

Уважаемые члены Диссертационного Совета, уважаемые Коллеги, Дамы и Господа.

Для меня большая честь представлять итоги моих исследований в старейшем университете России перед столь высоким ученым собранием. Представляемая мной на ваш суд работа принадлежит к философии науки, но при этом значительное место в ней также занимают математика и логика. История взаимных отношений между естественными науками, математикой и логикой продолжается уже более двух тысячелетий и содержит ряд драматических эпизодов, включая так называемую “научную революцию нового времени” 17го века, связанную с отказом от аристотелевской логики как основного инструмента построения научных теорий в пользу новых математических методов. На рубеже 19 и 20го веков эта история приобретает новый важный поворот в связи с радикальной реформой традиционной логики предпринятой Готлобом Фреге и позже Бертраном Расселом, а также в связи кризисом оснований математики, в разрешении которого новые логические идеи и подходы играли ключевую роль.

Вопрос об аксиоматической структуре научных теорий в 20м веке связан в первую очередь с именем немецкого математика и логика Давида Гильберта. Именно Гильберт в начале 20го века сформулировал те понятия об аксиоматической теории и об аксиоматическом методе построения теорий, которые до сих пор принято называть “современными”. Аксиоматические идеи и подходы Гильберта оказали в 20м веке огромное влияние на математическую и философскую логику, на основания математики и на философию науки. Однако это не была только история успеха. В философской и логической литературе широко обсуждались и продолжают обсуждаться ограничения формального аксиоматического подхода в стиле Гильберта связанные с теоремами о неполноте Геделя и другими подобными мета-теоретическими результатами. В моей диссертации я исследовал ограничения аксиоматического подхода в стиле Гильберта другого рода, а именно ограниченность тех эпистемических целей, которые могут быть достигнуты и которые были в действительно достигнуты на протяжении 20го века с помощью предложенного Гильбертом аксиоматического подхода.

Главный вывод этой части диссертационного исследования основанный на анализе практики использования аксиоматического метода в стиле Гильберта в математике и естественных науках состоит в том, что этот метод позволяет успешно решать по отношению к данной теории широкий спектр мета-теоретических задач (таких как вопрос о семантической полноте или неполноте данной теории), но при этом как правило оказывается неэффективным в качестве стандартного средства представления математических и естественно-научных знаний в научной коммуникации и образовании. Этот вывод представляет собой основное содержание **первого вынесенного на защиту основного положения диссертации**.

Сфера научной коммуникации и научного образования рассматривается некоторыми философами науки как чисто “практическая” и поэтому незаслуживающая систематического философского анализа. Я не могу согласиться с таким аргументом. На мой взгляд, только внимательный анализ научных практик прошлого и настоящего может позволить философу науки оставаться адекватным предмету своего философского интереса. Считаю важным подчеркнуть, что это касается не только социальных аспектов научной практики, но также и ее логико-эпистемологических аспектов, которым я уделяю основное внимание в моей исследовательской работе.

Проблема логической формы представления научных знаний в наши дни приобретает особое значение в связи с разработкой и внедрением цифровых методов представления и передачи знаний, которые играют все более существенную роль в экономике и в социальной жизни. Философская экспертиза может оказаться полезной и даже необходимой не только для того, чтобы анализировать последствия этого технологического развития пост-фактум, но и для того, чтобы ориентировать вектор этого развития в направлении общественного блага. Логика и эпистемология как нормативные дисциплины могут и, на мой взгляд, должны внести важный вклад в решение этой задачи.

+++++

Основной результат диссертации - это нестандартное понятие об аксиоматическом методе, который я вслед за Гильбертом и Бернайсом называю в диссертации “конструктивным”. Этот метод сочетает возможности стандартного аксиоматического метода и так называемого генетического метода построения понятий и теорий, который Гильберт рассматривал в качестве традиционной альтернативы новому аксиоматическому методу. Генетическое построение теории включает в себя конструирование теоретических объектов и теоретических понятий из некоторых заранее известных объектов и понятий. Аксиоматический метод Гильберта допускает только одну процедуру подобного рода, а именно логический вывод одних высказываний (суждений) из других. Теоретические объекты и системы объектов, О КОТОРЫХ высказываются эти высказывания, то есть модели соответствующих теорий, предполагаются при таком подходе либо данными интуитивно, либо сконструированными неформально с помощью других заранее известных теорий, например, с помощью неформальной арифметики.

Конструктивный аксиоматический метод позволяет объединить стандартный аксиоматический и генетический подходы с помощью системы формальных правил, которые в некоторых случаях интерпретируются как логические правила вывода, а в других случаях как правила конструирования новых непропозициональных объектов из других объектов. Единство такой многослойной семантики обеспечивается тем обстоятельством, что непропозициональные объекты и конструкции используются как свидетельства истинности соответствующих высказываний, выполняя таким образом ясную логическую функцию. В естественно-научных теориях такая формальная архитектура позволяет формализовать не только логические выводы одних высказываний из других, но и внелогические методы обоснования утверждений, включая математические и технические методы используемые в научных наблюдениях и экспериментах.

На наш взгляд, такого рода методы должны рассматриваться в качестве интегральной части любой научной теории, а не только в качестве вспомогательных средств, которые

помогают ученым делать научные открытия, как это обычно делается в логике.

Процедурное “знание-как” играет в современной науке и в наукоемких технологиях по крайней мере такую же важную роль, как и пропозициональное “знание-что”.

Утверждение о том, что описанный в диссертации конструктивный аксиоматический метод представления знаний лучше соответствует задачам и целям современной науки, чем стандартный аксиоматический метод в стиле Гильберта, составляет основное содержание **третьего вынесенного на защиту основного положения** диссертации.

В качестве основного теоретического прототипа только что обрисованной формальной архитектуры теорий мной была использована гомотопическая теория типов созданная в конце 2000х годов нашим недавно ушедшим гениальным соотечественником лауреатом медали Филдса математиком Владимиром Воеводским, с которым мне посчастливилось сотрудничать. Ключевая новация, которую вносит гомотопическая семантика в конструктивную теорию типов, состоит в том, что она позволяет различать логический и вне-логические фрагменты этой семантики с помощью понятия “гомотопического уровня” данного типа. На этой теоретической основе Воеводский инициировал проект построения новых “унивалентных” оснований математики, которые в отличие от стандартных аксиоматических оснований математических теорий в стиле Гильберта допускают эффективную вычислительную реализацию формализованных теорий и компьютерную проверку сложных математических доказательств. Описанный мной в диссертации конструктивный аксиоматический метод можно рассматривать как попытку распространить подход Воеводского на более широкий класс теорий, включая физические и другие естественно-научные теории.

Помимо гомотопической теории типов конструктивный аксиоматический метод имеет и более далекие исторические прототипы, включая геометрию Евклида в ее оригинальной форме, в которой конструирование геометрических объектов циркулем и линейкой играет ключевую роль при доказательстве всех нетривиальных теорем. В качестве мотивации понятия конструктивного аксиоматического метода для меня также были важны логические идеи Андрея Николаевича Колмогорова касающиеся “исчисления задач”, соображения Владимира Александровича Смирнова о перспективах

формализации генетического метода и его использовании для представления научных теорий, а также оригинальный аксиоматический подход Вильяма Лавера, который в одной из своих ключевых работ охарактеризовал логику как “частный случай геометрии”.

Сформулированное в теории Лавера понятие о внутренней логике категории играет ключевую роль в конструктивной аксиоматической архитектуре, поскольку оно позволяет рассматривать логические операции и отношения в качестве специального случая операций и отношений геометрического характера. Экспликация понятия о внутренней логике в смысле Лавера и указание на эпистемологическое значение этого понятия, составляет содержание **второго вынесенного на защиту основного положения диссертации.**

Предложенный в диссертации конструктивный подход к аксиоматизации научных теорий продолжает и развивает так называемый “семантический взгляд” на теории, который также называют “не-пропозициональным”. Этот подход был в 1950-х годах инициирован Патриком Суппесом, и в настоящее время разделяется рядом ведущих философов науки включая Баса ван Фраассена. Главный тезис “семантического” подхода состоит в том, что научную теорию нужно отождествлять не с дедуктивно упорядоченной системой высказываний, как это и сегодня обычно делается в математической и философской логике, а с некоторым классом моделей, который, вообще говоря, может допускать разные синтаксические представления и разные варианты аксиоматизации.

Преимущество предлагаемого в диссертации подхода состоит в том, что он предполагает использование новых логико-математических средств для своей реализации, включая гомотопическую теорию типов. Стандартный семантический подход использует аксиоматический метод в стиле Бурбаки, который позволяет отвлечься от синтаксических деталей теории только за счет отказа от строгого формального контроля за рассуждениями. Описанный в диссертации конструктивный метод аксиоматического представления теорий не требует такого компромисса и

допускает возможность вычислительной реализации позволяющей проводить формальную компьютерную проверку рассуждений и поддерживать другие функции, требующие использования компьютера. Кроме того, предложенный в диссертации “конструктивный взгляд” на теории, как уже было сказано, позволяет формально представлять и рассматривать в качестве полноправных элементов теории внелогические методы обоснования теоретических утверждений, которые играют важную роль в математизированных естественных науках.

В заключение я скажу несколько слов об открытых проблемах и дальнейших исследованиях, которыми я планирую заниматься в связи с представленной к защите диссертацией. Хотя описанный в диссертации конструктивная аксиоматическая архитектура предполагает возможность использования в естественных и инженерных науках, все описанные в диссертации прототипы конструктивных аксиоматических теорий относятся к области чистой математики. Это объясняется тем, что именно математика служит своего рода испытательным полигоном теоретической мысли, позволяющий разрабатывать и испытывать новые теоретические идеи.

Аксиоматический метод Гильберта также был впервые сформулирован и испробован на примере математических теорий; то же самое можно сказать о “семантическом” методе Суппеса и его последователей, который с технической стороны представляет собой попытку использования аксиоматического метода в стиле Бурбаки за пределами чистой математики. Систематическая формальная реконструкция современных физических и других нематематических теорий с помощью предложенного в диссертации метода остается на сегодняшний день открытой проблемой, на решение которой я планирую в будущем направить мои усилия. В качестве первого шага в этом направлении после завершения работы над диссертацией я подготовил к печати статью, посвященную незавершенному проекту Владимира Воеводского в области математической биологии.

Помимо этого в диссертации поставлены, но систематически не исследованы некоторые более специальные вопросы, включая вопрос о границах логики в контексте гомотопической теории типов, вопрос об имплементации конструктивной аксиоматической архитектуры в компьютерных системах представления знаний и

вопрос методах обоснования знаний при использовании таких компьютерных технологий. Исследованием этих проблем я также планирую заняться в ближайшем будущем.

Благодарю вас за внимание.