеристику моделированию, принимая во внимание тренд в сторону прагматики и учитывая субъектность этой деятельности.

Хотя прагматический подход, как он представлен Картрайт, Моррисон и Морган, в наибольшей степени отвечает нашим интересам, мы можем отметить его существенную недостаточность. Допустим, мы ограничимся характеристиками, которые дают моделям возможность быть относительно автономными — а это, напомним, конструирование, функционирование, репрезентация и обучение (см. раздел 1.7). В рамках каждой из этих характеристик автономность модели обеспечивалась выделенной субъектной практикой (построить модель, использовать модель, представить что-то с помощью модели, учиться с помощью модели). Однако ровно то же самое мы могли бы сказать по поводу *других научных практик*, от которых мы хотим отличить моделирование. Так как, с точки зрения прагматического подхода, наука — это не только теория, эксперимент, моделирование, но и «много чего еще»¹⁹⁹, то вместе с автономностью научных моделей мы были бы вправе декларировать автономию любых других средств познания. А если все эти составляющие научной деятельности автономны друг от друга, то, во-первых, становится непонятно, как они все же работают вместе (если всё автономно от всего), а во-вторых, теряется смысл характеристики моделей как автономных

¹⁹⁹ Winther R. The Structure of Scientific Theories // The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.). — URL: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/structure-scientific-theories/>>.

(ведь если всё остальное тоже «автономно», то в статусе автономности нет ничего особенного).

Следовательно, наша концепция моделирования должна не только объяснять сравнительную автономию практики моделирования от теоретизирования и экспериментирования, но и объяснять взаимосвязи между ними. При этом моделирование должно быть понято как практика *сообщества (общественная)*, что означает, как минимум, *коллективный характер* этой деятельности и сохраняющуюся *коммуникативную* перспективу.²⁰⁰ При этом хотелось бы и избежать субъективистского произвола в определении моделирования, и воздать должное моделирующему субъекту.

Мы теперь можем сформулировать ряд требований, которым должна удовлетворять концепция моделирования.

- 1) Выше мы сформулировали принцип: практика моделирования первична по отношению к модели. Теперь мы можем уточнить его следующим образом: *сначала должно быть определено понятие «моделирование», и лишь потом на его основе – понятие «модель»;*
- 2) Так определенное «моделирование» должно быть понято как *общественная практика*, то есть *par excellence* коллективная деятельность;
- 3) Для этой деятельности существенным является момент *коммуникации*;
- 4) При этом эта деятельность остается по существу *познавательной*, нацеленной на получение *достоверного знания о мире*, а не просто эффективной коммуникацией (то есть чисто конвенционалистские решения являются неудовлетворительными);
- 5) Модель, таким образом, является формой существования *научного знания*;

²⁰⁰ Марксистское понятие «общественная практика» существенно шире представленных здесь характеристик, которые мы поэтому обозначили - «как минимум».

- б) В качестве таковой формы она отличается от «теорий» и «опыта» («эксперимента»), но связана с ними некоторым рациональным образом.

Существует известная, серьезная и вполне успешная, на наш взгляд, попытка концептуализации моделирования, которая удовлетворяет вышеуказанным требованиям. Она принадлежит Виктору Штоффу и сформулирована в ряде его работ 1960-70-х годов. В качестве обобщающей и потому референтной работы мы рассмотрим монографию 1966 года «Моделирование и философия». Работа этого советского мыслителя для нас хороша еще и тем, что в ней последовательно и эксплицитно развивается марксистская диалектико-материалистическая гносеология (на основе «теории отражения»), которая совместима с прагматическим подходом (в смысле раздела 1.7) в том, что не сводит значение научного знания к корреспондентному соответствию между «теорией» и «действительностью» и позволяет пользоваться теоретико-множественной (в смысле раздела 1.6) трактовкой моделирования как гомоморфизма.²⁰¹

Штофф начинает с того же, что и Уемов, а именно – с рассмотрения существующих определений модели. Однако он не проводит «табличный» анализ соответствий между тридцати семью определениями и семьюдесятью семью характеристиками. Вместо этого формулируются «удачные» и «неудачные» подходы к определению моделей, и мы не без удовольствия можем заметить, что наиболее удачными Штофф признает определения И.Т. Фролова и И.Б. Новика. Приведем их здесь:

«Моделирование означает материальное или мысленное имитирование реально существующей (натуральной) системы путем специального конструирования аналогов (моделей), в которых воспроизводятся принципы организации и функционирования этой системы» (Фролов И.Т.)²⁰²

²⁰¹ Это утверждение не должно быть понято так, будто мы принимаем саму «теорию отражения».

²⁰² Цит. по: Штофф В.А. Моделирование и философия. – М.-Л.: Наука, 1966. – С. 16-17.

«Под моделированием следует понимать метод опосредованного практического или теоретического оперирования объектом, при котором используется вспомогательный промежуточный или естественный “квазиобъект” (модель), находящийся в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом, способный замещать его в определенных отношениях и дающий при его исследовании в конечном счете информацию о самом моделируемом объекте» (Новик И.Б.)²⁰³

Эти определения имеют много общих положительных черт – как с точки зрения Штоффа, так и с нашей. Штофф, например, особо оговаривает, что понятие «имитирование» у Фролова и «объективное соответствие» у Новика являются вариантами гносеологического «отражения». Тем самым, на наш взгляд, Штофф признает многоаспектность самого «отражения» как формы соответствия знания и действительности. «Отражение» может быть разным, оставаясь при этом «отражением» в смысле последствий его обнаружения. «Общим свойством всех моделей является их способность так или иначе отображать действительность»,²⁰⁴ - безапелляционно утверждает Штофф.

Мы же, в свою очередь, обратим внимание, что оба определения определяют понятие «моделирование», хотя и упоминают в ходе определения «модель». Такой ход мысли находится в полном соответствии с общим духом нашей работы и минимальным набором требований, который был сформулирован выше. «Моделирование» характеризуется как «конструирование» (Фролов) или «оперирование» (Новик) – то есть производительно-преобразовательная деятельность субъекта. Забавно при этом, что, в отличие от, например, определения Зиновьева и Ревзина, определения Фролова и Новика давались в перспективе некоторой специальной научной области – биологии в случае Фролова и кибернетики в случае Новика. «Специально» определенное моделирование вполне успешно

²⁰³ Цит по: Там же. С. 17.

²⁰⁴ Там же. С. 22

претендует на выявление общих и обязательных признаков моделирования «вообще». Таким общим и обязательным признаком является характеристика моделирования как деятельности субъекта. Однако ни у Фролова, ни у Новика субъект непосредственно не упоминается.

Определение самого Штоффа таково:

*«Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об объекте».*²⁰⁵

Дадим несколько комментариев к этому определению.

Во-первых, у Штоффа появляется сакраментальное «нам». Изучение модели дает новую информацию «нам», то есть субъектам познания. В частности, это может означать, что не бывает «новой информации вообще», то есть информация является новой для кого-то; для кого-то другого она может не быть новой. Это позволяет легитимно называть моделями многострадальные дидактические модели – те, которые служат не для производства нового знания, а для обучения новых субъектов. Поэтому модель у Штоффа именуется моделью только в перспективе определенного формата использования ее субъектом – что, опять же, вполне в духе наших собственных требований.

Во-вторых, модель «представляется» или «материально реализуется». Это значит, что воображаемые модели вполне являются полноправными моделями, коль скоро они тоже дают «нам» новую информацию. Это не значит, что можно называть моделью любой продукт человеческого воображения, ведь это представление оказывается вторичным по отношению к интересующему нас объекту. То есть, опять же, модель становится таковой в перспективе ее рассмотрения как средства по отношению к цели.

В-третьих, Штофф специально отличает модель от теории. «В то время как содержание теории выражается в виде совокупности суждений, связанных между собой законами логики и специальными научными законами и отображающих непосредственно закономерные, необходимые и всеобщие

²⁰⁵ Там же. С. 19

связи и отношения, присущие действительности, в модели это же содержание представлено в виде некоторых типичных ситуаций, структур, схем, совокупностей идеализированных (т.е. упрощенных) объектов и т.п.»²⁰⁶ То есть если теория – это прежде всего *языковая сущность* (в типичном случае – совокупность логически связанных между собой высказываний), то модель совершенно не обязана быть таковой. Хотя, конечно, всякая модель имеет возможность быть более или менее описанной в некотором языке, ее саму следует отличать от языкового описания. Более того, сама возможность языкового описания вторична по отношению к той форме отображения («отражения»), которой является модель. Поэтому Зиновьев и Ревзин неправы, определяя модель на основе *уже имеющихся* классов суждений о модели, моделируемом объекте и совокупности их аналогичных свойств. Модель остается моделью, даже будучи не описанной ни в каком языке.²⁰⁷

В-четвертых – и это продолжает мысль предыдущего абзаца – модель выступает у Штоффа как «заместитель» некоторого объекта. Для объектов, которые служат заместителями других объектов, существует понятие «знак». Соответственно, существует большой соблазн понять модельное отношение (отношение модели к моделируемому) как знаковое отношение. Хотя это действительно возможно, все же кажется более разумным сохранить понятия «отражение»/«отображение» для ситуаций, в которых не задействованы знаковые системы. Если знаки понимать достаточно узко, как знаки некоторого *языка*, то различие между моделью и теорией снова стирается – и то, и другое будет некоторыми наборами знаков. Если же понимать знак максимально широко – как в принципе любой объект, который замещает другой – то характеристика модели как «знака» ничего нового не добавит к тому, что уже высказано о модели, и даже наоборот, породит известную

²⁰⁶ Там же. С. 15

²⁰⁷ Мы не утверждаем тем самым, что моделирование как таковое возможно за рамками языка. Некоторое языковое (и возможно, даже теоретическое) описание действительности может предшествовать построению модели, и на практике сложно найти такие примеры в истории науки, когда ученый занимался бы исключительно моделированием, лишенным всякого языкового «сопровождения». Но не языковое описание делает модель моделью.

путаницу.

Таким образом, определение модели по Штоффу радикально порывает с той традицией в эпистемологии, которая в главе 1 была названа «синтаксическим подходом» и для которой научное знание состоит в наличии соответствия (корреспонденции) между выражениями в нескольких языковых системах. Штофф в явном виде сближается с семантическим подходом (как мы видели в разделе 1.6, для них соответствие между моделью и действительностью вовсе не обязано быть знаковым отношением) и с прагматическим подходом (для которого существенно, что моделирование – особая форма научной практики, отличающаяся как от теоретизирования, так и от экспериментирования, см. раздел 1.7).

Однако мы не можем полностью принять определение Штоффа, хотя оно и выглядит наиболее привлекательным с точки зрения нашей перспективы рассмотрения.

Модель в определении Штоффа «способна замещать» объект исследования таким образом, чтобы дать нам «новую информацию» о нем. Тем самым подразумевается, что замещать объект можно и не давая о нем «новую информацию». Такой заместитель, по определению Штоффа, моделью не является. Если это так, то на вопрос о том, является ли нечто моделью, можно будет ответить только после попытки получить новую информацию об объекте на основании модели. И только результат успешной попытки может быть по Штоффу назван «моделью», ведь в случае неудачи мы не получили новую информацию.

Это представляется некорректным. Модель действительно создается в перспективе получения информации с ее помощью. Но кроме того, она сама является формой знания об объекте и носителем некоторой информации – не обязательно новой. Объект, который сконструирован с целью исследования другого объекта и выступает его заместителем, может оказаться неудачной моделью (неэффективной, неадекватной, бесполезной). Но он не перестает от

этого *быть моделью*. По аналогии с тем, что научными теориями являются как истинные, так и ложные теории (Поппер), научными моделями являются как успешные, так и неудачные модели. Иначе говоря, интенция субъекта по использованию объекта в качестве модели первична по отношению к результату этого использования.

Полноценное принятие следствий того, что было сказано о прагматическом подходе в разделе 1.7 и об определении понятия «модель» в разделах 2.1-2.2, влечет пересмотр определения Штоффа.

Мы попытаемся сначала дать определение «моделированию»:

Моделирование – это деятельность по целенаправленному воспроизводству структуры объекта познания.

Тогда:

Модель – всякий результат такой деятельности, то есть (по Штоффу) мысленное представление или материальная реализация структуры, созданные субъектом в целях получения информации об объекте познания.

Наше определение требует от модели, чтобы она имела *структуру*, то есть внутренние связи и отношения. Отдельный вопрос – можно ли все, что имеет структуру, рассматривать как систему, или нет; вслед за Уемовым мы оставим этот вопрос в стороне как нерелевантный нашему рассмотрению. Достаточно оговорить, что модель – всегда *сложный* объект. (Подробнее о структуре см. следующий раздел).

Наше определение не требует, чтобы модель *действительно была* воспроизведенной структурой некоторого объекта.²⁰⁸ Достаточно того, что она рассматривается в таком качестве некоторым субъектом.

²⁰⁸ Тем более, что неясно, что значит для модели «действительно быть» чем-то (в противоположность «казаться чем-то»).

Наше определение не требует от модели, чтобы она была *научной*. С нашей точки зрения, *научной* модель может считаться тогда, когда она рассматривается *научным субъектом*, то есть в первую очередь некоторым научным сообществом. Сложный, но интересный вопрос о том, как отличить научное сообщество от других сообществ (и от не-сообществ) остается за рамками рассмотрения текущей работы.²⁰⁹ Далее по тексту, говоря о моделях, мы по умолчанию имеем в виду именно *научные* модели. Эта оговорка поясняет только то, что наше определение позволяет и более широкую интерпретацию.

Наше определение не требует от модели быть хронологически *вторичной* по отношению к объекту. В самом деле, широко известны и регулярно обсуждаются в литературе ситуации, когда модель строится *перед тем*, как привести к существованию целевую систему. Например, при планировании конструкции нового архитектурного сооружения целесообразно построить вначале масштабную модель (scale model), которая будет служить источником знаний о будущем здании (то есть об объекте, которого актуально еще нет).

Наше определение отличает модель от теории вполне в духе Штоффа: теория существует в виде набора языковых выражений и является экспликацией всеобщих и необходимых свойств некоторого фрагмента действительности.²¹⁰ Модель же не обязательно состоит из выражений некоторого языка (хотя это и не запрещается) и представляет собой конкретный выделенный объект, существующий как материальная система

²⁰⁹ В качестве первого приближения к ответу на этот вопрос можно указать на работы Т.Куна «Структура научных революций», С.Тулмина «Человеческое понимание» и Л.Флека «Возникновение и развитие научного факта». Автор этих строк, в свою очередь, предпринимал пробную попытку исследовать параллели между понятиями «модель» в философско-научном дискурсе и «образ» в теории поэзии начала XX века, в контексте существования соответствующих сообществ. Результаты этого исследования еще ждут своего часа.

²¹⁰ Разумеется, можно проблематизировать «всеобщность» и «необходимость» теоретического знания. Мы предлагаем зафиксировать, как минимум, что с точки зрения интуиций словоупотребления то, что мы называем «теорией», кажется более «всеобщим и необходимым», чем то, что мы называем «моделью».

или как представление (а не как выражение общих свойств объектов или процессов).

Наконец, наше определение не налагает субстанциальных онтологических ограничений на природу модели: состоит ли модель из некой *материи* или является исключительно *мысленной конструкцией*, создание и того, и другого будет охарактеризовано как моделирование, если имеется субъект, в перспективе которого это нечто рассматривается как способ получения знания о другом объекте. В этом смысле развиваемая здесь концепция моделирования является *релятивистской*.

2.4. «Быть моделью» как отношение. Отражение и гомоморфизм

Какое именно отношение устанавливается между моделью и объектом моделирования? Это отношение на протяжении нашего исследования было названо «аналогией» (или совокупностью «аналогий», см. раздел 1.5 о концепции Хессе), отношением «означивания» (как между означающим и его означаемым), отношением «изоморфизма» или «гомоморфизма» (в семантическом, или теоретико-множественном, подходе), отношением «отображения» (в цитатах из Герца и Витгенштейна, а также в концепции Штоффа), «репрезентацией» (в концепции Вартофского), «интерпретацией» (в синтаксическом подходе), «посредничеством» (в прагматическом подходе) и т.д. Между тем все эти термины обозначают далеко не одни и те же формы отношений. Следует не только остановить свой выбор на некоторой форме отношения между двумя объектами как конститутивной для моделирования, но и показать, какое значение при таком рассмотрении приобретают прочие возможные и предлагавшиеся формы отношений.

В первом приближении прагматический подход требует от нас тернарного отношения $R(S, M, O)$, где отношение «быть моделью» (R) связывает субъекта (S), модель (M) и оригинал, или целевую систему, или объект познания (O). Подразумевая, что для всякого R по умолчанию в нашей концепции имеется некий S , можем вынести S за скобки и рассмотреть отношение между моделью и оригиналом, предполагая субъекта (с его целями и ценностями) уже предзаданным. Таким образом, наш вопрос превращается в вопрос «Как выглядит (бинарное) отношение моделирования для познающего субъекта?»

Ответ на этот вопрос можно дать не только исходя из некоторой уже принятой концептуализации отношения моделирования, но и из общих алгебраических соображений. Таковое отношение может обладать

классическим набором свойств: рефлексивностью, симметричностью и транзитивностью.²¹¹

Если объект А является моделью объекта В для субъекта S, из этого в общем случае не следует, что объект В является моделью объекта А для субъекта S. Как мы неоднократно подчеркивали, одной только возможности установить отношение недостаточно: оно должно быть *действительно* установленным в результате практики моделирования (и снова подчеркнем: даже если эта практика состоит только в *интеллектуальном представлении* субъекта S). Установление обратного модельного отношения (сделать В моделью для А) требует отдельного практического акта, который по умолчанию (в ситуации, когда А – модель В) отсутствует. Это означает, что отношение моделирования *не является симметричным*.

Такой вывод, вероятно, выглядит трюизмом: кажется, что никто всерьез не предполагает, что модель и оригинал взаимозаменяемы. Однако, например, Вартофский полагает свое отношение «репрезентации» симметричным (см. раздел 2.2). Отношение моделирования по Хессе, состоящее из трех групп аналогий (позитивные, негативные и нейтральные) тоже является симметричным (см. раздел 1.5). Зато в синтаксическом подходе отношение моделирования является асимметричным (см. раздел 1.2), а в варианте прагматического подхода, развиваемом Нэнси Картрайт – антисимметричным (см. раздел 1.7).²¹²

Далее, отношение моделирования *не является рефлексивным*. Шутливые слова Винера и Розенблюта о том, что лучшая модель кошки – это другая кошка, а самая лучшая – та же самая кошка (см. раздел 1.3), следует воспринимать именно как шутливые. Субъект S, конечно, может рассматривать А как средство получения информации об А, но для этого не

²¹¹ См., например: Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М.: Наука, 1970. – С. 23

²¹² Бинарное отношение R называется асимметричным, если невозможно одновременно $R(a,b)$ и $R(b,a)$, то есть из $R(a,b)$ следует $\neg R(b,a)$. Антисимметричность – если $R(a,b)$ и $R(b,a)$ выполняются только для случая $a=b$.

требуется совершения никаких дополнительных действий, то есть не требуется *практики моделирования*. С объектом А не требуется производить никаких дополнительных операций, действительных или воображаемых, чтобы он стал источником информации о самом себе. Поэтому, хотя отношение «*служить источником информации*» является *рефлексивным*, отношение *моделирования* – нет. Этот вывод тоже не является трюизмом. Из него, в частности, следует, что «обобщающее определение» Уемова (см. раздел 2.2) не является достаточным определением понятия «модель», так как, не являясь симметричным, оно все же остается рефлексивным.

Отношение моделирования, тем не менее, может быть *транзитивным*. Если субъект S использует А как модель для В, а В как модель для С, то он использует А как модель для С, то есть имеет в виду возможность сделать из изучения системы А выводы относительно изучения системы С. Еще раз подчеркнем, что это не означает возможности сделать «истинные» или «достоверные выводы»: А может оказаться «негодной» моделью С, но, тем не менее, моделью. Нельзя сказать, что всякое отношение моделирования транзитивно (в принципе мыслима ситуация, когда субъект S использует А как модель В, В как модель С, но не рассматривает А как модель С) однако оно может им быть.

В итоге: отношение между моделью и оригиналом, устанавливаемое согласно нашему представлению о моделировании, должно быть *нерефлексивным*, *несимметричным*, но, возможно, *транзитивным*.

В рамках семантического подхода модель обычно рассматривается как упорядоченное множество, состоящее из объектов, отношений и операций. Начало теоретико-множественному рассмотрению научных моделей, по всей видимости, положил еще Патрик Суппес в начале 1960-х,²¹³ однако в философский мейнстрим оно вошло не ранее 1980-х годов, вместе с работами

²¹³ См. его ранние работы: Suppes, P. Introduction to Logic. – NY: Van Nostrand Reynold Company, 1957; и особенно Suppes P. A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences // Synthese. – Vol. 12, 1960. – pp. 287–301.

Бааса ван Фраассена (в особенности, но не только, «Scientific Image»)²¹⁴. В частности, Саппс пишет: «[Модель - это] теоретико-множественный объект, определенным образом упорядоченный кортеж, состоящий из множества объектов и отношений и операций на этих объектах»²¹⁵. Определять модель таким (формальным) образом может быть неудобно для ученых, привыкших к представлению о модели как в первую очередь *физическом* объекте. Однако, продолжает Саппс, теоретико-множественное понятие модели не исключает физическое, так как «физическая модель может быть просто взята для определения множества объектов в теоретико-множественной модели»²¹⁶. Таким образом, существенно то, что разные уровни знания – и эмпирический, и теоретический, и множество промежуточных слоев – могут быть представлены в виде структуры на множестве.

В разделе 1.6 уже обсуждались общие черты этого подхода, его преимущества и недостатки. Коротко напомним их. Сильной стороной этого подхода является его решение проблемы соотнесения теоретического и эмпирического уровней знания: представив и то, и другое в виде множества с заданными отношениями, можно устанавливать тождество структур – изоморфизм. Это позволяет избежать необходимости редукции значений теоретических терминов к эмпирическим, и даже больше – не говорить, собственно, о *терминах* и *высказываниях*, так как научное знание более не рассматривается как лингвистическая сущность (совокупность высказываний). Изоморфизм структур может быть установлен вне зависимости от того, какую онтологическую природу имеют объекты множества. Математическим символам можно поставить в соответствие значения показаний приборов, а им, в свою очередь – интенсивность тех или иных наблюдаемых явлений.

²¹⁴ Van Fraassen B. Scientific image. – NY: Oxford University Press, 1980.

²¹⁵ Suppes P. A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences // Synthese. – Vol. 12, 1960. – p. 290.

²¹⁶ Ibid., p. 291.

Слабой стороной, с нашей точки зрения, является избыточное стремление к формализации. Попытка радикально строгой формализации языка науки в логических терминах, как общепризнано, потерпела неудачу; и вовсе не внушает оптимизма попытка столь же строгой формализации в терминах теории множеств. Вдобавок, теория множеств ничего не говорит о процессе порождения моделей: подобно логике предикатов в рамках синтаксического подхода, она пригодна для анализа *уже готового* знания. Мы же решили исходить из процессуальности и субъектности моделирования: это особенности, которые с трудом поддаются формализации (вспомним провальную попытку Лео Апостела).

Поэтому, не надеясь осуществить в теоретико-множественных терминах экспликацию «моделирования» как практики, мы, тем не менее, можем надеяться на экспликацию смысла двухместного предиката «быть моделью». Нас по уже описанным причинам не устраивает как полная релятивизация этого отношения, так и противоположная крайность – полное устранение субъекта из рассмотрения (см. раздел 2.1).

Определенный промежуточный вариант решения этой проблемы имеется в советской философии науки у В.А. Штоффа и Ю.А. Гастева. Рассмотрим их подробнее.

Для Штоффа отношение «быть моделью» - в первую очередь разновидность гносеологического «отражения». «Отражение начинается там и тогда, где и когда имеются перенос структуры и сохранение структуры отражаемого в структуре отражающего, причем, под структурой здесь имеется в виду совокупность отношений (в том числе и временных) между элементами или состояниями системы».²¹⁷ Необходимыми и достаточными признаками отражения, по Штоффу, являются: «1) Первичность отображаемого (объекта) по отношению к отображенному (образу); 2) наличие... материального

²¹⁷ Штофф В.А. Моделирование и философия. – М.-Л.: Наука, 1966. – С. 119.

воздействия одной системы на другую... 3) сохранение в измененной или переработанной форме структуры отражаемого в структуре отражающего».²¹⁸

Совместим ли такой взгляд с семантическим подходом? Штофф рассматривает изоморфизм как обобщение теории подобия. Теория подобия, в его интерпретации, применима только к объектам одной и той же формы движения материи (механическое подобие, например).²¹⁹ Изоморфизм же может быть установлен, если различные законы природы (из разных областей, или форм движения материи) имеют общее математическое выражение.²²⁰ (Штофф не рассматривает как «изоморфное» отношение между явлением и самим математическим выражением, но это вполне допустимо в его терминологии). Известными примерами являются изоморфизм закона Кулона и закона всемирного тяготения Ньютона, или изоморфизм принципа Ферма (принцип наименьшего времени движения светового луча в оптике) и принципа Мопертюи (принципа наименьшего действия в механике).

Однако, согласно Штоффу, этот изоморфизм не является продуктом деятельности субъекта по моделированию, а это значит, что он не мог бы быть рассмотрен как основа отношения «быть моделью» в нашей концепции. Штофф говорит: «Тождественность математического формализма в подобных случаях является не просто удобным способом, который может использоваться или не использоваться в зависимости от желания, а выражением объективных отношений, существующих между законами природы... Это тождество математической формы... не является случайностью и не представляет собой результата творческой деятельности интеллекта».²²¹ Мы радикально не согласны с такой точкой зрения, так как это – ложная дихотомия. Конечно, тождество математической формы является результатом творческой деятельности интеллекта. Однако это не значит, что

²¹⁸ Там же.

²¹⁹ Энгельс Ф. Диалектика природы // К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения. Т.20. М.: Госполитиздат, 1961. – С. 339-626.

²²⁰ Штофф В.А. Указ.соч. С. 103 и далее.

²²¹ Там же, с. 108-109.

оно *случайно*, как не случайна, например, устойчивость здания, которое было результатом творческой деятельности архитектора.²²²

Изоморфизм не подходит на роль отношения «быть моделью» как по формальным, так и по содержательным причинам. Дело в том, что отношение изоморфизма симметрично, в то время как отношение «быть моделью» – нет. Асимметричность модельного отношения связана не только с гносеологической первичностью отображаемого по отношению к отображающему, но и с интенцией субъекта, познающего объект. «Модель... строится по определенным законам и правилам, с учетом определенных опытных данных и *для определенных познавательных целей*».²²³ Штофф хорошо сознает гносеологическую вторичность модели по отношению к *познаваемому объекту*, но при этом отказывается делать следующий шаг и признать вторичность модели также и по отношению к *познающему субъекту*. Это приводит к заметной непоследовательности в тех местах книги, где Штофф чувствует необходимость бороться с «идеалистическими» (читай – субъективистскими) тенденциями в эпистемологии. Например, Штофф однозначно характеризует отношение между объектом исследования и прибором как «объективную сторону эксперимента», в то время как уровень имеющихся научных знаний – как «субъективную».²²⁴ Очевидно, что принципы работы прибора завязаны на уровне научных знаний, и последовательным решением было бы либо отнесение уровня знаний на счет «коллективного субъекта» и в этом смысле объективного по отношению к познающему индивиду, либо отнесение прибора на счет «индивидуального субъекта», поскольку это познавательное средство является таковым только при использовании его вполне определенным образом.²²⁵ Или: Штофф пишет,

²²² Подробнее о ложности аналогичных дихотомий см. Рорти Р. Релятивизм: найденное и сделанное // Философский прагматизм Ричарда Рорти и российский контекст. – М., 1997.

²²³ Штофф В.А. Указ.соч. С. 133. Курсив мой – М.В.

²²⁴ Там же, с. 92.

²²⁵ Эта мысль может быть проиллюстрирована известным анекдотом:

- Штурман, как приборы?
- Шестнадцать, капитан!
- Что – «шестнадцать»?

что «научная аналогия не может базироваться на субъективных оценках, личных впечатлениях и вкусах. Она должна основываться только на объективном сходстве совершенно точно определенных отношений».²²⁶ Но при этом чуть выше, развивая мысль М. Хессе о трех типах аналогий, из которых состоит отношение моделирования, он же утверждает: «Аналогия есть единство отношений сходства, отношений различия, а также таких отношений, о которых еще неизвестно, являются ли они отношениями сходства или различия. И для развития науки важнее всего, конечно, третья область».²²⁷ То есть по Штоффу выходит, что аналогия основывается на объективном сходстве, но «для развития науки» это объективное сходство не так уж важно...²²⁸

Однако на роль отношения «быть моделью» может подойти обобщение изоморфизма – гомоморфизм, или «изоморфизм в одну сторону». «Модели, применяемые в физике, химии, биологии... являются гомоморфными образами соответствующих явлений, так как получены в результате сознательного упрощения последних».²²⁹ Как видим, в такой характеристике учитывается как деятельностный аспект познания (нечто *становится* моделью в результате некоторых действий познающего субъекта), так и неполнота информации о всех возможных сходствах между моделью и

- А что – «приборы»?

То есть показания приборов в отсутствие сформулированного кем-то вопроса не имеют смысла.

²²⁶ Штофф В.А. Указ.соч. С. 141.

²²⁷ Там же, с. 140.

²²⁸ М.С. Каган объясняет это и другие противоречия в книге Штоффа необходимостью догматически принимать теорию отражения: «В советской философии, базировавшейся на “ленинской теории отражения”, абсолютизация понятия “отражения”, лишавшая познающего субъекта какой-либо активности в постижении объекта, понятие “модель”, как бы его ни трактовать, *субъективировало процесс познания*, ибо она является конструктом, создаваемым субъектом, делая тем самым возможными разные модели одного и того [же] объекта». Каган М.С. Петербургский философ Виктор Штофф // Виктор Александрович Штофф и современная философия науки / сост., отв.ред. Ю.М. Шилков. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – С. 57-58. – Это далеко не бесспорно. Сложно узнать, таковы ли были подлинные намерения Штоффа, но по крайней мере, в тексте «Моделирования и философии» они не обнаруживаются; напротив, Штофф неоднократно возвращается к положениям марксистско-ленинской гносеологии даже там, где это не необходимо по догматическим соображениям. Однако Каган верно указывает, что философская проблематизация моделирования неизбежно субъективизирует процесс познания; такой же вывод мы делаем по итогам первой главы.

²²⁹ Штофф В.А. Указ.соч. С. 148.

оригиналом. При всей синонимичности понятий «аналогия», «подобие», «гомоморфизм», «изоморфизм», именно «гомоморфизм» в конечном счете выбирает Штофф в качестве минимально необходимого, а потому обобщающего отношения, которое конституирует гносеологическое «отражение». «[Модели] являются отражением постольку, поскольку условием их формирования, построения и использования в процессе познания являются либо физическое подобие, либо аналогия, либо гомоморфизм (в частности, изоморфизм). Так как первые два случая представляют собой также частные, конкретизированные формы гомоморфизма, то мы не ошибемся, если скажем, что с фактической (технической, логической или математической стороны) любая модель представляет собой *по меньшей мере гомоморфный образ объекта*».²³⁰

Более последовательную попытку анализа тех же особенностей моделирования, что и в работе Штоффа, мы находим в монографии Ю.А. Гастева «Гомоморфизмы и модели» (1975). Первый же параграф Гастева возвращает нас к началу этого раздела: какими свойствами обладает отношение «быть моделью»?

Отношение изоморфизма рефлексивно, транзитивно и симметрично. Отношение гомоморфизма (по Гастеву) рефлексивно и транзитивно, но несимметрично. Гастев, впрочем, оговаривается, что «[замена] эвристической идеи *эквивалентности* модели и оригинала на их *сходство, подобие...* сразу ведет к отказу от требования *транзитивности* этого отношения».²³¹ Выше было указано, что отношение «быть моделью» может быть (или не быть) транзитивным, однако должно быть нерефлексивным, если мы принимаем производность понятия «модель» от понятия «моделирование». Заочно можно сказать, что Гастев мог бы согласиться с такой корректировкой, так как первый параграф монографии заканчивается следующими словами:

²³⁰ Там же. Курсив мой. – М.В.

²³¹ Гастев Ю.А. Гомоморфизмы и модели. Логико-алгебраические аспекты моделирования. – М.: Наука, 1975. – С. 17. Курсив как в оригинале.

«В термине “модель”, столь часто нами употребляемом, имеется, если можно так выразиться, некий “безличный” привкус: можно подумать, что все эти “подобия” и “упрощения” действительно “имеют место” в некоей (довольно-таки платонистской) “онтологии”. Если, однако, вспомнить, в связи с чем мы ввели все эти понятия, то станет понятно, что “модель” для нас (во всяком случае, пока мы интересуемся гносеологическими вопросами) не столько объективный *атрибу*т чего бы то ни было, сколько *продукт* чьего-то (скажем, нашего собственного) “моделирования”». ²³²

Таким образом, представление Гастева о гомоморфизме как основе модельного отношения прекрасно сочетается не только с общими предварительными требованиями к этому отношению, но и с прагматической акцентуацией нашего собственного исследования. Модель становится гомоморфной объекту в результате соответствующей деятельности познающего субъекта. Гастеву принадлежит достаточно тщательный анализ того, что значит «быть гомоморфным», и, следовательно, «быть моделью» - не только с точки зрения формальной теории множеств, но и с точки зрения научной практики. И Гастев хорошо осознает, что исключительно формалистский подход к определению гомоморфизма провален: «Ни к одной научной теории, ни к одной фотографии, ни к одной карте понятие гомоморфизма *как таковое* не применимо». ²³³

Поэтому, в отличие от представителей семантического подхода, мы относимся к теории множеств (и связанному с ней понятию гомоморфизма) как к средству *прояснить* эпистемологическую проблематику, но не как к средству *формализовать* ее.

В основе всех «морфизмов» лежит понятие тождества. Процедура отождествления является релятивистской — в том смысле, что некоторые объекты А и В не могут рассматриваться как тождественные по своей

²³² Там же, с. 18.

²³³ Там же, с. 47.

«природе», а только лишь из некоторой перспективы (мы бы сказали: по отношению к некоторому субъекту, чья перспектива имеется в виду). В разных ситуациях мы рассматриваем очень разные объекты как тождественные (яркий круглый диск и тонкий изогнутый серп на небе – это одна и та же Луна) или очень похожие, почти неразличимые объекты – как различные (братья-близнецы – это *принципиально* разные люди, когда речь идет, например, об их уголовной ответственности за преступление). Отождествить объект А с В означает не признать отсутствие различий, а признать их нерелевантность в рамках перспективы отождествляющего субъекта. Вартофский был, несомненно, прав в том, что любая вещь в мире «похожа» на любую другую вещь. Но сделать эту «похожесть» основанием интеллектуальной познавательной операции – функция субъекта познания.

Поэтому определение отношения «быть моделью» как гомоморфизма, при учете всех перечисленных оговорок, не только не игнорирует прагматический аспект моделирования, но и, напротив, воздает ему должное. По сути, «моделирование» как практика интерпретируется как «гомоморфное преобразование» в теоретико-множественном смысле. Если дано множество объектов M , набор операций Ω_f на M и набор предикатов (отношений)²³⁴ Ω_p на M , то кортеж $U = \langle A, \Omega_f, \Omega_p \rangle$ - *алгебраическая система*. При этом U , где $\Omega_p = \emptyset$ (множество предикатов пусто) - *алгебра*, а U , где $\Omega_f = \emptyset$ (множество операций пусто) - *модель*.²³⁵ Таким образом, моделью в этом смысле является множество объектов с заданными на нем предикатами (отношениями) в отсутствие заданных операций. «Моделированием» тогда является выделение множества объектов U_2 с определенными на нем предикатами, такими, что множество этих предикатов является подмножеством множества Ω_p . Акт выделения такого множества в терминах теории множеств может быть назван «гомоморфным преобразованием».

²³⁴ Для целей данного раздела «отношением» считается предикат с арностью 2 или больше.

²³⁵ Там же, с. 88-89.

Далее, если U – множество объектов действительного мира (или чего бы то ни было, из чего состоит «действительный мир»), то предполагается неизвестным, из каких предикатов состоит Ω_r . Более того, достаточно произвольным является и определение того, из какого рода единиц состоит U , и в каждом конкретном случае произвольно, является ли нечто элементом U или нет. «Произвольно» здесь означает – «не предопределено заданными параметрами» множеств, о которых идет речь; но это вполне может быть предопределено принятыми онтологическими обязательствами и ограничениями. Это значит, что в *действительном мире* элементом U может стать все, что угодно, до тех пор, пока выполняются внешние по отношению к теоретико-множественной структуре ограничения. Эти ограничения носят для нас *прагматический* характер: именно познающий субъект производит в U значимые различия между объектами и определяет сигнатуру (конкретное множество предикатов) как применительно к миру (U), так и применительно к его модели (U_2).

Повторим еще раз, что такое положение дел не означает произвола познающего субъекта. Неявно предполагается (и это реализация лейбницевского принципа тождества неразличимых), что субъект способен провести различие между $x_1 \in U$ и $x_2 \in U$ (если нет, то x_1 и x_2 – это просто один и тот же объект). Но такая способность, в свою очередь, в действительном мире зависит от характеристик как мира, так и субъекта. Если, например, x_1 и x_2 – это оттенки цветов, а мир U – мир, наблюдаемый в поле зрения человеческого глаза, то способность различить x_1 и x_2 не является произвольной. (В целом, мы не обсуждаем в этой работе онтологические предпосылки самой возможности познавательной деятельности субъекта в мире: предполагается, что мир субъекту уже некоторым образом дан, и этот образ может быть воспринят с большей или меньшей степенью достоверности, а также передан другому субъекту).

Гастев формулирует «Основную теорему» моделирования: «Точность любого описания – это точность соглашения о неразличении отождествляемого».²³⁶ Более строго: «Для любого гомоморфизма универсальной алгебраической системы A в универсальную алгебраическую систему B можно указать такое отношение конгруэнтности ρ на A , что B изоморфна факторалгебре (факторсистеме) $A/\rho = [A]$ ».²³⁷

Обе формулировки требуют пояснения – в том числе в том отношении, в котором они могли бы быть проинтерпретированы в прагматическом духе. Наш комментарий по неизбежности будет терять в терминологической точности, но приобретать (как мы надеемся) в содержательном плане.

Под «факторизацией» множества понимается его разбиение на *классы эквиваленции*. Отношение эквиваленции (рефлексивное, симметричное и транзитивное) в практическом смысле является реализацией процедуры отождествления, которая, как мы уже отмечали, состоит прежде всего в *отказе проводить некоторые различия*. То есть в результате факторизации мы переходим от элементов множества A к соответствующим классам объектов, которые в некоторой перспективе принимаются за эквивалентные. Отношения между элементами (то есть предикаты) этого нового множества воспроизводят отношения между исходными объектами. Соответственно, установить гомоморфизм между A и B – означает установить изоморфизм между B и факторизацией A . В свою очередь, классы эквиваленции (то есть классы объектов, различие между которыми нам не принципиально) являются подмножествами множества A , и в этом смысле содержатся в множестве всех подмножеств.

Теперь, если множество A рассматривается как *действительный мир* (или, точнее, действительный мир рассматривается как множество A), то

²³⁶ Там же, с. 101.

²³⁷ Там же, с. 97.

существует множество всех подмножеств действительного мира, и всякий гомоморфный образ мира оказывается изоморфен фактормножеству (то есть подмножеству) мира. В интерпретации Гастева это означает, что всякая научная модель действительности *предопределена* этой действительностью, так как изоморфна одному из ее подмножеств.

Для эпистемологии это означает, что не существует научных моделей, которые были бы *полностью* неадекватны действительному миру. Этот тезис, хотя и выглядит избыточно сильным, на самом деле не таков. Хотя всякая модель изоморфна некоторому подмножеству классов эквиваленции, вопрос о том, *какому именно* подмножеству – не имеет не только готового решения, но и очевидного пути получения ответа. Иначе говоря, если бы мы находились в платонистской онтологии (и эпистемологии),²³⁸ мы могли бы рассчитывать на актуальное существование этих подмножеств и определять истинность научных моделей установлением корреляции с ними. Поскольку мы не находимся в такой эпистемологии, нам требуется специальным актом научной практики *привести эти подмножества к существованию* – посредством договоренности о том, какие именно различия мы игнорируем и, следовательно, какие объекты отождествляем. Поэтому, хотя теория множеств говорит нам, что радикально ошибаться мы не можем, она не говорит, как именно мы могли бы достигнуть *adaequatio rei et intellectus*. Таким образом, этот вопрос вновь переносится в прагматическую плоскость.

Подведем промежуточный итог. Концепция Гастева, с одной стороны, является достаточно строгой реализацией теоретико-множественного подхода к моделированию. С другой стороны, в отличие от многих вариантов семантического подхода, она оставляет достаточно места эпистемическому произволу субъекта, а в отличие от варианта Штоффа, не столь сильно завязана на диалектико-материалистическом учении об «отражении». Мы принимаем концепцию Гастева (с оговорками, сделанными выше) как

²³⁸ В первом приближении это верно и для околоплатонистских рассуждений Поппера о «третьем мире».

формальную основу определения понятия «моделирование»: моделировать – значит отказываться от различий и проводить отождествления между элементами мира.

Однако процедура моделирования, определенная таким образом, выглядит избыточно общей. Ван Фраассен, например, пишет: «Выдвинуть теорию – значит специфицировать семейство структур, их моделей, и определить некоторые части этих моделей как кандидатов на роль прямых репрезентаций наблюдаемых феноменов».²³⁹ Таким образом, в принципе все акты научного познания сводятся к моделированию, а моделирование – к описанию в теоретико-множественных терминах. Хотя такой взгляд возможен, он явно недостаточен по причинам, изложенным в разделе 1.7 при обсуждении прагматического подхода. Теоретико-множественное определение научного моделирования мы будем поэтому считать минимально необходимым, но не достаточным. Цели моделирующего субъекта, сама деятельность по моделированию (материальному или воображаемому), коллективный характер этой деятельности – все это выходит за рамки возможностей выражения в рамках семантического подхода.

²³⁹ Van Fraassen B. Scientific image. – NY: Oxford University Press, 1980. - P.64.

2.5. Моделирование и эксперимент²⁴⁰

Прагматическая эпистемология моделирования рассматривает моделирование в первую очередь как практику, отличную как от «чистого» теоретизирования, так и от «чистого» экспериментирования. Таким образом, она ставит под сомнение классическое подразделение научного знания на два уровня (теоретический и эмпирический) и позволяет выделять другие, промежуточные или альтернативные, формы исследовательской деятельности. Однако при этом, как мы видели, трансформация представлений о научных моделях может преобразовать и представления об этих уровнях. Так, в рамках семантического подхода (см. раздел 1.6) сама теория рассматривается как иерархия моделей, а соотношение эмпирического и теоретического слоя понимается как модельное отношение (гомоморфизм). Разумно ожидать, что интерпретация понятия «эксперимент» в эпистемологии тоже не остается незатронутой, коль скоро «модель» и «моделирование» получают различные новые толкования. Этот раздел – попытка выстроить новое соотношение между понятиями «моделирование» и «экспериментирование».

Философия экспериментирования лишь сравнительно недавно обособилась в самостоятельный и респектабельный раздел философии науки. В эпоху господства логического позитивизма и попперовского постпозитивизма философские проблемы экспериментирования не рассматривались как специфический, требующий отдельного рассмотрения класс вопросов. В качестве подтверждения сошлемся на такие работы, как «Философские основания физики» Р.Карнапа,²⁴¹ «Философия науки» Ф. Франка,²⁴² и «Структура науки» Э. Нагеля.²⁴³ Среди этих трех работ только

²⁴⁰ Положения этого и следующего раздела также изложены в статье: Вархотов Т.А., Волошин М.Ю. Таксономия нематериального эксперимента // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2025. – №1(43). – С. 138-167.

²⁴¹ Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. – М.: Прогресс, 1971.

²⁴² Франк Ф. Философия науки. Связь между наукой и философией. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960.

²⁴³ Nagel E. The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation. – Harcourt, Brace & World, 1961.

книга Карнапа содержит отдельную главу про эксперимент, и при этом обсуждение все равно сводится к крайне узкому вопросу о том, какими факторами можно (или нельзя) пренебречь при проведении экспериментального исследования. Работа Франка не содержит не только главы об эксперименте, но и даже термина «эксперимент» в «Алфавитном указателе». Что же касается Нагеля, то в главе «Экспериментальные законы и теории» обсуждается различие эмпирического и теоретического уровней научного знания и способы установления соотношений между ними («правила соответствия»), однако под «экспериментальными» Нагель имеет в виду любые феноменологические закономерности, независимо от того, получены ли они (пассивным) наблюдением или (активным) экспериментом.²⁴⁴

Такое пренебрежение проблематикой эксперимента в логическом позитивизме объясняется прежде всего тем, как в целом рассматривается эмпирический уровень научного познания. Если этот уровень состоит из высказываний, выражающих некоторые элементарные единицы опытного знания, то с логической точки зрения (с точки зрения логической формы этих высказываний) нет никакой разницы между предложениями наблюдения, полученными экспериментально, и теми, которые получены другими средствами. Логические проблемы, окружающие вопросы об устройстве эмпирического уровня науки, останутся теми же самыми – говорим ли мы о «наблюдениях» или об «экспериментах». Дискуссия о сущности и роли протокольных предложений, развернутая на страницах журнала «Erkenntnis», фактически не проблематизирует эксперимент.²⁴⁵ Постпозитивистские исследования интересовались экспериментализмом прежде всего в контексте понятия «решающий эксперимент» (возможность которого активно обсуждалась в полемике разных философов, прежде всего Поппера, Куна,

²⁴⁴ Nagel E. Op.cit. – pp. 79-105.

²⁴⁵ См. Журнал «Erkenntnis» («Познание»). Избранное / Пер. с нем. А.Л. Никифорова. Под ред. О.А. Назаровой. — М.: Издательский дом «Территория будущего», Идея-Пресс, 2006. (первый том); Философия и естествознание. Журнал «Erkenntnis» («Познание»). Избранное. — М.: Идея-Пресс, «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2010 (второй том).

Лакатоса и Фейерабенда), однако *experimentum crucis* не отличали особо от наблюдения, способного сыграть ту же решающую роль. В частности, проблема теоретической нагруженности опыта в равной мере была актуальной как для наблюдений, так и для экспериментов.²⁴⁶

Поэтому активизацию дискуссий об эпистемологической и методологической специфике научного эксперимента приходится атрибутировать более позднему автору, а именно – Яну Хакингу и его работе «Представление и вмешательство».^{247,248}

«Одна из ролей эксперимента настолько отрицается философами науки, что для нее даже нет названия. Я называю это созданием феноменов (явлений). Традиционно говорят, что ученые объясняют явления, которые они встречают в природе. Я говорю, что они часто создают явления, которые впоследствии становятся центральными элементами теорий».²⁴⁹ И далее: «Экспериментирование означает создание, производство, уточнение и приведение к устойчивости явлений».²⁵⁰ Хакинг однозначно утверждает эпистемологическую специфику эксперимента по отношению к наблюдению – специфику, отрицаемую несколькими поколениями позитивистов. Если наблюдение означает лишь регистрацию явления, произведенного природой (пусть и в условиях теоретической нагруженности всякого наблюдения), то эксперимент означает *производство* явлений. Более того, именно они (а не пассивные наблюдения) становятся «центральными элементами теорий».

Хакинг существенным образом опирается на уже проделанное исследование Нэнси Картрайт «Как лгут законы физики». В частности, в главе 12 «Теоретизирование, вычисление, модели, приближения» Хакинг говорит о

²⁴⁶ См., например, Поппер К. Предположения и опровержения: рост научного знания. – М.: АСТ, 2004.

²⁴⁷ Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998.

²⁴⁸ Параллельно с Хакингом философско-эпистемологическую проблематику экспериментирования развивал также Ханс Раддер (см. Radder H. The material realization of science: a philosophical view on the experimental natural sciences. – Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1988., перевод более ранней работы 1984г. на голландском языке).

²⁴⁹ Там же, с. 229.

²⁵⁰ Там же, с. 238.

том, что стандартная гипотетико-дедуктивная модель науки была существенным образом дополнена Картрайт, которая указала на «бесконечно широкое разнообразие типов деятельности, которое называется построением моделей».²⁵¹ Как мы уже видели в разделе 1.7, для Картрайт модели представляют собой посреднический уровень между теорией и действительностью: теоретические законы в буквальном смысле (то есть применительно к действительности) ложны, однако они вполне истинны, если речь идет об их применимости к моделям. Мы не должны считать случайностью тот факт, что эпистемологический тезис о специфической роли моделей (то есть они - не теория и не эмпирика) удивительно хорошо сочетается с эпистемологическим тезисом о специфичности эксперимента по отношению к простому наблюдению. Более того, и тот, и другой вопросы имеют самое прямое отношение к проблеме научного реализма.

Признание существенной роли моделей в философии науки оказалось параллельно признанию того, что экспериментальное получение (или «производство») фактов существенно отличается от наблюдательного. «Наблюдение, в научно-философском смысле этого слова, играет относительно малую роль в экспериментальной науке... Считывание и записывание показаний приборов не имеет отношения к реальности. То, что имеет реальное значение – это необыкновенная способность замечать все странное, неправильное, поучительное или искаженное в причудливом поведении приборов. Экспериментатор – не “наблюдатель” в смысле традиционной философии науки, а скорее бдительная и наблюдательная личность».²⁵²

Чтобы не слишком грешить против точности исторической истины, приведем свидетельства тех, кто специально озаботился эпистемологическими вопросами экспериментирования еще до того, как

²⁵¹ Там же, с. 225.

²⁵² Там же, с. 238-239.

оптика логического позитивизма стала универсальной. (Настолько универсальной, что она получила название «Received View».²⁵³)

Одно из таких свидетельств принадлежит Дж. Ст. Миллю. В седьмой главе III книги («Индукция») своей «Системы логики» Милль пишет, что бэконовский стандарт «видоизменения обстоятельств» не может быть соблюден, если ограничиться лишь фиксацией того, как в природе (независимо от нас) протекают те или иные процессы. Требуется «громадное расширение» наблюдения (то есть эксперименты предоставляют количественно более богатый материал)²⁵⁴, и, кроме того, экспериментально произведенное явление «мы можем как бы взять к себе домой и наблюдать среди таких обстоятельств, с которыми мы вполне знакомы во всех других отношениях».²⁵⁵ Известная миллевская процедура элиминативной индукции с большей вероятностью принесет свои плоды, если будет применена к экспериментальному, а не только наблюдательному материалу.²⁵⁶ Так, описывая превосходство метода различия над методом сходства, Милль уточняет: «Сама природа эксперимента заключается во введении в существовавшую до того совокупность обстоятельств какой-нибудь вполне определенной перемены».²⁵⁷

Но это преимущество, по Миллю, - исключительно практическое. «В целях видоизменения обстоятельств мы можем прибегнуть или к наблюдению, или к опыту [*т.е. к эксперименту. – Прим. М.В.*]; мы можем либо *отыскать* в природе пригодный для наших целей случай, либо *создать* его при помощи искусственного сочетания обстоятельств... Между двумя указанными процессами исследования нет никакой разницы по существу, никакого действительного логического различия. Зато между ними есть практические

²⁵³ Winther R. The Structure of Scientific Theories // The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.). – URL: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/structure-scientific-theories/>>.

²⁵⁴ Милль Дж.С. Система логики силлогистической и индуктивной: Изложение принципов доказательства в связи с методами научного исследования. Изд. 5-е, испр. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – С. 305.

²⁵⁵ Там же.

²⁵⁶ Субботин А. Л. Джон Стюарт Милль об индукции. – М. : ИФ РАН, 2012.

²⁵⁷ Милль Дж. Указ.соч. – С. 313.

отличия».²⁵⁸ Таким образом, для Милля (как и, скажем, для Карнапа²⁵⁹) эксперимент рассматривается лишь как технически более совершенная версия наблюдения, которая находится, тем не менее, в том же, что и наблюдение, отношении к теории и к действительности.

Другое свидетельство предоставляет Эрнст Мах. Двенадцатая глава «Познания и заблуждения» посвящена физическому эксперименту. «Под экспериментом следует разуметь *самостоятельное* отыскивание новых реакций или новых связей между ними... Все, что мы можем узнать при помощи эксперимента, сводится к *зависимости или независимости* элементов (или условий) какого-нибудь явления от другого, и этим исчерпывается».²⁶⁰ Таким образом, в рамках экспериментального исследования наши манипулятивные возможности выше, чем при простом наблюдении, и это выгодно отличает эксперимент на фоне других эмпирических средств.

Но это выгодное отличие снова, как и в случае Милля, оказывается лишь количественным. Эксперимент встроен в целостную научную практику так же, как и наблюдение, и выполняет ту же роль. Эксперимент – это уточненное (или уточненное?) наблюдение. Мах пишет: «У великих исследователей следует учиться, как в совершенно обыкновенных явлениях усматривать не одно только обыденное и не имеющее значения. При внимании, усиленном определенным интересом, можно и без особых приборов и специально устроенных опытов *усмотреть* в повседневной окружающей нас среде *следы важных связей*. Кто не усвоил себе этой способности, тот вряд ли сделает много открытий в области экспериментального исследования».²⁶¹ О том же говорит и Милль: «[Правила для наблюдения], подобно правилам для изобретения, представляют собственно только указания для подготовки ума в известном направлении, для

²⁵⁸ Милль Дж. Указ.соч. – С. 305. Курсив как в оригинале.

²⁵⁹ См. Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. - М.: Прогресс, 1971.

²⁶⁰ Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – С. 208-209. Выделено как в оригинале.

²⁶¹ Там же, с. 213. Выделено как в оригинале.

приведения его в такое состояние, в котором он будет наиболее подготовлен к наблюдению или наиболее способен к изобретению. Следовательно, эти правила являются, в сущности, правилами искусства самовоспитания, совершенно отличного от логики».²⁶²

В этих цитатах хорошо различимо общее ядро. Оба автора полагают, что в эксперименте задействованы те же способности человека, что и при наблюдении, однако эти способности используются более развитым образом. Хороший экспериментатор, следовательно, есть следующая ступень развития хорошего наблюдателя. И в том, и в другом случае требуется «самовоспитание».²⁶³

Вплоть до работ Хакинга в философии науки обычно не специфицировали эксперимент в качестве фундаментальной иной, по сравнению с наблюдением, практики. Милль и Мах признают различие между наблюдением и экспериментом, но это – различие в степени. Еще более это различие нивелируется при переходе к фундаментальным работам логического позитивизма. В этом смысле Хакинга действительно следует считать новаторским философом науки, особенно учитывая связь его экспериментализма с «манипулятивным аргументом» в полемике по поводу научного реализма.

«Экспериментальная работа предоставляет самый сильный довод в пользу научного реализма. Это происходит не потому, что мы проверяем гипотезы об объектах, а потому, что с объектами, которые в принципе не “наблюдаемы”, можно манипулировать регулярным образом, с тем чтобы получать новые явления... Они являются средствами, инструментами не мысли, а дела».²⁶⁴ Эта позиция достаточно нетривиальна, так как она включает

²⁶² Милль Дж. Указ.соч. – С. 304.

²⁶³ Можно сказать, что тем самым в этих пассажах Милль и Мах предвосхищают гораздо более поздний анализ «практик себя», сформулированный Пьером Адо, творчески воспринятый Мишелем Фуко и примененный к философии науки в известной монографии Дастон и Галисона. См. Дастон Л., Галисон П. Объективность. – М.: Новое Литературное Обозрение, 2018; особенно гл.4 «Научная самость» и стр. 292-302.

²⁶⁴ Хакинг Я. Указ.соч. – С. 269.

в себя даже не столько аргумент в пользу научного реализма, сколько переинтерпретацию того, что могло бы считаться «явлениями». В представлении Хакинга экспериментальная работа – это творческая работа по созданию новых классов явлений: произведя манипуляции с «ненаблюдаемыми» объектами, мы получаем «наблюдаемые» следствия, которые в иных ситуациях невозможно стабилизировать. Существенное свойство эксперимента – его повторяемость, воспроизводимость – здесь играет на руку одновременно конструктивистским и реалистическим тенденциям в интерпретации эксперимента. С одной стороны, явление «сконструировано» нами. С другой стороны, оно «сконструировано» при помощи определенных представлений о деталях этого «конструктора», которые, продемонстрировав свою успешность, могут считаться достоверными. Нельзя построить дом из кирпичей, если не действовать так, *как если бы* кирпичи существовали на самом деле. В этом плане любой экспериментатор является реалистом относительно объектов.²⁶⁵

Однако если нечто намеренно конструируется субъектом в целях познания чего-то другого, то разве не будет справедливо назвать это «моделью»?

Интуитивно кажется, что нет. Модель должна в чем-то напоминать оригинал. То есть искусственный процесс должен иметь общие структурные свойства с естественным процессом, и кроме того, должен быть субъект, для которого этот гомоморфизм структур является эпистемически ценным. В рамках эксперимента мы работаем с самим объектом, а не его заменителем. В примере Хакинга – мы напыляем именно электроны, а не что-то структурно похожее на них.

Однако мы должны рассмотреть и более широкую перспективу: экспериментальная установка не ограничивается напыляемым электроном.

²⁶⁵ «Большая часть физиков-экспериментаторов являются реалистами относительно некоторых теоретических объектов, а именно тех, которые они используют. Я заявляю, что они и не могут не быть ими». – Там же.

Эксперимент по напылению ниобиевого шара электронами или позитронами был направлен на установление существования кварков с дробным зарядом. Предположительно, в мире не встречаются «свободные» кварки, однако они являются строительными блоками для других частиц, существующих независимо. Необходимо построить такую искусственную ситуацию, в которой кварк был бы «выдернут» из своего естественного (неразличаемого) состояния и вовлечен в новые взаимодействия (с ниобием, электронами и позитронами). В свою очередь, эти новые взаимодействия должны были бы соответствовать тому, что происходит в действительности на субатомном уровне.²⁶⁶ Это значит, что, хотя мы имеем дело с «настоящим» электроном, а не его заменителем, общая экспериментальная установка все же является заменителем некоторой реальной ситуации, отличаясь от нее тем, что в этой искусственной среде проще получить определенные наблюдаемые эффекты, чем пытаться уловить их в режиме пассивного наблюдения.

Модель, в нашем понимании, всегда является результатом творческой преобразующей деятельности субъекта. Эта деятельность может быть как материальной, так и всего лишь воображаемой. Но и эксперименты, «вмешивающиеся» в мир, также могут быть воображаемыми.²⁶⁷ Наблюдение оказывается эпистемологической операцией, ключевой смысл которой состоит в максимальном самоустранении субъекта из порядка вещей. Эксперимент же, напротив, активно вовлекает субъекта познания в серию происходящих явлений.

Мы полагаем, что будет справедливо заключить, что всякая экспериментальная деятельность включает в себя момент моделирования. В каждом эксперименте используемая система является «моделью» некоторого действительного процесса, на который направлен интерес познающего

²⁶⁶ Важная оговорка: мы не говорим о том, имеет ли место на самом деле такое структурное соответствие. Вопрос о том, существует ли таковое, является вопросом физики элементарных частиц, а не философии науки. Мы ограничиваемся лишь тем, что ученому неизбежно приходится предполагать это соответствие, если он считает, что его эксперимент имеет отношение к процессам, происходящим за стенами лаборатории.

²⁶⁷ Хакинг, правда, сосредоточивает свое внимание на материальных, а не воображаемых экспериментах.

субъекта. Здесь мы синтезируем позиции Хакинга и Картрайт: модели опосредуют отношение между теорией и действительностью, потому что теоретические утверждения справедливы относительно моделей, а не феноменологически фиксируемых явлений; в то же самое время модель является искусственно сконструированным аппаратом по производству «явлений», в действительности не встречающихся, но проливающих свет на эту действительность. И в самом деле, хотя нет оснований быть реалистом относительно теоретических допущений, задействованных при постройке модели, вполне разумно оставаться реалистом относительно того материала, из которого модель произведена.

Проще говоря, я утверждаю, что всякий эксперимент с необходимостью является также и моделированием, хотя частный экспериментальный объект может не выступать в качестве модели по отношению к какому-либо действительному объекту. Провозгласив принцип первичности практики, мы реализуем его и здесь: *деятельность* по постановке экспериментов подразумевает *деятельность* по моделированию. Тот факт, что экспериментальный объект и целевая система модели могут быть разными вещами, здесь вторичен.

В качестве близкого нам варианта реализации рассмотрим снова концепцию Штоффа, изложенную в главе 3 его «Моделирования и философии». Глава называется многообещающе: «Модели как средство экспериментального исследования».

В диалектико-материалистической перспективе Штоффа эксперимент рассматривается как одна из основных форм (общественной) практики.²⁶⁸ Штофф определяет *эксперимент* как «вид деятельности, предпринимаемой в целях научного познания, открытия объективных закономерностей, и состоящий в воздействии на изучаемый объект (процесс) посредством специальных инструментов и приборов, благодаря чему удается: 1) устранить,

²⁶⁸ В смысле «Тезисов о Фейербахе».

изолировать изучаемое явление от влияния побочных, несущественных и затемняющих его сущность влияний и изучать его в чистом виде; 2) многократно производить ход процесса в строго фиксированных, поддающихся контролю и учету условиях; 3) планомерно изменять, варьировать, комбинировать различные условия в целях получения искомого результата».²⁶⁹ Как и в случае Хакинга, «вмешательство» объявляется главным отличием эксперимента от наблюдения («представления»), но, кроме того, к существенным чертам эксперимента отнесены его воспроизводимость и произвольность.²⁷⁰ Вполне близким Хакингу можно считать и следующий тезис: «Экспериментальные средства являются подлинными посредниками в познавательном, активном отношении человека к природе».²⁷¹

Мы, однако, разойдемся со Штоффом в оценке места моделей и моделирования в экспериментальной деятельности.

Штофф утверждает, что, хотя есть соблазн считать всякий эксперимент в том или ином смысле применением модели, это неверно, причем именно с точки зрения диалектико-материалистической гносеологии. Есть эксперименты, в которых используются модели, и эксперименты, обходящиеся без них. Первые Штофф называет «модельными экспериментами». «В то время как в обычном эксперименте средства экспериментального исследования так или иначе непосредственно взаимодействуют с объектом исследования, в модельном эксперименте взаимодействия нет, так как здесь экспериментируют не с самим объектом, а с его заместителем».²⁷² Штофф утверждает, что это различие основано на

²⁶⁹ Штофф В.А. Указ.соч. С. 89.

²⁷⁰ В предисловии к русскому переводу Хакинг сам акцентировал внимание читателя, предположительно жителя постсоветского пространства, на своей близости материализму (хотя, может быть, не обязательно диалектическому). «Для бывшего Советского Союза моя книга могла бы и не иметь такого большого значения, какое она имела для Западного мира, поскольку это – материалистическая книга. Я понимаю это буквально. Ее фокусом является материальное взаимодействие с материальным миром посредством аппаратуры и инструментов». - Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998. – С. 14. А заканчивается предисловие обещанием: «Вы убедитесь, что это действительно материалистическая книга». – Там же, с. 16.

²⁷¹ Штофф В.А. Указ.соч. С. 94.

²⁷² Штофф В.А. Указ.соч. С. 95.

различии двух типов отношений, имеющих между познаваемым объектом и объектом эксперимента. В случае «классического» эксперимента это якобы отношение *тождества*, а в случае «модельного» эксперимента – отношение *аналогии*.

Иначе говоря, в «нормальном» эксперименте объект исследования и есть тот самый объект, о котором нам интересно выяснить новую информацию, а в «модельном» эксперименте есть лишь его заместитель.

Мы полагаем, что Штофф здесь допускает радикальную ошибку. Простейший пример, даже взятый из тех, что рассматриваются Штоффом, покажет, что отношение между экспериментальным объектом (тем, в который «вмешиваются») и объектом научного исследования не является тождеством. Возьмем эксперименты Галилея по скатыванию шаров с наклонной плоскости. Не являясь свободным падением, эта экспериментальная ситуация моделирует свободное падение – в смысле гомоморфизма структур. Предметом интереса Галилея были, разумеется, все тяготеющие к Земле тела, а не только выточенные из дерева шары, движущиеся по смазанным канавкам в досках. Именно тот факт, что результаты экспериментов Галилея *выходят за рамки* этих деревянных конструкций, свидетельствует, что Галилей не экспериментировал с «натуральным» объектом.

Когда Хакинг рассказывает о напылении ниобиевого шара электронами и позитронами, дело обстоит точно так же. Да, ниобий состоит из атомов, состоящих из кварков; но напыление ниобия электронами не происходит в природе как таковой – это исключительно искусственная ситуация, которая, тем не менее, имеет гомоморфное сходство с естественными процессами.

И даже пример Штоффа со светом и оптическими экспериментами Ньютона по получению спектра не льет воду на его мельницу. В призму Ньютона требуется направить «луч» света. Это значит, что нужно подобрать экран и отверстие подходящих размеров, или, может быть, сконцентрировать

расходящиеся лучи света с помощью линзы, но вовсе не вынести призму на солнечный свет посреди дня. В повседневной жизни мы не имеем дела с отдельными лучами. Впрочем, даже «луч» в опытах Ньютона сложно признать «отдельным»: он будет настолько тонким, насколько это позволит экспериментальное мастерство Ньютона, но никогда, конечно, не станет «лучом» в геометрическом смысле (то есть – без ширины). К тому же, нельзя сказать, что Ньютон ничего не сделал с «лучом»: разложение света на спектр цветов есть операция, довольно редко воспроизводящаяся в природе (радуга). И было бы неверно говорить о том, что у Ньютона в эксперименте была «радуга», и это та же «радуга», что и бывает после дождя. Это неверно по одной простой причине: в опытах Ньютона не было никакого дождя. Отношение этого разложенного призмой света к тому свету, который порождает радугу, разумеется, есть отношение аналогии или еще более строгого подобия, вплоть до изоморфизма, – но никак не тождества.

Поэтому не имеет никакого смысла утверждение Штоффа о том, что объект исследования в эксперименте – тот же, что и в действительности. Штофф сам фактически признается в этом несколько выше: «Объект экспериментального исследования... может быть дан природой, как например солнечный свет в опытах Ньютона с призматическим разложением света. Однако значительно чаще объект участвует в эксперименте *в форме, приданной ему специально* либо предшествующим трудом вообще, либо соответствующим экспериментом».²⁷³ Неясно, как отличить ситуацию, когда объект «тот же, но в преобразованном виде», от ситуации «другой объект замещает исследуемый». Разве всякий преобразованный для эксперимента объект не замещает собой множество не преобразованных? И разве возможность вывода от экспериментального объекта к множеству действительных процессов не базируется на том, что между ними имеется определенное более или менее сильное сходство, но не *тождество*?

²⁷³ Там же, с. 93. Курсив мой. – М.В.

Представляется, что, если бы экспериментальный объект и действительность связывали отношения тождества, не существовало бы проблемы интерпретации экспериментальных данных, переноса полученных знаний от стабильно воспроизводимых экспериментальных закономерностей²⁷⁴ к нестабильной и хаотичной природе.

Различие, которое отчаянно пытается провести Штофф, на деле провести нельзя.²⁷⁵ Не существует «естественных» экспериментальных объектов в противоположность «заместителям» в моделях; различие между ними – разве что по степени, но не по качеству.

В том же духе эксперимент понимает и Мах. В главе 12 «Познания и заблуждения», которая носит название «Физический эксперимент и его основные мотивы», Мах пишет: «Под экспериментом следует разуметь самодеятельное отыскивание новых реакций или новых связей между ними».²⁷⁶ И несколько далее: «Намеренное самодеятельное расширение опыта через физический эксперимент и планомерное наблюдение происходит всегда под руководством нашего мышления»,²⁷⁷ имея в виду теоретическую нагруженность опыта, то есть *всякого* опыта, получен ли он наблюдением или экспериментом. То есть, как уже отмечалось выше, Мах лишь по степени различает наблюдение и эксперимент. Однако, несмотря на это, Мах вполне согласен относить к экспериментальной практике и те случаи, когда вместо «оригинального» экспериментального объекта выступает его заместитель. «Чтобы определить какой-нибудь элемент, *прямое* определение которого

²⁷⁴ Мы опускаем здесь проблему воспроизводимости экспериментов как таковую. Ограничимся только указанием на то, что более высокие степени воспроизводимости результатов требуют большей тщательности в подготовке экспериментального объекта. Это значит, что объект подвергается более существенным трансформациям, и продолжать утверждать о наличии тождества между ним и «натуральным» объектом становится еще сложнее.

²⁷⁵ Выше уже указывалось, что одной из мотиваций В.А. Штоффа при написании его работы, видимо, была борьба с субъективистскими и идеалистическими тенденциями в философии науки. Упорство Штоффа в утверждении «не-модельных» экспериментов и их особо «объективной» природы может быть объяснено теми же мотивами.

²⁷⁶ Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – С. 208.

²⁷⁷ Там же, с. 209.

неудобно, трудно или невозможно, прибегают иногда к *подстановке* вместо него какого-нибудь известного эквивалентного ему элемента».²⁷⁸ И далее на протяжении остального текста главы Мах приводит бесчисленное множество примеров таких «экспериментов с заместителями» из истории науки, показывая заодно, какую важную роль здесь играет личное мастерство экспериментатора. Мах перечисляет методы, оговаривая, что их список не ограничивается упомянутым: метод компенсации, метод нуля, метод сложения, а также (что немаловажно для нашей темы) – метод аналогии. Все это, конечно, тоже делает позицию Штоффа сомнительной. Если уж Мах, апологет экспериментализма в эпистемологии, не находит нужным принципиально отличать «модельный эксперимент» от «эксперимента с оригиналом», то позиция Штоффа, с общими соображениями, выведенными из диалектико-материалистической гносеологии, явно выглядит слабо.

Более современная (чем Мах, Штофф и Хакинг) эпистемология экспериментирования склоняется к тому же. В частности, рассмотрим позицию Рома Харре в работе «Материальность инструментов в метафизике эксперимента».²⁷⁹ Харре определяет эксперимент как «манипуляция аппаратом (apparatus), который представляет собой соединение материальных объектов, интегрированных в материальный мир самыми разными способами».²⁸⁰ Эти различные формы интеграции Харре называет «мир-аппаратными комплексами». В таких комплексах требуется в первую очередь различать два уровня используемых материальных средств (equipment): 1) инструменты (средства регистрации изменений, например, измерительные приборы) и 2) собственно, аппарат (apparatus), «модель естественной структуры или процесса».²⁸¹ Таким образом, экспериментирование в представлении Харре также необходимо включает моделирование.

²⁷⁸ Там же, с. 215.

²⁷⁹ Harre R. The Materiality of Instruments in a Metaphysics for Experiments // The Philosophy of Scientific Experimentation / ed. by H. Radder. – Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – pp. 19-38.

²⁸⁰ Ibid., p. 19.

²⁸¹ Ibid., p. 20.

(От себя добавим: это становится еще более очевидным, если реконструировать этимологию используемого им термина «apparatus». Он происходит от латинского *parare*, что значит «подготовиться». *Apparatus* – страдательное причастие прошедшего времени, «нечто подготовленное», и потому *уже не тождественное целевому объекту* изучения, который, предположительно, существует и в самостоятельной, не затронутой нами форме.)²⁸²

Процесс подготовки некоторой материальной системы к тому, чтобы служить в качестве apparatus'a,²⁸³ Харре называет «одомашниванием» (domestication). Как и в случае одомашненных животных, «одомашненные» материальные системы проще и стабильнее, чем «дикие» версии, а также – с большей легкостью поддаются манипуляциям со стороны человека.²⁸⁴ Ром Харре, как и мы, не видит проблемы в том, чтобы называть объект эксперимента моделью, хотя и склонен утверждать, что онтология объекта, используемого в эксперименте, не отличается принципиально от онтологии изучаемой системы. (Похожую привязку к онтологии пытался реализовать и Штофф, когда утверждал, что «теория подобия», в отличие от структурных гомоморфизма и изоморфизма, требует, чтобы подобные онтологические единицы относились к одной и той же форме движения материи).²⁸⁵ Именно сходство онтологии позволяет, согласно Харре, производить «обратный вывод» (back inference) от экспериментальной мир-аппаратной установки к собственно миру. С другой стороны, у Харре также присутствуют и конструктивистские интенции: феномены, производимые в мир-аппаратных комплексах, обладают как минимум неясным статусом в действительности.

²⁸² А.И. Липкин использует похожий термин «операции/процедуры приготовления». См., например: Липкин А.И. Основания современного естествознания. Модельный взгляд на физику, синергетику, химию. – М.: Вузовская книга, 2001.

²⁸³ Русское «аппарат» обычно применяется к технологическим средствам, полностью созданным человеком, и поэтому не вполне передает смысл англо-латинского «apparatus», как он представлен в статье Рома Харре.

²⁸⁴ Harre R. Op.cit. – P. 27.

²⁸⁵ Штофф В.А. Указ.соч. С. 101-103.

Харре заходит так далеко, что даже задает риторический вопрос: существуют ли W-частицы (W-бозоны) за пределами лабораторий ЦЕРНа?²⁸⁶

Сам Харре для концептуализации связи между экспериментальным объектом и действительностью использует термин из области психологии восприятия, а именно *аффорданс*. Аффордансы – это «возможности действия», такие свойства объектов, которые позволяют им быть использованными определенным образом (например, дверь – это указание на то, что здесь можно пройти). Таким образом, онтологически связь между моделью и целевым объектом выглядит как установление *предрасположенностей* (*dispositions*): мы знаем, что естественный объект поведет себя так-то и так-то, если совершить над ним такие-то действия.

Поэтому эксперимент – это всегда ответ на вопрос: «Что будет, если...?» Что происходит с объектом, если подвергнуть его таким-то и таким-то манипуляциям? Ведь эксперимент *не отвечает непосредственно* на вопрос, как ведет себя объект, когда его *не трогают*. Поведение объекта *in vivo* выводится из поведения *in vitro* отдельным, следующим шагом. Трудности в проведении этого шага только подчеркивают дистанцию между экспериментальным объектом и целевой системой.

Харре заключает: «Обратный вывод... никогда полностью не покидает область человеческого материального конструирования... [Объекты имеют] гибридное существование, частично конструкции и частично природа».²⁸⁷

Таким образом, современный экспериментализм²⁸⁸ как под-направление в философии науки постепенно приходит к тому же, к чему за пару десятилетий до этого пришел дискурс по поводу научных моделей. И

²⁸⁶ Harre R. Op.cit. – pp. 30-31.

²⁸⁷ Ibid., p. 37.

²⁸⁸ Под «современным экспериментализмом» мы имеем в виду здесь наиболее распространенный взгляд на экспериментальную практику в области философии науки. Этот взгляд сложился под влиянием Раддера, Франклина, Гудинга, Галисона и других, и не сильно трансформировался со времени выхода сборника «Философия научного экспериментирования» под редакцией Раддера (2003). Поэтому положение дел, которое мы называем «современным», свойственно преимущественно философии науки третьего тысячелетия.

экспериментам, и моделям присваивается нечто вроде «промежуточного статуса» - они не являются теориями и не являются непосредственными феноменами.²⁸⁹

На основе исследований Хакинга и его соратников возникла возможность переинтерпретировать не только проблему научного реализма, но и проблему причинности. Как известно, О.Конт исключил из функций научного знания «объяснение» через указание на причины, так как оно является метафизическим; Дж. Милль, не согласный с этим, предложил считать «объяснением» сведение к более общему и более известному закону.²⁹⁰ Как уже было сказано, Милль, развивая свою индуктивную методологию поиска причин, считал более сильным тот индуктивный метод, который в наибольшей мере свойственен экспериментальному исследованию (а именно, метод различия). Таким образом, интуиция в философии науки, связывающая причинность и экспериментализм, восходит как минимум к середине XIX века: эксперимент как более «чистая» форма опыта, по сравнению с наблюдением, более способен обнаруживать подлинные причинно-следственные связи.²⁹¹

²⁸⁹ Здесь, конечно, стоит задать отдельный вопрос о том, существуют ли вообще феномены, не опосредованные человеческой практикой. В контексте данной работы мы будем считать таковыми результаты обыденного (индивидуального и не ориентированного методологически) познания, однако следует иметь в виду, что их «непосредственность» тоже может быть легко поставлена под вопрос. Мы дистанцируемся от этого вопроса, так как понимаем *эпистемологию* как учение о знании, претендующем на общезначимость, - свойство, отсутствующее у повседневных познавательных актов.

²⁹⁰ Милль Дж. Указ.соч. – С. 265-296.

²⁹¹ Здесь необходимо сделать оговорку исторического характера. Эксплицитную апологетику экспериментализма, конечно, можно и нужно обнаруживать и в более ранние времена: работы Бойля и Гука (и вообще – деятельность Лондонского Королевского общества), Гарвея, Галилея, а также, разумеется, Френсиса Бэкона. Можно обнаруживать ее и у более древних авторов: Гроссетест, Роджер Бэкон и даже Альберт Великий. (См. Ахутин А.В. Эксперимент и природа. – СПб: Наука, 2012. – С. 241-266, где Ахутин комментирует и критикует позицию известного историка науки Алистера Кромби, согласно которому у истоков европейского экспериментализма стоит именно Роберт Гроссетест.) Но мы говорим здесь о проблематике экспериментализма *именно в рамках философии науки*, имеющей более-менее отчетливые контуры самостоятельной дисциплины. Мах, должно быть, является таким философом науки (поэтому выше мы осмелились назвать его «провозвестником и предтечей экспериментализма в эпистемологии»), но уже для Милля и Конта это сомнительно, не говоря о Бойле или Бэконе. С другой стороны, даже у упомянутых авторов экспериментальный поиск не всегда был *поиском причин*. Так, у Бойля «Знание превратилось в совокупность экспериментальных данных (Бойль последовательно отрицал любые объяснения, кроме непосредственно экспериментальных, - никаких причин, только факты; развитием этой линии... станет знаменитое ньютоновское *hypotheses non fingo*)». – Вархотов Т.А. В поисках экспериментального согласия: к

В ХХI веке мы имеем образец той же интуиции, доведенной до своего предела: это концепция причинности *как* манипулируемости.

Джим Вудвард предлагает следующий ход рассуждений. Если мы знаем, что переменные X и Y коррелируют, то выяснение того, является ли эта корреляция результатом причинно-следственной связи — это дело эксперимента. В частности, мы можем знать, что X и Y связаны причинно-следственной связью, если наши манипуляции над X производят соответствующие эффекты в Y . Попытка манипулировать значением переменной X , причем таким образом, чтобы исключить возможности любого стороннего влияния, заключается в постановке *эксперимента*. Само наше представление о наличии причинно-следственной связи, о том, в чем может состоять существо такой связи, связано с потенциальной возможностью манипулирования. Когда мы говорим: « X — причина Y », это означает, что, если бы мы поставили тщательный эксперимент, в котором мы бы манипулировали X , мы бы получили соответствующие изменения в Y . Таким образом, сама наша возможность вмешиваться в мир является основанием наших представлений о причине и следствии.²⁹²

Как это связано с вопросами эпистемологии моделирования? Как и в случае идей Харре, мы здесь сталкиваемся с постановкой вопроса о том, «что будет, если...?» Естественные (то есть природные, «не-искусственные») причинно-следственные связи предстают теперь результатами такого *als ob* рассуждения. При этом никто, включая Джима Вудварда, не сомневается в том, что причинно-следственные связи существуют за рамками экспериментальной установки — вопрос скорее в том, что вообще значит назвать нечто «причинно-следственной связью». Для Вудварда это означает предположить гипотетическую возможность эксперимента, в котором

35-летию «Левиафана и воздушного насоса» // Логос. - №3 (30), 2020. — С. 187. В этом смысле Бойль, возможно, ближе к Конту, чем к Миллю.

²⁹² См. Woodward J. Experimentation, Causal Inference and Instrumental Realism // The Philosophy of Scientific Experimentation / ed. by H. Radder. — Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. — pp. 87-118.

манипуляция независимой переменной приведет к пропорциональному изменению зависимой.²⁹³ То есть представление о том, каков «естественный» порядок, зависит от «искусственного»!

«Новизна» этого взгляда (статья Вудварда опубликована в 2003 году) не должна вводить в заблуждение. Аристотель говорит: «Природа есть некое начало и причина движения и покоя для того, чему она присуща первично, сама по себе».²⁹⁴ Природе «самой по себе» противоположно искусственное внешнее действие: среди «изготовленных» предметов «ни один не имеет в самом себе начала его изготовления, но это начало находится... в другом и вовне».²⁹⁵ Поэтому для того, чтобы выяснить, является ли некоторое изменение («движение», в терминологии Аристотеля) естественным и закономерным, необходимо вначале установить, не может ли у него быть искусственной причины. Это порождает забавное, хотя и поверхностное сходство позиций Вудварда (XXI в. н.э.) и Аристотеля (IV в. до н.э.): представление о естественной причинности оказывается производным от представления об искусственной возможности что-либо «причинить». Уточним: это не значит, что онтологически искусственное предшествует естественному (ни в случае Вудварда, ни в случае Аристотеля); это значит только то, что концептуализация причинности могла бы иметь место только после того, как человек освоился с «вмешательством» в мир (используя терминологию Хакинга).

Поэтому экспериментирование, манипулирование и моделирование представляют собой не побочные практики научного познания (которые можно использовать, а можно и не использовать), а ключевые, определяющие его характеристики. По крайней мере, в той степени, в которой естественные науки претендуют на то, чтобы говорить о «законах» и «закономерностях», они зависят от используемого в них «манипулятивного» содержания. И

²⁹³ Ibid., p. 91.

²⁹⁴ Аристотель, Физика, II, 192b20-24.

²⁹⁵ Аристотель, Физика, II, 192b28-31.

наоборот, науки, изучающие «всего лишь» корреляции, но не законы причинно-следственной связи – это в первую очередь те науки, в которых невозможна или принципиально затруднена постановка эксперимента. Это значит, что «экспериментальность» науки напрямую коррелирует с ее способностью «докапываться до причин». А поскольку моделирование с необходимостью связано с экспериментированием (как нам, мы надеемся, удалось показать), можно заключить, что моделирование, несмотря на всю свою «искусственность», нужно рассматривать как шаг на пути познания естественных, объективных, «природных» явлений. «Искусственные модели» не противостоят «естественным законам природы», а напротив, участвуют в их подготовке и стабилизации.

2.6. Мысленные эксперименты и модельные эксперименты

В 1992 году Ян Хакинг опубликовал статью с названием: «Do Thought Experiments have a Life of Their Own?» («Живут ли мысленные эксперименты своей жизнью?») Вопрос, естественно, служил отсылкой к более раннему утверждению Хакинга, что (материальные) эксперименты действительно «живут своей жизнью», то есть не столь сильно зависят от теоретического уровня знания, как это предполагала постпозитивистская традиция. И тем не менее, первым предложением статьи Хакинга было: «Я убежден, что мысленные эксперименты *не* живут своей жизнью».²⁹⁶

Чтобы понять весь пафос этого предложения, нужно вновь обратиться к истокам эпистемологии эксперимента, то есть к Маху. В «Познании и заблуждении» Маха главе 12 (про физический эксперимент) предшествует глава 11 («Умственный эксперимент»). Мах заявляет: «Кроме физического эксперимента, существует еще другой, получающий широкое применение на более высокой стадии умственного развития, - мысленный эксперимент».²⁹⁷ Исходя из принципа экономии мышления, Мах рассуждает так: «Наши представления у нас под рукой, и нам легче и удобнее оперировать ими, чем физическими фактами. Мы экспериментируем в наших мыслях с меньшими затратами... Умственный эксперимент предшествует физическому и подготавливает его... Но умственный эксперимент есть и необходимое *предварительное условие* эксперимента физического».²⁹⁸ Это важный момент: умственный эксперимент ценен не столько сам по себе, сколько как подготовительная работа к физическому (материальному) эксперименту. Физический эксперимент, в свою очередь, ценен как источник эмпирического знания, которое нельзя было бы получить простым наблюдением (см. предыдущий раздел). Таким образом, в представлении Маха имеется

²⁹⁶ Hacking I. Do Thought Experiments Have a Life of Their Own? Comments on James Brown, Nancy Nersessian and David Gooding // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, 1992. – p. 302.

²⁹⁷ Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – С. 195.

²⁹⁸ Там же.

континуум между умственным экспериментом, физическим экспериментом и наблюдением.

Однако тот же континуум простирается и в сторону теоретического уровня знания. Мах говорит: «Великая мнимая пропасть между экспериментом и дедукцией в действительности не существует. Всегда дело сводится к установлению согласия между нашими мыслями, с одной стороны, и фактами действительности – с другой, и между самими мыслями».²⁹⁹ Эта позиция также разделяется более современными эксперименталистами в философии науки. Например, Хакинг цитирует ван Фраассена: «Эксперимент – это продолжение теории другими средствами».³⁰⁰ Для ван Фраассена, то есть с точки зрения теоретико-модельного (семантического) подхода, это означает, что структурное подобие (гомоморфизм) имеет место между разными уровнями научного знания, каждый из которых представляет собой модель, и поэтому нет принципиальной границы между теорией и эмпирическим уровнем.

Но это не означает, что отдельные уровни науки не самостоятельны. Хакинг продолжает: «Я разделяю убеждение ван Фраассена, отвергавшего модель науки, в которой экспериментаторы сидят рядом с теоретиками, ожидая, когда их попросят проверить, подтвердить или опровергнуть теории».³⁰¹ Таким образом, с одной стороны, эксперимент (в том числе умственный) и теоретизирование не противостоят друг другу как фундаментально разные виды деятельности, а с другой – каждой из них можно заниматься сравнительно автономно.

Итак, если мы попытаемся обобщить экспериментализм столь различных философов, как Эрнст Мах, Баас ван Фраассен и Ян Хакинг, перед нами предстанет удивительная картина. Между пассивным «наблюдением» и

²⁹⁹ Мах Э. Указ.соч. С. 206.

³⁰⁰ Цит. по: Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998. – С. 246. Парафраз известного высказывания Карла фон Клаузевица: «Война – это продолжение политики другими средствами».

³⁰¹ Там же, с. 247.

активным созданием «теорий» можно выделить целых три промежуточных момента, в рамках которых активность познающего субъекта вступает в сложные взаимоотношения с автономностью и самостоятельностью материального мира.

		Континуум научных практик			
	Наблюдение	Физический эксперимент	Модельный эксперимент	Мысленный эксперимент	Теория
Отличительные черты	Отсутствие вмешательства; максимальная конкретика	Вмешательство в «оригинальный» объект	Вмешательство в «заменитель»	Работа воображения	Максимальная абстрактность

Мысленные эксперименты на этой шкале находятся ближе к теоретическому уровню научного познания. Материальные эксперименты, конечно, оказываются ближе к простым наблюдениям (хотя и не эквивалентны им, как это показывает Хакинг и последующая традиция методологии экспериментализма).

Ровно посередине мы обнаруживаем «модельные эксперименты». С одной стороны, они предполагают некоторую степень вмешательства (и поэтому «эксперименты»). С другой стороны, объект, в деятельность которого фактически «вмешиваются» - не тот же, что и в оригинальном процессе: он выступает его заменителем (и поэтому мы называем их «модельными»). Казалось бы, такого рода сущности не должны существовать: мы должны иметь возможность во всяком случае отнести тот или иной объект к категории «естественные» (те, в которые не вмешивается человек) или «искусственные» (те, на которые человек так или иначе повлиял). Но мы фактически находимся в такой исследовательской ситуации, когда у нас нет такой возможности.

Наша метафизика не помогает эпистемологии. Иногда она говорит о сущем как о «конструкте», а иногда – как о сопротивлении конструирующей

силе³⁰². Воображаемые, или мысленные эксперименты, таким образом, образуют особый эпистемологический регион: то, что можно проверить вмешательством (эксперимент), но при этом является произвольным продуктом конструирования (теория). И при всем этом Хакинг в 1992 году утверждает, что «мысленные эксперименты не живут своей жизнью» - по крайней мере, в том смысле, в каком «своя жизнь» есть у материальных экспериментов. Если материальное вмешательство в мир по-настоящему воспринимается как «вмешательство», то воображение остается в лучшем случае любопытной сопровождающей характеристикой знания, не более того.

В таком случае следует специально оговорить казус Эрнста Маха, который в своей работе «Познание и заблуждение» (1906) поставил главу 11 «Умственный эксперимент» *перед* главой 12 «Физический эксперимент и его основные мотивы». Предполагал ли Мах, что в реальной научной практике умственный эксперимент предшествует физическому – мы уже говорили. Так, мы «познакомились уже с физическим экспериментом как естественным продолжением эксперимента умственного, являющимся там, где решение вопроса последним бывает слишком трудно, или неполно, или невозможно».³⁰³ И несколько далее: «Но умственный эксперимент есть и необходимое *предварительное условие* эксперимента физического».³⁰⁴ Наконец, еще спустя пару страниц: «чем более неопределенным, сомнительным оказывается результат умственного эксперимента, тем более он побуждает к эксперименту физическому, как своему естественному продолжению, которое должно иметь значение дополняющее,

³⁰² «1.1.5. Реально то, что сопротивляется испытанию.

1.1.5.1. Реальность – не вещь среди прочих, но градиент сопротивлений.

1.1.5.2. Следовательно, нет того различия между реальным и нереальным, реальным и возможным, в которое обычно верят, а есть только отдельные различия, которые можно выявить между теми, кто сопротивляется долго или недолго, стойко или нет, и теми, кто умеет или не умеет вовремя присоединиться или обособиться.

1.1.5.3. Никакая сила не может, как говорится, постичь реальность, из-за тех различий, которые она создает, сопротивляясь другим.» – Латур Б. Пастер: Война и мир микробов, с приложением «Несводимого». – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2015. – С. 220-221.

³⁰³ Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – С. 208.

³⁰⁴ Там же, с. 195. Выделено как в оригинале.

определяющее».³⁰⁵ Итак, умственный эксперимент предваряет физический. Это выглядит логично: пусть варианты, которые не могут быть даже помыслены, отсеиваются на более ранних стадиях поиска истины! Предполагается при этом, что природа такова, что она может быть помыслена. Иначе весь научный поиск не имеет смысла.³⁰⁶

Однако умственный эксперимент не является просто тестом на логическую стройность теории. Томас Кун в знаменитой статье «Функция мысленных экспериментов» пишет: «Последствия мысленного эксперимента, пусть и не дающего новой информации, гораздо ближе к последствиям действительного эксперимента, чем это обычно предполагается».³⁰⁷ На основании результатов мысленного эксперимента мы не только проясняем значения наших научных понятий или теорий: мы также узнаем нечто новое о природе. «Природа, а вовсе не только логика, ответственна за имеющееся несоответствие».³⁰⁸ Нельзя поэтому отнести мысленный эксперимент к исключительно теоретической части работы, так как «исторически их роль близка двойственной роли действительных лабораторных экспериментов и наблюдений. Во-первых, мысленные эксперименты могут вскрыть неспособность природы соответствовать заранее принятым ожиданиям. Вдобавок, они могут предложить те способы, которыми как ожидание, так и теория должны быть пересмотрены».³⁰⁹ Кун задается естественным вопросом: как это возможно? Мысленные эксперименты тогда тоже должны были бы быть источниками новой информации, то есть такой информации, которая, может быть, «сейчас под рукой, но все же почему-то недоступна».³¹⁰ Именно в такой ситуации находится человек, переживающий в собственном опыте

³⁰⁵ Там же, с. 197.

³⁰⁶ Мы полагаем, что эта интеллектуальная интуиция восходит еще к Пармениду (то есть к принципу тождества бытия и мышления), однако здесь не место разворачивать это рассуждение.

³⁰⁷ Kuhn T. A Function for Thought Experiments // Kuhn T. The Essential Tension. Selected studies in scientific tradition and change. – Chicago and London. The University of Chicago Press, 1977. – p. 242.

³⁰⁸ Ibid., p.261.

³⁰⁹ Ibidem.

³¹⁰ Ibidem.

научную революцию (и может быть, вкладывающий свои усилия в эту революцию).

Вспомним мысленные эксперименты Галилея. Демонстративность доказательства (в средневековом смысле *demonstrandum*) не подлежит сомнению, но, если бы она проистекала только из «самоочевидной» логики вещей, то, как замечает Кун, было бы очень странно, что такой матерый логик, как Аристотель, не заметил подвоха. Добавим от себя: еще более странным, конечно, было бы то, что перипатетическая схоластическая традиция на протяжении двух тысячелетий тоже не замечала этого подвоха!

Иначе говоря, наш аргумент состоит в следующем. Если бы умственные эксперименты были исключительно демонстрацией логических свойств теории (и не сообщали ничего нового о мире), были бы совершенно невозможны мысленные эксперименты, влияющие на смену одних теорий другими. Они бы, вероятно, носили только дидактический характер, проясняя неопитам той или иной науки особенности ее теоретического строения. Но мы видим в истории науки противоположную картину: яркие и эффектные мысленные эксперименты (пространственные экзерсисы элеатов, ядро и пуля Галилея, корабль и мачта того же Галилея, демон Максвелла, лифт Эйнштейна, парадокс ЭПР и другие) играют ключевую роль в *смене* теорий, парадигм, «оптик». Следовательно, умственные/мысленные эксперименты не ограничиваются экспликацией логических свойств теории. Но как выходит, что они «не ограничиваются»? Где здесь источник новой информации?

Вспоминая давно отгремевшие в философии науки споры, можно было бы охарактеризовать этот вопрос как вопрос о статусе тем или иным образом произведенного знания. Является ли мысленный эксперимент прояснением имеющейся теории (аналитическим суждением) или он сообщает некоторую новую информацию о мире (синтетические суждения)? Эта дилемма, разумеется, ложна. И дело не только в том, что, начиная с «Двух догм эмпиризма», мы явным образом отказываемся от разделения научного знания

на аналитические и синтетические суждения.³¹¹ Дело еще и в том, что мысленный эксперимент, как и вообще любой эксперимент, *не является суждением*. Этого от нас требует принятый нами прагматический подход: моделирование, в том числе мысленное, является *практикой*, и в качестве таковой и должно быть анализируемо. В таком случае, наше вопрошание переходит к следующей форме: что такого особенного мы *делаем*, проводя мысленные эксперименты, если это не является ни прояснением имеющихся понятий, ни получением новых данных об исследуемых материях?

Ответ на этот вопрос одновременно прост и сложен. Способность, которую мы задействуем при этом, есть *способность воображения*. В явном виде концепт воображения как познавательной способности восходит к Канту, а в неявном – и к Лейбницу³¹² (впрочем, есть попытки обнаружить элементы такой концептуализации и у более древних философов, вплоть до Аристотеля).³¹³ Поскольку наглядность конструируемого сущего требуется в качестве эпистемологической характеристики (*ceteris paribus* наглядное лучше ненаглядного в познавательном смысле), а многие объекты научных теоретических построений сами по себе наглядными не являются, требуется локальная «пересборка» имеющегося опыта для репрезентации того, о чем опыта нет, и возможно, не может быть. В этом смысле практика мысленного экспериментирования является практикой конструирования наглядного подобия оригиналу, такого, что знание о нем может быть трансформировано в знание об оригинале. Это значит, что мысленное экспериментирование состоит в построении воображаемой *модели*.

«Непосредственным результатом работы воображения в науке являются модели – мысленные (по крайней мере, исходно они существуют в форме представления, хотя далее могут материализоваться в

³¹¹ Куайн У. Две догмы эмпиризма // Куайн У. Слово и объект. – М.: Логос, Праксис, 2000. – С. 342-367.

³¹² Вархотов Т.А. Роль воображения в системе конструирования предметностей научного знания у Г. Лейбница // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. – №.4, 2017. – С. 53-68.

³¹³ Modrack D. Aristotle on *phantasia* // The Routledge Handbook of Philosophy of Imagination / ed. by Kind A. – London and NY, Routledge, 2016. – pp. 15-26.

экспериментальной практике) образы, связывающие абстрактные законы и математические конструкции (которые тоже часто называют моделями, но которые принципиально отличаются отсутствием образности) с исходной опытной реальностью».³¹⁴ Как мы видим, Т.А. Вархотов готов признать, что иногда «умственный эксперимент предшествует физическому» (как выражался Мах), хотя и не обязательно результируется в таком виде. То есть моделирование – это практика, присутствующая во всяком экспериментировании, будь оно умственным (мысленным) или материальным, но экспериментирование – «вмешательство», по Хакингу – возможно, обладает дополнительными эпистемологическими характеристиками, не сводимыми к построению моделей. Иначе говоря, практика построения моделей является минимальной необходимой составляющей эксперимента, и при этом не важно, является ли он мысленным или физическим.

Это означает, что все то, что можно было сказать о моделях и что было фактически сказано на протяжении второй главы этого текста, применимо также и к экспериментам – мысленным или физическим; хотя не весь эксперименталистский дискурс одновременно затрагивает проблемы моделирования. (Например, эпистемология моделирования обычно не проблематизирует статус наблюдателя/экспериментатора. Возможно, ей следует это сделать).

Существует ли в таком случае пропасть, отделяющая мысленные эксперименты (и воображаемые модели, в терминологии Ачинстайна, см. раздел 1.4) от лабораторных экспериментов (и аналоговых моделей)?

«Лабораторный эксперимент в буквальном смысле предъявляет реальность (в форме произведенных данных), а мысленный эксперимент предъявляет ее *возможность или невозможность* – причем речь идет не о

³¹⁴ Вархотов Т.А. Трансгрессия и воображение в воспроизводстве научного знания // Философия и наука: проблемы соотношения. Алёшинские чтения – 2016: Материалы междунар. конф. Москва, 7–9 декабря 2016 г. / Отв. ред. Т.А. Шиян. – М.: РГГУ, 2016. – С. 91.

логической, а о *воображаемой* возможности».³¹⁵ Параллельно с этим, по Ачинстайну, воображаемая модель говорит о том, каким объект *мог бы быть* при определенных условиях, а аналоговая модель – о том, каков объект, аналогичный данному. Обобщить воображаемые и аналоговые модели в одну таксономическую единицу не составляет труда: объект воображаемой модели (воображаемый объект) аналогичен какому-то объекту или классу объектов *в том же смысле*, в каком им аналогична материальная модель. То есть и в том, и в другом случае имеет место некоторая форма отношения между объектами (репрезентация). Но, как видно из цитаты выше, не так-то просто обобщить в один род материальные и мысленные эксперименты. Вархотов начинает статью с громкого заявления: «Мысленный эксперимент – эпистемологический оксюморон»,³¹⁶ имея в виду, что экспериментирование по умолчанию предполагает как минимум два существенных аспекта: 1) это материальная практика, 2) она ведет к получению новых данных. Для мысленных экспериментов точно не выполняется первое условие, и скорее всего, не выполняется второе – следовательно, они не эксперименты. А то, что их продолжают называть таковыми, есть лишь категориальная ошибка. «Мысленные эксперименты сохраняют, по сути, всего одно сходство с экспериментами материальными – оба типа процедур способны выполнять решающую проверку (джастификацию), хотя для лабораторных экспериментов это вовсе не единственная или основная функция, а мысленные эксперименты используют для ее обеспечения не референтность, а когерентность, т.е. проверяют не репрезентативность, а структурные свойства (непротиворечивость, целостность и т.д.) соответствующего раздела науки».³¹⁷

Выходит, что, хотя в общем случае у нас нет оснований считать воображаемую модель эпистемологически «ниже», чем материальную (аналоговую), у нас есть основания считать мысленный эксперимент «ниже»

³¹⁵ Вархотов Т.А. От воображения к карте: недискурсивные основания мысленного эксперимента // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – №62, 2021. – С. 253.

³¹⁶ Там же, с. 250.

³¹⁷ Там же, с. 251.

по статусу, чем материальный эксперимент. Это верно до тех пор, пока верно, что в материальном эксперименте появляются новые данные, а в воображаемом (мысленном) – нет.

При этом неявно предполагается, что эпистемологический статус экспериментальных практик, во-первых, известен, а во-вторых, достаточно высок. Оба эти предположения, хотя и являются, скорее всего, социологически верными (я имею в виду, что в сообществе распространены соответствующие убеждения)³¹⁸, вовсе не являются несомненно верными с точки зрения эпистемологии. Например, радикализация тезиса о теоретической нагруженности данных опыта приводит нас к мысли о том, что эксперименты *тоже не дают новых данных*, являясь вариациями на тему допустимого в рамках некоторой теории или семейства теорий. В частности, именно с такой радикальной версией указанного тезиса приходится полемизировать Хакингу на страницах «Представления и вмешательства», когда ему нужно отстоять способность экспериментов «жить своей жизнью».³¹⁹

Иными словами, вместо того, чтобы доказывать наличие у мысленных экспериментов тех же существенных свойств, которые мы так ценим у материальных экспериментов, можно поступить апофатически, отрицая у материальных экспериментов наличие тех «добродетелей», в отсутствии которых упрекают эксперименты мысленные.

Разберем с этой точки зрения позицию В.П. Филатова, общий пафос которой совпадает с Хакингом и Вархотовым: мысленные эксперименты не живут своей жизнью, они слишком жестко привязаны к теоретической рамке. Филатов пишет: «Они дают не приращение какого-то конкретного знания, но нечто не менее ценное, а именно видение фактов в некоторой новой перспективе».³²⁰ Утверждения о «не меньшей ценности» результата

³¹⁸ См. Бергер П., Лукман Т. Социальное конструирование реальности. – М., 1995. – С. 30 и далее.

³¹⁹ См. Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998; особенно главы 9, 13 и 16.

³²⁰ Филатов В.П. Мысленные эксперименты и априорное познание // Эпистемология и философия науки. - №3 (49), 2016. – С. 26.

мысленного эксперимента, однако, автором тут же дезавуируется: «Если эта перспектива оказывается плодотворной и подкрепляется обычными экспериментами... то это косвенно свидетельствует о достоинствах того или иного мысленного эксперимента».³²¹ То есть материальный эксперимент является пробным камнем мысленного, который, в свою очередь, должен ожидать (материального) подтверждения, чтобы быть высоко оцененным. Если вспомнить при этом, что умственный эксперимент предваряет материальный (Мах), то получается странное: неудача материальной проверки мысленного эксперимента может быть расценена и как неудача умственного эксперимента, и как несовершенство материальных практик, технически не позволяющих провести достаточно качественную проверку. Например, проверить утверждения о лифте, который бесконечно удален от всех гравитирующих тел, не получится (правда, можно проверить отклонение световых лучей в присутствии гравитирующих тел, но совершенно неясно, является ли что-то структурным аналогом лифта в этой ситуации). Разумеется, тезис Дюгема-Куайна выполним и для случаев материального эксперимента (можно поставить под сомнение наблюдательную теорию), и для случаев мысленного эксперимента (можно усомниться в эпистемологических свойствах способности воображения).

Филатов незаметно для себя воспроизводит достаточно наивную интуицию ученого, убежденного, что «он здесь ни при чем». «Мысленный эксперимент дает иного типа результат, чем эксперимент реальный... [В материальном эксперименте] ответы на вопросы ученого дает *сама природа*, пусть даже ответы эти “теоретически нагружены”... [В мысленном эксперименте] тоже нужны предварительные знания и хорошо продуманная структура, но это не гарантирует однозначного вывода. Тут не природа, но мы сами должны ответить на наши вопросы».³²² Если проводить знаменитые параллели научного опытного поиска с юридическими процедурами дознания

³²¹ Там же.

³²² Филатов В.П. Указ. соч. С. 23. Курсив наш – М.В.

и следствия,³²³ то это утверждение равносильно тому, чтобы сказать, что признание обвиняемого, пусть и полученное под пытками («теоретически нагруженное») является однозначным доказательством («Сама природа так сказала!») и демонстрирует превосходство пыточных методов над менее насильственными практиками.

В самом деле, как будто еще более полувека назад эпистемология не пришла к отказу от возможности *experimentum crucis*, который бы позволил окончательно подтвердить или опровергнуть теорию!

И вот мы уже объявляем эту несуществующую возможность добродетелью материального эксперимента, которой нет у мысленного! Не задаем ли мы заведомо слишком высокие стандарты, чтобы сохранить приоритетность материального перед нематериальным? Ситуация здесь аналогична описанной выше (раздел 2.5), когда Штофф пытался показать, что в эксперименте мы взаимодействуем *с тем самым объектом*, а в моделировании – *с его заместителем*. И «тот самый объект» (у Штоффа), и «сама природа» (у Филатова), и «новые данные» (у Вархотова) лишь кажутся самоочевидными понятиями, с помощью которых можно присвоить материальному эксперименту более высокий статус. При этом, когда речь идет о сопоставлении теоретического и экспериментального слоев научного знания, эпистемологи снова «вспоминают» о длительной традиции критического отношения к этим концептам.

³²³ Бэкониянские мотивы эксперимента как «испытания природы» общеизвестны; о роли судебных аналогий в экспериментализме Бойля см., например, Shapin S., Schaffer S. *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life* (with a new introduction by the authors). – Princeton: Princeton University Press, 2011. В рамках «антропологии науки» применительно к современным лабораториям и современным юридическим процедурам эту аналогию разрабатывал Бруно Латур, см. Латур Б. Научные объекты и правовая объективность // Культиватор. – 2011. – № 2. – С. 74-94.

2.7. Промежуточные выводы: континуум научных практик

Если мы хотим быть последовательными, то требуется исходить не из оптимистической позиции «с материальным экспериментом все хорошо, а вот умственный – сомнителен», а из пессимистической: «неясно, как обстоят дела в обоих случаях». Но мы можем утверждать на основании вышеизложенного, что довольно сложно провести четкую границу не только между материальным и умственным экспериментом (мы и так вставили посередине промежуточный класс «модельных экспериментов», статус которых тоже неясен), но и между умственным экспериментом и обычным теоретизированием (здесь можно снова вспомнить пример Картрайт про «рассмотрим набор двухуровневых атомов»³²⁴, см. раздел 1.7), а также между наблюдением (без вмешательства) и материальным экспериментом (с вмешательством), чему порукой является уже практически вековая традиция проблематизации статуса «независимого наблюдателя» в отдельных разделах физики.³²⁵ Предложенная выше (в разделе 2.6) пятичленная классификация научных практик по итогам обсуждения темы моделирования, экспериментирования и мысленного экспериментирования может быть существенно уточнена и дополнена соображениями на тему того, какие особенности каждого из этих видов научной деятельности делают его «похожим» на своих соседей по континууму.

³²⁴ Cartwright N. How the laws of physics lie. – Oxford, NY: Oxford University Press, 1983. – p. 148.

³²⁵ Сноска, обосновывающая это утверждение и предлагающая конкретные примеры работ на эту тему, рискует стать отдельной диссертацией, и поэтому будет опущена.

	Континуум научных практик				
	Наблюдение	Физический эксперимент	Модельный эксперимент	Умственный эксперимент	Теория
Отличительные черты	Отсутствие вмешательства; максимальная конкретика	Вмешательство в «оригинальный» объект	Вмешательство в «заменитель»	Работа воображения	Максимальная абстрактность
Размытие границ	Не бывает абсолютно «нейтрального» наблюдения	Объект, в который вмешиваются, уже поэтому не вполне «оригинальный»	Неясно, как сильно должен быть похож «заменитель», чтобы его признали оригиналом, и как сильно он может быть упрощен процедурами абстрагирования	Воображение, предположительно, может участвовать и в моделировании, и в теоретизировании	Теоретические объекты отличаются от элементов воображаемого эксперимента по степени (абстрагирования), но не качественно

Обратим специальное внимание на границы между этими видами научной работы.

А) Граница «Наблюдение – физический эксперимент»

Отличить наблюдение от эксперимента можно только в том случае, если полагать, что акт наблюдения не вносит *существенных* изменений в состояние наблюдаемого объекта. Однако не может быть наблюдения, не вносящего *вообще никаких* изменений в наблюдаемое, если мы под «наблюдением» имеем в виду получение сигнала от объекта, так как сама передача сигнала является материальным взаимодействием. Мы, конечно, можем опустить квантовомеханические эффекты, когда речь идет о человекообразном мире (мезокосме).³²⁶ Но само это «конечно» - следствие

³²⁶ О понятии «мезокосм» («мезокосмос») см. Фоллмер Г. Эволюционная теория познания. Врожденные структуры познания в контексте биологии, психологии, лингвистики, философии и теории науки. – М.: Русский Двор, 1998.

существенного упрощения, такое же, как и, скажем, «скорости, сопоставимые со скоростью света». Вполне можно представить себе ситуацию, в которой микрокосмические особенности наблюдения влияют на мезокосмические характеристики.³²⁷ Подчеркну: мы здесь не проблематизируем ни «наблюдение», ни тем более «наблюдателя» в квантовой механике. Мы ограничиваемся утверждением, что граница между «наблюдением» и «вмешательством» проблематична. Если это недостаточно очевидно в случае квантовой физики, это становится *слишком очевидным* для социогуманитарных дисциплин.³²⁸ Фактически, статус «нейтрального» может быть придан наблюдению только в контексте определенных познавательных целей и задач.

Б) Граница «Физический эксперимент – модельный эксперимент»

Вмешательство в «естественный» порядок вещей тут же превращает этот порядок во «в чем-то искусственный» порядок вещей. Хакингу, как мы помним, требуется специальная аргументация для того, чтобы утверждать, что объекты, которыми у нас получается манипулировать, «реально существуют», то есть являются реальными денотатами теоретических терминов.³²⁹ Эта отдельная аргументация приводится в «Представлении и вмешательстве» по той причине, что *вовсе не является самоочевидным существование всякого объекта экспериментального вмешательства*. Граница между физическим экспериментом и «модельным», таким образом, может быть проведена по тем установкам, которые отличают *факт* от *артефакта* в экспериментальном исследовании. Предположительно, «факт» является «естественным», а «артефакт» – «искусственным».³³⁰ Однако и то, и другое является следствием

³²⁷ В частности, такую ситуацию представляет собой знаменитый мысленный эксперимент «кот Шредингера».

³²⁸ См., например, Ядов В.А. Стратегии социологического исследования. Описание, объяснение, понимание социальной реальности. – М.: Добросвет, 1999, особенно гл. IV.

³²⁹ Вспомним знаменитое определение существования по Куайну: «Существовать – значит быть значением связанной переменной». См. Куайн У. О том, что есть // Куайн У. Слово и объект. – М.: Логос, Праксис, 2000. – С. 325-341. (Определение – на стр. 335-336).

³³⁰ При этом нельзя не вспомнить латинскую этимологию: *factum* – «сделанное», а *arte factum* – «сделанное искусством»; не такая уж и большая разница, особенно если вспомнить, что переводом «искусства» (*ars*) с латинского является греческое «τέχνη».

«вмешательства» в мир. В таком случае некоторые «вмешательства» порождают «факты», а некоторые – нет, и вопрос о том, где – какие, снова зависит от познавательных целей исследователя.³³¹ Вспомним конец предшествующего раздела: вопрос о том, кто говорит, когда говорит якобы «сама природа» - нетривиальный и требует специализированных контекстно-зависимых способов решения.

В) Модельный эксперимент: границы слева и справа

Тогда и «модельные эксперименты» не могут быть вполне отделены ни от своих более «материальных», ни от более «воображаемых» собратьев. В модельных экспериментах сохранена материальность происходящего (столь дорогая тем, кто пришел в эпистемологию моделирования из вопросов методологии экономики – Ф.Гуала,³³² У.Мяки,³³³ Т.А. Вархотов³³⁴), но при этом объектом выступает заместитель «естественного» объекта. То есть это *другая* материальность. Где бы мы могли обнаружить гарантии того, что эта *другая* материя в случае нашего интереса к ее поведению проявит свойство того, заменителем чего она предположительно является? В свою очередь, могут ли быть даны гарантии того, что воображаемый объект не окажется эпистемологически ближе изучаемому, чем альтернативный материальный объект? Я утверждаю, что такие гарантии не могут быть даны.

³³¹ Правда, положение дел изменится, если мы будем рассматривать «научный факт» в динамике, в процессе его становления: «фактами» не рождаются (в эксперименте), «фактами» становятся (в ходе дальнейшей научной – и не только научной – практики). Каноничный пример такого подхода – Латур Б. Наука в действии: следуя за учеными и инженерами внутри общества. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2013 (см. особенно «Принцип 1»). Тогда разница между «фактом» и «артефактом» - в том, что первому удалось обрести устойчивость благодаря применимости в дальнейшей практике. См. также Кнорр-Цетина К. Наука как практическая рациональность // Ионин Л.Г. Философия и методология эмпирической социологии — М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2004. – С. 318-330, где для аналогичного процесса используется метафора «реинвестирования».

³³² Guala F. Models, simulations, and experiments // Model-based reasoning: science, technology, values. Eds.: Magnani L., Nersessian N. – NY: Springer Science+Business Media, 2002. – pp. 59-74.

³³³ Mäki U. Models are experiments, experiments are models // Journal of Economic Methodology. – Vol. 12(2), 2005. – pp. 303–315.

³³⁴ Кошовец О.Б., Вархотов Т.А. Эксперименты без материи: модели в теоретической экономике // Эпистемология и философия науки. - №3 (49), 2016. – С. 124-139.

Г) Умственный, мысленный, воображаемый эксперимент: граница слева и справа

Умственный (мысленный, воображаемый) эксперимент задействует специфическую и не всегда понятную способность «воображения», эпистемологическая значимость которого признавалась уже Лейбницем и Кантом. При этом «воображение невозможно однозначно трактовать ни в качестве инстанции производства образов (поскольку некоторые обладающие феноменальной данностью предметности, по Лейбницу, выше способностей воображения), ни в качестве познавательного инструмента рассудка, поскольку некоторые лишённые феноменальной данности абстракции являются воображаемыми, т.е. привязанными к данным опыта».³³⁵ Ни «слева», ни «справа» от умственных экспериментов не удастся нащупать границу, отделяющую их от модельных экспериментов или от теоретизирования, которое тоже вполне может состоять в конструировании достаточно произвольных «воображаемых» схем. Здесь стоит вспомнить начало нашего пути (раздел 1.1), а именно то, как Дюгем упорно отказывался считать «теорией» то, что вполне могло бы составлять пласт теоретического знания в представлении Фарадея и Максвелла.

Д) Граница «мысленный эксперимент – теоретизирование»

Наконец, теоретические объекты (объекты научных теорий) являются идеальным и/или идеализированными: именно относительно таких объектов следует считать верными теоретические утверждения.³³⁶ Можем ли мы вполне отделить теоретические объекты, порожденные исключительно абстрагированием от некоторых свойств, от объектов, в характеристику

³³⁵ Вархотов Т.А. Роль воображения в системе конструирования предметностей научного знания у Г. Лейбница // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. – №.4, 2017. – С. 67.

³³⁶ См. в особенности Cartwright N. How the laws of physics lie. – Oxford, NY: Oxford University Press, 1983; но см. также и отечественную традицию в истолковании сущности теоретических утверждений – например, Степин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2003; или Липкин А.И. Основания современного естествознания. Модельный взгляд на физику, синергетику, химию. – М.: Вузовская книга, 2001. Сходство их позиций может удивить, хотя и оказывается при более тщательном рассмотрении лишь фрагментарным подобием.

которых вмешалось наше воображение? Ответ на этот вопрос весьма тривиален: нет, так как *мы не понимаем, как работает воображение* и, соответственно, не способны однозначно распознавать следы его присутствия.³³⁷ В самом деле, что могла бы означать конструкция «абсолютно черное тело»? В материальном мире ближе всего к абсолютно черному телу является сажа (и она черного цвета, заметьте!), но вообще оно может иметь цвет, зависящий исключительно от его температуры.³³⁸ То есть попытка представить (вообразить) абсолютно черное тело *именно черным* наталкивается на противоречие с множеством теоретических возможностей. С другой стороны, представлять «абсолютно черное тело» *телом черного цвета* – вполне законная операция, если иметь в виду, что это тело полностью поглощает электромагнитное излучение (а именно это и значит в случае тела иметь «черный цвет»).

Выводы

Таким образом, мы приходим к выводу: многообразие репрезентационных научных практик не может быть строгим образом разделено на ряд методологических регионов. Хотя отдельные полюсы этого многообразия (наблюдение и теория) регулярно противопоставлялись и противопоставляются в философии науки, существует давняя холистическая традиция (как минимум с работ Куайна, а как максимум – с Дюгема) не разграничивать жестко эти области. Наш подход не является холизмом, так как готов признать автономию всякой из этих научных *практик*, поскольку они являются *практиками*. Это значит, что обычно у ученых нет проблем в том, чтобы отличить наблюдение от эксперимента, эксперимент от теоретизирования, материальный эксперимент от умственного и т.д. – именно

³³⁷ Т.А. Вархотов предлагает несколько иной вариант объяснения того же (т.е. почему нельзя отбросить вмешательство воображения в теоретических объектах): «поскольку воображение обеспечивает предметность... если мы отделим “теоретическое” от “воображаемого”, теоретическое станет полностью беспредметным; т.е. в лучшем случае мы получим формальную онтологию неизвестной отнесенности, что бессмысленно в науках о действительности» (Вархотов Т.А., личное сообщение).

³³⁸ Измайлов Г. Н. Абсолютно чёрное тело // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал – URL: <https://bigenc.ru/c/absolutno-chiornoe-telo-0350cd/?v=5011957>. – Дата публикации: 27.09.2022

как виды деятельности. Однако проведение строгих границ между ними с точки зрения эпистемологического статуса каждой из этих форм научного знания концептуально невозможно.

В этом смысле интуиция, присваивающая материальным экспериментам большую достоверность, чем мысленным, вполне может быть верной. Но мы не знаем, чем подкрепить эту интуицию, а существующие (и кратко описанные выше) способы подкрепления не представляются удачными.

Глава 3. Вычислительные эксперименты

*Мы не знаем, что значит моделировать, но мы
будем моделировать, моделировать всё и
моделировать беспощадно.*

академик А.А. Самарский

3.1. Введение в эпистемологический контекст

Вопрос об эпистемологическом статусе компьютерных симуляций возник в литературе сравнительно недавно. Компьютеры достаточно давно могли использоваться в разных целях: например, с одной стороны, чтобы рассчитывать последствия ядерных взрывов,³³⁹ а с другой – для комплексного анализа поведения экономических систем.³⁴⁰ Однако в этот период (1940-70-е гг.) проблематизация эпистемологии компьютерных симуляций носила спорадический характер и не была связана с более общим контекстом философии и методологии науки. Первые попытки более комплексного определения понятия «компьютерная симуляция» относятся к началу 1990х годов. Фриц Рорлих, Пол Хамфрис и Питер Галисон – ключевые имена в этой истории. В целом с историей эпистемологии компьютерных симуляций можно ознакомиться в одной из наших работ.³⁴¹ Здесь же мы лишь кратко воспроизведем ключевые точки развития этого дискурса.

Мы можем условно датировать возникновение эпистемологии компьютерных симуляций началом 1990-х годов. Фриц Рорлих, в частности, писал, что «Компьютерные симуляции обеспечивают... качественно новую и иную методологию для физических наук, и эта методология находится где-то посередине между традиционной теоретической физикой и ее эмпирическими

³³⁹ Keller E.F. Models, simulation and “computer experiments” // The philosophy of scientific experimentation. Ed. Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – pp. 203-205.

³⁴⁰ Hayenga M., Manetsch T., Halter A. Computer Simulation as a Planning Tool in Developing Economies // American Journal of Agricultural Economics. - Vol. 50 (5), 1968. - pp. 1755–1759.

³⁴¹ Хамдамов Т.В., Волошин М.Ю. Концептуализация компьютерных симуляций в философии науки // Эпистемология и философия науки. – 2021. – Т.58 №2. – С. 153–159.

методами экспериментирования и наблюдения».³⁴² Пол Хамфрис на основе работ Рорлиха и Р.Редди³⁴³ так определил компьютерные симуляции: «Компьютерная симуляция – это любой реализованный на компьютере метод исследования свойств математических моделей, для которых недоступны аналитические методы».³⁴⁴

В статье 1996 года Питер Галисон писал о методе Монте-Карло, который в 1940-50-е гг. впервые применили (Джон фон Нейман и Станислав Улам в лаборатории Лос-Аламос) к исследованию физических процессов, в частности – к взрыву водородной бомбы. Вместо физически производимого взрыва (более того – для того, чтобы продемонстрировать его возможность и актуальную мощность) ученые использовали расчеты с помощью компьютера. Эти расчеты обладали, разумеется, сомнительным статусом, до тех пор, пока на их основе не удалось сначала произвести актуальные выводы относительно изучаемых физических систем (потенциальных водородных бомб), а затем – и рассчитать требуемые параметры этих систем и степень их реализуемости.³⁴⁵ Таким образом, компьютерная симуляция послужила эффективной заменой множества нереализованных (и нереализуемых) материальных экспериментов.

Несмотря на то, что развернутый Галисоном нарратив интересен в очень многих аспектах, в контексте эпистемологии компьютерных симуляций наиболее примечательной является характеристика, которую Галисон дает в начале своей статьи: «Методы Монте-Карло переместили физику в положение, парадоксальным образом не совпадающее с традиционной реальностью; в положение, которое заимствовало нечто как из

³⁴² Rohrlich F. Computer Simulation in the Physical Sciences // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. – The University of Chicago Press on behalf of the Philosophy of Science Association, 1990. – Vol. 2: Symposia and Invited Papers. – P. 507.

³⁴³ Reddy R. Epistemology of Knowledge-Based Systems // Simulation. – 1987. – vol. 48. – P.161–170.

³⁴⁴ Humphreys P. Computer Simulations // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. – 1990. – Vol. 2. – P. 501.

³⁴⁵ Galison P. Computer simulation and the trading zone // Disunity of science: Boundaries, contexts, and power / ed. by P. Galison & D. Stump – California: Stanford University, 1996, – P.118–157.

экспериментального, так и из теоретического раздела, связало вместе эти заимствования и использовало полученный бриколаж для того, чтобы создать маргинализованную ничейную землю, которая была бы одновременно везде и нигде на методологической карте».³⁴⁶

Итак, вычислительные эксперименты находятся одновременно «везде и нигде на методологической карте»; выражение, которое плотно вошло в лексикон англоязычных эпистемологов.³⁴⁷ Впрочем, радикальность этой «нетрадиционности» не должна вводить в заблуждение. Общая идея ясна: компьютерные симуляции порождают новый эпистемологический регион. Ту форму научной практики, о которой пишет Галисон, мы сейчас называем «компьютерными симуляциями» или «вычислительными экспериментами», и это действительно промежуточная зона между практиками теоретизирования и экспериментирования. Слова о «везде и нигде», на наш взгляд, стоит интерпретировать как указание на разнородный характер источников конструирования симуляций. В каком-то смысле они – часть теоретизирования, в каком-то – часть экспериментирования; части своих существенных составляющих они заимствуют в разных регионах существования знания.

На какой карте можно обозначить этот регион? Ответ на этот вопрос мы получили в предыдущей главе. Такой картой может послужить описанный в ней «континуум научных практик», упорядоченный по градации от конкретно-материального «наблюдения» через разного рода эксперименты (натурные, модельные, мысленные) к абстрактно-идеальному теоретизированию. Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что слово «континуум» используется для описания непрерывности этой градации (пунктирные границы в таблице ниже).

³⁴⁶ Ibid., p.120.

³⁴⁷ На эту фразу ссылаются Э. Келлер (2003), П. Хамфрис (2004), И. Ленхард (2007), Р. Фригг и Дж. Райс (2009), Ж. Жебель (2017), а Николь Саам вообще начинает с нее свой обширный (но местами неточный) обзор эпистемологии компьютерных симуляций (Saam, N. What is a Computer Simulation? A Review of a Passionate Debate // Journal for General Philosophy of Science. – 2017. – Vol. 48(2). – P. 293–309.).

	Континуум научных практик				
	Наблюдение	Физический эксперимент	Модельный эксперимент	Умственный эксперимент	Теория
Отличительные черты	Отсутствие вмешательства; максимальная конкретика	Вмешательство в «оригинальный» объект	Вмешательство в «заменитель»	Работа воображения	Максимальная абстрактность
Размытие границ	Не бывает абсолютно «нейтрального» наблюдения	Объект, в который вмешиваются, уже поэтому не вполне «оригинальный»	Неясно, как сильно должен быть похож «заменитель», чтобы его признали оригиналом, и как сильно он может быть упрощен процедурами абстрагирования	Воображение, предположительно, может участвовать и в моделировании, и в теоретизировании	Теоретические объекты отличаются от элементов воображаемого эксперимента по степени (абстрагирования), но не качественно

Пожалуй, не будет слишком сильным предположение, что «вычислительные эксперименты» не пересекаются с множеством практик наблюдения, так как они (эксперименты) предполагают манипуляцию некоторой искусственной системой, а классическое «наблюдение» это исключает. Гораздо более интересен вопрос о соотношении компьютерных симуляционных вычислений с теоретическим знанием. Теоретическое знание часто бывает представлено системой уравнений. Когда мы решаем эти уравнения на компьютере, мы все еще теоретизируем или уже «вычислительно-экспериментируем»?

Ответ на этот вопрос, оказывается, зависит от исторического контекста. Галисон, возможно, был слишком резок в оценках, когда обозначил как новую область методологии всё, что было связано с использованием методов Монте-

Карло в физике.³⁴⁸ Скорее, следует говорить о *постепенной автономизации компьютерных методов*, возрастающей дифференциации между ними и «классическим» теоретизированием, и об их постепенном сдвиге в левую область нашего континуума, область экспериментов и данных.

В частности, именно такой сдвиг фиксирует Эвелин Фокс Келлер в статье 2003 года. Келлер выделяет три стадии этого исторического процесса. На первой стадии компьютерные симуляции были тем самым, что описывает Галисон: «использованием компьютера для решения математически труднообрабатываемых уравнений»³⁴⁹. Эту стадию Келлер также связывает с послевоенным периодом и конкретно знаменитой лабораторией Лос-Аламос, где работали тогда Станислав Улам, Джон фон Нейман и Энрико Ферми. Конкретно за имплементацию новых вычислительных методов ответственен Улам: он предложил использовать метод Монте-Карло для решения уравнений Больцмана применительно к диффузии нейтронов. Хотя «компьютерная симуляция на этой стадии все еще направлена на производство выводов из четко сформулированных теоретических моделей»³⁵⁰, она начинает приобретать характерные черты экспериментальной деятельности (термин «эксперимент» применительно к своим компьютерным симуляциям использовал сам Улам),³⁵¹ так как, будучи основанными на стохастической динамике, новые методы все же способны дать «неожиданный» результат. Келлер также указывает, что в данном контексте экспериментальный характер

³⁴⁸ Например, И.М. Соболев выражается несколько осторожнее: «Любопытно, что теоретическая основа метода [Монте-Карло] была известна уже давно. Более того, некоторые задачи статистики рассчитывались иногда с помощью случайных выборок, то есть фактически методом Монте-Карло. Однако до появления электронных вычислительных машин (ЭВМ) этот метод не мог найти сколько-нибудь широкого применения, ибо моделировать случайные величины вручную – очень трудоемкая работа. Таким образом, возникновение метода Монте-Карло как весьма универсального численного метода стало возможным только благодаря появлению ЭВМ». Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1972. – С. 5.

³⁴⁹ Keller E.F. Models, simulation and “computer experiments” // The philosophy of scientific experimentation. Ed. Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – p. 202.

³⁵⁰ Ibid., p. 204.

³⁵¹ Улам пишет в 1952г.: «Имея дифференциальное уравнение в частных производных, мы конструируем модели подходящих игр, и мы получаем распределение решений соответствующих уравнений, играя в эти игры, то есть – экспериментируя». Цит. по Keller E.F. Op. cit. – p. 203.

компьютерного моделирования схож с мысленными экспериментами, что также говорит в пользу нашего «континуального» рассмотрения.

На второй стадии компьютер начинает использоваться для отслеживания динамики систем, состоящих из идеализированных частиц. «Фактически, практика “компьютерных экспериментов” (как вскоре стали называть эту технологию) устанавливала два уровня симуляции: на первом уровне физическая система заменялась “искусственной” системой, на втором – уравнения... заменялись управляемыми схемами количественного анализа. Таким образом, симуляции были “экспериментами” в двух смыслах этого термина – не только в смысле “экспериментов в теории”, как у Улама, но и “экспериментов над моделями”, как мы можем их назвать».³⁵² Новый смысл компьютерной симуляции еще больше отрывает ее от чистого теоретизирования и позволяет решать новые задачи, которые до этого мог решать только эксперимент или моделирование. Симуляция становится, по выражению Келлер, «пробной теорией»: ее задача – «тестировать “приблизительные теории” там, где они существуют, и предоставить линии возможного развития таких теорий там, где их еще нет».³⁵³ Заметим, что задачи, сформулированные Келлер, уже вполне подобны тем прагматическим целям использования моделей, которые выделял еще Лео Апостел, а также, в менее выраженной форме – Эрнст Нагель (см. главу 1). Таким образом, если мы признаем, вслед за прагматическим подходом, автономную роль моделей, с этого исторического момента компьютерные симуляции удачно вписываются в эту роль. Упомянутый нами «исторический момент» - конец 50-х годов, когда Берни Алдер и Тэд Вайнрайт из Ливерморской лаборатории использовали наработки из Лос-Аламоса для симуляции поведения системы из конечного количества (от 32 до 500) идеальных тел. Как и Улам, указанные

³⁵² Ibid., p. 205.

³⁵³ Ibid., p. 207.

ученые вполне свободно используют термин «эксперимент» применительно к тому, что они делают на компьютерах.

Третья стадия, по Келлер, связана с внедрением практики моделирования «клеточных автоматов» - концепции, разработанной еще фон Нейманом, но реализованной лишь в конце 80-х годов. Принципиальное отличие этой стадии в том, что здесь моделируются процессы, которые вообще не имеют фундаментального теоретического обоснования. «Клеточные автоматы» - это набор математических объектов, расположенных в некотором топологическом пространстве, каждый из которых может находиться в определенном конечном количестве состояний, и состояние которых напрямую зависит от состояния соседствующих с ним аналогичных «автоматов». «Клеточные автоматы, - пишет Келлер, - являются симуляциями *par excellence*: это искусственные вселенные, которые эволюционируют согласно предписанным локальным правилам».³⁵⁴ Локальность этих правил принципиальна: именно отсутствие «глобальных» законов высокой степени абстрактности делает данную стадию развития компьютерной симуляции столь специфичной.

Помимо того, что эти компьютерные симуляции обособлены от теории, они обособлены и от эмпирической базы: они буквально «живут своей жизнью». Келлер приводит любопытную цитату из работы программистов Тоффоли и Марголус, где авторы с нескрываемым восторгом пишут об ощущении собственной «божественности», которое испытываешь при создании такого рода системы, даже если она не описывает ничего реального. «Когда нам показывают вселенную клеточных автоматов, мы хотим создать такую же, но свою; когда мы создали ее, мы хотим попробовать создать еще одну... Клеточные автоматы — это синтезатор вселенных».³⁵⁵ Так компьютерная симуляция приобретает *не только эпистемологическую, но и*

³⁵⁴ Keller E. Op.cit. – p. 210

³⁵⁵ Цит.no: Keller E. Op.cit., p. 211

онтологическую самостоятельность. Еще одна цитата биолога Кристофера Лэнгтона, приводимая Келлер, особенно ярко это иллюстрирует: «Мы ожидаем, что синтетический подход приведет нас не только к биологическим феноменам, но и *за их пределы*; за пределы *жизни-как-мы-ее-знаем* в царство *жизни-какой-она-могла-бы-быть*».³⁵⁶ Компьютерные симуляции, в соответствии с идеями Галисона, занимают особый онтологический регион *возможного* (хотя сам Галисон, судя по приведенной выше цитате, склонен считать его все же эпистемологическим регионом).

Ричард Айуэн Гарт Хьюз в статье 1999г. предлагает в качестве базовых подходов два определения компьютерной симуляции. Одно из них принадлежит Стефану Хартману: «*Симуляция имитирует один процесс с помощью другого*. В этом определении термин “процесс” обозначает исключительно объект или систему, чье состояние изменяется во времени. Если симуляция запущена на компьютере, она называется *компьютерной симуляцией*»³⁵⁷. Второе определение – «рабочее определение» Пола Хамфриса: «*Рабочее определение: Компьютерная симуляция – это любой метод исследования свойств математических моделей с помощью компьютера в случаях, когда аналитические методы не работают*».³⁵⁸

Среди этих определений Хьюз предпочитает первое – по той причине, что оно лучше соотносится с его подходом к моделированию вообще. Отметим, что этот аргументативный момент интересен сам по себе: определение лучше, *потому что* позволяет вписать обсуждение проблематики компьютерных симуляций в контекст спора о моделях в науке. Другой повод предпочесть определение Хартмана – то, что «динамика имеет эпистемические функции: она позволяет вывести заключения о поведении модели, и следовательно, о поведении предмета [моделирования]...

³⁵⁶ Цит. по Keller E. Op.cit. – p. 212, курсив как в оригинале.

³⁵⁷ Цит. по: Hughes R.I.G. The Ising model, computer simulation, and universal physics // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – p.130. Курсив как в оригинале.

³⁵⁸ Цит. по: Ibidem. Курсив как в оригинале.

Эпистемическая динамика модели может, но не обязана совпадать с временной динамикой». ³⁵⁹ Это несовпадение является важным: темпоральный характер модели может быть дискретным (описывать пошаговые процессы), в отличие от реального процесса, или может разворачиваться «назад» во времени; тем не менее, это дает нам возможность производить научно значимые выводы, - поэтому Хьюз характеризует динамику как «эпистемическую».

Что касается «рабочего определения» Хамфриса, то оно, по мнению Хьюза, обладает существенным недостатком: редуцирует использование компьютерной симуляции исключительно к математико-вычислительным функциям, тогда как *способ репрезентации результата симуляции* является не менее значимой ее составляющей. Вся статья Хьюза построена вокруг обсуждения конкретного примера, модели Изинга, ³⁶⁰ описывающей процесс намагничивания материалов. Этот процесс не может быть описан с помощью аналитически решаемых уравнений, поэтому используется компьютерное моделирование; однако важно, что репрезентация динамики намагничивания может быть разной в зависимости от задач исследования (например, одномерной или двумерной). «Мы можем перемоделировать оригинальную репрезентацию, используя компьютер, иными словами, вставить одну репрезентацию в другую» ³⁶¹. В таком случае, очевидно, компьютерная симуляция не будет процессом решения каких бы то ни было математических задач, более того, «компьютерные симуляции [поведения модели Изинга] используются несмотря на тот факт, что точное решение уже существует». ³⁶² Таким образом, необходимо разграничить компьютерное вычисление и компьютерную симуляцию; одно может подразумевать другое, но это вовсе не обязательно – это зависит от интересов конкретных исследователей. Аспект

³⁵⁹ Hughes R.I.G. Op.cit. – p. 130.

³⁶⁰ «Ising model», вероятно, правильнее транслитерировать как «модель Айзинга», однако в русскоязычной литературе используется транслитерация, приведенная выше.

³⁶¹ Hughes R.I.G. Op.cit. – p.131.

³⁶² Ibidem.

визуальной репрезентации играет немаловажную роль и в автономизации «клеточных автоматов» по Келлер: за этими симуляциями жизни как минимум *интересно наблюдать*, даже если никаких реальных выводов относительно биологии мы не сможем сделать.³⁶³

Акцент на прагматических аспектах моделирования делает и Эрик Винсберг, в этот раз напрямую отсылая к концепции «автономных агентов» Моррисон и Морган (см. раздел 1.7). Как и в случае прагматического подхода указанных авторов, автономность («полу-автономность», словами Винсберга) компьютерной симуляции придает характер ее конструирования. Симуляции создаются на основе «невероятно обширного круга источников: эмпирические данные, механические модели, вычислительные технологии (от точнейших до вопиюще неточных), метафоры и интуиции».³⁶⁴ Как и Хьюз, Винсберг отрицает, что компьютерная симуляция является «не более, чем применением вычислительных методов “грубой силы” для решения аналитически нерешаемых уравнений»³⁶⁵.

Однако основание для такого вывода у него отличается: с точки зрения Винсберга, наличие или отсутствие визуальной репрезентации само по себе не имеет философского значения для обсуждаемой проблемы. Дело обстоит сложнее: симуляции вообще не являются исключительно вычислениями, так как – как сказано выше – они сконструированы не только из вычислений. Соответственно, в компьютерной симуляции для решения стоящей перед исследователями задачи используется набор разнообразных инструментов анализа данных, и визуализация – один из них. Статистические данные,

³⁶³ Мы подробно разбираем этот вопрос на примере визуализации макромолекул в работе: Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35.

³⁶⁴ Winsberg E. Science in the age of computer simulation. – Chicago and London: The University of Chicago Press, 2010. – p.30. Следует уточнить, что книга Винсберга, на которую мы опираемся, является результатом его работ на тему компьютерной симуляции на протяжении предшествующих полутора десятилетий и, очевидно, аккумулирует аргументацию более ранних статей – в том числе написанных в полемике или согласии с обсуждаемыми им взглядами. По нашему мнению, книга заслуживает перевода на русский язык.

³⁶⁵ Ibid., p. 31. Под методом «грубой силы» (brute-force means) в информатике подразумевается решение проблемы посредством перебора и подстановки возможных вариантов ответа (например, на этом основано значительное количество хакерских программ подбора пароля).

например, могут, а иногда и должны быть представлены в виде графика; хотя само по себе наличие или отсутствие графика в компьютерной симуляции ничего не говорит о ее «специфическом» характере с точки зрения эпистемологии, оно является «характерным признаком наличия других свойств, которые свидетельствуют об этом».³⁶⁶ Таким образом, то, что Хьюз трактует как принципиальное различие, Винсберг трактует как симптом различия более глубокого: полу-автономного статуса симуляции.

Эта полу-автономия подразумевает даже частичную независимость симуляции от процесса собственно вычисления (что признает и Хьюз). Проблема в том, что, если бы симуляция носила исключительно вычислительный характер (не было «других свойств»), было бы неясно, как она способна производить *новое, неожиданное* знание об объекте. Это до некоторой степени напоминает известную бэконовскую позицию относительно соотношения дедуктивной и индуктивной логики у Аристотеля: дедукция не является ключевым инструментом познания, поскольку не производит новое знание, а уточняет уже существующее; дедукция не способна нас *удивить*. Поэтому автономность и способность давать новое знание идут рука об руку.

Наконец, мы сможем окончательно констатировать автономность вычислительных экспериментов от теоретического уровня, если покажем, как возможны в науке симуляции, не просто «оторванные» от теории, но и прямо противоречащие ей.

Именно такой случай разбирает немецкий исследователь Йоханнес Ленхард.³⁶⁷ Он анализирует пример из области моделирования метеорологических явлений – пример, который вошел в историю метеорологии как «трюк Аракавы». Пример Ленхарда исторически находится на второй ступени, по классификации Келлер, и связан с отслеживанием

³⁶⁶ Winsberg E. Op.cit. – p. 34

³⁶⁷ Lenhard J. Computer simulation: the cooperation between experimenting and modelling // Philosophy of science. – Vol. 74 (2), 2007. – pp. 176-194.

динамики развития системы, для которой сложно построить адекватную экспериментальную установку, - а именно, для погоды. Попытавшись смоделировать погодные условия, которые в целом могут быть описаны теоретическими законами (гидро- и аэродинамики, например), Норман Филлипс построил компьютерную симуляцию, в рамках которой уравнения непрерывности, описывающие гидродинамические процессы, дискретизировались на условной пространственной решетке. Как мы помним из «рабочего определения» Хамфри, такая дискретизация необходима для успешного представления процесса в решаемом для компьютера виде: компьютер не способен решить уравнения непрерывности, не представленное в дифференциальной форме, так как сам процесс вычисления на компьютере (машина Тьюринга) представлен дискретными шагами. Лучшее, на что можно рассчитывать при моделировании непрерывных процессов – определенная степень аппроксимации. Соответственно, в модели Филлипса «фундаментальные уравнения атмосферы не решались количественно. Вместо этого была построена симуляция, и ее дифференциальные уравнения впоследствии интегрировались количественно».³⁶⁸ Однако возникла неожиданная проблема: несмотря на максимально точные и эмпирически верные стартовые условия, задаваемые учеными в симуляции, и несмотря на точность используемых в модели уравнений, предсказания модели катастрофически расходились с наблюдаемыми феноменами уже после нескольких итераций.

Причина этой проблемы заключалась в самой природе дифференциации: общие циркуляционные модели атмосферы, основанные на уравнениях Навье-Стокса, необходимо используют дискретную решетку, которая может быть сколь угодно высокого разрешения, но никогда – бесконечно малого. Бесконечно малое разрешение решетки подразумевалось в процессе дифференциации базовых уравнений, однако было нереализуемым на

³⁶⁸ Ibid., p. 181.

компьютере. Соответственно, даже высокое разрешение (очень мелкая решетка) не гарантировало приближения решений дифференциальных уравнений к решениям уравнений непрерывности Навье-Стокса, и следовательно, порождало неизбежное расхождение симуляции с симулируемым погодным процессом. Это отклонение возрастало с количеством итераций: симуляция была крайне нестабильной и предсказывала перемены погоды с гораздо большей частотой и резкостью, чем это происходило в действительности.

«Трюк», произведенный японским метеорологом Акио Аракавой, состоял в следующем: переопределить исследовательские задачи. Да, уравнения Навье-Стокса корректно предсказывали бы погодные условия, если бы их можно было решать как уравнения непрерывности, и компьютер не способен этого сделать. Но *задача исследователя вообще не состоит в том, чтобы решить уравнения Навье-Стокса*. Задача состоит в том, чтобы эмпирически адекватно предсказывать погоду, используя существующие для этого компьютерные средства. Для этого Аракава ввел в симуляцию допущение, которое прямо расходилось с симулируемой реальностью. Кинетическая энергия завихрений в реальных атмосферах превращается в тепло (и, возможно, обратно), и таким образом, не является константой. Аракава допустил, что кинетическая энергия сохраняется в моделируемой системе. Это, очевидно, противоречило не только наблюдаемым атмосферным эффектам, но и, что гораздо хуже, общим принципам термодинамики. Тем не менее, модель Аракавы «неожиданно» стала давать точные погодные предсказания.

Как пишет Ленхард, «Большинство [ученых] стремится к наиболее точным приближениям к решениям базовых уравнений (которые, естественно, не подразумевали допущения о сохранении энергии). Аракава, напротив, сделал следующий шаг в своей модели, который не был обоснован физически,

но мог быть оправдан только впоследствии, когда результаты симуляции произвели успешную имитацию процесса».³⁶⁹

Этот пример важен не только тем, что в очередной раз подчеркивает «оторванность» модели от обосновывающей ее теории и ее автономный статус. С точки зрения Ленхарда, с которой мы склонны согласиться, он демонстрирует специфику статуса компьютерного моделирования в целом. «Дискретность переопределяет спектр потенциально возможных моделей, в силу специфических требований компьютера. Основание для этого лежит в том, что порождающий механизм, имитирующий определенную динамику, должен “запускаться” на компьютере; то есть, он не должен требовать излишней вычислительной мощности и, самое главное, не должен становиться нестабильным»³⁷⁰.

Мы можем теперь переформулировать это следующим образом. Специфика компьютерного моделирования состоит не в том, что компьютер *способен* делать. Скорее, она в том, на что он *не способен*. Практика использования преимуществ вычислительной мощности компьютера предполагает также наличие определенных ограничений, а именно – дискретность вычислительного процесса. Соответственно, симуляция, запущенная на компьютере, может, а часто и должна, включать в себя допущения, не обоснованные ничем, кроме последующей эмпирической проверки результатов этой симуляции. Ленхард называет это «сотрудничеством моделирования и эксперимента»: легитимность симуляций как методологического инструмента основывается «на стабильной и экспериментально подтвержденной согласованности с феноменами, которые моделируются».³⁷¹ Мы полагаем, что это подводит определенную эпистемологическую базу под историю Келлер: компьютерные симуляции становятся «автономными агентами» на второй стадии, поскольку начинают

³⁶⁹ Lenhard J. Op.cit. – p. 185.

³⁷⁰ Ibid., p. 187

³⁷¹ Lenhard J. Op.cit. – p. 186

включать в себя «противоестественные» допущения, и обретают окончательную самостоятельность на третьей стадии, когда связь с обосновывающей теорией теряется полностью.³⁷²

³⁷² Пример Ленхарда – не единственный, который привлек внимание философов науки. Винсберг обсуждает аналогичный пример «искусственной вязкости»: «противоестественный» коэффициент, используемый в симуляции атомных взрывов. См. в Winsberg E. *Science in the age of computer simulation*. – Chicago and London: The University of Chicago Press, 2010. - pp. 127-132

3.2. «Экспериментальность» вычислительных экспериментов и принцип материальности

Итак, доверие к компьютерным моделям как познавательным инструментам находится в прямой связи с экспериментальной практикой: оно зависит не столько от фундаментальной теории, лежащей в основе моделирования, сколько от последующей подкрепленности экспериментальными данными. При этом, как свидетельствуют Келлер и Ленхард, ученые склонны использовать применительно к компьютерным симуляциям понятие «эксперимент». Мы знаем, что ученые используют выражения типа «вычислительные эксперименты», «экспериментальные симуляции», «симуляции экспериментов», «эксперименты *in silico*». ³⁷³

Особенно ярко это выразил Эрик Винсберг: «Почему [ученый] часто называет то, что он делает, проведением “вычислительных экспериментов”? Почему он называет то, что он получает, “данными”? Почему практика симуляции столь явным образом во многих отношениях напоминает экспериментальную практику? Должны ли мы отвергнуть это как всего лишь произвольную метафору?». ³⁷⁴ С 2010 года (публикация Винсберга) стандартные формы словоупотребления среди ученых трансформировались в сторону еще большего сближения экспериментальных и компьютерно-симуляционных практик. Так, в 2017 году об этом свидетельствует Клаус Байсбарт: «Значительная часть разговоров о компьютерных симуляциях предполагает, что они являются экспериментами. Например, компьютерные симуляции называют “компьютерными экспериментами”. Симуляционные исследования в биологии называют “эксперименты *in silico*”. Некоторые люди используют выражения “эксперимент в теории”, “вычислительное экспериментирование” или “виртуальная лаборатория”, когда говорят о

³⁷³ Jebeile J. Computer simulation, experiment, and novelty // International Studies in the Philosophy of Science. – 2017. – vol. 31 (4). – P. 380.

³⁷⁴ Winsberg E. Science in the age of computer simulation. – Chicago and London: The University of Chicago Press, 2010. – P. 52.

компьютерных симуляциях».³⁷⁵ Поэтому вполне естественно (хотя и, может быть, не вполне оправданно) думать о вычислительных экспериментах как подвиде практик экспериментирования.

Конечно, здесь есть несколько существенных проблем. Компьютерные симуляции, исходя из вышесказанного, соотносятся (или должны быть соотнесены) с практикой экспериментирования: или на субстратах, или на их заменителях (моделях). Неясно, считается ли эксперимент, проведенный на физической системе, которая рассматривается лишь как заменитель нужной системы, за эксперимент;³⁷⁶ будет ли он (его результат) эквивалентен материальному эксперименту (его результату). Соответственно, неясно, обладают ли компьютерные симуляции теми же эпистемическими характеристиками (добродетелями?)³⁷⁷, что и «материальные» эксперименты. Наконец, неясно – и это самое главное – связан ли эпистемологический статус компьютерных симуляций с тем, что они похожи (или не похожи) на материальные эксперименты? Релевантно ли вообще это свойство (сходство с материальным экспериментом) для определения места компьютерных симуляций «на методологической карте», используя выражение Галисона?

Поскольку ситуация в существенной степени схожа с проблемой статуса мысленных экспериментов, стоит попробовать распространить на вычислительные эксперименты те результаты, которые были получены нами выше (в разделах 2.6-2.7).

Ключевыми тезисами нашей позиции были и остаются следующие:

- 1) На «методологической карте» расположены не столько формы готового знания, сколько формы научной *практики*;

³⁷⁵ Beisbart C. Are computer simulations experiments? And if not, how are they related to esch others? // European Journal for Philosophy of Science. – 2017. – Vol. 8, №2. – P. 172.

³⁷⁶ Выше, в главе 2, мы ответили на этот вопрос положительно: да, это тоже эксперимент.

³⁷⁷ В англоязычной эпистемологической литературе имеется устойчивый концепт «epistemic virtues», что можно перевести как «эпистемическая добродетель» или «достоинство». См. Дастон Л., Галисон П. Объективность. – М.: Новое Литературное Обозрение, 2018.

- 2) Эти формы могут быть упорядочены некоторым квазилинейным образом, с *градацией* от «непосредственных» наблюдений к чисто теоретическому знанию;
- 3) Хотя типичные практики каждого рода достаточно легко идентифицировать, границы между ними *неопределенны и расплывчатые*;
- 4) Более того – в рамках современной эпистемологии сложно уточнить и конкретизировать эти границы;
- 5) Из тезисов 1-4 следует, в частности, что модельный эксперимент (научное моделирование) и воображаемый (мысленный) эксперимент нельзя жестко отграничить от физического эксперимента средствами прагматической эпистемологии.

Можно по-разному отнестись к этим тезисам. В частности, тезисы 4 и 5 можно прочесть как требование отказаться от прагматической эпистемологии в пользу каких-то других вариантов, которые сделают проведение соответствующих границ возможными. Этот путь, вероятно, должен быть выбран теми, кто настаивает на фундаментальном разрыве между практикой материального (натурного) экспериментирования и «экспериментами в кавычках» - модельными, воображаемыми, вычислительными. Однако вряд ли стоит отказываться от прагматической эпистемологии только потому, что нам могут не понравиться выводы, которые из нее следует. Ведь само принятие прагматической эпистемологии для анализа проблемы моделирования, как было показано в главе 1, является не столько волюнтаристским актом (можно принять, а можно и не принять), сколько следствием логики развития этой проблематики.

Для эпистемологии вычислительных экспериментов это означает, что эпистемология научного моделирования, развернутая нами в главе 2, является теоретическим фоном, на котором следует рассматривать эпистемологические проблемы вычислительного экспериментирования.

Из перспективы начала 2020-х годов мы уже можем усмотреть определенные тренды и тенденции, направляющие и конституирующие дискурс вокруг проблемы вычислительных экспериментов. Уже в 2013г. Хуан Дюран (сейчас - Делфтский технический университет, Нидерланды) опубликовал две статьи, обобщающие значительную часть траектории развития эпистемологии компьютерных симуляций.^{378,379} Обе эти работы содержали важный концептуальный шаг: в них автор абстрагировался от многих существенных эпистемологических характеристик и вывел общий принцип, в соответствии с которым различные авторы в разное время разрешали теоретико-познавательные вопросы, связанные с компьютерным моделированием. Этот принцип, с его же легкой руки, получил название «принцип материальности».³⁸⁰

Суть принципа материальности состоит в следующем. Мы доверяем некоторому набору научных практик, взаимодействующих непосредственно с материей, свойства которой мы изучаем. Таковы, например, эксперименты и натуралистические (натурные) наблюдения, в которых природа, как нам кажется, проявляет себя таковой, какова она есть, без лишних наслоений и вторичных обязательств. Мы, естественно, можем усомниться в эпистемических достоинствах практик такого рода. Но в нормальной ситуации мы признаем, что эти практики являются стабильным способом получения знания. Рефлексируя над тем, *почему* мы так думаем, мы приходим к тому, что эти практики в материальном смысле – в смысле субстрата, с которым мы взаимодействуем – почти не отличаются от объектов нашего интереса. То есть те объекты, которые нами заявлены как *искомые*, и те объекты, которые мы

³⁷⁸ Duran J. A brief overview of the philosophical study of computer simulations // American Philosophical Association Newsletter on Philosophy and Computers. — 2013. — Vol. 13. — pp. 38–46.

³⁷⁹ Duran J. The use of the materiality argument in the literature on computer simulations // Computer simulations and the changing face of scientific experimentation. Ed. by Duran J., Arnold E. — Cambridge Scholars Publishing, 2013. — pp. 76–98.

³⁸⁰ Специально анализу «принципа материальности» посвящена наша работа: Волошин М.Ю. «Принцип материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций // Философия. Журнал Высшей школы экономики. — 2024. — Т. 8, № 3. - С. 310-335.

используем *для того, чтобы искать*, имеют как минимум одну важную общую характеристику: они сделаны из *той же самой* материи.

Таким образом, вывод от исследования некоторого объекта к знанию о других объектах легитимирован тем, что оба класса объектов онтологически представляют собой *один* класс, материальные свойства которого как раз и являются предметом научного поиска.

Принцип материальности применительно к компьютерным симуляциям состоит в том, что, если компьютерные симуляции (они же – вычислительные эксперименты) действительно являются экспериментами *с точки зрения их материального субстрата*, то знание, полученное с их помощью, является знанием экспериментального типа (то есть знанием с тем же уровнем доверия к нему). И наоборот, если компьютерные симуляции онтологически отличаются от изучаемых объектов, то и знание, полученное с их помощью, страдает недостаточностью по сравнению с «материальным» экспериментом.

Рассмотрим несколько примеров того, как реализовывался «принцип материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций.³⁸¹

В 2003г. Мэри Морган пишет об «экспериментах без материального вмешательства»: «Архетип эксперимента предполагает, что, как бы ни была ограничена, контролируема или даже сконструирована экспериментальная ситуация, это, тем не менее, эксперимент над (в, с) материальной системой... Экспериментальное вмешательство содержит действие над материальным объектом или феноменом или его создание».³⁸² Языковая интуиция в этом случае та же, что и у Винсберга выше: использование термина «эксперимент» предполагает какую-то форму вмешательства познающего субъекта в изучаемую систему. Если эксперимент не является «материальным» (в случае

³⁸¹ Некоторые моменты этой дискуссии также были освещены в работе: Хамдамов Т.В., Волошин М.Ю. Концептуализация компьютерных симуляций в философии науки // Эпистемология и философия науки. – 2021. – Т.58 №2. – С. 151–169.), хотя и из несколько иной перспективы.

³⁸² Morgan M. Experiments without material intervention: model experiments, virtual experiments and virtually experiments // The philosophy of scientific experimentation. Ed. Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – p. 218.

вычислительного или мысленного эксперимента), становится неясным требуемый характер взаимодействия субъекта и объекта: что именно будет считаться за «вмешательство»?

Морган рассматривает два крайних случая: типичный лабораторный эксперимент и типичная математическая модель. В первом случае «вмешательство» однозначно есть, во втором – однозначно нет. Эти случаи сравниваются по трем параметрам:

- способ экспериментального контроля: в лаборатории он достигается манипуляцией с экспериментальной системой, физическим устранением или минимизацией незначущих факторов (например, Галилей, натирающий воском свои наклонные плоскости, чтобы минимизировать трение), а в математической модели – включением или невключением в перечень предпосылок тех или иных положений;

- способ получения результата: в лабораторном эксперименте манипуляции с экспериментальной системой ведут к новому состоянию этой системы, а в математической модели процесс получения результата состоит в дедуктивном выводе следствий из посылок;

- способ производства вывода: из лабораторного эксперимента мы получаем знание, актуальное для аналогичных материальных процессов, в том числе тех, которые протекают за пределами лаборатории, а в математической модели – результаты актуальны для абстрактно схожих систем, в том числе нематериальных (математических).³⁸³

Вычислительные эксперименты, или компьютерные симуляции, занимают промежуточное пространство между этими крайними, «идеальными» случаями. Морган пишет: «Это эксперименты, которые *используют* математическую модель как экспериментальное средства, а не эксперименты *на* математической модели».³⁸⁴ Такого рода «гибридные

³⁸³ Morgan M. Op.cit. – pp. 219-221.

³⁸⁴ Ibid., p. 223.

эксперименты» она подразделяет на два типа, «virtually an experiment» и «virtual experiment». Мы попытались сохранить эту языковую игру при переводе на русский язык: «виртуально эксперимент», и «виртуальный эксперимент».

«В первом типе эксперимента [команда ученых] превращает реальную коровью кость в компьютерное изображение. Эта процедура включает в себя нарезку очень тонких слоев кости, их подготовку... и цифровое фотографирование каждого слоя. Эти цифровые слои затем пересобираются в компьютере и создают высококачественное 3D-изображение этой реальной кости. Во втором типе эксперимента команда создает компьютерное 3D-изображение стилизованной кости, придавая ей структуру, состоящую из квадратных ячеек 3D-решетки. Элементы каждой ячейки – распорки (struts), отсортированные по ширине на основе измерения реальных костей, и расположенные под углами, заданными случайно».³⁸⁵

В каждом случае компьютер используется в качестве необходимого посредника (медиатора) практики моделирования, будь то визуальное оформление процесса или решение уравнений, описывающих состояние системы. Но мы не можем назвать это «чистым» математическим моделированием, потому что в первом случае объект, виртуальный образ которого создается на компьютере, *действительно существует* – это конкретный материальный объект, кость животного; во втором же случае мы производим *искусственный* объект, имеющий какое-то отношение к аналогичному классу *естественных* объектов, но не представляющий (не замещающий собой) один из них. Морган называет первый тип моделирования «полуматериальным», а второй – «псевдо-материальным». Эти термины достаточно хорошо отражают, опять же, языковую интуицию, сопровождающую компьютерное экспериментирование: это «как будто бы» эксперимент, или эксперимент «понарошку».

³⁸⁵ Ibid., p.222.

Эти случаи объединены тем, что они занимают промежуточное положение на «методологической карте» Морган («ничейная земля», как выразился Галисон за восемь лет до того). Однако в них есть и существенное различие, содержащееся в процессе конструирования этих моделей. Если в «virtually an experiment» была «оригинальная» коровья кость, которую экспериментатор пытался скопировать в виртуальной среде, то в «virtual experiment» коровья кость была создана *ex nihilo*, на основании общих предпосылок и теоретического знания о том, как вообще устроены кости. Мы поэтому можем использовать идеи Морган для детализации «методологической карты»: теперь на ней есть не только «эксперименты» и «теории», но и промежуточные случаи. Нижеследующая таблица – упрощенный и сокращенный перевод из статьи Морган.

	Лаборатория	Гибридные формы		Математическая модель
		Virtually	Virtual	
Способ контроля	Эксперимент	Экспериментальные данные на «входе», предположения – на «выходе»	Предположения	Предположения
Способ получения результата	Путем взаимодействия с материальной системой	Симуляция, использующая модельный объект		Дедукция из посылок
Степень материальности системы	Материальная	Полуматериальная	Псевдо-материальная	Нематериальная

Морган заключает, что формы экспериментально-модельной деятельности, которые были описаны выше, являются гибридными: «Они – смесь моделей и экспериментов. Они смешивают математическую и экспериментальную формы доказательства. Они смешивают типы контроля... Они смешивают нематериальные и материальные элементы»³⁸⁶, и так далее.

³⁸⁶ Ibid., p.223.

Мы несколько раз упомянули «интуицию», говоря о том, какими способами и формами выражения ученые и философы науки описывают компьютерные симуляции. «Интуитивно» кажется очевидным, что, чем «материальнее» научная модель, тем больше у нее шансов на производство достоверного, обоснованного знания о мире. В самом деле: экспериментировать (пусть и в виртуальной среде) с искусственно созданной «с нуля» костью или взять детальные данные о реальном материале? Кажется, что при прочих равных ответ очевиден: требуется предпочесть более «материальный» второй вариант. В этом смысле достоверность симуляционной практики производна от убежденности в «материальности» происходящего. Вычислительные эксперименты оказываются на заведомо второстепенных ролях.

Еще один пример, подтверждающий это – исследования Франческо Гуалы. Гуала в 2002 году исходит из той же интуиции, что и Винсберг и Морган: «Заметим, что повседневный научный дискурс часто относится к экспериментам, моделям и симуляциям как к образцам одного и того же типа деятельности... Почему ученые переходят от разговора об “экспериментах” к разговору о “моделях” и “симуляциях”?». ³⁸⁷ Этот переход, хоть и является распространенным уже 20 лет назад, не остается незамеченным даже для его участников, действующих ученых, которые безо всякой эпистемологической подготовки склонны разграничивать «настоящие» и «ненастоящие» эксперименты. Гуала пишет: «Это различие определенно нагружено эпистемическими коннотациями: предполагается, что симуляции в некотором смысле менее плодотворны, чем настоящие эксперименты... Их результаты часто оцениваются как “всего лишь” симуляции, которые не следует путать с “настоящими вещами”». ³⁸⁸

³⁸⁷ Guala F. Models, simulations, and experiments // Model-based reasoning: science, technology, values. Eds.: Magnani L., Nersessian N. – NY: Springer Science+Business Media, 2002. – p. 60.

³⁸⁸ Ibid., p. 62.

Понятия «модель» и «симуляция» Гуала разграничивает через указание на динамический характер симулирования.³⁸⁹ Так симуляцию определял, в частности, С. Хартман: «Симуляция тесно связана с динамическими моделями... Эта модель предназначена для имитации эволюции реальной системы во времени. Другими словами, симуляция имитирует один процесс другим процессом».³⁹⁰ Поэтому, условно говоря, симуляция – это «процессуальная» модель.

Об отличии симуляций от экспериментов Гуала пишет: «Различие лежит в характере отношения, которое существует между *экспериментом* и его *целевой системой*, с одной стороны, и *симуляцией* и ее *целевой системой*, с другой. В первом случае соответствие носит “глубинный”, “материальный” характер, в то время как во втором случае признается только “абстрактное” и “формальное” сходство».³⁹¹ Таким образом, онтологические предпосылки использования этих двух методов существенно различаются. Уточним: речь не идет о том, что материальные эксперименты *на самом деле* ближе к «истине», чем компьютерные симуляции. Но они интуитивно воспринимаются в таком качестве активными участниками процесса производства знания (а также философами, которые обращают свое внимание на этот процесс). С нашей точки зрения принципиально здесь то, что связь с *материальностью* происходящего используется как фактор *эпистемического* достоинства научной практики: чем материальнее, тем достовернее. Поэтому «принцип материальности» Дюрана здесь вполне работает: условно говоря, онтология предопределяет эпистемологию.

При этом, в отличие от Морган, Гуала не использует этот тезис как самоочевидный. Эпистемологический статус различных научных практик, в

³⁸⁹ Несколько противоестественно говорить, что карта «симулирует» территорию, хотя вполне нормально сказать, что перемещение фигурок на этой карте «симулирует» перемещение армий по этой территории.

³⁹⁰ Hartmann S. The World as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences // Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View / ed. by Hegselmann, R., Mueller, U., Troitzsch, K.G.. – Springer, Dordrecht, 1996. – P. 83.

³⁹¹ Guala F. Op.cit., p. 67.

том числе экспериментирования и теоретизирования, менялся со временем и зависел от социокультурного контекста существования науки. «Степень доверия к конкретным научным инструментам или практикам менялась со временем. Так, эксперименты Галилея не были сразу же встречены с энтузиазмом, но было бы странно по этой причине вешать на них ярлык “симуляций”, пока они не были приняты научным сообществом».³⁹² Возможно, этот вывод даже более важен, чем предполагает Гуала: он указывает на то, что «материальность» научной практики не свидетельствует однозначно о ее большей «достоверности», но в то же время и объясняет соблазн так думать.³⁹³

Морган уточняет (в другой работе): «Ученый в лаборатории *создает искусственную среду внутри реального мира*, в то время как автор математической модели *создает искусственный мир*».³⁹⁴ В этом смысле онтологическая связь между экспериментальной системой и миром, который нас интересует, оказывается гораздо более тесной, чем связь мира и симуляции. Но при этом: «Хотя [ученые] знают все об элементах, которые они помещают в модель (так что результаты модельных экспериментов заранее встроены в эту модель), ответы на их вопросы не вполне известны или не вполне понятны, в том числе за счет того, что мы не можем продумать до конца, как изменения в конкретных частях модели повлияют на другие элементы и отношения. Напротив, в случае лаборатории всегда есть вероятность не только удивиться (*surprised*), но и быть опровергнутым/сбитым с толку (*confound*), поскольку по отношению к миру в лаборатории мы не знаем заранее не только результатов собственных действий, но и поведения материальных элементов, задействованных в эксперименте».³⁹⁵ Таким

³⁹² Ibid., p. 65.

³⁹³ Возможна, однако, и альтернативная интерпретация. Альтернативой является то, что и сами эксперименты Галилея могли *не рассматриваться* как в полном смысле материальные (то есть относящиеся к познанию движения материи, к *физике*), по причине их избыточной искусственности (Т.А. Вархотов, личное сообщение).

³⁹⁴ Morgan M. Model experiments and models in experiment // Model-based reasoning: science, technology, values. / ed. by: Magnani L., Nersessian N. – NY: Springer Science+Business Media, 2002. – P. 49.

³⁹⁵ Ibid., p.50.

образом, способность изучаемого объекта «удивить» нас оказывается скоррелированной со способностью выходить из-под нашего контроля, выдавать результаты, плохо обрабатываемые нашей концептуальной рамкой. Различие между «surprise» и «confound» окажется впоследствии одним из ведущих лейтмотивов эпистемологии компьютерных симуляций, на что будет указывать тот же Дюран.³⁹⁶

«Принцип материальности», но с обратным знаком, исповедуется в работах Уэнди Паркер. Для Гуалы и Морган «недостаточная материальность» компьютерных симуляций была аргументом в пользу недостаточной достоверности их результатов. Оба предполагали, явно или неявно, что чем ближе (в онтологическом смысле) исследуемые субстанции, тем выше значимость результатов исследования: «Онтологическая эквивалентность влечет эпистемологическую силу».³⁹⁷ Паркер использует ту же схему аргументации, но в противоположных целях: она утверждает, что компьютерные симуляции *в буквальном смысле* являются материальными экспериментами. «Я защищаю ту точку зрения, согласно которой любое исследование с использованием компьютерных симуляций, которое обозначено как “эксперимент”, является экспериментом в первую очередь в материальном смысле».³⁹⁸ Таким образом, Паркер отрицает, что между лабораторными экспериментами и компьютерными симуляциями существует онтологическое различие: «Эксперимент может быть охарактеризован как исследовательская активность, включающая в себя вмешательство в некоторую систему с целью увидеть, как изменятся интересующие нас свойства этой системы».³⁹⁹ Это определение выглядит так, как будто оно противопоставляет «представление» и «вмешательство» в духе Хакинга, но

³⁹⁶ Duran J. The use of the materiality argument in the literature on computer simulations // Computer simulations and the changing face of scientific experimentation. Ed. by Duran J., Arnold E. – Cambridge Scholars Publishing, 2013. – P. 91.

³⁹⁷ Morgan M. Experiments versus models: New phenomena, inference and surprise // Journal of Economic Methodology. – 2005. – Vol.12:2, – P. 326.

³⁹⁸ Parker W. Does matter really matter? Computer simulations, experiments, and materiality // Synthese, 2009. – Vol. 169. – p. 484.

³⁹⁹ Ibid., p. 487.

это не так: некоторые эксперименты могли бы служить симуляциями (в том числе компьютерными) для других экспериментов.

«Вмешательство», тем не менее, остается значимой характеристикой эксперимента. Но Паркер полагает, что оно имеет место в исследованиях компьютерных симуляций *в том же смысле*, что и в материальном эксперименте. «Экспериментальная система в компьютерном эксперименте это программируемый цифровой компьютер - физическая система, сделанная из проводов, пластика и т.д... Исследование компьютерной симуляции включает в себя помещение вычислительной системы в начальное состояние, запуск ее последующей эволюции и сбор информации о различных аспектах протекания этой эволюции».⁴⁰⁰ Поэтому разграничить эксперимент и симуляцию по линии «материальное/нематериальное» не получится. На статус симуляций по отношению к экспериментам влияют другие параметры – в первую очередь наличие релевантных сходств между экспериментальной и целевой системами. При этом оказывается, что «быть материальным» — это тривиальное сходство, которое само по себе не объясняет возможности вывода от результатов эксперимента к внешнему миру. «В некоторых случаях, как показывает пример прогнозов погоды, у ученых могут быть хорошие основания полагать, что результаты некоторого компьютерного эксперимента в большей степени способны предоставить желаемую информацию о целевой системе, чем результаты даже самых лучших доступных традиционных экспериментов».⁴⁰¹ Таким образом, Паркер соблюдает «принцип материальности»: если материальных различий нет, то и эпистемологические различия не порождаются.⁴⁰²

В ту же компанию, к Гуале, Морган и Паркер, Дюран включает также Эрика Винсберга и Маргарет Моррисон, что, на наш взгляд, является

⁴⁰⁰ Ibid., pp. 488-489.

⁴⁰¹ Ibid., pp. 494.

⁴⁰² Стоит, однако, оговорить, что у самой Паркер нет указания на то, как могли бы быть выбраны «релевантные» свойства и как они связаны с интуицией «материальности» происходящего в симуляции процесса.

некорректным, особенно в последнем случае. Для анализа соотношений между вычислительным и материальным экспериментом Моррисон в явном виде задействует прагматический подход, рассматривающий эти эксперименты как практики, включающие существенный аспект *моделирования*.⁴⁰³ Ее задача состоит в том, чтобы показать, что в обоих случаях моделирование играет очень похожую роль.⁴⁰⁴ Собственно, онтологическая сторона вопроса эксплицитно игнорируется: «Роль моделей в экспериментальном процессе ставит под сомнение апелляции к материальности... Во многих случаях... материальность не влечет эпистемических или онтологических следствий».⁴⁰⁵ Моррисон выбирает нетрадиционную для эпистемологов стратегию аргументации: анализировать не компьютерные симуляции (их природу, достоинства и недостатки), а классические эксперименты, с которыми их обычно сопоставляют. И тогда обнаруживается, что в классическом материальном эксперименте отсутствует та самая связь между теорией и действительностью, которую «принцип материальности» фактически рассматривает как неproblemатичную.

Опосредующую роль выполняют модели. Этот тезис характерен как для семантического (теоретико-модельного) подхода,⁴⁰⁶ так и для прагматического;⁴⁰⁷ различие лежит в экспликации способа, которым модели соотносятся с теориями и действительностью. В примерах Моррисон модели фактически определяют практику измерения, то есть получения научно релевантных данных. Так, при измерении ускорения свободного падения в классической механике используется маятник, относительно которого известна длина и период колебаний. Однако точные (*precise*) измерения этих

⁴⁰³ Morrison M., Morgan M. Models as mediating instruments // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – pp. 10-37.

⁴⁰⁴ Morrison M. Models, measurement and computer simulation: the changing face of experimentation // Philosophical Studies. – 2009. – Vol.1, – P. 43.

⁴⁰⁵ Ibid., p.40.

⁴⁰⁶ См., например, Van Fraassen B. Scientific image. – NY: Oxford University Press, 1980.

⁴⁰⁷ См., например, Cartwright N. How the laws of physics lie. – Oxford, NY: Oxford University Press, 1983; или сборник Models as mediators: perspectives on natural and social science // ed. by Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999.

величин и подстановка их в соответствующее уравнение вряд ли способно дать общепризнанные $g=9,80665 \text{ м/с}^2$. Чтобы получить «истинное» значение g , требуется сделать ряд технически неосуществимых поправок – на растяжимость нити, сопротивление воздуха, высоту над уровнем моря и т.д. Поэтому результат измерений g не релевантен напрямую теоретическим предпосылкам (то есть может быть далеким от g , рассчитанной через закон всемирного тяготения). Опосредующей инстанцией является *модель*. «Проще говоря: не существует измерений без моделей».⁴⁰⁸ Из этого следует, что «искусственность» виртуальной модели в случае компьютерной симуляции не отличается по существу от «искусственности» моделей, задействованных в «материальных» измерениях.⁴⁰⁹

Моррисон, таким образом, отвергает принцип материальности, причем если Паркер, признавая равенство симуляций и экспериментов, считала материальность компьютера частью аргументации в пользу этого равенства, то Моррисон, напротив, прямо говорит: «Вопросы о “материальности” или основанном на “материальности” прямом сопоставлении между объектом и целевой системой не имеют значения для обоснования».⁴¹⁰ Поэтому Дюран неправ, утверждая, что «Моррисон онтологически идентифицирует модели и компьютерные симуляции, которые совпадают по выполняемой ими эпистемической роли»,⁴¹¹ и тем самым записывая Моррисон в адепты принципа материальности.

При этом сама по себе аргументация Моррисон не является опровержением принципа материальности, который помимо прочего служит и как указание на истоки интуиции (выраженной, например, у Гуалы выше)

⁴⁰⁸ Morrison M. Models, measurement and computer simulation: the changing face of experimentation // Philosophical Studies. – 2009. – Vol.1, – P. 50.

⁴⁰⁹ Ср. понятие «процедуры приготовления и измерения» у А.И. Липкина: Липкин А.И. Основания современного естествознания. Модельный взгляд на физику, синергетику, химию. – М.: Вузовская книга, 2001.

⁴¹⁰ Morrison M. Op.cit., pp. 52-53. Отдельного внимания в этой фразе заслуживают красноречивые кавычки, обрамляющие слово «материальность».

⁴¹¹ Duran J. A brief overview of the philosophical study of computer simulations // American Philosophical Association Newsletter on Philosophy and Computers. — 2013. — Vol. 13. — P. 43.

относительно более высокого статуса материальных экспериментов. Скорее, вместо того, чтобы аргументировать в пользу большей достоверности компьютерных симуляций, она предполагает некоторое существенное ограничение (то есть более высокую произвольность) материальных экспериментов: они менее «материальны», чем мы привыкли думать. Несправедливо было бы требовать от компьютерных симуляций того, что не всегда свойственно нашим лучшим материальным экспериментам, и в этом смысле более последовательно говорить о континууме между различными типами использования моделей. Таким образом, Моррисон скорее «еретик» относительно принципа материальности, чем «язычник»: даже если «принцип материальности» и признать верным, из этого не обязательно стоит делать соответствующие эпистемологические выводы.

3.3. «Сюрпризы вычислений»

Выше уже упоминалось довольно распространенное представление о том, что вычислительный эксперимент, будучи «всего лишь» формой реализации уже известного нам знания (которое мы использовали при построении модели), не способен *по-настоящему* удивить нас, то есть стать источником принципиально *нового* знания. Мэри Морган выразила эту идею аккуратнее других, используя различие между «surprise» и «confound»: хотя мы не можем предсказать поведение виртуальной модели в деталях и поэтому иногда можем «удивляться» («to be surprised») ее поведению, все же впоследствии это поведение оказывается объясняемым с помощью вложенных в модель предпосылок, и потому не может «сбить нас с толку / опровергнуть» («confound»). Последнее возможно только в лабораторном эксперименте, где всегда есть риск, что материя «выйдет из-под контроля».

Аргументация Моррисон в конце предыдущей главы частично снимает это возражение. Классический эксперимент, призванный предъявить природное явление в контролируемых условиях, конечно, может сбить с толку, если в нем проявляются невыясненные ранее особенности поведения материи. Однако в классическом эксперименте такая ситуация обычно рассматривается как нежелательная: если происходит что-то непонятное («confounding»), скорее всего, это значит, что экспериментатор (!) допустил ошибку. Одно из ключевых эпистемических свойств эксперимента – его *воспроизводимость*, и соответственно, задача экспериментатора – получить стабильный воспроизводимый эффект в стабильно воспроизводимых условиях. Эксперимент, в котором происходит что-то, сбивающее с толку – плохой эксперимент, пока не удалось подчинить эти флуктуации контролируемым процедурам. «Экспериментирование означает создание, производство, уточнение и *приведение к устойчивости* явлений»,⁴¹² - говорит Хакинг. При этом «обычно серьезные повторения эксперимента являются

⁴¹² Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998. – С. 238. Курсив мой – М.В.

попытками сделать то же самое лучше – породить более устойчивый, менее зашумленный вариант явления».⁴¹³ Соединив этот довольно тривиальный тезис с идеями Моррисон, мы можем сказать, что и классические эксперименты в большинстве случаев не сбивают нас с толку, поэтому было бы несправедливо требовать этого от вычислительных экспериментов, чтобы подтвердить степень их достоверности.

Эпистемология компьютерных симуляций, однако, пошла по другому пути. Можно показать, что вычислительные эксперименты, на самом деле, *вполне способны нас удивлять* в самом обычном и естественном смысле этого слова.

Истоки этой позиции можно обнаружить в знаменитой полемике по поводу «новизны» проблематики компьютерных симуляций для философии науки. Подробнее эта полемика будет рассмотрена нами в разделе 3.5. Однако уже здесь необходимо отметить один существенный момент, характеризующий базовую установку эпистемологических поисков в этой области на протяжении последних пятнадцати лет. Эта установка может быть коротко названа так: «На практике, а не в принципе».⁴¹⁴ Идея в том, что многие эпистемологические вопросы, касающиеся компьютерных симуляций, часто решаются поверхностно или просто игнорируются на основании того, что *в принципе* рассматриваемые методы не отличаются от того, что можно сделать без компьютера. Тривиальный пример: компьютер умеет решать квадратные уравнения. Люди тоже решают квадратные уравнения. Хотя компьютер делает это быстрее и не совсем так же, как люди, *в принципе* различий нет. Различия обнаруживаются только в степени («быстрее»). В построении компьютерной модели также *в принципе* нет ничего такого, чего нельзя было бы сделать с помощью карандаша и бумаги.

⁴¹³ Там же, с. 239.

⁴¹⁴ Humphreys P. The philosophical novelty of computer simulation methods // Synthese. – Vol. 169 (3), 2009. – pp. 615–626.

Этот тезис игнорирует тот факт, что *на практике* то, что делает компьютер, *радикально* отличается от того, что делает человек с карандашом и бумагой. Призыв современной эпистемологии, начиная с Хамфриса⁴¹⁵ - не игнорировать этот факт. Философы должны смотреть на то, что *действительно* делают ученые, как *на практике* организованы процессы получения знания с помощью вычислительных экспериментов. Конечно, такая установка находится в полном согласии с нашими ценностными ориентирами (прагматической эпистемологией), очерченными во второй главе. (И отдельно стоит заметить: многие современные философы признают, что и *в принципе* различие между компьютерным и аналоговым способом работы – не количественное, а качественное. Таким образом, разница есть и «в принципе», и «на практике»).

Именно из перспективы «способности удивлять» вычислительные эксперименты рассмотрены в, пожалуй, наиболее значимой современной монографии в области компьютерных симуляций: «Сюрпризы вычислений» («Calculated Surprises») Йоханнеса Ленхарда. Книга вышла в 2019г. и стала не только промежуточным итогом развития философии компьютерных симуляций (в некотором смысле, она обобщает результаты, полученные Винсбергом, Вайсбергом и Моррисон),⁴¹⁶ но и оригинальным самостоятельным исследованием, вносящим существенно новый вклад.⁴¹⁷

⁴¹⁵ Humphreys P. Op.cit.

⁴¹⁶ См.: Winsberg E. Science in the age of computer simulation. – Chicago and London: The University of Chicago Press, 2010; Weisberg M. Simulation and similarity: using models to understand the world. – NY: Oxford University Press, 2013; Morrison M. Reconstructing reality: models, mathematics and simulations. – NY: Oxford University Press, 2014.

⁴¹⁷ На русском языке существует обзор на эту книгу, впрочем, не очень высокого качества (Хамдамов Т.В. Компьютерный поворот в философии XXI в. (Размышления над книгой Йоханнеса Ленхарда «Сюрпризы вычислений. Философия компьютерных симуляций») // Вопросы философии. – № 5, 2021. – С. 36-46). За этим исключением (и за исключением двух статей автора этой диссертации) работа Ленхарда не упоминается в отечественной литературе. Перевод заголовка как «Сюрпризы вычислений» принадлежит Т. Хамдамову. Более точно и ближе к замыслу Ленхарда – переводить *calculated* как «просчитанный». Это больше соответствует оксюморонному характеру заголовка: с одной стороны, кажется, что в вычислительном эксперименте все детерминировано («просчитано»), с другой – он постоянно преподносит «сюрпризы» и заставляет «удивляться».

Ленхард утверждает, что нет и не может быть какого-то одного признака, свойства или особенности, которые бы характеризовали исключительно компьютерные симуляции. Свойства, совокупность которых делает компьютерные симуляции новым, специфическим типом компьютерного моделирования, суть следующие.

1. Экспериментальный характер. Дискретизация

Вычислительные эксперименты являются экспериментами в буквальном смысле, говорит Ленхард. Такой тезис, разумеется, требует экспликации понятия «эксперимент», которая в работе Ленхарда, к сожалению, отсутствует: он лишь ссылается на уже имеющиеся работы об экспериментировании, в частности, на упоминаемые выше работы Хакинга и сборник Раддера. Но можно понять (из главы 1, параграфа «Первый эксперимент»),⁴¹⁸ что имеется в виду: компьютерная симуляция *играет роль* эксперимента в подтверждении или опровержении теории.

Вернемся к уже упомянутой нами (в связи с Ленхардом) области климатологии: компьютерное моделирование атмосферных процессов (см. конец раздела 3.1). Здесь с начала XX века имелись системы дифференциальных уравнений, описывающие соответствующие потоки (воздуха, жидкостей и т.д.) Однако невозможно провести эксперимент, который мог бы проверить корректность этих уравнений: на материале «атмосферы Земли» это технически невыполнимо, и у нас под рукой не имеется других планет с управляемыми параметрами климата. В 1955 году Н. Филлипс строит компьютерную модель, в которой симулируются глобальные паттерны циркуляции воздуха и влияние атмосферного давления. Мы опускаем обсуждаемые Ленхардом детали процесса моделирования и переходим к выводу из этого примера: «Квази-эмпирическое “подтверждение” обеспечило [уравнениям] статус, которым они пользуются и по сей день: статус примитивных уравнений атмосферной динамики. Таким образом, симуляционный эксперимент повысил их статус со спекулятивных модельных предположений до уровня приемлемых законосообразных описаний, которые теперь образуют ядро теоретического моделирования в атмосферной

⁴¹⁸ Lenhard J. Calculated Surprises. A Philosophy of Computer Simulation. – Oxford: Oxford University Press, 2019. – pp. 25-29

динамике».⁴¹⁹ Компьютерная симуляция выполнила функцию экспериментального подтверждения для ряда теоретических догадок. Это стало возможным, потому что результаты искусственного манипулирования экспериментальной системой соответствовали многочисленным историческим данным о поведении земной атмосферы; то есть выдавали длинные ряды показателей, соответствующие аналогичным уже накопленным наблюдениям.

Можно было бы сказать, что мы всего лишь вывели из теории наблюдаемые следствия, но это было бы слишком существенным искажением: вывод из имевшейся системы дифференциальных уравнений сам по себе был технически *невозможен*, пока эти уравнения не использовали как основу симуляции. Кроме того, сам процесс использования симуляции ученым весьма похож на экспериментирование. Ленхард уточняет (еще в одной из первых своих работ),⁴²⁰ что можно рассматривать компьютерное моделирование как «моделирование второго порядка»: часто, как и в случае Филлипса (но не всегда!), сначала формируется теоретическая, или математическая модель (то есть система дифференциальных уравнений в частных производных), а затем на основе ее дискретизации строится компьютерная модель.⁴²¹

Дискретизация, как видно из примера с «трюком Аракавы», имеет решающее значение. Именно процесс построения адекватной дискретной модели – то, что существенно отличает вычислительный эксперимент от более классического чисто математического моделирования. Ленхард пишет: «Выбор пространственно-временной решетки, поправка на непрерывность динамики, имплементация в качестве выполнимой программы – фаза, включающая все эти шаги (или подшаги) моделирования, часто длится годами. В течение этой фазы повторяются наблюдения за поведением модели,

⁴¹⁹ Ibid., p. 28. «Примитивные уравнения» - специальный термин из области моделирования атмосферной динамики. Выражают законы сохранения.

⁴²⁰ В тексте - ссылка на статью И. Ленхарда и Г. Кюпперса 2005 года (на немецком языке)

⁴²¹ Ibid., p. 29.

и не существует другого способа это делать, нежели экспериментирование».⁴²² То есть – как и в случае обычного материального эксперимента – «экспериментатор-симулятор» действует методом проб и ошибок (методом «научного тыка»), пытаясь заставить искусственную систему вести себя предсказуемым образом и соответствовать данным наблюдений. «Если глобально симуляция оказывается удовлетворительной, то весь процесс моделирования, наверное, выполнен корректно. Однако если она терпит неудачу..., то неясно, какие именно шаги в процессе моделирования привели к ошибке».⁴²³ Возможно, уравнения изначально были ошибочны; возможно, ошибку порождают многочисленные итерации дискретных вычислений (как в случае с Аракавой), а возможно, есть баги в программном коде или технические сбои в работе оборудования.⁴²⁴ Нет другого способа установить это, нежели поэкспериментировать с компьютерной моделью, «попробовать еще раз». Ленхард называет это «итеративно-исследовательским» характером симуляции.⁴²⁵

2. Искусственные элементы

Конечно, в строгом смысле любая модель, даже не будучи компьютерной, «искусственна» - то есть сделана человеком, а не природой. Ленхард имеет в виду несколько иной смысл «искусственности», а именно – тот факт, что некоторые элементы вычислительного эксперимента возникают

⁴²² Ibid., p. 30.

⁴²³ Ibid., p. 31.

⁴²⁴ Занятный пример влияния «железа», то есть материального оборудования компьютера, на достоверность вычислений приводит Н.Н. Калиткин в воспоминаниях об академике А.А. Самарском, авторе эпиграфа к этой главе: «Он занимался настолько сложными задачами, что компьютеры тех лет их еле тянули... Отечественные ЭВМ тех лет были ламповыми и работали нестабильно. Часто бывали сбои, так что на первой “Стреле” расчет длиннее 20 минут повторяли дважды. Если результаты совпадали – значит, сбоя не было» (Калиткин Н.Н. Мой учитель // Модель академика А.А. Самарского: Избранные статьи. Очерки. Документы / Сост. и ред.: Четверушкин Б.Н., Самарская Е.А., Самарская Т.А., Богомолов С.В. – М.: МАКС Пресс, 2019. – С. 122). То есть (в отличие, например, от известного «синего экрана смерти») сбой мог оказаться незаметным для программиста, и результаты ошибочных вычислений выглядели вполне корректным образом.

⁴²⁵ Мы отмечали связь между концепцией информации в генетике и дискретизацией вычислений в работе: Волошин М.Ю. Контингентность генетической информации: pro et contra // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2023. – Т. 7, № 1. – С. 317-339.

не из теоретических допущений о том, какова «природа» изучаемого процесса, а из других, более «прагматических» соображений: обеспечить эффективность, бесперебойность или скорость процесса вычислений, подогнать модель под имеющиеся данные наблюдений, скорректировать параметры модели, ведущие к ошибкам и погрешностям и так далее. Самый яркий пример уже обсуждался в деталях (см. раздел 3.1). Это оператор Аракавы, внедренный в компьютерную симуляцию атмосферы для повышения точности предсказаний и прямо противоречащий теоретическим постулатам соответствующей области физической науки. «Определение параметров не охватывается областью начальных и граничных условий. Типичные параметры, применяемые в симуляциях, определены не столько “снаружи”, сколько “изнутри”, через сопоставление с результатами вычислительных экспериментов – то есть через что-то вроде рекурсивной логики. Приемлемое значение параметра – это такое, которое ведет к полезным результатам в рамках тестируемой динамической модели. Следовательно, даже параметры типа “черного ящика”, которые не имеют ясной [физической] интерпретации, могут быть успешно применены»⁴²⁶.

Ленхард признает, что эта идея имеет отчетливый инструменталистский привкус (мы добавим, что она поэтому могла бы понравиться Дюгему, если бы он был не столь предубежден против моделей и англичан). Однако поскольку перечень особенностей вычислительных экспериментов на этом не завершается, нельзя использовать их как аргумент в пользу антиреализма в полемике с реализмом. Ленхард прямо ссылается на «Представление и вмешательство» Хакинга и естественно, отстаивает гибридный характер симуляции: они, мол, «функционируют сразу в обоих регионах Хакинга».⁴²⁷ Но тем не менее, каким-то странным образом Ленхарду удалось полностью проигнорировать рассуждения Хакинга в 12 главе «Представления и вмешательства», где прямо заявляется, что регионов больше, чем два: «Я

⁴²⁶ Lenhard J. Op.cit. – p. 40.

⁴²⁷ Ibid., p. 18.

придерживаюсь не двойной, а тройной классификации родов деятельности. Я называю их спекулятивным рассуждением, вычислением и экспериментом».⁴²⁸ Он имеет в виду под вычислением «не простой счет, а математическое воплощение данной спекуляции, приводящее ее к большей согласованности с миром».⁴²⁹ Хакинг пишет: «Если спекуляция предполагает качественную структуру некоей области, а экспериментирование, как я утверждаю, порой ведет свою собственную жизнь, в чем заключается их согласованность? Ответ таков: вычисление создает довольно жесткую гипотетико-дедуктивную структуру, которую иногда можно найти в элементарных учебниках. Вычислители создают словарь. Они строят семантический мост между теорией и наблюдением.»⁴³⁰ Более того, далее в той же главе Хакинг описывает (во многом следуя Картрайту) посредническую роль моделей в науке.

То есть уже в 1983г. Хакингу хорошо известно, что между «представлением» и «вмешательством» есть как минимум два возможных посредника (вычисления и модели), а предмет нашего интереса (вычислительные эксперименты) как раз удачно соотносится с ними обоими. Поэтому следует скептически оценивать новизну подхода Ленхарда по отношению к «модельному» дискурсу в философии науки. Напротив, получает дополнительное подкрепление наша точка зрения, согласно которой вычислительные эксперименты *обязательно* следует рассматривать в контексте эпистемологии моделирования в целом.

3. Визуализация

В разделе 3.1. уже говорилось о важной роли визуализации в компьютерном моделировании. Но Ленхард идет еще дальше. Для него

⁴²⁸ Хакинг Я. Указ.соч. С. 222.

⁴²⁹ Там же, с. 224.

⁴³⁰ Там же, с. 225.

именно визуализация «обеспечивает итеративно-исследовательский режим моделирования», так как «предлагает возможности взаимодействия с моделями».⁴³¹ Таким образом, то посредничество, о котором говорилось выше, оказывается выполнимым во многом благодаря «интерфейсу» вычислительного эксперимента, его «лицевой» стороне, с которой, собственно, и происходит взаимодействие.

Перед тем, как перейти к конкретной аргументации Ленхарда, стоит сказать, что уже сейчас мы можем полностью согласиться с этой мыслью, учитывая вышеописанный процесс автономизации компьютерных симуляций, их постепенного превращения из вспомогательного в основной инструмент исследования. На материалах Келлер (см. раздел 3.1) мы видим, что степень автономности симуляций как метода и рост доверия к ним параллельны развитию визуальной составляющей. Если первые вычислительные эксперименты производились на машинах, часто не имеющих привычных нам дисплеев, то «Игра жизни» уже существенно опирается на распознаваемость визуальных паттернов, невозможную без соответствующего интерфейса. О том, что современная (2020-е годы) наука непредставима без многочисленных средств визуализации, не стоит и говорить, но надо все же подчеркнуть, что сейчас эти средства чуть менее, чем полностью обеспечиваются компьютерами. Компьютер сейчас является ключевым инструментом визуализации.⁴³²

Ленхард мыслит примерно в этом же направлении. Визуализация вычислительного эксперимента обладает двумя принципиальными свойствами: интуитивной доступностью для восприятия (наглядностью) и процессуальным характером.⁴³³ Возможность непосредственно (то есть, на

⁴³¹ Lenhard J. Op.cit. – p. 47.

⁴³² См. Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35.

⁴³³ Ленхард здесь уточняет, что «intuition» следует понимать в этом контексте как немецкое «anschauung», что не случайно, так как должно вызывать кантианские реминисценции. В книге есть ссылки на Канта, так как конструктивный характер компьютерной симуляции напоминает Ленхарду конструктивность восприятия по Канту. Мы не считаем эти параллели продуктивными для эпистемологии, хотя Кант определенно заслуживает

самом деле, очень даже опосредованно) созерцать происходящее в симуляции очень ценна, особенно в тех случаях (а их большинство), когда вычислительный эксперимент должен отразить протекание некоторого процесса. «Интуитивно понятные визуализации могут обеспечить возможность обозревать сложную динамику [модели] – даже тогда, когда взаимосвязь допущений, используемых в модели, недостаточно ясна».⁴³⁴

В качестве основного примера Ленхард приводит аттрактор Лоренца. Эдвард Лоренц моделировал решение системы дифференциальных уравнений, предположительно описывающих поведение атмосферы, и обнаружил особенности этого поведения, которым он сам дал название «детерминированный хаос».⁴³⁵

Поведение такой системы полностью определено начальными и граничными условиями. Однако при этом совершенно невозможно предсказать, как изменится глобальное поведение при даже минимальном изменении начальных условий. Именно эта модель породила понятие «эффект бабочки», часто ошибочно связываемый с рассказом Брэдбери «И грянул гром»: минимальные вариации параметров влияют на общий вид решения, при этом «бабочка» здесь является отсылкой к визуальной форме множества решений системы (см. рисунок).

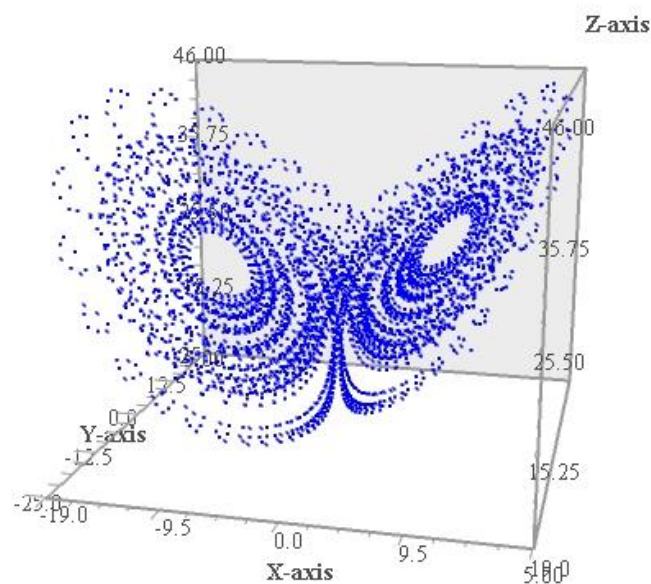


Рисунок 4. Аттрактор Лоренца.

внимания с точки зрения работы «воображения» в процессе познания. (См., например: Вархотов Т.А. Роль воображения в системе конструирования предметностей научного знания у Г. Лейбница // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. – №.4, 2017. – С. 53-68.).

⁴³⁴ Lenhard J. Op.cit. – p. 52.

⁴³⁵ В отечественной и зарубежной литературе также используется понятие «динамический хаос».

Пригожин и Стенгерс писали по этому поводу: «*Априори* у нас нет способов, позволяющих судить о том, что просто и что сложно. Подобно тому, как неожиданная сложность возникает в вынужденных колебаниях маятника, неожиданная простота обнаруживается в ситуациях, которые складываются под влиянием совместного действия множества факторов».⁴³⁶ Обнаружить «простоту» - легко распознаваемый визуальный паттерн, в данном случае – удастся *апостериори*, в том смысле, что нужно провести ряд вычислительных экспериментов с моделью. «Загадочность поведения [системы] исчезла, когда сгенерированные компьютером изображения... сделали аттрактор Лоренца доступным для непосредственного восприятия (в фазовом пространстве)».⁴³⁷

Второй пример роли визуализации – модель клеточных автоматов для процессов образования галактик. Допустим, мы хотим понять, какого рода взаимодействия порождают наблюдаемые нами типичные формы галактик (например, их спиралевидность). Для этого можно построить модель на основе «Игры жизни», в которой клетки будут расположены на концентрических кругах и будут иметь, например, два состояния: черное (занято) и белое (свободно). Пусть эти клетки будут заполнены некоторым произвольным образом, а затем запускается симуляция, которая по некоторым правилам взаимодействия клеток меняет их состояния. (В качестве примера см. рисунок).

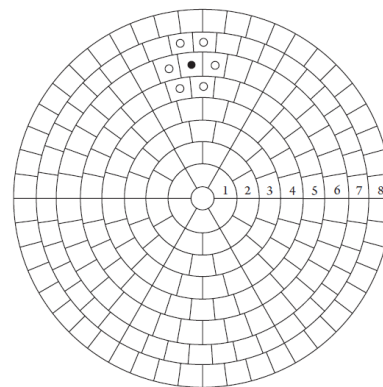


Рисунок 5. Клеточный автомат.

Мы не знаем стартовое положение занятых клеток. Мы не вполне точно представляем себе, какими могут быть правила взаимодействия. Однако мы можем, варьируя оба этих свойства симуляции, натолкнуться на решение.

⁴³⁶ Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант: К решению парадокса времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – С. 76.

⁴³⁷ Lenhard J. Op.cit. – p. 51.

Параметры, которые подлежат подгонке – стартовое положение занятых клеток, скорость вращения концентрических кругов, конкретные следствия из соседства клеток на каждой следующей итерации – сами по себе являются всего лишь «правилами игры», однако, если результаты «игры» будут соответствовать наблюдениям, все эти параметры могут получить физический смысл.

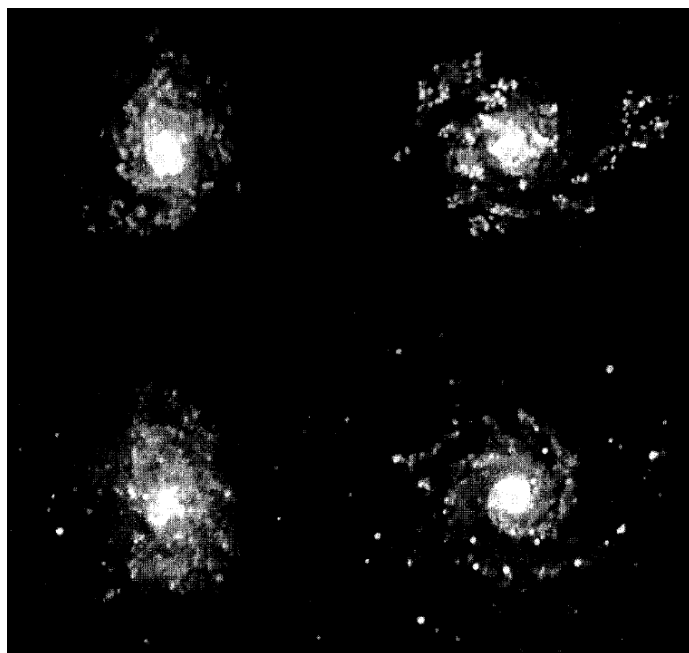


Рисунок 6. Сопоставление результатов симуляции (клеточных автоматов) с фотографиями галактик. Взято из: Seiden P.E., Schulman L.S. Percolation model of galactic structure // *Advances in Physics*. – Vol. 39 (1), 1990. – pp. 1-54.

Это именно то, что произошло в исследовании Зейдена и Шульмана 1990г. Сверху на этом изображении – результаты симуляций, снизу – фотографии реальных галактик NGC 7793 и NGC 628. Критерием корректности подобранных параметров («правил игры») является визуальное соответствие реальным природным объектам. Авторы исследования пишут: «Без

впечатляющих изображений, произведенных компьютерными симуляциями модели галактики, теоретик, вооруженный лишь карандашом и бумагой, долго пытался бы установить, порождает ли модель спиралевидную морфологию, или пытался предвосхитить другие астрофизические данные. Однако, как только эти свойства установлены, под них можно подвести обоснования с помощью аналитических техник».⁴³⁸ Ленхард особенно подчеркивает, что именно *визуальное установление сходства* было решающим подтверждением

⁴³⁸ Seiden P.E., Schulman L.S. Percolation model of galactic structure // *Advances in Physics*. – Vol. 39 (1), 1990. – p.31.

корректности модели: «Не существует теоретической меры для оценки сходства – оцениваются изображения».⁴³⁹

Здесь он, правда, не вполне точен: конечно, существует множество способов количественно оценить сходство изображений, особенно дискретизированных (какими являются и изображения результатов клеточной симуляции, и поделенные на пиксели фотографии с телескопа). Соответственно, существует и возможность автоматизации этого процесса, и (как мы уже можем сказать из 2020-х) способы научить компьютер распознавать визуальные паттерны. Тем не менее, в данном случае, как и в случае аттрактора Лоренца, важно то, что *без* визуализации не было бы произведено новое знание.

Мы делаем вывод: визуализацию не следует рассматривать всего лишь как удобство для восприятия, ведь в ее отсутствие получение соответствующих восприятий не было бы *сложнее*: оно было бы *невозможным*. Наверное, можно представить себе теоретика, способного изобразить несколько тысяч решений системы уравнений с помощью карандаша и получить распознаваемый паттерн аттрактора Лоренца («бабочку»). Но даже теоретически нельзя без сопоставления визуальных паттернов клеточных автоматов и телескопических изображений сделать вывод об их сходстве.

Ленхард также упоминает, что значимость визуальной репрезентации для научной практики была детально проанализирована Лоррейн Дастон и Питером Галисоном в их фундаментальной работе «Объективность». Однако только упоминанием он и ограничивается. Более подробный анализ значения «Объективности» для эпистемологии компьютерных симуляций и особенно ее визуальных аспектов будет дан ниже (раздел 3.4).

⁴³⁹ Lenhard J. Op.cit. – p. 60.

Завершая обсуждение визуализации, Ленхард обращает внимание на существенное обстоятельство: использование визуализаций способно отчасти компенсировать неопределенность и неясность теоретических допущений, неизбежных в процессе моделирования. Оставаясь «черными ящиками» на уровне локальных знаний, эти допущения не мешают распознаванию паттернов и соответствующему производству знания на глобальном уровне (симуляция в целом).

4. Пластичность

Пластичность модели означает, что «ее динамическое поведение может варьировать в рамках широкого спектра, в то время как ее структура остается неизменной».⁴⁴⁰ Подвижность и многовариантность возможностей структуры обусловлена тем, что в рамках вычислительного эксперимента то, что можно назвать структурой модели, не обязательно нацелено на воспроизводство структуры феномена (в отличие от спецификации модели, которая производится как раз для того, чтобы привести результаты вычислительного эксперимента в соответствие с действительностью). Таким образом, вычислительная модель, говорит Ленхард, всегда «структурно недоопределена»,⁴⁴¹ и в использовании модели всегда есть существенный элемент произвола, который во многом и обеспечивает высокую эффективность компьютерного моделирования.

Ленхард, к нашему сожалению, не в восторге от идеи поиска эпистемологических характеристик моделирования в структурном подобии (гомоморфизме), которое мы считаем существенным как для моделей вообще, так и для компьютерных симуляций в частности. Раздел 2.4 нашей работы представляет собой анализ хорошо развитых, с нашей точки зрения, подходов Штоффа и Гастева к этому вопросу. Там мы попытались ослабить жесткость

⁴⁴⁰ Lenhard J. Op.cit. – p. 70.

⁴⁴¹ Ibid., p. 71.

требований, предлагаемых теоретико-множественным подходом, чтобы попытаться совместить продуктивные структуралистские интуиции с установками прагматической эпистемологии.

Ленхард справедливо полагает, что «сильные» версии структуралистской эпистемологии (например, он упоминает варианты структурного реализма Уоррела и Лэдимена)⁴⁴² плохо справляются с объяснением эпистемических свойств вычислительных экспериментов. Главный его аргумент состоит в том, что «сила математического моделирования в симуляциях не соответствует силе математической структуры. Симуляции работают, несмотря на то, что модели структурно недоопределены, а возможно, что и благодаря этому».⁴⁴³ Гибкость («пластичность») модели, как ему кажется, противоречит «жесткости», требуемой структурным реализмом.

Но в этом вопросе с ним трудно согласиться. Структурный реализм не является позицией, объясняющей успешность некоторой научной практики (например, моделирования): это, скорее, попытка сформулировать, что именно в научной теории отвечает за контакт с действительностью, соответствует ей. На наш взгляд, тот факт, что модели не обязаны своим успехом структурам, не противоречит идее, что теоретическое содержание научного знания соответствует действительности именно в отношении описываемых структур. Мы уже установили, что компьютерная симуляция порой оказывается успешной (дает предсказания, соответствующие действительности) как раз за счет использования теоретически некорректных (не соответствующих действительности) допущений. Если это нас больше не смущает, то я не вижу проблемы в том, что структурный реализм Уоррела и

⁴⁴² См. Worrall J. Structural realism: the best of both worlds? // *Dialectica*. – Vol.43, 1989. – pp.99-124; Ladyman J. What is structural realism? // *Studies in history and philosophy of science Part B: Studies in history and philosophy of modern physics*. – Vol. 29, 1998. – pp. 409-424. О структурном реализме в целом и его вариантах см. Фурсов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. – М.: Издатель Воробьев А.В., 2013. – С. 174-196.

⁴⁴³ Lenhard J. *Op.cit.* – p. 74.

Лэдимена не работает как эпистемология вычислительных экспериментов. У них, собственно, и не было такой задачи; их приоритет – вопрос о статусе *теоретического* знания.

Структурная недоопределенность компьютерной симуляции тесно связана с ее итеративно-исследовательским характером. Поскольку имеющейся теории всегда существенно недостает для спецификации модели, подгонка нужных параметров осуществляется методом проб и ошибок: результат вычислительного эксперимента может быть сопоставлен, например, с данными наблюдений, и положительное соответствие ведет к признанию модели. Однако здесь ученый всегда сталкивается с проблемой, по существу сходной с холистическим тезисом Дюгема-Куайна: что именно требуется отбросить, если результаты, напротив, не соответствуют ожиданиям или наблюдениям? То, что Ленхард называет «структурой» (в отличие от «спецификации»), определено теоретически, и в идеале вычислительный эксперимент, как и любой эксперимент, должен проверять теорию (см параграф 1 текущего раздела). Варьировать спецификацию, пытаясь добиться результата – значит заранее признать, что в теории, на постулатах (или уравнениях) которой построена модель, ошибок нет. Всякий раз, когда вычислительный эксперимент «опровергает» теорию, можно «спасти» ее, указав на произвольность, необоснованность, некорректность спецификации. Но спецификация *с неизбежностью* произвольна («необоснована», «некорректна»). Если мы не знаем, *что именно* не соответствует действительности, когда вычислительный эксперимент проваливается, то мы не знаем тем самым, *что ей соответствует*, когда он оказывается успешным. Так повышенная пластичность компьютерных симуляций все-таки приводит к антиреалистическому, инструменталистскому взгляду на получаемое знание: да, это *успешное и эффективное* знание, но мы не уверены, что этими свойствами оно обязано своей *истинности*.

Прагматическая эпистемология, на наш взгляд, способна указать выход из этого затруднения. Нужно вспомнить о том, что моделирование и вычисление следует рассматривать как виды научных *практик* наряду с другими, в том числе с построением теорий и проведением экспериментов. Ленхард признает спорным вопрос о том, можно ли «построить науку, основанную на симуляциях».⁴⁴⁴ Теперь мы можем сказать точно, что *нельзя*, если хочешь при этом оставаться научным реалистом в конвенционально приемлемом смысле. Так, например, можно оставаться структурным научным реалистом, полагая, что научные *теории* выражают действительные отношения между элементами реальности, но *симуляции* лишены этого свойства. Такая позиция (теории реалистичны, а симуляции инструментальны) является непротиворечивой и допустимой.

Завершая разговор о пластичности симуляций, следует упомянуть и о связи этого аспекта с материальностью самого компьютера. Мы помним, что Паркер отстаивала тезис, согласно которому компьютер, будучи *материальным* объектом, является такой же экспериментальной установкой, что и любая другая (см. раздел 3.2). Мы можем вслед за Ленхардом дополнить эту характеристику: эффективность компьютера как исследовательского инструмента связана именно с тем, что его собственная структура (архитектура) является в некотором роде универсальной, не предопределяя набор возможных реализуемых на нем операций. То есть компьютер – очень «пластичное» средство: хотя у него есть жесткая «структура», результаты вычислительных экспериментов практически никогда не говорят ничего об этой структуре. Потенциальный контрпример, приведенный нами в сноске на стр. 212 – влияние особенностей технического устройства ЭВМ «Стрела» на надежность результата вычисления – на самом деле только подтверждает сказанное: в итоге не очень пластичная ЭВМ «Стрела» проигрывает по своим исследовательским возможностям более универсальным компьютерам. Так

⁴⁴⁴ Ibid., p. 93.

что вычислительные эксперименты «пластичны» еще и в этом смысле: они куда пластичнее традиционных материальных экспериментальных установок.

5. Эпистемическая непрозрачность

Понятие «эпистемическая непрозрачность» (epistemic opacity) обозначает в общем виде ситуацию, когда познающий субъект не владеет всей полнотой информации о том, как именно осуществляется познавательный акт. Традиционное представление о математической процедуре решения задачи подразумевает, что каждый единичный ход в рамках решения понятен тому, кто решает. Поскольку всякий компьютер в наиболее общем виде может быть представлен как машина Тьюринга, кажется, что любой вычислительный эксперимент представляет собой последовательность элементарных *понятных* процедур. Может также показаться, что из этого следует, что и вся вычислительная процедура тем самым понятна. Но это не так.

Ленхард не говорит в своей работе о неконструктивных доказательствах, однако нам кажется полезным упомянуть их здесь. Приведем классический пример. Докажем утверждение, что существуют иррациональные числа a и b такие, что a^b – рационально. Известно, что $\sqrt{2}$ – иррациональное число. Рассмотрим число $\sqrt{2}^{\sqrt{2}}$. Оно может быть рациональным или иррациональным. Если оно рационально, то теорема существования доказана. Если же оно иррационально, то $(\sqrt{2}^{\sqrt{2}})^{\sqrt{2}} = 2$, то есть тоже рационально, *QED*. Это доказательство является неконструктивным, так как в ходе доказательства так и не было выяснено, является ли рациональным или иррациональным число $\sqrt{2}^{\sqrt{2}}$. Таким образом, существуют доказательства теорем существования, не предъявляющие существующий объект, и в этом смысле обладающие «непрозрачностью». Мы приводим этот пример лишь затем, чтобы лишний раз подчеркнуть, что «эпистемическая непрозрачность» не является исключительной характеристикой вычислительных экспериментов и в некотором смысле присутствует даже в самых «строгих» науках.

Тем не менее, в вычислительных экспериментах непрозрачность выходит на качественно новый уровень. Невероятно красивым примером

этого служит алгоритм «Великий потоп», используемый для решения задач оптимизации.

Каноничным примером задачи оптимизации является «задача коммивояжера» («travelling salesman problem»): необходимо найти наиболее короткий маршрут через некоторое заданное число n городов. Методом простого перебора вариантов задача, в принципе, решается, но именно что «в принципе»: на практике даже самые мощные компьютеры не способны за приемлемое время перебрать все возможные варианты при достаточно большом n .⁴⁴⁵

Алгоритм «Великий потоп» применительно к задаче коммивояжера устроен следующим образом. Задается ландшафт в k -мерном пространстве (в простейшем случае $k=2$), на котором одна из осей координат выражает степень оптимальности, в данном случае – длину маршрута. Предположим, что мы для каждого варианта можем вычислить длину. Начнем с произвольно выбранного варианта маршрута, определим его длину и путем его пошагового изменения будем искать маршрут более оптимальный, чем данный. Это приведет нас к локальному оптимуму: наиболее оптимальному маршруту среди достижимых из данной точки через серию превращений, при которых оптимальность *только возрастает* (маршрут постепенно становится только короче). Однако не существует способа установить, является ли данный локальный оптимум одновременно еще и глобальным: нет ли «поблизости» более оптимального маршрута, к которому не удастся «добраться» через серию итераций с возрастающей оптимальностью. Соответственно, успех в существенной мере зависит от везения, то есть от стартовой точки.

Усовершенствуем алгоритм. Разрешим ему некоторым случайным образом «спускаться» по степени оптимальности (переходить к рассмотрению

⁴⁴⁵ Более точно: если всю планету Земля превратить в компьютер и поставить ограничение по времени, равное времени существования этой планеты, то такой компьютер сможет выдать оптимальное решение простым перебором для $n=66$. Задачи, которые не могут быть решены описанным компьютером в описанное время, называются трансвычислительными. Таким образом, уже 67 городов представляют непреодолимую трудность для алгоритма простого перебора.

маршрута длиннее текущего). В то же время запустим параллельный процесс, который и дал название алгоритму «Великий потоп»: пусть пространство возможных маршрутов постепенно «затапливает», то есть алгоритм запрещает переходы к маршрутам ниже некоторого уровня, и этот уровень растет. Таким образом, компьютер будет перебирать маршруты как более, так и менее оптимальные, чем текущий, до тех пор, пока не наткнется на «воду».

Этот вариант алгоритма также приводит к локальному оптимуму. Более того, он сводится к первому варианту, как только «вода» запрещает переход к следующему ближайшему локальному оптимуму, то есть когда мы оказываемся на «острове». Главное преимущество этого варианта перед предыдущим состоит в том, что находимый локальный оптимум не преддетерминирован стартовой точкой, и поэтому есть основания ожидать, что алгоритм будет в целом выдавать более оптимальные решения. С другой стороны, как и в первом случае, нет никаких оснований ожидать, что найденный локальный оптимум является также глобальным или хотя бы близок к нему. Строго говоря, вообще нет никаких гарантий «хорошего» результата этого алгоритма.

И тем не менее, этот вариант алгоритма оказывается удивительно успешным. На практике он находит локальный оптимум, очень близкий глобальному.⁴⁴⁶ Почему он это делает – неизвестно.

Более того: вероятность оказаться на «острове», вообще говоря, связана с многообразием возможных путей перехода от одной точки к другой. Условно говоря, в двухмерном пространстве есть всего два варианта перемещения. В трехмерном пространстве можно двигаться вдоль двух координатных осей, что в простейшем случае дает четыре варианта перемещения.⁴⁴⁷ Увеличение числа измерений уменьшает шансы изолироваться на локальном оптимуме:

⁴⁴⁶ Конечно, такое сравнение можно провести только для задач, у которых существует расчет глобального оптимума другими методами; в примере Ленхарда это задача о монтажной плате, в которой нужно просверлить n отверстий в наиболее оптимальном порядке.

⁴⁴⁷ Зависит от характера дискретизации этого условного «пространства».

чем больше измерений, тем больше вероятность найти путь от данной точки к глобальному оптимуму. Хотя, начиная с четырехмерного пространства, становится трудно визуализировать происходящее как «потоп», компьютеру это безразлично. Поэтому увеличение числа измерений увеличивает сложность вычислений, но оно также повышает вероятность найти оптимальное решение задачи. Мы говорим о «вероятности», потому что в алгоритм дважды входит случайность: это случайная точка старта и (почти) случайное направление перемещения.

В итоге: некоторая форма реализации компьютерного алгоритма оказывается совпадающей с предсказаниями, хотя не вполне ясно, за счет чего именно. Тем не менее, «симулятивное моделирование добавляет новый оборот к математике: симуляция больше не заботится об эпистемической ясности и поэтому не может произвести аналитическое понимание. Вместо этого симуляция оперирует своими инструментальными возможностями ради более скромной цели – получить суррогат аналитического понимания».⁴⁴⁸ Слово «суррогат» имеет явный оттенок пренебрежения, но это не должно вводить в заблуждение: возможно, во многих ситуациях мы (точнее, ученые) готовы пожертвовать *прозрачностью* наших методов ради их *успеха*.

Как так вышло, что наши собственные компьютерные модели все чаще оказываются эпистемически непрозрачными? Ленхард выделяет четыре причины:

- 1) *Слишком большое* количество операций, совершаемое компьютером в вычислительном эксперименте;
- 2) Использование *искусственных* допущений, не связанных с теорией или вообще противоречащих ей (см. подраздел 2 текущего раздела);
- 3) *Пластичность* моделей (см. подраздел 4 текущего раздела): даже детальное знание структуры не позволяет в полной мере понять результаты моделирования, так как они структурно недоопределены;

⁴⁴⁸ Lenhard J. Op.cit. – p. 119.

4) *Модулярность* сложных моделей: многие вычислительные эксперименты проводятся с помощью компьютерных программ, разные части которых (плагины) разработаны для разных задач, в разное время и разными людьми.⁴⁴⁹ Часто ученый использует некоторый плагин как готовый инструмент, решающий известную задачу, не погружаясь в детали его внутреннего устройства.⁴⁵⁰

Как видно из этого неполного перечня, эпистемическая непрозрачность порождается теми же свойствами вычислительных экспериментов, которые делают их успешным исследовательским средством. Ленхард подчеркивает: «Непрозрачность – это не просто эпистемологически неприятный побочный эффект; это также прямое следствие инструментального могущества симуляций».⁴⁵¹ Таким образом, попытка призвать ученых к прояснению вопроса не только не привела бы к успеху: скорее всего, этим просто никто не стал бы заниматься. Но, с другой стороны, нельзя не признать, что ситуация проблематична.

Возможно, именно здесь есть пространство для философской работы. Когда мы говорим, что «не понимаем», как получились результаты вычислительного эксперимента, какое именно представление о понимании мы выражаем? Ленхард упоминает «аналитическое понимание» в смысле прозрачности каждого следующего операционального шага и его связи с предыдущими. Но мы не обязаны понимать «понимание» именно так. Представление о том, что считать «понятным», исторически изменчиво. Ленхард приводит пример из книги Питера Дира «Интеллигибельность природы»: когда теория гравитации была только предложена Ньютоном, многим казалось, что она не только не объясняет, но еще и запутывает дело, так как вводит силу совершенно неясной природы, которая мгновенно действует на бесконечном расстоянии по неясным причинам (причем Ньютон

⁴⁴⁹ А в настоящее время – не только людьми, но и искусственным интеллектом.

⁴⁵⁰ Lenhard J. Op.cit. – pp. 120-121.

⁴⁵¹ Ibid., p. 121.

в явном виде *отказывается* прояснять эти причины!). Но по мере принятия теории Ньютона стало общеупотребительным говорить, что она дает *понимание* природных явлений. В частности, законы Кеплера стали *понятны*, так как их удалось вывести из механики Ньютона.⁴⁵²

Мы приведем еще один пример, теперь уже связанный с Кеплером. В 1596г. Кеплер опубликовал книгу «*Mysterium Cosmographicum*», в которой, среди прочего, содержалась модель вселенной, состоящая из пяти правильных многогранников (тетраэдр, куб, октаэдр, додекаэдр, икосаэдр) и вписанных в них или описанных вокруг них сфер, на которых, по Кеплеру, были закреплены небесные тела. То, что правильных многогранников может быть всего пять, было доказано еще во времена Платона. Теперь этот математический факт послужил объяснением того, что раньше было непонятно: почему в Солнечной системе именно такое количество планет? И почему между их орбитами существуют гармоничные соотношения?

Стивен Вайнберг, комментируя этот пример, пишет: «Схему Кеплера делает такой чуждой для нас [т.е. физиков XX-XXI века. – *прим. М.В.*] не то, что он пытается придать физический смысл правильным многогранникам, а то, что он пытался объяснить размеры орбит планет, *которые являются исторически случайными величинами*. Какими бы ни были фундаментальные законы природы, сейчас мы можем быть полностью уверены, что они не соотносятся с радиусами орбит планет».⁴⁵³ Так что Кеплер *понял*, почему планет именно столько, но из современной перспективы мы не просто считаем это понимание неправильным – мы, скорее, вообще не считаем, что здесь есть что понимать. Изменилось не только представление о Солнечной системе. Изменилось и представление о функциях и возможностях науки. В частности, изменилось понимание «понимания».⁴⁵⁴

⁴⁵² Ibid., pp. 129-130.

⁴⁵³ Вайнберг С. Объясняя мир: истоки современной науки. – М.: Альпина нон-фикшн, 2018. – С. 258. Курсив мой – М.В.

⁴⁵⁴ Т.А. Вархотов не соглашается с представленной выше историзацией и релятивизацией «понимания» в науке, аргументируя, что эти примеры демонстрируют не трансформацию «понимания», а трансформацию

Здесь мы не будем далее проблематизировать и историзировать «понимание» и «объяснение» в науке, так как эта задача требует отдельного большого исследования (в том числе с привлечением вопросов гуманитарных наук). В контексте же наших задач необходимо отметить, что ситуация, охарактеризованная как «эпистемическая непрозрачность», имеет исторический характер, так как тесно связана с текущим этапом развития вычислительных экспериментов. Это значит, что, возможно, последующие этапы развития внесут свои коррективы – как в то, что мы можем или не можем понять в вычислительном эксперименте, так и в то, что вообще означает «понимать» в научном исследовании.

Хотя и хронологически, и просто логически вычислительные эксперименты продолжают традицию математического моделирования, то, что происходит с ними в XXI веке, трансформирует не только представление о сущности математического моделирования, но и сам образ рациональности, связанный с научным поиском. «Компьютерные симуляции представляются по-настоящему новым [методом] *именно из-за того*, что они трансформируют концепцию математического моделирования, которая была и остается фундаментально важной для нашего понимания того, что составляет научную рациональность».⁴⁵⁵ Представление о научной рациональности уже менялось несколько раз на протяжении истории человечества. Возможно, самый масштабный сдвиг связан с появлением науки Нового времени, с ее квантификацией и математизацией Природы, а также ее подчиненности экспериментирующему (допрашивающему) Разуму. Но, как мы видим, и то, что было «математизацией», и то, что считается «экспериментом», в случае вычислительных экспериментов отличается от классической трактовки.

структуры представлений *о предмете* понимания. Так, в случае Кеплера изменился статус платонизма и его роль в конституировании предметностей научного знания: грубо говоря, платонизм больше не рассматривается как ответ на вопрос о том, *что* существует. – (Т.А. Вархотов, личное сообщение).

⁴⁵⁵ Lenhard J. Op.cit. – p. 214. Курсив как в оригинале

Остается открытым вопрос: не переживаем ли мы прямо сейчас еще одну трансформацию научной рациональности?

3.4. Визуализация, коммуникация и объективность: анализ концепции Дастон и Галисона

Затронув тему визуализации научных объектов в связи с исследованиями Ленхарда, имеет смысл сразу же обратить внимание на более широкий контекст эпистемологии визуальных репрезентаций, заданный работами Лоррейн Дастон и Питера Галисона, в особенности – монографией «Объективность».

В своем исследовании авторы исходят из того, что объективность – одно из традиционно приписываемых научному знанию свойств – не является универсальной и общезначимой характеристикой науки. Она является «эпистемической добродетелью» в ряду других «добродетелей» - истины, достоверности, точности и т.д. – и точно так же, как и они, имеет свою историю возникновения, становления, развития, трансформации. Ряд положений концепции Дастон и Галисона, как мы полагаем, применимы к нашему исследованию и могут пролить свет на природу компьютерных симуляций.

Прежде всего это положение о т.н. «коллективном эмпиризме» науки, перекликающееся с идеями Хессе о том, что «метафорическое переописание» действительности должно быть понятно другим. «Каждая наука сталкивается с проблемой отбора и создания “рабочих объектов”, противопоставляемых изобильной и изменчивой множественности естественных объектов... Ни одна наука не может обойтись без этих стандартизированных научных объектов, так как неочищенные естественные объекты слишком индивидуальны, чтобы участвовать в обобщениях и сравнениях».⁴⁵⁶ В контексте нашей работы мы бы назвали эти «рабочие объекты» моделями. Необходимость конструирования такого рода объектов прямо связывается авторами с необходимостью трансляции научного знания. Научный субъект – коллективный субъект *par excellence*; отдельный ученый, сколь бы самостоятельным он ни был, вынужден предъявлять свои результаты коллегам

⁴⁵⁶ Дастон Л., Галисон П. Объективность. – М.: Новое Литературное Обозрение, 2018. – С. 60.

и публике в понятном для них виде, иначе производимое знание не станет intersubъективным. На первый взгляд, это отличает его работу от работы художника; однако, как мы видели на примере Хессе и Ортеги-и-Гассета (см. раздел 1.5), с метафорами в искусстве происходит почти то же самое. Поэтому, например, история науки раннего Нового времени знает множество примеров удачных коллабораций ученых и художников, совместными усилиями реализовывавших одну из эпистемических добродетелей, предшествовавших объективности, - «истину-по-природе».⁴⁵⁷

Второй существенный момент – это то, что Дастон и Галисон, вслед за Адо и Фуко, называют «практиками себя». Объективность противостоит субъективности, и потому должна быть осмыслена через оппозицию определенным способам вмешательства субъекта в производство научного знания. Это означает, что научный субъект не является таковым по умолчанию – он должен быть воспитан, «возделан» специальным образом для участия в научных практиках. Так формируется особый тип самости – «научная самость», которая «...реализовывалась и усиливалась специальными техниками себя: ведением лабораторных журналов в режиме реального времени; дисциплиной, регулируемой сеткой рисования; искусственным разделением самости на активного экспериментатора и пассивного наблюдателя; интроспективной сортировкой физиологами органов чувств собственных чувственных восприятий на объективные и субъективные; тренировкой свободного внимания».⁴⁵⁸ Поскольку компьютерная симуляция является научным инструментом и также претендует на своего рода «объективность», постольку для ее использования также может потребоваться свой тип субъектности, или самости. Такой субъект должен уметь различать в репрезентациях компьютерных симуляций то, что значимо.

⁴⁵⁷ Об этой коллаборации см. главу 2 в: Дастон Л., Галисон П. Указ.соч.

⁴⁵⁸ Дастон Л., Галисон П. Указ.соч. – С. 84.

Дастон и Галисон выделяют несколько эпистемических добродетелей, выполняющих роль ценностных регулятивов научного исследования. Хотя их можно расположить хронологически, нельзя сказать, что на смену одной из них приходит другая; скорее, она появляется как дополнительная возможность или как конкурирующая альтернатива, но продолжает сосуществовать с другими регулятивами. Мы опускаем ряд концепций, нерелевантных текущему рассуждению: «истина-по-природе», «механическая объективность», «структурная объективность», хотя и интересны сами по себе, имеют мало отношения к эпохе компьютерных симуляций и рассматриваемым здесь проблемам.⁴⁵⁹ Следующий этап – «тренированное суждение» - наступает незадолго до появления первых компьютерных симуляций и, на наш взгляд, во многом фундирует практику их применения.

«Ученые XX века поначалу редко, затем все чаще подчеркивали необходимость интерпретирующего взгляда при научном видении. Они стремились к *интерпретированному образу*, что стало по меньшей мере необходимым дополнением к явно недостаточному механическому образу, но зачастую речь шла о чем-то более весомом».⁴⁶⁰ Возникновение добродетели «тренированного суждения» Дастон и Галисон связывают в том числе с накоплением данных, полученных в соответствии с предшествующими идеалами объективности; эти данные были многочисленны, предельно точны и «объективны», но бесполезны в условиях, когда непонятно, а какой, собственно, научный вывод следует сделать из этих данных. Достигнутая столь большими усилиями «механическая объективность» порождает свою противоположность, и микроскопическая точность репрезентации приносится

⁴⁵⁹ Следует сделать существенную оговорку насчет структурной объективности. По мнению Дастон и Галисона, наука XX века в равной мере определяется и структурной объективностью, и тем, о чем речь пойдет дальше – «тренированным суждением». Однако в отношении проблемы репрезентации и в контексте прагматического подхода к моделям более существенным представляется последнее. Структурная объективность, тем не менее, заслуживает отдельного анализа в контексте общей теории моделей: интересно выяснить, в какой мере требования, налагаемые на субъекта этим видом объективности, и связанные с этим «добродетели», стали основой для теоретико-множественного (семантического подхода). Как мы помним (см. раздел 1.6), именно этот подход относится к моделям как структурным подобиям (изоморфизмам) эмпирического уровня знания: научная теория представляет собой иерархию структур.

⁴⁶⁰ Дастон Л., Галисон П. Указ.соч. – С. 445, курсив как в оригинале.

в жертву возможности производить новое знание. «Комплексные семейства наблюдаемых явлений требовали тренированного суждения, чтобы сгладить, очистить или классифицировать изображения и тем самым сделать их пригодными хоть к чему-нибудь».⁴⁶¹ Очевидная недостаточность достоверных и точных эмпирических данных⁴⁶² требует наличия нового типа научного субъекта, который способен на то, на что не способны машины: «Тренированное суждение все чаще рассматривалось как необходимое дополнение любого производимого машинами изображения».⁴⁶³ Соответственно, недостаточно произвести точную и достоверную компьютерную симуляцию; необходимо представить ее результаты в *интерпретируемой форме*.

При этом тренированное суждение не должно приводить к отказу от интерсубъективности и «коллективного эмпиризма», свойственных научному знанию в целом. Интерпретация результата компьютерной симуляции, например, не может быть исключительно субъективной и зависеть целиком от личных побуждений создателя модели. Чтобы существовала возможность передачи знания, должно иметь место движение в двух направлениях: создатели компьютерных моделей должны стремиться к тому, чтобы репрезентация была удобно интерпретируемой (то есть, в большинстве случаев, *наглядной*), а пользователи должны быть *подготовлены* к тому, чтобы считывать результаты и понимать, какого рода выводы могут быть произведены. Так возникает необходимость специальной подготовки (то есть, собственно, *тренировки*) экспертов, которые будут способны производить хотя бы одну из указанных операций, а в идеале – обе. «Эксперта (в отличие от мудреца) можно тренировать, и ожидалось, что он (в отличие от машины) способен научиться – читать, интерпретировать, извлекать заметные и

⁴⁶¹ Там же, с. 450

⁴⁶² Здесь можно вспомнить знаменитую историю Поппера о студентах, которым было приказано «наблюдать».

⁴⁶³ Дастон Л., Галисон П. Указ.соч. – С. 451

значимые структуры из мешанины неинтересных артефактов и фона».⁴⁶⁴ Возникновение специальных программ подготовки, направлений и факультетов, на которых учат создавать и использовать компьютерные модели – непосредственный ответ на эту потребность в тренированном суждении.

Мы ранее анализировали конкретный эпизод из истории науки, в котором такое институциональное развитие непосредственно пересекается с практикой вычислительного эксперимента. Это случай биоинформатики. Ее первые факультеты и направления возникают в конце XX века. Как и в случае добродетели «тренированного суждения» у обсуждаемых авторов, их возникновение связывается с неконтролируемым ростом данных, которые без адекватной обработки не имеют никакой познавательной ценности.⁴⁶⁵

Следование добродетели «тренированного суждения» в отношении компьютерных моделей можно соотнести с первой и второй стадиями развития компьютерного моделирования, выделяемыми Эвелин Келлер (см. раздел 3.1). Дастон и Галисон, однако, не останавливаются на «тренированном суждении». Они выделяют следующую стадию развития «эпистемических добродетелей», которая разворачивается прямо сейчас и у которой пока нет четкого названия; вслед за одним из разделов соответствующей главы «Объективности», мы можем назвать эту стадию «видение-как-производство».

Речь идет о переходе от практик репрезентации объекта к практикам самостоятельного конструирования и манипулирования этим объектом, то есть к *презентации*. «Приставка *re-* – существенна: образы, стремящиеся к тому, чтобы стать репрезентацией, повторно представляют то, что уже есть. Репрезентативные изображения могут очищать, совершенствовать или сглаживать для того, чтобы добраться до бытия, до того, “что есть”».⁴⁶⁶

⁴⁶⁴ Там же, с. 470

⁴⁶⁵ См. об этом: Волошин М. Две истории биоинформатики: наука о данных vs наука о жизни // Логос. – №3, 2020. – С. 1-20.

⁴⁶⁶ Дастон Л., Галисон П. Указ.соч. – С. 541.

Опуская эту приставку, Дастон и Галисон подчеркивают, что вместо отношения модели к действительности (или, по крайней мере, наравне с ним) в качестве ключевого принимается отношение модели к воспринимающему субъекту: «Объекты действительно презентуются, как товары на витрине магазина».⁴⁶⁷

Авторы иллюстрируют свою идею несколькими примерами из областей анатомии, нанотехнологий и Science-art, однако мы можем для иллюстрации использовать пример, уже рассмотренный нами выше – клеточные автоматы (см. раздел 3.1). Напомним, Келлер связывает окончательную автономию компьютерных симуляций именно с этим этапом развития технологий и практик. Клеточные автоматы могут репрезентировать, а могут и не репрезентировать определенные процессы действительности; их ценность вообще не в этом. Их (эпистемическая) ценность – в том, что можно *манипулировать моделью и посмотреть, что получится*. Вспомним восторг, с которым Тоффоли и Марголус описывают свой опыт создания «искусственных вселенных»: это восторг не по поводу необычайно удачной репрезентации, это выражение восхищения неожиданными следствиями технологического развития. При этом практика презентации не означает полного разрыва с изучаемой действительностью: как мы видели на примере «трюка Аракавы», манипуляции с моделью могут производить более или менее точные предсказания наблюдаемых феноменов. Меняется последовательность соотношения модели и действительности: если на стадии *репрезентации* стартовые условия модели должны были быть отображением действительности, то на стадии *презентации* с действительностью сопоставляются результаты симуляции. Изначально модель, таким образом, не обязана «подражать» моделируемому объекту; процесс ее конструирования в значительной степени произволен – он будет оправдан постфактум, когда модель начнет давать предсказания. В этом смысле новый виток

⁴⁶⁷ Там же, с. 543

«объективности» соотносится с тезисом Моррисон и Морган об автономии моделей (см. раздел 1.5). Различие, однако, состоит в том, что эта автономность не априорна: она была постепенно достигнута в ходе исторического развития компьютерной симуляции, и в этом смысле применима *не ко всем* моделям. Так, математическое моделирование ядерных взрывов в 1940-50гг. нельзя назвать «автономным» от теории. Современные же вычислительные эксперименты обрели достаточную степень самостоятельности, чтобы переопределять по-новому такие ключевые аспекты научного поиска, как «рациональность» или «объективность».

3.5. Новая эпистемология?

Одна из наиболее известных провокационных статей в рамках эпистемологии компьютерных симуляций называется «Философия симуляции: новые жаркие споры или все та же заезженная пластинка?»⁴⁶⁸ Авторы, Роман Фригг (между прочим, соавтор статьи «научные модели» в Стэнфордской энциклопедии!) и Джулиан Райс, на волне возрастающего интереса к вычислительным экспериментам осмелились утверждать, что в эпистемологии компьютерных симуляций «очень мало новых философских проблем, если, конечно, они вообще там есть»⁴⁶⁹. Конечно, они цитируют и упомянутую статью Галисона («везде и нигде на методологической карте»),⁴⁷⁰ и Винсберга («эпистемология, неизвестная для большей части философии науки»),⁴⁷¹ и Хамфриса («то, как мы понимаем эти новые методы, существенно отличается от понимания и оценки традиционных теорий»).⁴⁷² Но они собираются оценить эти заявления «трезво»: «философские проблемы, возникающие в связи с симуляциями, не специфичны для них, и большая их часть – это вариации проблем, которые уже обсуждались в различных других контекстах».⁴⁷³

Авторы зачем-то выделяют «широкий» и «узкий» смысл понятия «симуляция», но, удивительным образом, и то, и другое может быть сведено к одному смыслу: решение описывающих поведение модели уравнений, таких, которые недоступны классическому математическому анализу (требуют численные методы и т.п.). Таким образом, они обсуждают практику

⁴⁶⁸ В оригинале «...or same old stew?» Слово «stew», помимо буквального «рагу/тушенка», на сленге означает также некоторую неприятную субстанцию («пойло» применительно к алкогольным напиткам, «тухлятина» – о еде, и т.д.); наиболее точный перевод заголовка статьи был бы нецензурным в русском языке. Автор выражает благодарность Полине Гарцевой за эти замечания.

⁴⁶⁹ Frigg R., Reiss J. The philosophy of simulation: hot new issues or same old stew? // Synthese. – Vol. 169 (3). – p. 593.

⁴⁷⁰ Galison P. Computer simulation and the trading zone // Disunity of science: Boundaries, contexts, and power / ed. by P. Galison & D. Stump – California: Stanford University, 1996. – P.118–157.

⁴⁷¹ Winsberg E. Sanctioning Models: The Epistemology of Simulation // Science in Context. – Vol. 12(2), 1999. – p.275.

⁴⁷² Humphreys P. Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method. – Oxford University Press, 2004. – p.54

⁴⁷³ Frigg R., Reiss J. The philosophy of simulation: hot new issues or same old stew? // Synthese. – Vol. 169 (3). – p. 595.

использования компьютеров там, где человек не может справиться. Есть ли в этой практике что-то особенное (по сравнению с просто «моделированием»)? Авторы уверенно отвечают отрицательно.

Есть четыре аспекта, в которых можно рассмотреть этот вопрос:

- 1) Метафизический: создается ли в процессе симуляции особый онтологический регион, «параллельный мир»? Если даже это действительно так, то использование компьютера не порождает ничего нового в научной практике: те же «миры», можно сказать, создаются в процессе обычного математического моделирования (без компьютеров), так как они тоже – приближенные версии действительности, и не очень важно, решаются ли соответствующие уравнения традиционными методами. Установки традиционных экспериментов также в буквальном смысле не эквивалентны ни явлениям, которые они призваны прояснить, ни идеальным объектам научных теорий. «Мы вправе сказать, что симуляции создают “параллельные миры”, но это же делают самые разные модели и эксперименты».⁴⁷⁴
- 2) Эпистемологический. Требуют ли эти «симуляции» каких-то изменений в наших представлениях о «знании»? Автономность процесса конструирования переоценена, считают Фригг и Райс. «Ничто из этих особенностей не специфично для [компьютерных] симуляций и поэтому нет нужды в новой эпистемологии; скорее, она обязана тому факту, что эти модели сложнее, чем в рамках традиционной философии науки, и мы до сих пор не имеем проработанной эпистемологии для этих проблем».⁴⁷⁵ Возможно, не только модели, но и процесс их построения оказывается сложнее, чем казалось в рамках предшествующей эпистемологии. Да,

⁴⁷⁴ Frigg R., Reiss J. Op.cit. – p. 598.

⁴⁷⁵ Ibid., p. 601.

«компьютерные» модели сложны, но это количественное, а не качественное отличие.

Но если мы попытаемся ориентировать процесс построения модели на результат, а не на теоретические предпосылки, можем ли мы сказать, что та или иная компьютерная симуляция больше соответствует действительности (явлениям)? Как положительный, так и отрицательный ответ на эти вопросы прямо вытекает из эпистемологии моделирования *как таковой*, неважно, использовался ли при этом компьютер или нет.

- 3) Семантический: выполняют ли компьютерные модели функцию репрезентации иначе, нежели это делают обычные модели? Здесь Фригг и Райс приводят любопытный пример. Пусть у нас есть маятник на нити, подвешенной на еще одной нити (так, что он может свободно колебаться относительно нее). Предсказание движений такого «двойного» маятника требует численных методов (то есть может быть выполнено в компьютерной симуляции). Но если мы зафиксируем вторую точку маятника под некоторым углом α (в том числе, в простейшем случае, 180°), мы получим вполне обычный маятник. Уравнения, описывающие его динамику, вполне решаемы без применения численных методов. Чем первый случай отличается от второго в плане эмпирической репрезентации? Что изменилось в отношении между моделью и действительностью, когда мы зафиксировали угол α ? Ничего – таков вердикт авторов.⁴⁷⁶ Следовательно, в семантическом плане (в качестве означающего) компьютерная модель не отличается от просто модели.
- 4) Методологический: являются ли «вычислительные эксперименты» промежуточным методом между теоретизированием и экспериментированием, практикой особого рода? Ответ на этот

⁴⁷⁶ Ibid., p. 605.

вопрос зависит от того, что именно означают слова «промежуточный» и «между» в данном случае. «Между» в смысле «более достоверный, чем одно, но менее достоверный, чем другое»? Но у нас нет строгой убежденности в том, что произвольный эксперимент «достовернее» произвольной теории. Шкала, на которой их можно расположить – явно не шкала «достоверности». Но аналогичную шкалу мы видели в статье Мэри Морган, в разделе 3.2: более материальный «виртуальный эксперимент» был оценен достовернее, чем «виртуально проведенный эксперимент», так как заимствовал больше «материальности», а это, как убеждает нас «принцип материальности», означает более высокую достоверность. Мы уже убедились в том, что «принцип материальности» можно поставить под сомнение. Но тогда вместе с ним ставится под сомнение и «промежуточный» статус вычислительных экспериментов.

Но, может быть, они «промежуточные» не в том смысле, что находятся между теорией и экспериментом на какой-то шкале (будь то шкала достоверности, репрезентативности, обоснованности или какая-то еще), а просто являются «гибридами», в которых каким-то образом перепутаны элементы теорий и элементы эмпирических данных?⁴⁷⁷

Но чем тогда они отличаются от обычных научных моделей, которым с конца 1980-х приписывался тот же статус? (см. раздел 1.7) «В конечном итоге, идея медиаторов возникла в контексте научных моделей, а не симуляций»,⁴⁷⁸ – заключают Фригг и Райс, и мы вынуждены с ними согласиться, если хотим хранить верность истории эпистемологии.

⁴⁷⁷ Латуровское понятие «гибрида» в эпистемологическом контексте здесь особенно удачно. См. Латур Б. Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2006.

⁴⁷⁸ Frigg R., Reiss J. Op.cit. – p. 610-611.

Вывод: «Ослепленные подчеркиванием новизны и постоянной жаждой показать, что симуляции не похожи ни на что виденное нами ранее, мы не замечаем, что проблемы, возникшие в связи с ними, соотносятся с уже существующими проблемами, и потому мы упускаем возможность обсудить то, что могут добавить компьютерные симуляции к этим дискуссиям».⁴⁷⁹ Поскольку компьютерная симуляция является частным случаем модели, постольку вопросы, которые возникают в связи с ней, являются частными случаями вопросов общей концепции моделей в философии науки. «Философские проблемы, поднятые симуляциями, имеют аналоги в контекстах моделирования, экспериментирования, мысленных экспериментов, и потому не являются совершенно новыми и вовсе не требуют обновления философии науки».⁴⁸⁰ Как мы уже говорили, это агрессивная и провокационная статья.

Но градус агрессивности и провокационности может быть существенно снижен тем контекстом, который мы уже задали в главах 1 и 2. В отличие от основных оппонентов Фригга и Райса, мы никогда не считали, что вычислительные эксперименты стоят в стороне от давно существующей области эпистемологии – области, историю которой мы возводим к Дюгему, к его попыткам интерпретации Максвелла. Сложно считать «новым» философский вопрос, существующий более ста лет.⁴⁸¹ Держа этот тезис в уме, посмотрим, что на критику Фригга и Райса ответил один из сторонников «новой эпистемологии» - Пол Хамфрис.

С самого начала Хамфрис заявляет: «Вычислительные науки предлагают новые проблемы для философии науки, потому что они используют методы, устраняющие человека из центра эпистемологической деятельности».⁴⁸² Проблема в том, что эпистемологическая традиция по

⁴⁷⁹ Ibid., p. 611.

⁴⁸⁰ Ibidem.

⁴⁸¹ С другой стороны, сто лет – это вовсе не возраст для философских вопросов.

⁴⁸² Humphreys P. The philosophical novelty of computer simulation methods // Synthese. – Vol. 169 (3), 2009. – p. 616

существо антропоцентрична: Декарт, Юм, Рид, Кант, и даже Карнап, Поппер и Куайн мыслят познающего субъекта как в первую очередь человеческое существо.⁴⁸³ Но все большее количество научных дисциплин связаны с наличием «превосходящей, нечеловеческой эпистемической инстанции».⁴⁸⁴ Хамфрис называет эту ситуацию «антропоцентрическим затруднением»: «как мы, люди, можем понять и оценить вычислительные научные методы, которые превосходят наши собственные способности?»⁴⁸⁵

Он выделяет как минимум четыре проблемы,⁴⁸⁶ которые не поддаются решению с позиции *антропоцентричной* перспективы, и поэтому требуют новой постановки философских вопросов:

1. *Эпистемическая непрозрачность*. О ней уже говорилось в связи с «Сюрпризами вычислений» Ленхарда, но в несколько ином смысле. Основной аргумент Хамфриса состоит в том, что существует непрозрачность процесса вычисления: в человеческой перспективе не вполне ясно, каким образом заданные параметры модели приводят к тому или иному результату. Мы указывали выше (см. разделы 3.1. и 3.2), что способность модели «удивить» во многом зависит от автономности ее статуса. С точки зрения Хамфриса, эта автономность достигла такой степени, что «ни один человек не способен перепроверить и обосновать каждый элемент вычислительного процесса, который производит вывод компьютерной симуляции».⁴⁸⁷ И далее: «Вычисления в случае большинства симуляций настолько быстры и сложны, что ни один человек или группа людей не может практически воспроизвести или понять этот процесс».⁴⁸⁸ Соответственно, эпистемология компьютерного моделирования

⁴⁸³ На наш взгляд, это спорный тезис.

⁴⁸⁴ Humphreys P. Op.cit., p. 617.

⁴⁸⁵ Ibidem.

⁴⁸⁶ Они не соотносятся напрямую с «четырьмя аспектами» из статьи Фригга и Райсса.

⁴⁸⁷ Humphreys P. Op.cit. – p. 618

⁴⁸⁸ Ibid., p. 619.

должна быть «нечеловеческой». Этот вариант «эпистемической непрозрачности» гораздо слабее ленхардовского: выше мы видели, что не только физическая невозможность вычисления, но и несколько других факторов мешают «прозрачности» процесса вычислительного экспериментирования. Но и одной количественной разницы уже более чем достаточно.

2. *Семантика*. Вторая проблема состоит в том, что применение вычислительных методов преобразует – и нам непонятно, как именно – отношение денотации. Что именно «означает» вычислительная модель? «Старая» философия науки могла ответить на эти вопросы, используя синтаксический подход – модель есть дедуктивно выведенная интерпретация теории – или семантический: модель есть изоморфная исследуемому феномену структура. Однако компьютерные симуляции соотносятся со своими денотатами иначе: неоднократно упоминавшийся пример «трюка Аракавы» показывает, что автономность модели не позволяет нам прямо трактовать ее как интерпретацию теории (т.е. как решение уравнений этой теории) или как репрезентацию феноменов (ее стартовые условия феноменам прямо противоречили). «Разница состоит в замещении явного дедуктивного отношения между аксиомами и предсказаниями вычислительным процессом, который осуществляется реальным вычислительным устройством».⁴⁸⁹ Это ответ на «семантический» аргумент Фригга и Райсса: «новая» модель маятника действительно является репрезентацией реальности *не в том же смысле*, что и старая.
3. *Темпоральная динамика*. В компьютерной симуляции, в отличие от «аналоговых» моделей, присутствует определенный *темпоральный дуализм*: время существенно и как элемент вычисления (его

⁴⁸⁹ Ibid., p. 620

скорость), и как элемент репрезентации результатов вычисления (динамический процесс, который мы наблюдаем в симуляции). Проблема в том, что соотношение этих двух параметров прямо влияет на эпистемологический статус симуляции. Ее способность предсказывать принципиально основана на скорости вычислений, которая может существенно отличаться как от скорости репрезентации процесса, так и от скорости течения самого процесса. В качестве яркого примера: мы можем задаться вопросом о том, какая погода будет завтра, но это не будет иметь никакого смысла, если компьютерная программа только завтра рассчитает нам прогноз, или если визуальная симуляция погодных изменений растянется на сутки. Иначе говоря, временное измерение вычислительного эксперимента не соответствует временным параметрам симулируемого процесса. Даже если симулируется «стабильное» или «единичное» явление (в котором нет координаты времени), это займет некоторое время для вычислительного устройства. Как соотносится время вычислений и время репрезентации – очевидно, новый эпистемологический вопрос.

4. «*На практике, а не в принципе*». Выше мы уже упоминали этот принцип. Существует убеждение (Хамфрис цитирует нескольких исследователей), что в компьютерной симуляции нет ничего такого, что не могло бы быть *в принципе* реализовано без компьютеров. Хотя это может быть верно, к эпистемологии компьютерных симуляций это не имеет отношения: новые проблемы (вроде предыдущей) возникают из-за *практической* реализуемости или нереализуемости определенных способов моделирования на компьютерах. Соответственно, эпистемология не может в данном аспекте ориентироваться на принципиальную возможность или

невозможность (как это мог делать, например, Кант⁴⁹⁰); необходимо исходить из реальных возможностей реальных компьютеров.

Из всего этого Хамфрис заключает, что «вычислительные науки требуют новой, не-антропоцентричной эпистемологии, и нового подхода к тому, как применяются модели и теории»⁴⁹¹. Подчеркнем: не просто «новой», но и «не-антропоцентричной»!

Впору задаться вопросом: не только «кто прав» (Фригг/Райсс или Хамфрис), но и более глобально, требуется ли нам новая эпистемология (не обязательно не-антропоцентричная)?

⁴⁹⁰ Канта в пример приводит сам Хамфрис: Humphreys P. Op.cit. – p. 624

⁴⁹¹ Ibid., p. 625.

3.6. Совсем не новая эпистемология: 4 тезиса

Эпистемология – это «слово» (λόγος) о «достоверном знании» (ἐπιστήμη).⁴⁹² В этом качестве оно не слишком давно существует в отрыве от гносеологии (где γνῶσις – это «знание» вообще, как результат всякого процесса познания). Со времен Платона и Аристотеля, а то и ранее (со времен поэмы «О природе» Парменида), «знание» было принято отделять от δόξα – «мнения», и именно это последнее принято противопоставлять «науке». Именно «мнение» – то, что может произвести деятельность греческого экспериментатора, в отличие от ἐπιστήμη, которая производится теоретической (то есть умозрительной, θεωρία) деятельностью ученого-теоретика (например, геометра или астронома). Потому что взаимодействие с чувственным миром порождает чувственный опыт, разнообразный, нескоординированный, случайный опыт, который невыгодно отличается от умопостигаемого вечного, однозначного, определенного и *необходимого* знания. А значит, эпистемология – учение о том знании, которое считается *достоверным*, – не вполне ограничивается учением о *возможном* знании вообще, но направлена на то знание, которое *в смысле знания* обладает преимуществом перед другими.

Занимаясь на протяжении всей предыдущей работы *эпистемологией* компьютерного моделирования, мы тем самым признаем, что производимая вычислительными экспериментами форма знания заслуживает название «знания», но и еще при этом обладает преимущественным правом считаться «знанием», а не просто «мнением». Может ли вычислительный эксперимент быть ἐπιστήμη, а не просто δόξα? – вот вопрос, на который на самом деле должна ответить «новая эпистемология».

Странно, но именно этот вопрос *не ставит* «новая эпистемология» Хамфриса. Ему интереснее выяснить, может ли знание быть не-человеческим. «Антропоцентризм» – давно ругательное слово в философии, где-то на уровне «колониального мышления». И здесь есть существенное сходство между

⁴⁹² Мы намеренно опускаем всю проблематичность перевода λόγος.

концептами колониальности и антропоцентричности: объявляя себя единственными носителями знания, мы как бы утверждаем свое право на господство над «не-человеками» («non-humans», в нашем случае – компьютерами); в то время, как именно всякое господство должно стать объектом критики. Такова, например, позиция Бруно Латура, который намеренно дистанцируется от объявления себя «социологом» или «эпистемологом», поскольку и то, и другое обозначает некоторое (псевдо)-классическое представление о субъекте знания и социального действия: представление, заведомо исключающее «не-человеков».⁴⁹³ Но Латур так и не дошел до того, чтобы проблематизировать субъектность компьютера как носителя знания.

Прагматическая эпистемология моделирования, развертка которой представлена нами в главе 2, дает возможность более аккуратных и более содержательных ответов на эти вопросы.

Тезис I.

Мы должны подчеркнуть субъективно-прагматический аспект компьютерного моделирования. Как и всякая модель, компьютерная модель является моделью *только в силу того и только после того*, как принято решение использовать ее в таком качестве. (Обратное, вообще говоря, не верно: произвольное желание субъекта использовать нечто как модель может оказаться недостаточным. См. конец раздела 2.2). Поэтому для компьютерного моделирования необходим именно субъект *человеческого* типа, поскольку именно за таким субъектом мы признаем возможность принимать

⁴⁹³ Например, в «Несводимом»: «3.4.7. <...> "Общество" все еще слишком гомогенно со своими людьми, своими акторами, своими группами и своими стратегиями, чтобы учесть кишение, смешение и имморализм альянсов. *Схолия*: если бы социологию можно было рассматривать как науку об ассоциациях, на что указывает ее название, а не как науку о социальном, какой она стала в XIX в., я снова захотел бы назвать себя социологом». – Латур Б. Пастер: Война и мир микробов, с приложением «Несводимого». – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2015. – С. 273. Или: «Возможно, эпистемология – это результат недоразумения; она следует за взглядом, ослепленным тем, что забыли руки, которые пишут, соединяют и собирают. В действительности нет ни теории, ни созерцания, ни спекуляции, ни предвидения, ни видения, ни знания». – Там же, с. 298.

эпистемически значимые решения (или, вновь обращаясь к концепции Дастон и Галисона: быть носителем эпистемических добродетелей).

Могут ли компьютеры принимать такие решения? Могут ли они сами использовать нечто (часть себя, в данном случае) как модель? Мы не исключаем такой возможности, но полагаем, что на данный момент (2024г.) эта возможность так и не была реализована. Нейросетевые системы свидетельствуют о продвижениях в этой области, но пока недостаточных для того, чтобы признать за ними субъектность в смысле целеполагания.

Можно, конечно, пойти от обратного: задаться вопросом, а есть ли автономное целеполагание у человека, не является ли он тоже чем-то вроде автомата, машины, алгоритма? Этот вопрос увел бы нас в сторону *гносеологии*, а не *эпистемологии* моделирования, которой посвящено настоящее исследование.

В нашем представлении, гносеология – от греч. «γνώσις» - «познание», «процесс познавания», а также «результат этого процесса» – это теория познания, связанная с индивидуальным познающим субъектом. «Как мы познаем?» - спрашивают гносеологи и дают разнообразные ответы. Эпистемология мыслится иначе. Επιστήμη – знание, имеющее обоснование. Переводя, например, Аристотеля на русский язык, используют понятие «наука» для передачи ἐπιστήμη. То есть «научное» знание – не просто «что-то» знание, это дополнительная характеристика особой устойчивости знания, его особой роли в системе знаний вообще.⁴⁹⁴

Поэтому такой субъект должен быть способен к целеполаганию – и по умолчанию предполагается, что на это способны люди, а также именно люди создают компьютерные модели и проводят вычислительные эксперименты. Целеполагает ли человек – гносеологический (и возможно, аксиологический) вопрос. Но: достоверно ли знание, произведенное целеполагающим субъектом – эпистемологический вопрос. Субъектно-прагматическая эпистемология

⁴⁹⁴ Это не сциентистский тезис, так как «особая роль» - не обязательно превосходство в иерархии видов знания.

требует, следовательно, чтобы всякая научная «модель» (компьютерная или нет) была произведена или проинтерпретирована кем-то и именно в таком качестве, и поэтому главный эпистемологический вопрос – это вопрос «кто и зачем моделирует?»

Не-антропоцентрическая эпистемология Хамфриса предполагает субъектность компьютера, сопоставимую с субъектностью человека. Возможно ли это? На данный момент мы не имеем оснований так полагать. «Эпистемическая непрозрачность» по Хамфрису означает только непрозрачность средства. Но не все, что непрозрачно, тем самым субъектно. Мифологическое мышление предполагает, что если я не понимаю некоторый процесс (например, восход Солнца), то я интерпретирую его как волевое субъектное действие (например, некто – «бог солнца» – выводит на небо свою колесницу). Но в рамках компьютерной симуляции мы находимся в иной ситуации. Мы понимаем «в принципе», что происходит в процессе вычисления, только «на практике» проверить это не можем. Это как если бы Клавдий Птолемей «понимал в принципе», что движения небесных тел могут быть сведены к равномерным круговым движениям, но «на практике» некоторые явления не вписывались в эти закономерности. И даже Клавдий Птолемей (II век нашей эры!) не перешел от этой констатации к мифологизации законов природы (напротив, он даже усилил отход античной науки от мифологических предпосылок). Разве обязаны мы, следовательно, видеть мифологическую «субъектность» за тем, что просто не до конца нам понятно? Разве могли бы мы смириться с тезисом «все непонятное – субъектно, все субъектное – непонятно»?⁴⁹⁵

Аргументация Хамфриса выглядит отчаянно слабо. Могло показаться, что акцент на прагматическом аспекте моделирования мог бы ее спасти: мол, «на практике, а не в принципе» (см. четвертый тезис Хамфриса в разделе 3.5). Но это не так. Хотя вычисляет «на практике» компьютер, целеполагает «на

⁴⁹⁵ И не отстал ли Хамфрис с такой аргументацией на пару тысячелетий?

практике» все равно человек. Если сам процесс вычисления непрозрачен, это не делает орудие вычисления субъектом вычисления.

(Кстати говоря, обратное могло бы привести нас к парадоксу. Допустим, что компьютер – действительно субъект вычисления. В логике Хамфриса это значит, что ему доступны и прозрачны все вычислительные шаги. Как мы могли бы в этом убедиться? Если бы компьютеру пришлось доказывать свою «субъектность», как он мог бы нас убедить? Всякий раз, когда компьютер предлагает нам развертку или детальное пояснение, мы могли бы возразить, что он, хотя и представляет результат вычисления, все же *не понимает*, как оно происходит, ведь ничто в последовательности действий компьютера не указывает на дополнительное свойство *понимания*, вдобавок к собственно вычислительным операциям. Но ровно так же Хамфрис, когда человек предъявляет результат вычисления, говорит, что человек *не понимает*, как оно происходит).

Итак, субъектно-прагматическая эпистемология требует наличия субъекта и его прагматики (то есть практики – систематизированного набора действий). Эпистемология «без познающего субъекта» (в духе позднего Поппера) или эпистемология с «не-человеческим субъектом» (в духе позднего Латура, или Брайдотти, или Харауэй) здесь просто не срабатывает.

Тезис II.

Модель, о которой идет речь, имеет *коммуникативный* характер. Это значит, что модель создается *таким образом*, чтобы другой познающий субъект мог ее *понять* и *использовать* для получения знания. Модель имеет признаки метафоры (см. раздел 1.5): она должна быть воспринята другими некоторым предсказуемым образом. То есть вообще-то моделирование – не индивидуальная, а коллективная практика: знание носит характер обоснованности, когда оказывается интерсубъективным.⁴⁹⁶ Значит, вдобавок к «Кто моделирует?», следует задать вопрос «Для кого моделируют?»

⁴⁹⁶ См. Мамчур Е.А. Объективность науки и релятивизм (к дискуссиям в современной эпистемологии). – М.: ИФ РАН, 2004.

Вычислительный эксперимент не отличается в этом плане от (субъектно-прагматической) модели в целом. Вспомним начало нашего путешествия по миру научного моделирования (раздел 1.1). Максвелл говорит, что своими аналогиями хотел «представить в форме настолько компактной, насколько это возможно, те явления, которые позволяют пролить свет на теорию электричества, и использовать их, каждое в своем порядке, чтобы позволить идеям об электричестве развиваться в разуме читателя».⁴⁹⁷ Дюгем комментирует: «Воображение, которое только и должна заинтересовать модель, вот единственный судья сходства, существующего между образом и вещью».⁴⁹⁸ Образ, созданный воображением, должен быть передан так, чтобы в разуме читателя развилась соответствующая замыслу идея. Нравится это Дюгему или нет, но та же конструкция раскрывается в визуализациях научных объектов вообще и результатов вычислительных экспериментов в частности.⁴⁹⁹ Хотя Герц настаивал, что теория Максвелла – это уравнения Максвелла, и аналогичным образом можно понять вычислительный эксперимент как *только* решение уравнений, это не так уже на уровне визуализации результатов. Мы утверждаем, что: есть такие результаты вычислений, которые приобретают эпистемологический смысл *только будучи визуализированными*. Происходит это в первую очередь потому, что в познавательных целях здесь используется *распознавание паттернов*, которое, во-первых, часто возможно только в визуальном режиме (см. раздел 3.3, в особенности иллюстрации), а во-вторых, осуществляется специально подготовленным, «тренированным» субъектом (см. раздел 3.4).

⁴⁹⁷ Maxwell J. K. An elementary treatise on electricity. Oxford, Clarendon Press, 1881. P. viii.

⁴⁹⁸ Дюгем П. Физическая теория, ее цель и строение. – М.: КомКнига, 2007. С. 95.

⁴⁹⁹ О «визуализации научных объектов вообще» есть довольно обширная литература, почти не вовлеченная в наш анализ за нехваткой сил, времени и места. В особенности см. сборники Visualization in the Age of Computerization / Eds. Carusi A., Sissel Hoel A., Webmoor T., Woolgar S. – NY: Routledge, 2014; The Aesthetics of Science. Beauty, Imagination and Understanding / eds. Ivanova M., French S. – NY: Routledge, 2020. Эпистемологическое значение визуализации в компьютерном моделировании мы ранее исследовали на примере кейса биоинформатики: Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35.

Можно оспорить этот тезис, хотя и согласившись с его ядром. Даже если визуализация и составляет важную часть работы ученого, и даже если принять ее необходимость для научной коммуникации, это еще не значит, что визуализация является необходимой эпистемической характеристикой именно вычислительного эксперимента. Она может быть признана отдельным (подлежащим отдельному философско-научному анализу) элементом знания. Так, ученые постоянно визуализируют теоретические объекты, а эпистемологи анализируют статус этих визуализаций, но это мало влияет на наше представление о том, что такое теории вообще, и об их роли в науке.

Мы не обсуждаем здесь, верно ли это в случае теорий и теоретических объектов. Но это точно неверно в случае вычислительных экспериментов. Да, первые решения уравнений на компьютерах визуально выглядели довольно бедно: это были перфокарты и перфоленты. Но если сейчас принести в научный институт пачку перфокарт и сказать: «Вот результат вычислительного эксперимента», возникнет недоумение. В соответствии с нашей субъектно-прагматической эпистемологией, с акцентом на коммуникативной функции моделей, мы полагаем, что, если некоторая форма передачи научного содержания *не считывается / не воспринимается* в таком качестве, то это означает только, что она ей *не является*. Коллективный характер моделирующего субъекта подразумевает некоторую универсальность режима работы воображения; эта универсальность, в случае компьютерных симуляций, обеспечивается взаимной понятностью выводов компьютерного вычисления, в емкой форме концентрирующих результаты сложной работы. Например, аттрактор Лоренца: сложную диалектику порядка и хаоса («детерминированный хаос») можно передать серией компьютерно произведенных изображений, *и больше никак*.

Визуальность, коммуникативность, экспертность, коллективность — эти четыре свойства часто характеризуют различные режимы моделирования, но они необходимым образом сливаются воедино, когда речь идет о вычислительных экспериментах.

Тезис III

Вычисление компьютера отличается от вычисления человека. В силу тезиса Черча-Тьюринга любой компьютер с необходимостью сводится к ряду дискретных операций.⁵⁰⁰ Процессы, которые при этом моделирует, часто носят континуальный характер. Переход от континуального процесса к дискретной модели характеризует специфику вычислительного эксперимента. Такие переходы, конечно, имеют место и в других случаях, и в самых разных областях: общеизвестный и древний пример из истории науки – связь между (дискретными) числами в арифметике (а позже в алгебре) и (континуальными) геометрическими величинами. Но в случае вычислительного эксперимента мы оказываемся в ситуации, когда эпистемологический статус получаемого знания в существенной степени зависит от этого перехода к дискретности.

Поэтому решение математических уравнений с помощью вычислительного устройства влияет на результат: не в том смысле, что он оказывается недостоверным, а в том, что его достоверность теперь зависит не только от корректности уравнения и примененной методологии решения. «Трюк Аракавы» и прочие «трюки» являются способом повысить достоверность, которая теперь определяется *не* как корректность дедуктивного следствия из посылок теории, а *как* способность предсказать практически корректный результат (то есть результат, в большей мере соответствующий поставленной цели, см. тезис I).

«Симуляция» при этом мыслится как временная репрезентация симулируемого процесса. Независимо от того, континуален или дискретен процесс, симуляция будет дискретной и процесс вычисления будет дискретным. Темпоральная динамика процесса поэтому должна быть переводимой в темпоральную динамику симуляции: проще говоря, «время» симуляции должно быть адекватно времени симулируемого процесса, и все это – в контексте целеполагания симулирующего субъекта. Это значит, что

⁵⁰⁰ Мы снова оговоримся, что в течение некоторого периода в истории науки и техники «компьютером» назывался человек, проводивший вычисления. В эти периоды фраза, к которой стоит сноска, могла бы звучать тавтологично, но это не так. Человек-«вычислитель» тоже производил только дискретные операции.

задачи, не решаемые за адекватное время, выпадают из эпистемологии симуляций в принципе. Нет смысла моделировать оптимальное перемещение коммивояжера между городами, если реальный коммивояжер решит эту проблему быстрее. Также нет смысла моделировать что бы то ни было, если это моделирование не может быть совершено в адекватное время. Сравните с задачами в «обычной» науке: если математическое уравнение *действительно* является адекватным отображением физического процесса, то беда ли, что оно слишком сложное?

Дискретность компьютерной симуляции (вычислительного эксперимента), таким образом, создает специфику, не свойственную ни «обычному» решению уравнений, ни «обычному» материальному экспериментированию. Но эта специфичность успешно вписывается в прагматическую эпистемологию научного моделирования, так как признает компьютерную модель адекватным средством познания, коль скоро его структура остается гомоморфной структуре объекта познания и релевантной целям познающего субъекта (см. раздел 2.4 и параграф 4 раздела 3.3).

Тезис IV

Нашу позицию можно было бы назвать «имматериализмом», отличая ее от «аматериализма» или «антиматериализма».⁵⁰¹ Кто-то говорит, что вычислительные эксперименты *недостаточно* материальны и потому менее достоверны по сравнению с обычными экспериментами (Гуала, Морган). Другие, напротив, говорят, что они *достаточно* материальны и потому вполне достоверны (Паркер, в некоторой степени Ленхард – см. о пластичности в разделе 3.3). Мы же полагаем, что степень их материальности *нерелевантна* эпистемологическому статусу, следуя в этом поздним работам Маргарет Моррисон.

⁵⁰¹ Здесь мы следуем примеру Ницше, который различал «аморализм» как противодействие господствующей морали и «имморализм» как отрицание значимости моральной оценки вообще. Наиболее общепринятым употреблением термина «имматериализм» является характеристика метафизики Дж. Беркли: материальной субстанции не существует. Мы употребляем этот термин иначе.

Имматериализм вычислительного эксперимента, вероятно, отличает его от эксперимента натурного. Хотя Моррисон, например, показывает, что и в случае натурного эксперимента роль материи в эпистемологии сомнительна, тем не менее, она *фактически используется* как аргумент в пользу достоверности. Особенно ярко это было видно на примере Морган с экспериментами с коровьей костью. В случае натурного эксперимента есть большой соблазн считать, что он достоверен настолько, насколько подопытный объект материально близок исследуемому (вплоть до тождества). Сила этого соблазна, судя по всему, свидетельствует о наличии в имплицитной эпистемологии ученого некоторой фундаментальной интуиции о «чувстве предмета». Даже если эта интуиция концептуально неверна (как полагает Моррисон), она есть, и она влияет на исследовательскую практику.⁵⁰²

Иначе – в эксперименте вычислительном. Здесь мы заранее знаем, что материя экспериментальной установки не тождественна и не близка исследуемой (не думать же, в самом деле, подобно Уэнди Паркер, что «материя» компьютера – «железо», «хард» – та же, что и материя изучаемого предмета, раз уж и то, и другое, – материя!) Но результат вычислительного эксперимента может быть достоверным, если: а) структура гомоморфна объекту изучения (см. раздел 2.4), б) спецификация порождает предсказания, адекватные целям и задачам исследования (см. параграф 4 раздела 3.3), в) даже когда результаты вычислительного эксперимента не могут быть сопоставлены с действительностью (например, если такой цели и не ставилось: см. «клеточные автоматы» в разделе 3.1), они могут быть *интересны* в контексте других задач.

Это значит, что к вычислительному эксперименту применимо все то, что мы говорили о моделировании и мысленных экспериментах в главе 2. В конце раздела 2.3 было сказано: «состоит ли модель из некой *материи* или является исключительно *мысленной конструкцией*, создание и того, и другого будет охарактеризовано как моделирование, если имеется субъект, в перспективе

⁵⁰² В конце концов, кто мы такие, чтобы указывать ученым, какие интуиции у них *должны* быть?

которого это нечто рассматривается как способ получения знания». Это в полной мере относится и к вычислительным экспериментам и компьютерным симуляциям. Мы могли бы добавить: модель может состоять из *материи*, быть *мысленной* конструкцией или реализоваться на *вычислительном* устройстве. Ее эпистемологический статус *вообще не определяется* выбором одной из этих альтернатив. Именно это обозначается понятием «имматериализм» в контексте данной работы.

3.7. Выводы

Вычислительный эксперимент (компьютерная симуляция) – результат целенаправленной деятельности по моделированию, и потому, в соответствии с нашим определением (раздел 2.3) – модель. Это модель, конечно, со своими особенностями, но эти особенности не порождают *новой* эпистемологии. Они порождают *подвид* прагматической эпистемологии моделирования, история развертки которой представлена нами в главе 1, а актуализация ее действительного состояния – в главе 2. Собственно, устранение субъекта («нечеловеческая» эпистемология по Хамфрису) произвело бы эффект скорее нежелательный: все то, что становится ясным из перспективы прагматической эпистемологии моделирования, снова оказалось бы случайным, неопределенным и непонятным свойством, не вписанным ни в какой контекст (кроме, может быть, деколонизаторского). Вопросы, которые кажутся новыми для эпистемологии компьютерных симуляций, могут и должны быть рассмотрены как частные случаи вопросов эпистемологии моделирования. Использование компьютера вносит свои коррективы, но они вовсе не таковы, чтобы вынести эти вопросы за пределы уже известных нам проблемных областей теории познания. (Эти коррективы сформулированы тезисно в предыдущем разделе).

Это, конечно, не означает отсутствия новизны или революционности в *практике* использования вычислительных экспериментов. Мы повторим, что солидарны с тезисом Хамфриса «*на практике, а не в принципе*»: у вычислительных экспериментов *в принципе* много общего с моделями вообще и с мысленными экспериментами, но актуальная *практика* их использования часто фундаментально различается. Простой пример: современный сложный вычислительный эксперимент требует больших финансовых затрат (в основном – на оборудование), что делает его более похожим на современный натурный эксперимент, чем на мысленный (воображаемый). Простой пример – 2: в XXI веке существуют дисциплины, чуть менее чем полностью состоящие из компьютерных симуляций – такие, как биоинформатика (вычислительная

биология), или геоинформатика (иногда – геоматика); в то время как сложно представить себе дисциплину, состоящую из мысленных экспериментов. И то, и другое показывает серьезные изменения, произошедшие в науке (научной практике) во второй половине XX века в связи с появлением компьютеров. Даже если эти сдвиги не являлись концептуальными и «нет ничего нового под солнцем» (Еккл 1, 9), *на практике* картина научной деятельности существенно изменилась. И теперь даже для того, чтобы показать, что новизна ситуации переоценена, философу-эпистемологу приходится проделывать по существу *новую* работу.

Заключение

Диссертационное исследование посвящено анализу определенного типа научных практик, сложившихся в качестве типичных в целом ряде научных дисциплин. На протяжении второй половины XX века - первой половины XXI века можно было наблюдать устойчивый рост активности исследований различных областей науки с помощью компьютерных технологий, и в частности, того, что мы называем в этой работе «вычислительными экспериментами».

Анализ исходил из ряда предпосылок, часть которых была в явном виде задана во введении, часть – эксплицировалась по ходу исследования. Вопрос об эпистемологическом статусе вычислительных экспериментов рассматривался нами из кантианской методологической перспективы, как *исследование условий возможности*: как возможны (что должно быть верным, чтобы были возможны) вычислительные эксперименты в качестве способа производства достоверного знания (ἐπιστήμη)? При этом мы считаем самоочевидными как сам факт их *возможности*, так и их актуальное *существование* (иначе говоря, они – вычислительные эксперименты – реально есть и реально производят то, что считается достоверным знанием, по крайней мере, в первой четверти XXI века). В этом смысле мы не отличаемся от Канта, не сомневавшегося в возможности и актуальном существовании чистой математики и чистого естествознания.

Во-вторых, наша работа была во многом герменевтической, то есть заключалась в раскрытии смысла текстов о вычислительных экспериментах, в которых нечто важное *было сказано*, а то, что выразилось в этих текстах, не может быть сведено только лишь к явно выраженной интенции рассматриваемых авторов. То есть дискурс о вычислительных экспериментах для нас являлся первичным по отношению к конкретным высказываниям на тему, и именно особенности этого дискурса были приоритетным объектом интереса.

В-третьих, эпистемология вычислительных экспериментов рассматривалась в более широком контексте, связанном с научным моделированием вообще. В этом смысле для того, чтобы понять, что говорится (и почему говорится) о вычислительных экспериментах, требовалось реконструировать генеалогию этого дискурса, которую мы видим как раз в эпистемологической истории моделирования. А ее, в свою очередь, следует начинать с физики XIX века: не потому что ранее физики не занимались моделированием (это нигде в работе не утверждается!), а потому что ранее моделирование не было концептуализировано как актуальная и продуктивная научная практика, отличающаяся от построения теории.

Поэтому исследование эпистемологии вычислительных экспериментов было начато с вопросов, на первый взгляд исторически и философски далеких от эпохи компьютерных наук.

В первой главе была проанализирована история становления эпистемологии научного моделирования. Эту эпистемологию мы возводим к работам Пьера Дюгема, которые, в свою очередь, были реакцией на имплицитную эпистемологию моделирования британских физиков XIX века: Фарадея, Максвелла, лорда Кельвина. Мы показали, что переоценка Дюгемом дедуктивно-аксиоматической формы изложения и недооценка роли воображения в производстве знания привели его к фундаментальному непониманию модельной эпистемологии Максвелла. Вследствие этого философско-научный дискурс, в существенной мере наследующий Дюгему, либо игнорировал, либо прямо отрицал значение моделей в научном познании.

Логический позитивизм, с его интерпретацией научного знания как совокупности *высказываний*, вообще не имел концептуальных возможностей проанализировать эпистемологический статус научной модели, поскольку *модель не является лингвистическим объектом*. Поэтому возрождение эпистемологии моделирования хронологически совпадает с «началом конца» логического позитивизма. Ранние работы Апостела, Ачинстайна, Хессе и других подрывают не только и не столько позитивизм как таковой, сколько

упорное игнорирование им проблематики научных моделей. Здесь впервые в явном виде обнаруживается роль познающего субъекта и его субъективных способностей: оказывается, что модель является моделью *для кого-то*, созданной *кем-то*, чтобы быть сообщенной *кому-то*; оказывается также, что модель может быть не только *теоретической*, но и *репрезентационной* и даже *воображаемой*; оказывается, что модели в науке выполняют множество функций, не свойственных ни теоретическому, ни эмпирическому уровню знания; наконец, оказывается, что у научных моделей много общего с *метафорами*.

Синтаксический подход (Received View) этого не замечал, а то, что заметил, игнорировал или недооценивал. Его альтернативы – семантический и прагматический подход – по-разному использовали ранние концепции научного моделирования для критики позитивизма и его наследников. Семантический подход породил интерпретацию теории как иерархической совокупности моделей, сделав тем самым понятие «модель» первичным по отношению к понятию «теория»; в то же время он устранил многие излишне «субъективные» аспекты моделирования в пользу «объективистской» интерпретации модели как изо- или гомо-морфной структуры. Прагматический подход, напротив, акцентировал «субъективные» аспекты: модель кто-то строит, она нужна для чего-то кому-то, модель выполняет множество функций, моделирование несводимо к теоретизированию и экспериментированию, и т.д. Моделирование стало рассматриваться как *автономная* научная практика, *наряду* с построением теорий (а не в качестве ее основы!) и *наряду* с экспериментированием (а не в качестве его заменителя!).

Мы полагаем, что такое развитие эпистемологии моделирования не было случайным. Прагматические аспекты моделирования были «встроены» в этот дискурс изначально (и прослеживаются уже у Максвелла), а переход к прагматическому подходу означает лишь выдвижение этого аспекта на приоритетные позиции. В этом смысле прагматический подход (Картрайт,

Морган, Моррисон и др.) является наиболее последовательной экспликацией того, что было заложено в эпистемологии моделирования с самого начала. Те моменты, которые прагматический подход сделал центральными для эпистемологии моделирования, уже «просвечивали» и в синтаксическом, и в семантическом подходе, несмотря на их явную анти-субъективность. Поэтому мы делаем вывод: именно *прагматика* моделирования является его наиболее существенной и значимой эпистемологической характеристикой, первичной по отношению к гомоморфизму структур или к логической связности с теорией.

Но здесь, конечно, впору задаться вопросом: а что именно считать прагматикой? Или, расширяя и усложняя контекст, что такое современная прагматическая эпистемология моделирования?

Во второй главе мы попытались ответить на этот вопрос. Последовательно развитая прагматическая эпистемология научного моделирования должна поставить во главу угла моделирующего субъекта. Мы обнаруживаем такую постановку проблемы в эпистемологических концепциях моделирования, близких марксизму: Вартофский, Уемов, Штофф.

Концепции первых двух представляются не удовлетворительными, но в разных отношениях. Вартофский излишне *релятивизирует* практику моделирования, по сути, отождествляя ее с репрезентацией вообще, а репрезентацию определяя как чуть ли не все, что угодно считать репрезентацией. Тем самым он радикализирует идеи прагматического подхода, описанные в первой главе. Уемов, напротив, ищет *объективное* содержание моделирования в инвариантах различных определений понятий модели, и интерпретирует это объективное содержание логически, в духе синтаксического или семантического подходов. Однако отождествление логики и эпистемологии, явно выраженное здесь (и продолжающее линию Зиновьева), несовместимо с важным для нас различием *модели* и *высказывания* о ней.

Концепция Штоффа оказалась наиболее сбалансированной: с одной стороны, она воздает должное общественной практике, в особенности коллективной (поэтому марксизм здесь оказывается продуктивным), с другой – она использует гносеологическую «теорию отражения» как объективирующий фактор моделирования (моделирование – тоже «отражение»). Хотя мы не согласны с теорией отражения, на базе концепции Штоффа можно сформулировать такое определение модели и моделирования, которое следует направлению развития эпистемологического дискурса, реконструированному в главе 1. Это определение следующее:

***Моделирование** – это деятельность по целенаправленному воспроизводству структуры объекта познания.*

***Модель** – всякий результат такой деятельности, то есть (по Штоффу) мысленное представление или материальная реализация структуры, созданные субъектом в целях получения информации об объекте познания.*

Во-первых, мы ставим определение «модели» в зависимость от определения «моделирования», что в наилучшей степени выражает прагматический акцент. Во-вторых, отсылка к «структуре» работает в данном случае как заменитель концепции «отражения»: объективная связь модели и моделируемого выражается в структурном соответствии. Это структурное соответствие можно выразить строгим образом, сохраняя дух прагматического подхода, но и привнося объективность сематического подхода. Понятие «гомоморфизм», специально проработанное Гастевым для эпистемологии моделирования, используется нами в согласии с прагматической ориентацией; таким образом, можно принять теоретико-множественную интерпретацию моделирования и в должной мере учесть его прагматические аспекты.

Дальнейший анализ требовал попытаться сопоставить научные модели с экспериментами вообще и с мысленными экспериментами в частности, так как формально они могли бы подойти под вышеуказанные характеристики, но

фактически ученые часто резко различают эти практики. Экспериментальная деятельность, естественно, довольно рано в философии науки стала предметом интереса: в диссертации рассмотрены концепции эксперимента по Миллю, Маху, Карнапу, и во всех этих случаях, как и в ситуации с эпистемологией моделей, отрицается специфика практики, но явно проглядывает субъектно-прагматический аспект. Но полноценный экспериментализм в философии науки связан с последней четвертью XX века, и в особенности – с Хакингом.

Экспериментализм Хакинга имеет существенные пересечения с моделизмом Штоффа, и мы ставим вопрос о том, не является ли всякая экспериментальная практика в то же время и моделированием. Различие между экспериментом и моделью – количественное, а не качественное. Не существует «естественных» экспериментальных объектов в противоположность «заместителям» в моделях. И эксперименты, и модели при этом занимают промежуточное положение между теориями и феноменами. Однако то же промежуточное положение, на наш взгляд, занимают и «мысленные эксперименты», которые, с одной стороны, работают со следствиями теоретических предпосылок, а с другой – имеют квази-эмпирический характер и даже могут подтвердить или опровергнуть теорию. Таким образом, в подвешенном промежуточном положении между чистой теорией и чистыми феноменами оказываются сразу три формы научного знания: мысленный эксперимент, натурный эксперимент и моделирование.

В качестве общей картины научной деятельности целесообразно использовать схему континуума научных практик. Эта схема описывает пять вариантов научной деятельности, расположенных по степени их «искусственности» - от наиболее «естественного» *наблюдения* до наиболее «искусственной» *теории*. В промежутке между ними расположены физический, модельный и мысленный эксперименты. Мы утверждаем, что, хотя между этими конкретными практиками можно выделить существенные

отличия, если смотреть на их наиболее яркие черты, тем не менее, нельзя четко обозначить границы между ними и сказать, где кончается деятельность одного типа и начинается деятельность другого типа. Например: мы всегда отличим *типичный* «модельный» эксперимент от *типичного* «физического» («натурного») или от *типичного* мысленного («умственного»/«воображаемого»). Но при этом мы всегда можем помыслить и такой тип эксперимента, который нельзя однозначно отнести только к одному из этих видов. Понятие «континуум» обозначает отсутствие значимых разрывов между этими пятью практиками. (см. раздел 3.1).

В третьей главе рассматривались непосредственно вычислительные эксперименты. Вслед за Келлер и другими мы полагаем, что формирование компьютерных симуляций как самостоятельной практики носило постепенный характер, от вычислений в Лос-Аламосе до современной повсеместной имплементации. Начиная приблизительно с 1980-х годов, вычислительный эксперимент обретает значение автономной научной практики. «Автономность» здесь означает, по сути, то же, что и (полу-)автономность моделей в прагматическом подходе: специфические способы *конструирования, функционирования, репрезентирования и обучения*. В рамках вышеописанной прагматической эпистемологии моделирования это значит, что теперь есть люди, специальной *научной практикой* которых является построение и использование компьютерных моделей. В очередной раз уточним, что, хотя в названии использовано понятие «вычислительный эксперимент», в большинстве случаев (если не оговорено иное) это синоним «компьютерной симуляции» или «компьютерного моделирования»; приоритетность первого понятия объясняется присутствием слова «эксперимент», указывающего на родство с экспериментальными практиками – как натурными, так и мысленными/воображаемыми.

Автономность вычислительных экспериментов мы связываем с различными особенностями вычислительного устройства (компьютера). Так,

компьютеру требуется дискретизировать симулируемый процесс, чтобы производить расчеты, и эта дискретизация порождает целый пучок проблем эпистемологического характера. Одна из них – темпоральное несоответствие между процессом вычисления и симулируемым процессом; другая – необходимость вносить контртеоретические поправки и допущения («трюк Аракавы»), чтобы скорректировать итеративную вычислительную ошибку; третья – особые способности компьютера к визуальной репрезентации результатов, недостижимой иными средствами; четвертая – необозримое для человеческого интеллекта количество совершаемых операций; пятая – повышенная пластичность устройства компьютера, позволяющая при минимальных материальных изменениях моделировать максимально большое разнообразие объектов; и так далее.

Приведенный выше список, конечно, неполон: он не отражает даже те особенности, которые упомянуты в основном тексте диссертации, не говоря уже о многих предположительно важных вещах, выпавших из поля зрения. Однако результатами рассмотрения в третьей главе являются два ключевых тезиса: 1) вычислительные эксперименты действительно обладают автономией и спецификой, требующей специального эпистемологического анализа; 2) эта автономия *не порождает*, в противовес распространенному мнению, «новой эпистемологии» компьютерных симуляций. Напротив, все упомянутые (и, вероятно, неупомянутые тоже) особенности вычислительных экспериментов становятся яснее, если вписать их в более широкий дискурс научного моделирования (рассмотренный выше в главах 1 и 2).

Специально был рассмотрен «аргумент материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций: тезис о том, что эпистемологический статус результатов компьютерного моделирования коррелирует со степенью материального соответствия модели и целевой системы. Этот аргумент неверен, что становится особенно очевидным при привлечении прагматической эпистемологии моделирования. Материальное

сходство изучаемой системы и модели работает (с оговорками) как аргумент, повышающий доверие к результату, в случае натурального эксперимента, но не работает в случае эксперимента вычислительного. Достоверность результата вычислительного эксперимента зависит от многих параметров (как показал Ленхард), но среди них материальное сходство занимает одно из последних мест. Гораздо большее значение имеет соответствие между результатами вычислительного экспериментирования и эмпирическими данными о поведении тех или иных систем. «Итеративно-исследовательский характер» вычислительного эксперимента (словами Ленхарда) означает, по сути, повторяющееся снова и снова использование метода проб и ошибок, где «ошибки» — это не то, что противоречит теории, а то, что не находит соответствия в накопленных данных. Поэтому кажется, что вычислительный эксперимент обладает существенной степенью произвола по сравнению с «обычными» научными практиками (или, если выразиться аккуратнее, - по сравнению с нашим «обычным» представлением о научных практиках). Но при всей своей произвольности вычислительный эксперимент является *методологией*, то есть некоторым набором регулятивов, и тогда, во-первых, в этой методологии должно быть дозволено далеко не все, а во-вторых, она производит научно значимые результаты. Мы приблизительно понимаем, что ограничивает свободу экспериментатора в натурном эксперименте, но что ограничивает свободу в вычислительном эксперименте? Как отделяются мухи от котлет?

Наиболее существенным здесь, как и в случае научных моделей вообще, оказывается коммуникативный аспект. (Это лишний раз свидетельствует, что продуктивно вписывать эпистемологию вычислительных экспериментов в более общий контекст, а не рассматривать ее как радикально иную). Результат вычисления должен быть некоторым образом представлен, чтобы быть сообщенным, а это представление должно подразумевать возможность установить соответствие между ним и другими элементами научного знания. Поэтому, с одной стороны, требуются узнаваемые научными субъектами

формы репрезентации (и так важна визуализация!), а с другой – требуются воспринимающие и понимающие («тренированные», словами Дастон и Галисона) субъекты. При отсутствии этих условий любая из «континуума научных практик», и в частности, вычислительный эксперимент, не будет работать как источник знания. Это не значит, что достоверность прямо пропорциональна доступности репрезентации (мол, чем красивее изображение, тем вернее эксперимент), потому что достаточно «тренированный» субъект оценивает не только доступность и имеет специфические критерии доступности, которые могут сильно отличаться от критериев неспециалиста. Более важно – соответствует ли форма репрезентации поставленной исследовательской *цели*, а как раз способы установления такого соответствия (а также, собственно, сами цели и ценности научной практики) составляют существенную часть «тренировки» субъектов. Поэтому любой произвольный «вычислительный экспериментатор» далеко не свободен в том, что и как симулировать. На наш взгляд, это не сильно отличается от ситуации с классическим экспериментом, требования к которому также зависят в первую очередь от научного сообщества, к которому принадлежит экспериментатор. Но это последнее утверждение требует отдельного обоснования.

В конце главы 3 сформулированы четыре тезиса, характеризующие эпистемологический статус вычислительных экспериментов с позиции субъектно-прагматической эпистемологии:

- 1) Как и всякая модель, компьютерная модель является моделью *только в силу того и только после того*, как принято решение использовать ее в таком качестве. Это значит, что нужен целеполагающий субъект, и «нечеловеческая эпистемология» (в духе Б. Латура) нас не устраивает – по крайней мере, пока не будет показано, что «нечеловеки» могут эксплицитно целеполагать в том же смысле, что и люди.

- 2) Модель создается *таким образом*, чтобы другой познающий субъект мог ее *понять* и *использовать* для получения знания. Если некоторая форма передачи научного содержания никем *не воспринимается* в таком качестве, то это означает только, что она ей *не является*. Значимость визуализаций в компьютерном моделировании подчеркивает это особенно ярко.
- 3) Дискретность вычислительного эксперимента создает специфику, не свойственную ни «обычному» решению уравнений, ни «обычному» материальному экспериментированию. В частности, достоверность теперь определяется *не* как корректность дедуктивного следствия из посылок теории, а *как* способность предсказать практически корректный результат, то есть результат, в большей мере соответствующий поставленной цели.
- 4) Имматериализм. Модель может состоять из *материи*, быть *мысленной* конструкцией или реализоваться на *вычислительном* устройстве. Ее эпистемологический статус *вообще не определяется* выбором одной из этих альтернатив.

В итоге мы можем сказать, что в континууме научных практик вычислительные эксперименты являются подвидом того, что обычно называют «модельными экспериментами» (экспериментами с моделями), но поскольку моделирование составляет существенную часть смежных форм научной работы (как натурного, так и мысленного экспериментирования), многие вычислительные эксперименты имеют с ними общие черты или даже буквально одновременно являются ими.

Список литературы

1. Achinstein P. Concepts of science: a philosophical analysis. – Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1968.
2. Apostel L. Towards the formal study of models in the non-formal sciences // Synthese. – Vol. 12, 1960. – pp. 125-161.
3. Beisbart C. Are computer simulations experiments? And if not, how are they related to esch others? // European Journal for Philosophy of Science. – 2017. – Vol. 8, №2. – P. 171-204.
4. Boltzmann L. Model // Encyclopaedia Britannica. 10th ed. London: The Times Printing House, 1902.
5. Carnap R. Foundations of logic and mathematics // International Encyclopedia of Unified Science. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955.
6. Cartwright N. How the laws of physics lie. – Oxford, NY: Oxford University Press, 1983.
7. Contessa G. Scientific models, partial structures and the new received view of theories // Studies in History and Philosophy of Science. – Vol.37, 2006. – pp. 370-377.
8. Da Costa N., French S. The Model-theoretic approach in the philosophy of science // Philosophy of science. – Vol.57 (2), 1990. – pp. 248-265.
9. Duhem P. La science allemande. Paris: Hermann et fils, 1915.
10. Dupre J. Processes of life: Essays in the Philosophy of Biology. Oxford, 2012.
11. Duran J. A brief overview of the philosophical study of computer simulations // American Philosophical Association Newsletter on Philosophy and Computers.— 2013. — Vol. 13. — P.38–46.
12. Duran J. The use of the materiality argument in the literature on computer simulations // Computer simulations and the changing face of scientific experimentation. Ed. by Duran J., Arnold E. – Cambridge Scholars Publishing, 2013. – Pp. 76–98.

13. Frank P. Foundations of physics // International Encyclopedia of Unified Science. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955.
14. French, S., da Costa, N. Theories, models and structures: thirty years on // Philosophy of science. – Vol. 67, 2000. – pp. 116-127.
15. Frigg R., Reiss J. The philosophy of simulation: hot new issues or same old stew? // Synthese. – Vol. 169 (3). – pp. 593-613.
16. Galison P. Computer simulation and the trading zone // Disunity of science: Boundaries, contexts, and power / ed. by P. Galison & D. Stump – California: Stanford University, 1996, – P.118–157.
17. Godfrey-Smith P. Models and fictions in science // Philosophical studies. – Vol. 143 (1), 2009. – pp. 101-116.
18. Guala F. Models, simulations, and experiments // Model-based reasoning: science, technology, values. Eds.: Magnani L., Nersessian N. – NY: Springer Science+Business Media, 2002. – pp. 59-74.
19. Hacking I. Do Thought Experiments Have a Life of Their Own? Comments on James Brown, Nancy Nersessian and David Gooding // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, 1992. – pp. 302 - 308.
20. Harre R. The Materiality of Instruments in a Metaphysics for Experiments // The Philosophy of Scientific Experimentation / ed. by H. Radder. – Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – pp. 19-38.
21. Hartmann S. The World as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences // Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View / ed. by Hegselmann, R., Mueller, U., Troitzsch, K.G.. – Springer, Dordrecht, 1996. – P.77–100.
22. Hayenga M., Manetsch T., Halter A. Computer Simulation as a Planning Tool in Developing Economies // American Journal of Agricultural Economics. - Vol. 50 (5), 1968. - pp. 1755–1759.
23. Hesse M. Models and analogies in science. – Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1970.

24. Hughes R.I.G. The Ising model, computer simulation, and universal physics // *Models as mediators: perspectives on natural and social science*. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – pp. 97-145.
25. Humphreys P. Computer Simulations // *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. – 1990. – Vol. 2. – P. 497–506.
26. Humphreys P. The philosophical novelty of computer simulation methods // *Synthese*. – Vol. 169 (3), 2009. – pp. 615–626.
27. Humphreys, P. *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*. – Oxford University Press, 2004.
28. Jebeile J. Computer simulation, experiment, and novelty // *International Studies in the Philosophy of Science*. – 2017. – vol. 31 (4). – P.379–395.
29. Keller E.F. Models, simulation and “computer experiments” // *The philosophy of scientific experimentation*. Ed. Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – pp. 198–215.
30. Kuhn T. A Function for Thought Experiments // Kuhn T. *The Essential Tension. Selected studies in scientific tradition and change*. – Chicago and London. The University of Chicago Press, 1977. – pp. 240-265.
31. Ladyman J. What is structural realism? // *Studies in history and philosophy of science Part B: Studies in history and philosophy of modern physics*. – Vol. 29, 1998. – pp. 409-424.
32. Lenhard J. *Calculated Surprises. A Philosophy of Computer Simulation*. – Oxford: Oxford University Press, 2019.
33. Lenhard J. Computer simulation: the cooperation between experimenting and modelling // *Philosophy of science*. – Vol. 74 (2), 2007. – pp.176-194.
34. Mainx F. *Foundations of biology* // *International Encyclopedia of Unified Science*. Vol. 1. Part 1. Cambridge, 1955.
35. Mäki U. Models are experiments, experiments are models // *Journal of Economic Methodology*. – Vol. 12(2),2005. – pp. 303–315.

36. Maxwell J. K. An elementary treatise on electricity. Oxford: Clarendon Press, 1881.
37. Modrack D. Aristotle on phantasia // The Routledge Handbook of Philosophy of Imagination / ed. by Kind A. – London and NY, Routledge, 2016. – pp. 15-26.
38. Morgan M. Experiments versus models: New phenomena, inference and surprise // Journal of Economic Methodology. – 2005. – Vol.12:2, – P. 317–329.
39. Morgan M. Experiments without material intervention: model experiments, virtual experiments and virtually experiments // The philosophy of scientific experimentation. Ed. Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – pp. 216-235.
40. Morgan M. Model experiments and models in experiment // Model-based reasoning: science, technology, values. / ed. by: Magnani L., Nersessian N. – NY: Springer Science+Business Media, 2002. – P. 41–58.
41. Morrison M. Models as autonomous agents // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – pp. 38-65.
42. Morrison M. Models, measurement and computer simulation: the changing face of experimentation // Philosophical Studies. – 2009. – Vol.1, – P. 33-57.
43. Morrison M. Reconstructing reality: models, mathematics and simulations. – NY: Oxford University Press, 2014.
44. Morrison M., Morgan M. Models as mediating instruments // Models as mediators: perspectives on natural and social science. Eds. Morrison M., Morgan M. – NY: Cambridge University Press, 1999. – pp. 10-37.
45. Nagel E. The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation. Harcourt, Brace & World, 1961.
46. Parker W. Does matter really matter? Computer simulations, experiments, and materiality // Synthese, 2009. – Vol. 169. – pp. 483–496.

47. Radder H. The material realization of science: a philosophical view on the experimental natural sciences. – Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1988.
48. Reddy R. Epistemology of Knowledge-Based Systems // Simulation. – 1987. – vol. 48. – P.161–170.
49. Reichenbach H. Experience and prediction. An analysis of the foundations and the structure of knowledge. Chicago: University of Chicago Press, 1938.
50. Rentenzi M. The metaphorical conception of scientific explanation: rereading Mary Hesse // Journal for general philosophy of science. – Vol. 36, 2005. – pp. 377-391.
51. Rohrlich F. Computer Simulation in the Physical Sciences // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. – The University of Chicago Press on behalf of the Philosophy of Science Association, 1990. – Vol. 2: Symposia and Invited Papers. – P. 507–518.
52. Rosenblueth A., Wiener N. The role of models in science // Philosophy of science. – Vol. 12 (4), 1945. – pp. 316-321.
53. Saam N. What is a Computer Simulation? A Review of a Passionate Debate // Journal for General Philosophy of Science. – 2017. – Vol. 48(2). – P. 293–309.
54. Seiden P.E., Schulman L.S. Percolation model of galactic structure // Advances in Physics. – Vol. 39 (1), 1990. – pp. 1-54.
55. Shapin S., Schaffer S. Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life (with a new introduction by the authors). – Princeton: Princeton University Press, 2011.
56. Suppe F. The semantic conception of theories and scientific realism. – Urbana and Chicago: University of Illinois Press, 1989.
57. Suppes P. A Comparison of the Meaning and Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences // Synthese.- Vol. 12, 1960. – pp. 287–301.

58. Suppes P. Introduction to Logic. – NY: Van Nostrand Reynold Company, 1957.
59. The Aesthetics of Science. Beauty, Imagination and Understanding / eds. Ivanova M., French S. – NY: Routledge, 2020.
60. Van Fraassen B. Scientific image. – NY: Oxford University Press, 1980.
61. Visualization in the Age of Computerization / Eds. Carusi A., Sissel Hoel A., Webmoor T., Woolgar S. – NY: Routledge, 2014.
62. Weisberg M. Simulation and similarity: using models to understand the world. – NY: Oxford University Press, 2013.
63. Winsberg E. Sanctioning Models: The Epistemology of Simulation // Science in Context. – Vol. 12(2), 1999. – pp. 275-292.
64. Winsberg E. Science in the age of computer simulation. – Chicago and London: The University of Chicago Press, 2010.
65. Winther R. Mathematical modelling in biology: philosophy and pragmatics // Frontiers in plant science. – Vol.3, 2012.
66. Winther R. The Structure of Scientific Theories // The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.). – URL: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/structure-scientific-theories/>>.
67. Woodward J. Experimentation, Causal Inference and Instrumental Realism // The Philosophy of Scientific Experimentation / ed. by H. Radder. – Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. – pp. 87-118.
68. Worrall J. Structural realism: the best of both worlds? // Dialectica. – Vol.43, 1989. – pp. 99-124.
69. Ахутин А.В. Эксперимент и природа. – СПб: Наука, 2012.
70. Бергер П., Лукман Т. Социальное конструирование реальности. – М., 1995.
71. Больцман Л. Примечания к работе Максвелла «О фарадеевых силовых линиях» // Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952. – С. 89-104.

72. Вайнберг С. Объясняя мир: истоки современной науки. – М.: Альпина нон-фикшн, 2018.
73. Вартофский М. Модели. Репрезентация и научное понимание. – М.: Прогресс, 1988.
74. Вархотов Т.А., Волошин М.Ю. Таксономия нематериального эксперимента // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2025. – №1(43). – С. 138-167.
75. Вархотов Т.А. В поисках эпистемологии согласия: к 35-летию «Левиафана и воздушного насоса» // Логос. - №3 (30), 2020. – С. 178-201.
76. Вархотов Т.А. Конструктивистская программа в философии и методологии науки // Философия науки: исторические эпохи и теоретические методы / под ред. В.Г. Кузнецова и др. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2006. – С. 90-125.
77. Вархотов Т.А. От воображения к карте: недискурсивные основания мысленного эксперимента // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – №62, 2021. – С. 250-259.
78. Вархотов Т.А. Роль воображения в системе конструирования предметностей научного знания у Г. Лейбница // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. – №.4, 2017. – С. 53-68.
79. Вархотов Т.А. Трансгрессия и воображение в воспроизводстве научного знания // Философия и наука: проблемы соотнесения. Алёшинские чтения – 2016: Материалы междунар. конф. Москва, 7–9 декабря 2016 г. / Отв. ред. Т.А. Шиян. – М.: РГГУ, 2016. – С. 87-92.
80. Витгенштейн Л. Логико-философский трактат. – М.: Канон + РООИ «Реабилитация», 2017.
81. Волошин М. Две истории биоинформатики: наука о данных vs наука о жизни // Логос. – №3, 2020. – С. 1-20.

82. Волошин М.Ю. Контингентность генетической информации: pro et contra // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2023. – Т. 7, № 1. – С. 317-339.
83. Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35.
84. Волошин М.Ю. «Принцип материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2024. – Т. 8, № 3. С. 310-335.
85. Гадамер Г.-Г. Философские основания XX века // Гадамер Г.-Г. Актуальность прекрасного. М.: Искусство, 1991. – С. 16-26.
86. Гастев Ю.А. Гомоморфизмы и модели. Логико-алгебраические аспекты моделирования. – М.: Наука, 1975.
87. Дастон Л., Галисон П. Объективность. – М.: Новое Литературное Обозрение, 2018.
88. Дюгем П. Физическая теория, ее цель и строение. – М.: КомКнига, 2007.
89. Журнал «Erkenntnis» («Познание»). Избранное. – М.: Издательский дом «Территория будущего», Идея-Пресс, 2006.
90. Зиновьев А.А., Ревзин И.И. Логическая модель как средство научного исследования // Вопросы философии. - № 1, 1960. - С. 82–88.
91. Измайлов Г. Н. Абсолютно чёрное тело // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал – URL: <https://bigenc.ru/c/absoliutno-chiornoe-telo-0350cd/?v=5011957>. – Дата публикации: 27.09.2022
92. Каган М.С. Петербургский философ Виктор Штофф // Виктор Александрович Штофф и современная философия науки / сост., отв. ред. Ю.М. Шилков. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – С. 47-61.
93. Калиткин Н.Н. Мой учитель // Модель академика А.А. Самарского: Избранные статьи. Очерки. Документы / Сост. и ред.: Четверушкин

- Б.Н., Самарская Е.А., Самарская Т.А., Богомолов С.В. – М.: МАКС Пресс, 2019. – С. 112-126.
94. Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. - М.: Прогресс, 1971.
95. Карнап Р., Ган Г., Нейрат О. Научное миропонимание – Венский кружок // Логос. - №2, 2005. – С. 13-26.
96. Кнорр-Цетина К. Наука как практическая рациональность // Ионин Л.Г. Философия и методология эмпирической социологии — М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2004. – С. 318-330.
97. Кошовец О.Б., Вархотов Т.А. Эксперименты без материи: модели в теоретической экономике // Эпистемология и философия науки. - №3 (49), 2016. – С. 124-139.
98. Куайн У. Две догмы эмпиризма // Куайн У. Слово и объект. – М.: Логос, Праксис, 2000. – С. 342-367.
99. Куайн У. О том, что есть // Куайн У. Слово и объект. – М.: Логос, Праксис, 2000. – С. 325-341.
100. Кузнецова Н.И., Розов М.А., Шрейдер Ю.А. Объект исследования – наука. – М.: Новый Хронограф, 2012.
101. Латур Б. Наука в действии: следуя за учеными и инженерами внутри общества. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2013.
102. Латур Б. Научные объекты и правовая объективность // Культиватор. – 2011. – № 2. – С. 74-94.
103. Латур Б. Нового времени не было. Эссе по симметричной антропологии. – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2006.
104. Латур Б. Пастер: Война и мир микробов, с приложением «Несводимого». – СПб.: Изд-во Европейского ун-та, 2015.
105. Липкин А.И. Основания современного естествознания. Модельный взгляд на физику, синергетику, химию. – М.: Вузовская книга, 2001.

106. Максвелл Дж. К. О фарадеевых силовых линиях // Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952. – С. 8-88.
107. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т. Т.1. М.: Наука, 1989.
108. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т. Т.2. М.: Наука, 1989.
109. Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М.: Наука, 1970.
110. Мамчур Е.А. Объективность науки и релятивизм (к дискуссиям в современной эпистемологии). – М.: ИФ РАН, 2004.
111. Маркс К. Тезисы о Фейербахе // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т.3. С. 1. – М., 1955.
112. Мах Э. Анализ ощущений. М.: Территория будущего, 2005.
113. Мах Э. Механика. Историко-критический очерк ее развития. Ижевск, 2000.
114. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
115. Мах Э. Предисловие к немецкому изданию // Дюгем П. Физическая теория, ее цель и строение. – М.: КомКнига, 2007. – С. 3-4.
116. Милль Дж.С. Система логики силлогистической и индуктивной: Изложение принципов доказательства в связи с методами научного исследования. Изд. 5-е, испр. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2011.
117. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.-Л., 1936.
118. Огурцов А.П. История методологии науки: реальные и виртуальные трудности // Методология науки: проблемы и история. М., 2003. – С.221-241.
119. Огурцов А.П. Развитие методологического сознания ученых XIX века: и проблемы методологии науки // Методология науки: проблемы и история. М., 2003. – С. 242-341.

120. Ортега-и-Гассет Х. Две главные метафоры // Ортега-и-Гассет Х. Эстетика. Философия культуры. – М.: Искусство, 1991. – С. 203-217.
121. Ортега-и-Гассет Х. Эссе на эстетические темы в форме предисловия // Ортега-и-Гассет Х. Эстетика. Философия культуры. – М.: Искусство, 1991. – С. 93-112.
122. Поппер К. Предположения и опровержения: рост научного знания. – М.: АСТ, 2004.
123. Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант: К решению парадокса времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
124. Рорти Р. Релятивизм: найденное и сделанное // Философский прагматизм Ричарда Рорти и российский контекст. – М., 1997.
125. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. – М.: Наука, 1974.
126. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1972.
127. Сокулер З.А. Вычислительный эксперимент как проблема для эпистемологии // Вестник Московского университета. Серия 7. Философия. – №.4, 2014. – С. 49-64.
128. Степин В.С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2003.
129. Субботин А. Л. Джон Стюарт Милль об индукции. – М. : ИФ РАН, 2012.
130. Уемов А.И. Логические основы метода моделирования. – М.: Мысль, 1971.
131. Философия и естествознание. Журнал «Erkenntnis» («Познание»). Избранное. – М.: Идея-Пресс, «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2010.
132. Фоллмер Г. Эволюционная теория познания. Врожденные структуры познания в контексте биологии, психологии, лингвистики, философии и теории науки. – М.: Русский Двор, 1998.
133. Франк Ф. Философия науки. Связь между наукой и философией. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960.

134. Фурсов А.А. Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. – М.: Издатель Воробьев А.В., 2013.
135. Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998.
136. Хамдамов Т.В. Компьютерный поворот в философии XXI в. (Размышления над книгой Йоханнеса Ленхарда «Сюрпризы вычислений. Философия компьютерных симуляций») // Вопросы философии. – № 5, 2021. – С. 36-46.
137. Хамдамов Т.В., Волошин М.Ю. Концептуализация компьютерных симуляций в философии науки // Эпистемология и философия науки. – 2021. – Т.58 №2. – С. 151–169.
138. Холтон Дж. Тематический анализ науки. М.: Прогресс, 1981.
139. Шрейдер Ю.А. Логика знаковых систем: элементы семиотики. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
140. Штофф В.А. Моделирование и философия. – М.-Л.: Наука, 1966.
141. Щетников А.И. Аристотелев корпус. Механические проблемы // Scholē, СХОЛЭ. 2012. №2. – С. 405-433.
142. Энгельс Ф. Диалектика природы // К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения. Т.20. – М.: Госполитиздат, 1961. – С. 339-626.
143. Ядов В.А. Стратегии социологического исследования. Описание, объяснение, понимание социальной реальности. – М.: Добросвет, 1999.