

ФИЛОСОФИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ



Научная статья

УДК 167.7

doi: 10.55959/MSU0201-7385-7-2025-5-35-52

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИМУЛЯЦИЙ И ЦИФРОВАЯ ОБЪЕКТИВНОСТЬ

М.Ю. Волошин

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Ленинские горы, МГУ, учебно-научный корпус «Шуваловский», г. Москва, Россия

Аннотация: Производство визуальных репрезентаций научных объектов с помощью компьютеров и актуальная практика взаимодействия с ними предполагают неявную трансформацию методологических регулятивов научного познания. В статье раскрываются три аспекта этой трансформации: 1) использование компьютера как вспомогательного средства субъективной способности воображения, позволяющего получать новые научные образы с неясным статусом; 2) понимание данных по аналогии с природой, подлежащей экспериментальному анализу; 3) квазителесный характер манипулирования виртуальными объектами. Автоматизация значительной части процесса производства знания, передача многих его существенных этапов компьютерам могут вызывать недоверие. Мы полагаем, что перечисленные особенности компьютерных визуальных репрезентаций по-своему обеспечивают объективность результатов.

Ключевые слова: компьютерная симуляция, вычислительный эксперимент, визуализация, объективность, моделирование

Благодарности/финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00804, <https://rscf.ru/project/23-28-00804/>

PHILOSOPHY AND METHODOLOGY OF SCIENCE

Original article

VISUALIZATION OF COMPUTER SIMULATIONS AND DIGITAL OBJECTIVITY

M. Yu. Voloshin

Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, Moscow, Teaching and Scientific Building “Shuvalovsky”, 119991, Russia

Abstract: The production of visual representations of scientific objects using computers and the current practice of interacting with them involve an implicit transformation of the methodological regulations of scientific knowledge. The article reveals three aspects of this transformation: 1) the use of a computer as an auxiliary means of the subjective ability of imagination, which allows obtaining new scientific images with an unclear status; 2) understanding data by analogy with nature, subject to experimental analysis; 3) the quasi-embodied manner of manipulating virtual objects. Automation of a significant part of the knowledge production process, the transfer of many of its essential stages to computers can raise distrust. We believe that the listed features of computer visual representations provide the objectivity of the results in their own way.

Keywords: computer simulation, computational experiment, visualization, objectivity, modeling

Acknowledgments/Financial Support

The study was supported by grant N 23-28-00804 from the Russian Science Foundation, <https://rscf.ru/project/23-28-00804/>

1. Введение

С середины 2000-х гг. идет философская полемика вокруг сравнительно новой для эпистемологии темы — компьютерных симуляций. Возникновение того, что называется «вычислительными экспериментами», принято относить к середине 1940-х гг. [1; 2], но их превращение в часть повседневной практики ученого датируется не ранее чем 1990-ми гг., так как к этому моменту получают массовое распространение персональные компьютеры — компактные, с достаточно высокой производительностью и «дружественным» интерфейсом. То, что ученые делают на компьютерах, в чем-то напоминало экспериментальные практики (распространенное выражение «эксперимент *in silico*», по аналогии с *in vivo* и *in vitro*),

в чем-то — традиционные теоретические расчеты (в конце концов, компьютер используется как вычислительное устройство для теоретических предсказаний), но в то же время не совпадало ни с тем, ни с другим, что заставило Питера Галисона уже в 1996 г. объявить их «ничейной землей, одновременно везде и нигде на методологической карте» [2, 120].

Неясность статуса компьютерных симуляций порождает законный интерес философов к этой области и стимулирует попытки пересмотра общепринятых представлений о структуре научного знания. Некоторые философы полагают, что «философские проблемы, поднятые симуляциями, имеют аналоги в контекстах моделирования, экспериментирования, мысленных экспериментов, и потому не являются совершенно новыми» [3, 611], так как практически вся научная работа ученого на компьютере может быть интерпретирована как работа с моделями (объектов, явлений, данных, теорий) и вычислительный эксперимент, соответственно, является подвидом моделирования (эксперимент с моделями, модельный эксперимент, компьютерное моделирование), другие — настаивают на необходимости «новой эпистемологии» [4]. Обсуждается несколько вариантов того, что могло бы выступать такими основаниями, причем обычно они действуют в комплексе и гарантией «особенного» статуса симуляций служит синергия сразу нескольких признаков. Среди наиболее часто обсуждаемых и повторяющихся у разных исследователей тем — эпистемическая непрозрачность (невозможность для человека проследить в деталях производство компьютером выводов из входных данных к результатам), дискретизация (неизбежное дробление любого симулируемого процесса на единичные шаги) и визуализация (принципиально новые возможности компьютера в репрезентации входных данных, процесса экспериментирования и результатов работы) [5]. В этой статье мы сосредоточимся на последней из перечисленных особенностей — визуализации.

2. Визуализация как объективное и интерсубъективное

Наиболее известный анализ представлений о том, как добиться объективной репрезентации научного объекта, был предложен в монографии Л. Дастон и П. Галисона «Объективность», где авторы выделяют и анализируют ряд «эпистемических добродетелей», ориентировавших научную практику репрезентации объектов в XVIII–XXI вв. Общим побудительным мотивом для этих разных ориентиров был страх перед субъективностью: «Всякая эпистемология рождается из страха — страха того, что мир слишком сложен, чтобы разум смог постичь его; страха, что восприятие слишком немощно,

а интеллект слишком хрупок; страха, что память притупляется даже между двумя последовательными шагами математического доказательства; страха, что власть и конвенция ослепляют; страха, что у Бога могут быть тайны, а демоны одурачивают... Объективность страшится субъективности, лежащей в основе самости» [6, 528–529]. Изобразить нечто объективно — значит самоустраниться из процесса изображения. Это не обязательно обозначает пассивное восприятие: объекты могут «скрывать» свою суть, их нужно «подготовить» (лат. “praeparare”, отсюда «препарировать»), выпытать из них правду, часто — с помощью специальных инструментов. Нужно сделать так, чтобы «сама природа» заговорила о себе самой.

В основе различных способов решения этой проблемы лежит «коллективный эмпиризм» науки. «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» [6, 60]. 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 и публике в понятном для них виде, иначе производимое знание не станет интересующим.

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» [6, 84].

Мы полагаем, что компьютерная симуляция, являясь научным инструментом, также претендует на своего рода «объективность», и для ее использования также требуется свой тип субъектности, или самости. Такой субъект должен уметь различать в визуальных репрезентациях то, что значимо. Период, который нас интересует, — активное использование вычислительных экспериментов — время

распространенности эпистемической добродетели «тренированного суждения», когда достоверное знание здесь производится не столько (само)устранением субъекта, сколько привлечением субъекта определенного типа, «эксперта», умеющего отсеивать и высвечивать главное содержание опыта без значимого ущерба для информативности.

Наш тезис состоит в том, что использование компьютерных средств визуализации постепенно производит новую версию «тренированного суждения». В 1966 г. Луис Альварес говорил, оправдывая использование «тренированного взгляда» физиков для анализа данных (результатов экспериментов в пузырьковых камерах ЦЕРНа): «Что более важно, чем мое негативное отношение к разнообразным способностям цифровых компьютеров в распознавании паттернов — так это моя твердая позитивная убежденность в том, что люди имеют потрясающие врожденные способности к анализу изображений. Я полагаю, что следует использовать эти способности, так как они лучше, чем все, что можно встроить в компьютер... Определенно, было бы ошибкой попытаться превзойти человека компьютером» [7, 406]. Однако к началу XXI в. многое изменилось: автоматические программы визуализации данных распознают паттерны и требуют минимум специальной тренировки или даже не требуют вообще никакой.

Можно привести в пример пакет программ *Tableau Software*, который фактически автоматизирует процесс «визуальной экзегезы» данных, оставляя пользователю минимум работы. Кнопка «Покажи мне» предлагает посмотреть на участок или фрагмент графика, выбранный компьютером, в котором, предположительно, содержится важная для пользователя информация. При этом «если он показывает не то, что вы хотите увидеть, или вам трудно это понять, просто нажмите кнопку еще раз для выбора другого варианта» [8, 48]. В 2024 г. вместо сложной и продолжительной тренировки, описанной Дастан и Галисоном, *Tableau Software* предлагает пользователю серию бесплатных обучающих видеороликов общей продолжительностью 53 минуты. А для особенно «правильных и быстрых решений» современная версия программы предлагает воспользоваться AI-сервисом *Tableau Pulse* [9]. Пользователю остается только решить, *хочет* ли он воспользоваться этим вариантом компьютерной интерпретации или предпочтет другую; в тренировку не входит объяснение того, на какие принципы и признаки должны опираться его предпочтения. *Tableau Software* позиционирует себя как преимущественно продукт для бизнеса. Однако, например, Корнелльский университет (№ 20 в рейтинге *Times Higher Education* в 2024 г.) имеет лицензию на профессиональную версию *Tableau*, которую в начале 2010-х гг. исполь-

зовал для презентаций информации о развитии университета (для спонсоров), а уже в конце 2010-х гг. — для обработки исследовательских экспериментальных данных.

Кателайн Купманс пишет об акте обнаружения полезной информации в данных как об «искусном откровении» (*artful revelation*): с одной стороны, инсайт приходит неожиданно и как будто бы ниоткуда, с другой — его приходу предшествует долгая работа по овладению навыками «видения» и манипуляций с данными. Но при этом автоматизация визуальной аналитики приводит к «взаимоналожению тренированного видения и прямого зрения: “видения” как труда, того, что должно быть *достигнуто*, и “видения” без труда, как *непосредственного*» [8, 49]. Компьютеры ранее были призваны облегчить человеку работу по вычислению, теперь они облегчают работу по распознаванию образов.

Аналогичный переход можно зафиксировать в молекулярной биологии. Доминирование качественных методов над количественными в биологии до XX в. и одновременно рост количественных методов в «развитых» науках (физике, химии) порождали, в соответствии с кантовским правилом «сколько математики, столько и научности», естественное (для «механической объективности») желание квантифицировать эту дисциплину. Генетика, а затем и молекулярная биология стали образцовыми примерами такой квантификации (а заодно и редукционистской методологической установки). Конец XX в. ознаменовался возвратом к качественным методам исследования, причем не столько во имя борьбы с редукционизмом, сколько из-за невероятного объема накопленных количественных данных, которым трудно придать разумный смысл, просто «подсчитывая» их. «Выработка новых научных идей требует способности создавать внутренние образы... ментальные визуализации» [10, 256]¹. Однако человеческая способность создавать ментальные образы — *во-ображение* — ограничена, особенно если речь идет о длинных колонках цифр. «Визуализации могут служить в качестве строительных лесов, как внешняя поддержка человеческих способностей... Изображения наиболее эффективны там, где есть много информации, но при этом неясно, на какие ее свойства следует обратить внимание» [10, 256].

Визуализация облегчает и упрощает обработку данных человеком — в том числе потому, что математические и текстовые данные

¹ Там же цитируется А. Эйнштейн: «Мои способности состоят не в математических вычислениях, а скорее, в визуализации эффектов, возможностей и последствий».

практически всегда представлены как линейная последовательность, порядок чтения которой определяет интерпретацию, и потому они требуют постепенной пошаговой процедуры, в то время как «свойственная изображениям информация может быть обработана непосредственно» [10, 258]. Так, долгое время не удавалось установить связь между белком *p53*, мутации в гене которого часто сопровождаются раком у человека, и множеством киназ (ферментов, отвечающих за фосфорилирование белков, то есть регулирующих их активность): «Гора литературы о киназах и *p53* росла гораздо быстрее, чем способность научного сообщества переварить ее содержание» [10, 257]. Только метаанализ этой литературы, визуализированный в виде карты, смог выявить интересующие паттерны, а заодно предсказать возможное существование других аналогичных киназ. Другой пример визуализации, остающейся продуктивной даже несмотря на дискредитацию ее теоретической базы, — это концепция «ключ-замок» (взаимодействие фермента и лиганда, основанное на геометрическом совпадении их форм), сформулированная еще в конце XIX в. Хотя с 1960-х гг. от этой концепции активно отказываются в пользу менее механистичных и более экспериментально подтвержденных идей «индуцированного соответствия» и «кооперативной регуляции», на визуальном уровне все еще используется модель «ключ-замок» не в последнюю очередь потому, что она легко и удачно моделируется в 3D [10, 259–260].

3. Данные как новая природа

Достаточно распространенным является словосочетание “data mining” (букв. «добыча данных»): среди «отвалов пустых пород» иногда встречается ценный и полезный материал, и требуется специальная работа по его распознаванию. Для «добычи данных» необходимо «тренированное зрение», однако в ситуации неконтролируемого роста данных оно не справляется и существенную часть этой работы отдают на откуп программам визуализации. Для экспериментального получения знаний природа в лаборатории должна быть «подготовлена» серией специальных процедур, и только после них можно надеяться сделать какой-то полезный вывод. Мы полагаем, что «сырые данные» (raw data) выступают теперь в роли новой «природы»: они тоже должны быть «подготовлены», чтобы человек мог что-то понять.

Тимоти Уэбмур описывает этнометодологическое исследование организации, специально занимающейся «добычей» и визуализацией геолокационных данных по Лондону, — «лаборатории визуализации» [11]. Нам представляется, что слово «лаборатория» здесь

не случайно: формат исследования, состоящий в искусственном выделении и стабилизации значимого паттерна из многообразия природы/данных, здесь тот же, что и в классических «мокрых» лабораториях². Т. Уэбмур, подобно Б. Латуру, фиксирует, как затем происходит переинтерпретация «внешней» природы (то есть данных) из перспективы лабораторно произведенного знания.

Кажется, что «сырые данные» существуют независимо от того, какое программное обеспечение занимается их обработкой («добычей»). Но пока сырых данных нет, навыки и способы их получения обращают на себя особое внимание: например, то, как выгрузить данные в едином формате, чаще всего в CSV, или перевести в CSV результаты веб-скрейпинга.³ Здесь очевиден статус данных как результата определенных манипуляций. «Когда данные уже получены, они отступают на уровень фона, базового слоя, субстрата, над которым нужно работать, используя навыки программирования... Многие воспринимали данные как достаточно «статичные и фиксированные», а поэтому менее проблематичные и менее интересные для работы» [11, 29]. Широкое разнообразие и постоянное развитие средств визуализации в то же время требует стабильности слоя данных.

Код — подвижная надстройка над неподвижными данными, по крайней мере, в самоописаниях дата-аналитиков. Данные кумулятивны, код трансформативен. Но оборотной стороной работы кода, столь же очевидной, сколь и незаметной, оказывается его способность влиять на сами данные, причем не только на формат их представления, но и на то, что вообще можно считать «данными». Так, обрабатывая данные Государственной картографической службы Великобритании, исследователь заметил, что в его визуализации есть дорожное движение на участке карты, где нет никаких дорог. Оказалось, что в этом месте есть эстакада, которая по ошибке картографической службы не была учтена [11, 32]. Похожий пример из области нейронаук: при составлении цифровых атласов изображений мозга компьютер объединяет множество плоских «срезов», сделанных МРТ, в трехмерную модель, но среди этих срезов перио-

² Любопытный факт: по запросу «visualization laboratory» site:*.edu», то есть поиску дословного сочетания «visualization laboratory» на сайтах американских университетов (исследовательских центров по преимуществу), Google в октябре 2024 г. выдает около 9,4 тыс. результатов.

³ Web-scraping — автоматизированный (обычно) процесс сбора в Интернете информации, существующей в читабельном для человека формате (грубо говоря, то, что вы реально видите на сайтах). Многие процедуры веб-скрейпинга, кроме технических трудностей, усложняются тем, что они потенциально нарушают действующее законодательство сразу нескольких стран.

дически попадают калибровочные снимки так называемых «фантомов» (манекенов, имитирующих соответствующие части организма). Компьютер ничего не «замечает» и благополучно подгружает их в построение 3D-модели, но пользователь, который благодаря интерфейсу атласа способен переключаться между отдельными срезами и трехмерным образом, легко фиксирует ошибку в «сырых» данных [12, 136–138]. Если бы данные были стабильной и неизменной основой, было бы разумнее искать ошибку в алгоритме. Выходит, что средства визуализации не только выявляют «внутренние» закономерности в данных, но и позволяют отсеять «несущественные» аномалии, отклонения от этих закономерностей.

Другой аргумент против идеи «стабильные данные — подвижный код»: распространенность и активное использование средств визуализации, неизбежно имеющих ограниченный перечень «читаемых» форматов данных, ведет к стандартизации самих данных. Для возможности визуального анализа требуется как минимум унификация средств хранения (общие стандарты для баз данных). У стандартного CSV есть известная проблема: невозможно отличить запятые как разделители от запятых в самих данных, из-за чего приходится либо использовать другие разделители (*DSV*, *TSV*), то есть усложнять представление о «данных», либо не воспринимать как «данные» то, что такие разделители содержит. Актуальная рекомендация от 2005 г., RFC 4180, предлагающая стандартную версию CSV, мотивирует пользователей в ситуации отсутствия единой спецификации «быть консервативными в отношении ваших действий [с данными] и либеральными в отношении того, что получено от других» [13]. «Консервация» собственных способов работы с данными в совокупности с ростом популярности и эффективности используемых средств визуализации ведет к тому, что как поставщики данных, так и конечные пользователи визуальных продуктов подстраивают под него собственные средства работы.

Таким образом, код, ставший успешным, начинает определять, какими должны быть данные, чтобы он с ними успешно работал, и данные таковыми становятся.

4. Визуализация, манипулируемость и экспериментальность

Мы можем продолжить параллель между лабораторными и вычислительными экспериментами. Так, экспериментально-лабораторный характер научной практики включает интересубъективную репрезентацию природы, и в случае компьютерных симуляций это способы визуализации данных. Он также включает ее «допрос» и,

как пишет Кьяра Амброзио по поводу данных, «цель — “допросить” данные, вынести на передний план предпосылки, которые слишком часто остаются скрытыми за предполагаемой самоочевидностью [данных]... Вовсе не являясь “обнаруженными объектами”, данные собираются и конструируются в соответствии со специальными актами суждения [judgement]» [14, 137]. Кроме того, лабораторная наука включает переинтерпретацию природы через расширение лабораторной предметности (переинтерпретацию самих данных через распространение способов их обработки).

Однако, возможно, наиболее важной особенностью эксперимента как практики является *манипулятивность*. «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», — говорит Ян Хакинг [15, 269]. В то время как между представлением и бытием всегда существует известный зазор, осмысление которого составляет одну из древнейших проблем эпистемологии, «вмешательство» в природу — это средство прямого доступа. Результатом этого доступа, по Хакингу, является возможность «реализма относительно объектов», хотя наши теории о вещах могут быть ошибочны, в существовании самих вещей, поддающихся манипуляции, усомниться нельзя. Джеймс Вудворд полагает, что манипулятивность также влияет на формирование представлений о каузальных связях. Когда мы говорим: « X — причина Y », это означает, что, если бы мы поставили эксперимент, в котором мы бы манипулировали X , мы бы получили соответствующие изменения в Y . Таким образом, именно возможность вмешиваться в мир является основанием наших представлений о причине и следствии [16].

Манипулируемость визуальным образом в компьютерных симуляциях, с нашей точки зрения, играет аналогичную роль. Визуальная репрезентация результатов вычислений превращается во «властный образ»⁴ — образ, не только предопределенный данными о природе, но и определяющий дальнейшие представления о данных и о природе. Например, для создания 3D-атласов головного мозга используются те же «классические» технологии съемки (типа МРТ), что и для аналоговых изображений, но каждый срез здесь

⁴ “Authoritative image” — одновременно и «авторитетный» в смысле повышенного доверия, и «властный» в смысле влияния на формирование научных представлений [12].

интерпретируется как слой дискретных вокселей (то есть n вокселей, каждый воксель имеет m атрибутов — тип ткани, характер активации и т.д.)⁵. Такая репрезентация позволяет исследователю, работающему с атласом, произвольно выбрать отображаемые слои и атрибуты и сгенерировать собственное изображение, соответствующее его исследовательским задачам. Программы типа *DTI Studio* обеспечивают многообразие возможностей манипулировать изображениями, но не регламентируют однозначно «правильный» формат репрезентации. Напротив, «В *DTI Studio* “реальные” или “объективные” изображения — это не статичные визуализации мозга, а гибкие инструменты, позволяющие дальнейшую обработку» [12, 144]. Манипуляции визуальными образами повышают доверие к формату репрезентации, так как открывают пространство критических возможностей: конкретное изображение не навязывается одним источником, а выбирается и формируется на основе сравнения результатов манипуляций.

Практика обращения с симуляциями носит выражено *телесный* характер — как со стороны взаимодействия с интерфейсом, так и со стороны виртуальной реализации телесности объектов. Так, на итоговых снимках фМРТ можно различить непроизвольное перемещение головы пациента в томографе, если *манипулировать* этими снимками: взаимоналагать некоторые из них, визуально фиксировать «абберрации», оцениваемые как «артефакты», и тем самым «очищать» данные. Морана Алач подробно анализирует процесс обучения этому навыку: опытная сотрудница лаборатории сидит рядом с неопытной за компьютером, на котором открыты результаты фМРТ, и фактически демонстрирует на *собственном теле* референциальную связь между сдвигом наложенных изображений и предполагаемым перемещением отсканированной головы. Ученица повторяет движение головы, чтобы на опыте собственного тела осознать (или, скорее, прочувствовать) это перемещение. На следующем «подозрительном» фрагменте опытная сотрудница спрашивает ученицу, было ли здесь движение головы в сканере. Чтобы ответить на вопрос, ученица пробует подвигать *собственной* головой и попытаться вообразить, могло ли то или иное движение произвести наблюдаемый эффект. «[Хотя] практиканты никогда не видели и не могли видеть или ощутить движение субъекта в процессе сканирования... они могут координировать свою работу на мониторе и свои живые тела, чтобы понять ошибку в данных. Они могут понять причину дефекта... переживая ее телесно» [17, 76–77].

⁵ “Voxel” — от “volumetric pixel”, минимальная единица 3D-изображения, аналог пикселя в 2D.

Аннамария Карузи и Аврора Хул предлагают более общую артикуляцию этого тезиса, ссылаясь ни больше ни меньше как на концепцию «плоти» в феноменологии М. Мерло-Понти. «Вычислительные технологии (особенно те, в которых техники моделирования, симуляции и визуализации тесно связаны с техниками эксперимента и наблюдения) вставлены в циклические связи между наблюдателем и наблюдаемым и встроены в измеряющее тело, действующее в этих контекстах» [18, 214]⁶. Телесное измерение субъектности, конечно, значимо для познавательных процессов, но если для телесности врача или физика-экспериментатора это интуитивно понятно, то телесность программиста, оператора базы данных или сотрудника «сухой» лаборатории, напротив, естественно недооценивать. Работы Алач, Карузи и Хул показывают, что это — ошибка.

Квазителесный характер виртуальных объектов хорошо заметен на примерах из молекулярной биологии. Инженерные метафоры — «молекулярные машины», «машинерия жизни», «клеточный механизм» — это не только удобный способ переописания биологических объектов, это также способ *объяснения и манипулирования*. «Для непосвященных [студентов-новичков] липкие субстанции, болтающиеся в извивающейся клетке, совсем не похожи на машины. Но для тех, кто овладел практическим искусством моделирования, бурлящая клетка не просто *похожа* на машину; она становится таковой в их руках» [20, 155]. Процесс превращения клетки в набор машин называется «рендерингом». Это слово (render) сейчас часто употребляется как раз для процесса компьютерного производства изображений и видео, однако его другие значения — «приводить к существованию», «исполнить», «оказать (услугу)», «вынести (вердикт, суждение)», «превратить», «вернуть, восстановить» — достаточно явно выражают интуицию активного, перформативного жеста. Целая область молекулярной и клеточной биологии — структурная биология — занимается таким «рендерингом».

Важность манипулируемости для молекулярной биологии можно проиллюстрировать с помощью спора между Томасом Генри Гексли и Лайонелом Билом в конце XIX в. Гексли развивал своеобразную «протоплазматическую теорию жизни», согласно которой живое состоит из «молекулярных машин», и «говорить о жизни как о чем-то кроме серии операций — это все равно что говорить о “временности” часов» [20, 157]. Бил резонно возражал, что сравнивать жизнь и часы абсурдно: «[Гексли сопоставляет] невидимую,

⁶ Опора на Мерло-Понти, похоже, постепенно становится общим местом в социальных исследованиях научных, особенно медицинских, репрезентаций (см., например: [19]).

непредъявляемую и необнаружимую “машинерию” своих предполагаемых “молекулярных машин” и актуальную видимую работу настоящих часов, которые любой может увидеть и потрогать, остановить и заставить идти дальше» [20, 158]⁷. Не потому ли сейчас мы спокойно говорим о «молекулярных машинах», что эти машины теперь можно увидеть, потрогать, остановить, запустить? Средства наблюдения нам все еще не предъявляют клеточную машинерию, если только заранее не подразумевать, что она там есть: так, один из информантов выражает свой восторг по поводу рентгеноструктурной кристаллографии, которая позволяет — как круто! — сделать «мгновенный снимок машины». С нашей точки зрения, критика Била в адрес Гексли базировалась на добродетели «механической объективности» — тщательная фиксация «протоплазмы» в деталях при максимальном устранении воображающего субъекта не предъявляла никаких «машин», но и сама практика рентгеновских снимков является формой реализации той же добродетели [22]. Что-то должно было существенно измениться, чтобы снимок кристалла стал снимком машины, на котором можно различать отдельные детали механизма и выяснять их назначение. Как выражается информант, трехмерная виртуальная модель дает «ощущение, как будто держишь что-то и чувствуешь это» [20, 165]. Мы полагаем, что принципиальное, что дает такая визуализация, — ощущение телесного контакта, и возможность такого квазиощущения сближает классический экспериментализм и симуляции.

5. Заключение: цифровая объективность

Вышесказанное до некоторой степени дезавуирует рассуждения некоторых исследователей о том, что компьютерная визуализация увеличивает дистанцию между миром и репрезентацией, добавляя еще один «черный ящик» — непонятно как работающий компьютер. Так, Майкл Линч еще в 1991 г. писал: «Сырые данные, собранные фотографией или микрографией, могут быть “улучшены”, но не перерисовкой или ретушированием оригинала, а серией математических трансформаций, которые удаляют шум или как-то иначе создают механически “улучшенное”, “усовершенствованное” изображение... [Обработанное с помощью программ] изображение могут считать более заслуживающим “доверия” или “аутентичным” свидетельством, чем сырые данные» [23, 221]. З.А. Сокулер предупреждает об опасности: «Картинки [полученные в процессе компьютерного моделирования] настолько ярки и подробны, что можно забыть об их

⁷ Подробнее об этой истории и ее роли в развитии биологии см.: [21, 165–179].

происхождении: они появились не в окуляре замечательного оптического устройства, а построены в результате работы компьютера... Это не репрезентации, а симулякры... [Ученые] вынуждены помнить о допущениях и условностях, которые применяют в своей работе. Но наглядные результаты [вычислительных экспериментов] ... распространяются в социуме от людей, знающих сильные и слабые стороны таких симулякров, к тем, кто этого не знает и будет принимать их за репрезентации и на их основе определять свои действия» [24, 62–63]. Сообщество исследователей разделяет эти же опасения: в 2000-е гг. редакции ведущих научных журналов типа “Science”, “Nature”, “PLoS Biology” начинают выражать беспокойство по поводу публикаций программно-обработанных изображений, которые «эстетически привлекательны, но с научной точки зрения — вводят в заблуждение» [25, 249].

В какой мере эти визуальные объекты заслуживают доверия? Понятно, что за дружественным (user-friendly) интерфейсом программной оболочки скрывается «черный ящик», содержание которого может оказаться вовсе не «дружественным», если оно вообще доступно обнаружению. Но наш тезис состоит в том, что в данном случае мы сравниваем компьютерные симуляции с практиками, которые страдают аналогичными «недостатками». Натуралист XVIII в., искавший «истину-по-природе», пытался усмотреть в одной или нескольких виденных им вещах универсальную форму, требовавшую выражения. «Механическая объективность» требовала фиксации единичного явления, но в максимально возможной детализации, даже в ущерб интерпретируемости и максимально устраняя интерпретатора. Анна Болье предлагает концепцию «цифровой объективности», которую она описывает как компьютерную квантификацию и автоматизацию процесса сопоставления образа и объекта. Дискретизация феноменов, перевод анализа на количественный уровень, «черный ящик» вычислений и выдача нового качественного образа характеризуют эти исследовательские практики. Последующие данные автоматически пополняют «коллекцию», сопоставляются с имеющейся репрезентацией и выдают количественные характеристики результатов сравнения, и все это — без участия человека [26]. Таким образом, те особенности, которые вызывают тревогу у исследователей, одновременно являются условиями производства объективного знания.

«Цифровая объективность» XXI в. снова ищет универсальную форму (под которую должны подпадать и последующие частные данные), но на основе множества «механически объективных» данных, причем такого множества, которое человек не способен обработать,

и потому оказывается оправданным также вынести человека за скобки вычислительного процесса, сохранив за ним роль интерпретатора и даже позволяя ему «очищать» данные от ненужного или ошибочного содержания. Но если для «классических» эпистемических добродетелей главным проблемным местом было выстраивание соотношения между природой и знанием о ней, то вычислительные технологии проблематизируют новое соотношение — между данными и знанием о данных. И то, как строится знание о данных, может переоформлять представление о том, как данные соотносятся с природой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Keller E.F. Models, simulation and “computer experiments” // The philosophy of scientific experimentation / Ed. by Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. P. 198–215.
2. 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.
3. Frigg R., Reiss J. The philosophy of simulation: hot new issues or same old stew? // Synthese. 2009. Vol. 169, N. 3. P. 593–613.
4. Humphreys P. The philosophical novelty of computer simulation methods // Synthese. 2009. Vol. 169, N. 3. P. 615–626.
5. Lenhard J. Calculated surprises: A philosophy of computer simulation. Oxford: Oxford University Press, 2019. 256 p.
6. Дастон Л., Галисон П. Объективность. М.: Новое литературное обозрение, 2018. 584 с.
7. Galison P. Image and logic: a material culture of microphysics. Chicago: University of Chicago Press, 1997. 982 p.
8. Coopmans C. Visual analytics as artful revelation // Representation in scientific practice revisited / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 37–59.
9. Tableau pulse. URL: <https://www.tableau.com/en-gb/products/tableau-pulse>
10. Sarto-Jackson I. Overcoming the limits of quantification by visualization // Biological Theory. 2015. Vol. 10. P. 253–262.
11. Webmoor T. Algorithmic alchemy, or The work of code in the age of computerized visualization // Visualization in the age of computerization / Eds Carusi A., Sissel Hoel A., Webmoor T., Woolgar S. N.Y.: Routledge, 2015. P. 19–39.
12. Rijcke S., Beaulieu A. Networked neuroscience: brain scans and visual knowing at the intersection of atlases and databases // Representation in scientific practice revisited / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 131–152.
13. Shafranovich Y. Request for comments: 4180. Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files // IETF Datatracker. October 2005. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc4180/>
14. Ambrosio C. Objectivity and representative practices across artistic and scientific visualizations // Visualization in the age of computerization / Eds Carusi A., Sissel Hoel A., Webmoor T., Woolgar S. N.Y.: Routledge, 2015. P. 118–144.

15. Хакинз Я. Представление и вмешательство: Введение в философию естественных наук. М.: Логос, 1998. 296 с.
16. Woodward J. Experimentation, causal inference and instrumental realism // *The philosophy of scientific experimentation* / Ed. by H. Radder. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. P. 87–118.
17. Alač M. Digital scientific visuals as fields for interaction // *Representation in scientific practice revisited* / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 61–87.
18. Carusi A., Hoel A.S. Toward a new ontology of scientific vision // *Representation in scientific practice revisited* / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 201–221.
19. Мол А., Ло Дж. Воплощенное действие, осуществленные тела: пример гипогликемии // *Логос*. 2017. Т. 27, №. 2. С. 233–262.
20. Myers N. Rendering machinic life // *Representation in scientific practice revisited* / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 153–175.
21. Циммер К. Живое и неживое: В поисках определения жизни. М.: Альпина нон-фикшн, 2022. 370 с.
22. Волошин М.Ю. 3D-визуализация макромолекул в биоинформатике: эпистемологический аспект // *Праксема. Проблемы визуальной семиотики*. 2021. Т. 30, №. 4. С. 12–35.
23. Lynch M. Science in the age of mechanical reproduction: moral and epistemic relations between diagrams and photographs // *Biology and Philosophy*. 1991. Vol. 6. P. 205–226.
24. Сокулер З.А. Вычислительный эксперимент как проблема для эпистемологии // *Вестник Московского университета. Серия 7. Философия*. 2014. №. 4. С. 49–64.
25. Frow E. In images we trust? Representation and objectivity in the digital age // *Representation in scientific practice revisited* / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 249–267.
26. Beaulieu A. Voxels in the brain: neuroscience, informatics and changing notions of objectivity // *Social Studies of Science*. 2001. N. 31. P. 635–680.

REFERENCES

1. Keller E.F. Models, simulation and “computer experiments” *In: The philosophy of scientific experimentation*. Ed. by Radder H. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. P. 198–215.
2. Galison P. Computer simulation and the trading zone. *In: Disunity of science: Boundaries, contexts, and power*. Ed. by P. Galison & D. Stump. California: Stanford University, 1996. P. 118–157.
3. Frigg R., Reiss J. The philosophy of simulation: hot new issues or same old stew? *Synthese*. 2009. Vol. 169, N. 3. P. 593–613.
4. Humphreys P. The philosophical novelty of computer simulation methods. *Synthese*. 2009. Vol. 169, N. 3. P. 615–626.
5. Lenhard J. *Calculated surprises: A philosophy of computer simulation*. Oxford: Oxford University Press, 2019. 256 p.
6. Daston L., Galison P. *Obektivnost’ [Objectivity]*. Moscow: Novoe literaturnoe obozrenie. 2018. 584 p. (In Russ.)
7. Galison P. *Image and logic: a material culture of microphysics*. Chicago: University of Chicago Press, 1997. 982 p.

8. Coopmans C. Visual analytics as artful revelation. *In: Representation in scientific practice revisited*. Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 37–59.
9. Tableau pulse. URL: <https://www.tableau.com/en-gb/products/tableau-pulse>
10. Sarto-Jackson I. Overcoming the limits of quantification by visualization. *Biological Theory*. 2015. Vol. 10. P. 253–262.
11. Webmoor T. Algorithmic alchemy, or The work of code in the age of computerized visualization *In: Visualization in the age of computerization*. Eds Carusi A., Sissel Hoel A., Webmoor T., Woolgar S. N.Y.: Routledge, 2015. P. 19–39.
12. Rijcke S., Beaulieu A. Networked neuroscience: brain scans and visual knowing at the intersection of atlases and databases. *In: Representation in scientific practice revisited*. Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P.131–152.
13. Shafranovich Y. Request for comments: 4180. Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. *IETF Datatracker*. October 2005. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc4180/>
14. Ambrosio C. Objectivity and representative practices across artistic and scientific visualizations. *In: Visualization in the age of computerization*. Eds Carusi A., Sissel Hoel A., Webmoor T., Woolgar S. N.Y.: Routledge, 2015. P.118–144.
15. Hacking I. Predstavlenie i vmeshatel'stvo: Vvedenie v filosofiyu estestvennykh nauk [Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science]. Moscow: Logos, 1998. 296 p. (In Russ.)
16. Woodward J. Experimentation, causal inference and instrumental realism. *In: The philosophy of scientific experimentation*. Ed. by H. Radder. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003. P. 87–118.
17. Alač M. Digital scientific visuals as fields for interaction. *In: Representation in scientific practice revisited*. Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 61–87.
18. Carusi A., Hoel A.S. Toward a new ontology of scientific vision. *In: Representation in scientific practice revisited / Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 201–221.*
19. Mol A., Law J. Voploshchennoe dejstvie, osushchestvlennye tela: primer gipoglikemii [Embodied action, enacted bodies: The example of hypoglycaemia]. *Logos*. 2017. Vol. 27, N. 2. P. 233–262. (In Russ.)
20. Myers N. Rendering machinic life. *In: Representation in scientific practice revisited*. Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 153–175.
21. Zimmer K. Zhivoe i nezhive: v poiskah opredeleniya zhizni [Life's edge: The search of what it means to be alive]. Moscow: Al'pina non-fikshn, 2022. 370 p. (In Russ.)
22. Voloshin M.Y. 3D-vizualizaciya makromolekul v bioinformatike: epistemologicheskij aspekt [3D-visualization of macromolecules in bioinformatics: an epistemological aspect]. *Praksema. Problemy vizual'noj semiotiki*. 2021. Vol. 30, N. 4. P. 12–35.
23. Lynch M. Science in the age of mechanical reproduction: moral and epistemic relations between diagrams and photographs. *Biology and Philosophy*. 1991. Vol. 6. P. 205–226.
24. Sokuler Z.A. Vychislitel'nyj eksperiment kak problema dlya epistemologii [A computing experiment as a problem for epistemology]. *Lomonosov Philosophy Journal*. Seriya 7. Filosofiya. 2014. N. 4. P. 49–64. (In Russ.)

25. Frow E. In images we trust? Representation and objectivity in the digital age. *In: Representation in scientific practice revisited*. Eds Coopmans C., Vertesi J., Lynch M., Woolgar S. Cambridge, MA: MIT Press, 2014. P. 249–267.

26. Beaulieu A. Voxels in the brain: neuroscience, informatics and changing notions of objectivity. *Social Studies of Science*. 2001. N. 31. P. 635–680.

Информация об авторе: *Волошин Михаил Юрьевич* — преподаватель кафедры философии и методологии науки философского факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, тел.: +7 (495) 939-24-09; allrour95@rambler.ru

Information about the author: *Mikhail Yu. Voloshin* – lecturer, Department of Philosophy and Methodology of Science, Faculty of Philosophy, Lomonosov Moscow State University, tel.: +7 (495) 939-24-09; allrour95@rambler.ru

Поступила в редакцию 30.10.2024
принята к публикации.02.06.2025