

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Волошин Михаил Юрьевич

Эпистемологический статус вычислительных экспериментов

5.7.6. Философия науки и техники

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата философских наук

Москва – 2025

Диссертация выполнена на кафедре философии и методологии науки философского факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Научный руководитель: **Вархотов Тарас Александрович,**
кандидат философских наук, доцент

Официальные оппоненты: **Кузнецова Наталия Ивановна,**
доктор философских наук (б/звания);
ФГБУН Институт истории естествознания и
техники им. С.И. Вавилова РАН, отдел
науковедения, главный научный сотрудник;

Шиповалова Лада Владимировна,
доктор философских наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет», Институт
философии, кафедра философии науки и
техники, заведующая кафедрой;

Шапошников Владислав Алексеевич,
кандидат философских наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М.В.Ломоносова»,
философский факультет, кафедра философии
естественных факультетов, заведующий
кафедрой.

Защита диссертации состоится «28» мая 2025 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета МГУ.057.1 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119234, г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, корп. 4 (учебно-научный корпус «Шуваловский»), философский факультет, аудитория А-518 (Зал заседаний Ученого совета факультета).

E-mail: diss@philos.msu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций Научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3372>.

Автореферат разослан «___» апреля 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат философских наук, доцент

Е.В. Брызгалина

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

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

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. Суппес, 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. Косареву 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. Нерсессян, 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.

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.
- 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 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.»²

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, что этот автор имел в виду”».³ 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 рефлекссию 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 Гадамер Г.-Г. Философские основания XX века // Гадамер Г.-Г. Актуальность прекрасного. М.: Искусство, 1991. – С. 24-25

³ Там же. – С. 19.

- 2) Так называемый «прагматический подход» (представленный, в первую очередь, работами Н. Картрайт, 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 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 протянулся «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.

Диссертация прошла обсуждение на кафедре философии и методологии науки философского факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и получила положительное заключение.

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 г.
- 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 г.
- 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 г.

- 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 г.
- 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 г.
- 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 г.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертация состоит из введения, трех глав, разбитых на разделы, заключения и списка литературы.

Во **введении** обосновывается актуальность темы исследования, характеризуется степень разработанности проблемы, определяются объект и предмет, цели и задачи исследования, раскрывается научная новизна исследования, его теоретическая и практическая значимость, описывается методология исследования, выдвигаются положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Эпистемология научного моделирования» 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.

В разделе 1.1 «Дюгем contra Максвелл: фальстарт эпистемологии моделирования» позиция Дюгема по отношению к моделям и конкретно к моделированию у Максвелла была подробно проанализирована и сопоставлена с позициями Маха и Больцмана. Показано, 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.

В разделе 1.2 «Стандартная концепция науки (“Received View”) и место моделей в ней» рассматривается роль моделей в рамках синтаксического подхода к структуре научной теории (в частности, у Р. Карнапа, Ф. Франка и особенно Э. Нагеля). Общим местом этого подхода является недооценка или даже полное игнорирование проблематики моделирования. 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.*

В разделе 1.3. «Роль моделей в науке»: язык или практика?» рассматриваются первые попытки (на фоне доминирования логического позитивизма в философии науки) воздать должное роли моделей в науке: работы Н.Винера, А.Розенблюта, Л.Апостела. Можно заметить на основании этих работ, что оценка научных моделей как значимых составляющих знания положительно коррелирует с акцентировкой прагматических свойств моделирования: учетом субъекта моделирования, его целей и задач, исследовательского контекста.

В разделах 1.4. «Ранние прагматические классификации моделей» и 1.5 «Мэри Хессе: модели, аналогии и метафоры» анализируется возрождение эпистемологии моделирования, которое хронологически совпадает с «началом конца» логического позитивизма. Мы связываем его в первую очередь с работами П. Ачинстайна и М. Хессе, которые подрывают не только и не столько позитивизм как таковой, сколько упорное игнорирование им проблематики научных моделей. Здесь 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*. В особенности значимым для нас является коммуникативный аспект моделирования, подчеркиваемый М. Хессе, а также ее концепция модели как совокупности трех видов аналогий (позитивной, негативной и нейтральной).

В разделе 1.6. «Семантический (теоретико-множественный) подход: модели как гомоморфные структуры» рассматривается наиболее известная и развитая альтернатива синтаксическому подходу — семантический, или теоретико-множественный подход, представленный работами Б. ван Фраассена,

П. Суппеса и др. Семантический подход породил интерпретацию теории как иерархической совокупности моделей, сделав тем самым понятие «модель» первичным по отношению к понятию «теория». Но в то же время он устранил многие излишне «субъективные» аспекты моделирования в пользу «объективистской» интерпретации модели как изо- или гомо-морфной структуры. На наш взгляд, хотя понятие «модель» здесь и оказалось в центре внимания, избыточная формализация моделирования приводит к утрате связи с действительной научной практикой.

В разделе **1.7. «Прагматический подход: автономность модельных практик»** рассматривается третья альтернатива (наряду с синтаксическим и семантическим подходом) – прагматический подход (Н.Картрайт, М.Моррисон и др.) Он, 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). Выделяются четыре аспекта такой автономии: конструирование, функционирование, репрезентация и обучение.

В разделе **«1.8. Промежуточные выводы. Прагматический аспект моделирования»** подводятся итоги рассмотрения истории эпистемологии в первой главе. Мы полагаем, что развитие эпистемологии моделирования в сторону прагматического подхода 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. Здесь возникает вопрос: а что именно считать прагматикой? Или, расширяя и усложняя контекст, какой должна быть современная прагматическая эпистемология моделирования?

Во второй главе «Опыт прагматической эпистемологии моделирования» 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.

В разделе 2.1. «Модели, репрезентации и первичность практики» ставится задача сформулировать общую рамку прагматической эпистемологии моделирования, а также рассматривается и критикуется концепция моделирования М. Вартофского. 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. Мы не можем принять такую радикальную релятивизацию, поскольку ее следствием оказывается позиция «модель – это все, что некто считает моделью».

В разделе 2.2 «Обобщение значений термина «модель» по А.И. Уемову» рассматривается попытка советского философа классифицировать и обобщить все известные значения понятия «модель». Уемов, в отличие от Вартофского, ищет *объективное* содержание моделирования в инвариантах различных определений понятий модели, и интерпретирует это объективное содержание логически, в духе синтаксического или семантического подходов. Отождествление логики и эпистемологии, явно

выраженное здесь, продолжает линию А.А. Зиновьева в обсуждении проблематики моделирования. Мы анализируем подход Зиновьева и делаем вывод, что он, как и Уемов, тесно связывает модель с процедурой логического вывода из высказываний. Это несовместимо с важным для нас различием *модели* и *высказывания* о ней. Чтобы избежать как избыточной логической строгости Уемова-Зиновьева, так и избыточной релятивизации Вартофского, мы формулируем два ограничения для потенциальной концепции моделирования: 1) она должна учитывать не индивидуальную практику моделирования, а коллективную (в перспективе научного сообщества), 2) она должна быть не просто намерением субъекта, но и некоторым действием, воспринимаемым со стороны сообщества.

В разделе 2.3 «Прагматическое (практическое) понятие модели. Концепция В.А. Штоффа и собственное определение моделирования» анализируется подход В.А. Штоффа к проблеме моделирования. Концепция Штоффа, несмотря на некоторые существенные недостатки, 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.

В разделе 2.4 «Быть моделью» как отношение. Отражение и гомоморфизм» как раз и осуществляется концептуализация этого структурного соответствия. Предварительно можно сказать, что из нашей перспективы отношение «быть моделью» не является симметричным (из «А – модель Б» не следует, что «Б – модель А»), не является рефлексивным (неверно, что «А – модель А»), но может быть транзитивным. Показано, что подход Штоффа, описанный выше, в этом отношении неудовлетворителен, поскольку опирается на теорию отражения. Но рабочую альтернативу предлагает Ю.А. Гастев. 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.

В разделе 2.5 Моделирование и эксперимент рассмотрены ранние концепции эксперимента (по Миллю, Маху, в логическом позитивизме) и во всех этих случаях, как и в ситуации с эпистемологией моделей, отрицается специфика этой практики, но явно проглядывает субъектно-прагматический аспект. Правда, 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. Здесь снова критикуется позиция Штоффа, предполагающая строгое разделение между «модельными» и классическими натурными экспериментами. Мы полагаем, что невозможно провести такое разделение. В этом же разделе рассматриваются и более современные эксперименталистские концепции Р. Харре и Дж. Вудварда, подкрепляющие нашу убежденность в тесной связи между моделированием и экспериментом.

В разделе 2.6 «Мысленные эксперименты и модельные эксперименты» моделирование сопоставляется с мысленным, или воображаемым экспериментированием. Здесь критически разбираются взгляды Э. Маха, Т. Куна и Я. Хакинга на мысленные эксперименты. Мысленные эксперименты, с одной стороны, работают со следствиями теоретических предпосылок, а с другой – имеют квази-эмпирический характер и даже могут подтвердить или опровергнуть теорию. В этом они схожи с моделями, в особенности – с «воображаемыми моделями» в классификации Ачинстайна. На наш взгляд, как и в случае моделей, связь мысленных экспериментов с теоретическими предпосылками переоценена. Таким образом, в подвешенном промежуточном положении между «чистой» теорией и «чистыми» феноменами оказываются сразу три формы научного знания: мысленный эксперимент, натурный эксперимент и моделирование. Везде предметом изучения выступает некоторый заместитель объекта исследовательского интереса.

В разделе 2.7 «Промежуточные выводы: континуум научных практик» в качестве общей картины научной деятельности вводится и обосновывается схема континуума научных практик.

	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

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.

В третьей главе «Вычислительные эксперименты» рассматривается эпистемология вычислительных экспериментов (они же – «компьютерные симуляции»).

В разделе 3.1 «Введение в эпистемологический контекст» рассматриваются ключевые идеи эпистемологии вычислительных экспериментов / компьютерных симуляций. Вслед за Э.Ф. 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 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. П. Галисон ставит вопрос о месте этой практики на «методологической карте», в нашей работе этот вопрос уточняется до локализации вычислительных экспериментов в континууме научных практик. В разделе также рассматриваются взгляды Р. Хьюза, Э. Винсберга и И. Ленхарда: все они, так или иначе, обосновывают автономию компьютерных симуляций как исследовательской практики. Особого внимания заслуживает последний автор (Ленхард) и его размышления на тему «трюка Аракавы» (контртеоретического допущения в компьютерной модели атмосферы): здесь становится особенно заметной и близость симуляций традиционным экспериментам, и их оторванность от теоретических предпосылок.

В разделе 3.2 «Экспериментальность» вычислительных экспериментов и принцип материальности» обосновывается необходимость использовать развернутую выше прагматическую эпистемологию моделирования при анализе эпистемологических характеристик вычислительного эксперимента, в особенности – его «экспериментального»

характера. Переход от нашего знания о компьютерной симуляции к знанию о мире принципиально не отличается от перехода от экспериментального результата к знанию о мире. Для подтверждения этой мысли специально анализируется так называемый «аргумент материальности»: тезис о том, что эпистемологический статус результатов компьютерного моделирования коррелирует со степенью материального соответствия модели и целевой системы. Рассматриваются варианты этого аргумента в исполнении М. Морган, Ф. Гуалы, У. Паркер, М. Моррисон. Наша позиция состоит в том, что 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 значит, во-первых, в этой методологии должно быть дозволено далеко не все, а во-вторых, она производит научно значимые результаты.

В разделе 3.3. «Сюрпризы вычислений» специально анализируется одна из наиболее актуальных, проработанных и авторитетных работ в эпистемологии компьютерных симуляций – собственно, «Сюрпризы вычислений» И. Ленхарда (2019). Здесь предложена целая серия аргументов в пользу автономии вычислительных экспериментов. Эту автономию можно связать 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 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. Вслед за Ленхардом мы ставим вопрос о том, трансформирует ли вездесущность вычислительных экспериментов наши представления о рациональности и научности как таковой.

В разделе 3.4 «Визуализация, коммуникация и объективность: анализ концепции Дастон и Галисона» мы обращаем специальное внимание на подчеркиваемый Хьюзом, Ленхардом и другими аспект визуальной репрезентации результатов вычислительного эксперимента. Этот аспект приобретает особую значимость в контексте «эпистемологии добродетелей», каноничный образец которой представлен в работе «Объективность» Л. Дастон и П. Галисона. 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. Тем более очевидно, что такая позиция успешно совместима с идеями М. Хессе о метафорически-коммуникативном характере научных моделей.

В разделе 3.5 «Новая эпистемология?» подробно разбирается дискуссия о том, требуется ли для анализа вычислительных экспериментов радикально иная эпистемологическая перспектива («новая эпистемология»), или же проблемы, которые возникают в связи с ними, вполне решаемы в рамках «старых» и уже известных концепций. Первая позиция представлена П. Хамфрисом, вторая – Р. Фриггом и Дж. Райссом. Один из ключевых аргументов Хамфриса – «эпистемическая непрозрачность» вычислений: в человеческой перспективе не вполне ясно, каким образом заданные параметры модели

приводят к тому или иному результату, и ни один человек не способен перепроверить и обосновать каждый элемент вычислительного процесса, который производит вывод. В совокупности с некоторыми другими аспектами (это означает (по Хамфрису), что требуется «не-человеческая» эпистемология. Фригг и Райсс же полагают, что проблемы, связанные с вычислительными экспериментами, имеют аналоги в контекстах моделирования, экспериментирования, мысленных экспериментов, и потому не являются совершенно новыми и вовсе не требуют обновления философии науки.

В разделе 3.6 «Совсем не новая эпистемология: 4 тезиса» сформулирована авторская позиция по этому вопросу. 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).

Нами 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 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 натурального, так и мысленного экспериментирования), многие вычислительные эксперименты имеют с ними общие черты или даже буквально одновременно являются ими.

В разделе 3.7 «Выводы» сформулированы выводы по третьей главе. Вычислительный эксперимент (компьютерная симуляция) – результат целенаправленной деятельности по моделированию, и потому, в соответствии с нашим определением (раздел 2.3) – модель. А поскольку моделирование составляет существенную часть смежных форм научной работы – как натурального, так и мысленного экспериментирования – многие вычислительные эксперименты имеют с ними общие черты или даже буквально одновременно являются ими. Это модель, конечно, со своими особенностями, но эти особенности не порождают *новой* эпистемологии. Они порождают *подвид* прагматической эпистемологии моделирования, история развертки которой

представлена 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.

В заключении подводятся итоги исследования, суммируются ключевые выводы глав и разделов диссертации. Эпистемология научного моделирования, претендующая на адекватную оценку роли моделей в научном познании, должна быть прагматической; это следует из анализа истории и тенденций развития этой проблематики в философии науки. Такая прагматическая эпистемология связывает моделирование со смежными практиками экспериментирования – как натурального, так и мысленного, и подчеркивает значимость субъекта моделирования, его исследовательских целей, его включенности в сообщество и необходимости коммуникации, а также (понимаемого максимально широко) структурного подобия модели и предмета исследовательского интереса. Из этой перспективы вычислительные эксперименты, со всеми их особенностями (автономия, визуализация, дискретность, непрозрачность и др.) выглядят более понятными и доступными осмыслению, нежели из других перспектив. Так, волнующий многих вопрос об оторванности вычислительного эксперимента от материальной действительности, интересующей науку, может быть решен в рамках прагматической эпистемологии – указанием на то, что, с одной стороны, модели всегда в некотором смысле оторваны от изучаемой действительности, а с другой, существует большое количество факторов, ограничивающих произвол моделирующего (вычисляющего, симулирующего) субъекта.

III. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, отвечающих требованиям п. 2.3 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова (публикации в рецензируемых изданиях, индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования "eLibrary Science Index"):

- 1) Волошин М.Ю. «Принцип материальности» в эпистемологии компьютерных симуляций // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2024. – Т. 8, № 3. – С. 310-335. (Ядро РИНЦ – Scopus; SJR – 0,276, 1,57 п.л.)
- 2) Волошин М.Ю. Контингентность генетической информации: pro et contra // Философия. Журнал Высшей школы экономики. – 2023. – Т. 7, № 1. – С. 317-339. (Ядро РИНЦ – Scopus; SJR – 0,276, 1,37 п.л.).
- 3) Хамдамов Т.В., Волошин М.Ю. Концептуализация компьютерных симуляций в философии науки // Эпистемология и философия науки. – 2021. – Т. 58, № 2. – С. 151-169. (Ядро РИНЦ – Web of Science, Scopus, RSCI; JCI – 0,51, 1,22 п.л., объем авторского вклада – не менее 50%).
- 4) Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // ПРАЕНМА. Проблемы визуальной семиотики. – 2021. – № 4(30). – С. 12- 35. (Ядро РИНЦ – Scopus; SJR – 0,201, 1,17 п.л.).
- 5) Волошин М.Ю. Две истории биоинформатики: наука о данных vs наука о жизни // Логос. – 2020. – Т. 30, № 3(136). – С. 1-20. (Ядро РИНЦ – Web of Science, Scopus, RSCI; JCI – 0,36, 1,07 п.л.).
- 6) Вархотов Т.А., Волошин М.Ю. Таксономия нематериального эксперимента // ПРАЕНМА. Проблемы визуальной семиотики. – 2025. – №1(43). – С. 138-167. (Ядро РИНЦ – Scopus; SJR – 0,201, 1,86 п.л., объем авторского вклада – не менее 50%).