О ФОРМАЛЬНОМ СОДЕРЖАНИИ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ

Г. Г. ГАБРИЕЛЯН

Современное развитие науки характеризуется интенсивным проникновением в ее различные отрасли математических методов исследования. Этот процесс теснейшим образом связан с формализацией научных теорий, выявлением так называемого формального содержания формализуемых теорий. Изучение вопросов формализации будет более компактным и цельным, если в основу его положить классифицирующий принцип, характеризующий основные этапы процесса формализации. С этой точки зрения мы согласны с Д. П. Горским, который предлагает следующую классификацию уровней формализации: «В настоящее время под формализацией в различных контекстах понимается:

а) метод, используемый при решении ряда специальных проблем, возникающих в математических и логических теориях. В таком случае мы будем иметь дело с формализацией в узком, специальном смысле этого слова;

б) метод изучения опытного содержания посредством отображения соответствующих его инвариантов структур в знаковой форме на основе вспомогательных и искусственных языков, позволяющий к тому же формулировку правил по отношению к изучаемым объектам заменять формулировкой правил по отношению к символическим выражениям, их заменяющим. Мы будем называть этот вид формализации формализацией в широком смысле;

в) метод упрощения изучаемой ситуации или фрагмента знания, обеспечивающий или более простую ориентировку в окружающей среде, или прогресс познания, или успешность (и вообще говоря, даже возможность) применения результатов в познавательной деятельности на практике. Этот вид формализации мы будем называть формализацией в гносеологическом смысле»[1].

Таким образом, Д. П. Горский различает следующие три вида формализации: формализация в узком смысле слова, формализация в широком смысле слова и формализация в гносеологическом смысле слова. Не вдаваясь в детальное обсуждение этой классификации, отметим лишь то, что она характеризует философский подход к вопросу, т. е. подчеркивает и выделяет не технические моменты, отличающие друг от друга уровни формализации, а моменты теоретико-познавательные, что и необходимо при философском анализе вопроса. Из всех научных нап-

[1] «Гносеологические проблемы формализации», Минск, 1969, стр. 3.

равлений наиболее формализованными являются современные отделы математики и формальной логики. Как известно, математика изучает количественные связи объективной действительности, выявленные благодаря формализации. Структурные связи мыслей, изучением которых занимается формальная логика, также выявляются благодаря формализации. Эти структурные связи мы рассматриваем как пример количественных связей, если под ними понимать такие формальные связи, которые имеют место не только между числовыми величинами, но и между объектами нечисловой природы. Указанные количественные связи устанавливаются как при внешнем, так и при внутреннем аспектах математизации, под которыми французский философ Г. Булиганд понимает соответственно математизацию нематематических наук и математизацию математики. По аналогии имеет смысл говорить также о внутреннем и внешнем аспектах формализации, понимая под внутренним аспектом формализации формализацию внутри математики, а под внешним аспектом формализации—формализацию вне математики.

Количественные связи математики и логики, выявленные благодаря формализации, обладают весьма большой степенью общности. Причина этого состоит в том, что математика и логика являются теми отраслями научного знания, которые содержательно достаточно богаты. Метод формализации, примененный в содержательно достаточно богатых научных теориях, обнаруживает такие количественные связи, которым характерна высокая степень общности. Следовательно, формализация как мощный метод упрощения и огрубления явлений не сводит на нет качественное богатство научных теорий, а своеобразно отображает его качественное богатство в совокупности количественных связей этих теорий. В этом мы усматриваем основную гносеологическую ценность метода формализации.

Чем содержательно достаточно богаче научная теория, тем эффективнее применение метода формализации, причем эта эффективность связана также и с тем, что чем более абстрактна данная теория, тем целесообразнее использование более развитых методов формализации, т. е. формализации в широком или узком смысле слова.

Если считать, что общим для количественных связей математики и формальной логики является то, что оба эти типа связей содержательно достаточно богаты, то различие между ними представляется более существенным и менее наглядным. В самом деле, каким образом обнаружить различие между типами количественных связей формальной логики и математики. Мы думаем, что для этого следует обратиться к семантическому анализу тех символических средств, с помощью которых выражаются эти количественные связи.

Каков семантический смысл символических средств или совокупности знаков, с помощью которых выражаются количественные связи современной формальной логики? Здесь в первую очередь следует назвать пропозициональные переменные, одноместные и многоместные пре-

дикаты, функторы или логические связи, а также кванторы общности и существования. Из этих элементов по строго определенным правилам, формулируемым в самой логике, построены формулы современной формальной логики. Здесь мы не делаем различий между формулами, теоремами, а также аксиомами, ибо для наших целей это не нужно. Все эти формулы представляют собою количественные связи современной формальной логики, т. е. ее формальное содержание. Следовательно, количественные связи формальной логики представляют из себя специфические связи между указанными выше элементами, имеющими специфическую природу, которую можно было бы назвать логической. Вместе с тем, нелишне отметить, что с качественной точки зрения можно провести определенное различие внутри количественных связей, устанавливаемых формальной логикой.

В самой математической логике, как известно, проводится различие между формулами как конечными последовательностями букв алфавита, а также теоремами и аксиомами. Однако мы думаем, что имеет смысл также проводить определенное качественное различие между теоремами или же между аксиомами и тем более видеть качественное своеобразие правил вывода. Конечно, такая оценка количественных связей формальной логики весьма условна, но все-таки кое-что с гносеологической точки зрения она может дать. Следует заметить, что качественное различие связей формальной логики определяется, конечно, не структурной сложностью этих связей, а их местом и ролью в данной теории и в конечном счете—местом и ролью формальной логики в современной науке.

Возможно, можно было бы провести и более тонкое качественное различие количественных связей, устанавливаемых формальной логикой. Однако и сказанного достаточно для иллюстрации нашей мысли о том, что количественные связи современной формальной логики являются разнокачественными.

А как обстоит дело с количественными связями, устанавливаемыми математикой? Из каких элементов слагаются эти связи? Здесь в первую очередь следует указать на математическую переменную, а также на символы арифметических, алгебраических и иных математических операций.

Элементы, из которых слагаются количественные связи математики, существенно отличаются от элементов, из которых слагаются количественные связи формальной логики. В самом деле, какова природа пропозициональной и математической переменных? Как известно, значениями математической переменной являются числа, полученные в результате измерения конкретных величин. Значениями же логических, т. е. пропозициональных переменных, как известно, являются высказывания, которые могут быть либо истинными, либо ложными. Таким образом, с одной стороны, мы имеем дело со множеством чисел, а с другой—со множеством высказываний. Разумеется, это качественно различ-

ные совокупности, и они определяют качественно различный характер количественных связей формальной логики и математики, так как представляют собой те поля, на которых развертываются соответствующие количественные связи.

Что касается логических функторов и символов математических операций, то между их функциями также имеются существенные различия. Символы арифметических, алгебраических и иных математических операций используются для выражения количественных связей над полем действительных и иных чисел. Логические же функторы служат для выражения количественных связей между высказываниями. Несводимость полей высказываний и чисел друг к другу и определяет принципиальное различие между ролями множества логических функторов и множества символов математических операций. Логические функторы используются и в естественном языке, и в любой научной теории, использующей естественный язык для своих надобностей. Известно также, что логические функторы используются в явном виде и в некоторых разделах математики. Здесь они по существу вплетены в структуру количественной связи конкретной математической теории с целью ее более компактной записи, и только. Разумеется, природа количественной связи при этом остается неизменной.

Все это говорит о том, что количественные связи, устанавливаемые математикой, существенно отличаются от количественных связей, устанавливаемых формальной логикой. Таким образом, с помощью метода формализации и логика, и математика открывают количественные связи весьма общей природы, которые далеко не всегда выступают как непосредственное отражение специфических связей объективной действительности, однако, природа, суть этих связей—существенно различны, и поэтому мы здесь имеем дело с качественно различным формальным содержанием. Тот факт, что в некоторых отделах современной математики используется в явном виде логическая символика, не меняет указанной выше оценки, потому что это использование не меняет существа количественных связей, устанавливаемых математикой, т. е. не превращает их в количественные связи, имеющие чисто логическую природу, и тем самым полностью сохраняет их математическую природу. Это происходит потому, что поле, над которым функционирует эта количественная связь, не совпадает со множеством высказываний, и поэтому сама количественная связь не может иметь логической природы. Следовательно, основной признак, по которому мы можем отличать количественную связь математики от количественной связи формальной логики, сводится к характеристике того поля, над которым функционирует данная количественная связь, а именно: если это поле состоит из высказываний, суждений и т. п., т. е. элементов, имеющих логическую природу, то тогда данная количественная связь должна быть отнесена к области формальной логики, если же это поле состоит из чисел или иных объектов математической природы, то тогда рассматриваемая количественная

связь должна быть отнесена к области математики. Таким образом, следует различать предметные области математики и логики от тех полей, о которых говорилось выше. Предметную область математики можно охарактеризовать как множество тех количественных связей, которые функционируют над полем чисел и иных объектов математической природы, а предметную область формальной логики можно рассматривать как совокупность количественных связей, функционирующих над полем высказываний, суждений и иных объектов, имеющих логическую природу. О количественных связях математики можно также говорить, как о разнокачественных, т. е. среди них тоже можно выделить связи более существенные и связи менее существенные.

В целях полноты картины следует рассмотреть вопрос о формальном содержании других научных теорий и об отношении этого формального содержания к формальному содержанию математики и логики. Как подойти к освещению этого вопроса? Существует ли формальное содержание других научных теорий, которое было бы принципиально отличным от формального содержания математики и логики? Мы думаем, что такого, нового по качеству формального содержания не существует.

Благодаря внешнему аспекту математизации знаний происходит все более усиливающееся проникновение математических методов в разные отрасли научного знания. Этот процесс уже связан с определенной формализацией того научного материала, в который внедряются математические методы исследования. Это внедрение приводит к выявлению количественных связей этой научной теории и их записи на математическом языке. Обнаруженные количественные связи и представляют собой формальное содержание данной научной теории. Но оно ничем принципиально не отличается от количественных связей математического типа, ибо эти связи функционируют над полем чисел, которые выступают как численные значения тех переменных величин, связи между которыми изучаются в данной научной теории. Поэтому эти количественные связи будут записаны с помощью языка математики. Разумеется, в записи рассматриваемых количественных связей может применяться и логическая символика, но от этого существо этих связей, как количественных связей математики, не изменяется.

Следовательно, обнаруживаемое благодаря внешнему аспекту математизации множество количественных связей имеет математическую природу, т. е. принципиально нового типа количественных связей или нового качества формального содержания мы при этом не получим. Что касается формального содержания логического типа, то нетрудно понять, что вне логики мы не получим такого типа формальное содержание. Отсюда следует, что с помощью математики и формальной логики можно выразить любую количественную связь. После этого уже должно быть ясным, что в каждой научной теории ее формальным содержанием будет совокупность тех количественных связей, которые обнаруживаются в ней благодаря математизации этой научной теории.

Формальное содержание любой научной теории является предметом изучения как данной научной теории, так и математики. Это изучение проводится под различными углами зрения, что, на наш взгляд, существенно. Формальное содержание физики, например, изучается с точки зрения установления тех качественных выводов, которые следуют из этих количественных связей относительно поведения тех или иных материальных объектов. Однако совокупность количественных связей физики может стать предметом анализа и сама по себе, т. е. вне их связи с объективной реальностью. Такой характер изучения количественных связей физики, т. е. ее формального содержания, может быть отнесен уже к области математики. Известно, что такое формальное или математическое изучение количественных связей физики нельзя считать бесплодным делом, ибо оно нередко приводит к установлению принципиальных положений. Например, сначала чисто математическим методом была показана возможность прерывного (квантами) излучения энергии и лишь потом это было подтверждено экспериментально. Можно сослаться также на те выводы, к которым приводит уравнение движения электрона, составленное Дираком. Существование античастиц, вытекающее из этого уравнения, лишь позже было подтверждено экспериментально. Подобных примеров, показывающих своеобразную способность математики «опережать» отражение действительности, в современной физике немало. Разумеется, ничего парадоксального в этом нет, ибо это еще раз доказывает, что математика это не конвенционалистическая теория, а наука, в которой отражены количественные связи объективной действительности. Таким образом, формальное содержание физики изучается как физикой, так и математикой.

Аналогичное положение имеет место и в других научных теориях, в которых внедрение математических методов достигло определенной степени зрелости. Все это говорит о том, что относительно самостоятельное развитие формального содержания научных теорий стало одним из характерных явлений современного этапа развития науки. При этом следует заметить, что никакой опасности возникновения «математического идеализма» при этом не будет, если исходить из правильного понимания сущности математики.

Когда мы говорим о формальном содержании научной теории, то здесь недопустим чисто формальный подход. Под этим мы понимаем следующее. Если, к примеру, взять формальное содержание геологии, то оно несравнимо как по объему, так и, в особенности, по своему качеству с формальным содержанием кибернетики. Известно, что кибернетика как наука обладает очень большой общностью, т. е. ее категории по своей общности граничат с философскими категориями. Если считать, вслед за Н. Винером, что основной задачей кибернетики является изучение количественными методами процессов управления и связи в животном и машине, то нетрудно понять, что устанавливаемые здесь количественные связи обладают большой общностью, так как они относятся к весьма общим категориям управления и связи. Если включить сюда также изу-

чение количественными методами вопросов передачи, приема и обработки информации, то становится ясным, что формальное содержание кибернетики обладает весьма большой общностью. Нетрудно понять, что формальное содержание геологии не обладает такой общностью, так как категории геологии уступают категориям кибернетики по своему качественному уровню. В этом смысле мы и говорим, что нельзя чисто формально подходить к оценке формального содержания той или иной научной теории, так как все зависит от места, занимаемого этой научной теорией в системе современной науки, от ее роли в общем процессе познания объективной реальности и от существа ее предметной области. Разумеется, это место и эта роль научной теории в системе наук могут со временем меняться. Однако представляет ли из себя формальное содержание кибернетики новое качество по сравнению с формальным содержанием логики и математики? Мы думаем, что формальное содержание кибернетики имеет математический характер, и вот почему.

Математика, как известно, изучает количественные связи любой природы. Что же касается кибернетики, то она изучает количественными методами категории управления, связи и информации, т. е. по существу некоторое подмножество множества всех количественных связей объективной действительности. Уже отсюда можно сделать вывод о том, что формальное содержание кибернетики имеет математический характер. Однако из этого не следует, что математика и кибернетика ничем существенным не отличаются друг от друга. Вопрос не только в том, что объем количественных связей математики существенно шире объема количественных связей кибернетики, но и в том, что сам подход к изучению одних и тех же количественных связей имеет определенные различия, что проявляется также в различном характере тех качественных выводов, которые делают математика и кибернетика. И в дальнейшем возможно возникновение таких обобщающих научных направлений, подобных кибернетике, которые заняты количественным анализом той или иной совокупности категорий.

Вообще следует сказать, что из факта включения формального содержания той или иной научной теории в совокупность количественных связей математики вовсе не следует, что данное формальное содержание не несет на себе печать качественного своеобразия той предметной области, количественным отражением которой выступает это формальное содержание. Это тем более верно для таких научных теорий, как кибернетика, чье формальное содержание, как мы видели, обладает исключительным богатством. Это богатство, на наш взгляд, обусловлено в первую очередь содержательным богатством той совокупности категорий данной научной теории, количественным отражением которой выступает формальное содержание этой теории. Если математика занята анализом категории количества, то другие научные теории лишь по достижении определенной степени зрелости начинают заниматься количественным анализом своей совокупности категорий, которые они до сих пор изучали, главным образом, качественными методами. Такой анализ не мо-

жет не увеличивать существенным образом содержательное богатство множества количественных связей математического характера.

Таким образом, из сказанного следует, что формальным содержанием математического типа мы будем считать формальное содержание всех научных направлений (за исключением логических теорий), в которых применение математических методов достигло такой степени зрелости, что позволило явно сформулировать количественные связи этих научных направлений. Значит, формальное содержание науки может выступать в двух видах, а именно: как формальное содержание логического типа или как формальное содержание математического типа.

Итак, средств у математики и формальной логики вполне достаточно для выявления и описания любой количественной связи объективной действительности, относящейся либо к логическому, либо к математическому типам. Все это еще раз показывает, насколько плодотворным и перспективным является процесс математизации знаний.

В итоге можно сделать следующий общий вывод: формальное содержание научных теорий по форме может быть либо формальным содержанием в гносеологическом смысле слова, либо формальным содержанием в широком смысле слова, либо же формальным содержанием в узком смысле слова. По содержанию же формальное содержание научных теорий может быть либо формальным содержанием математического типа, либо же формальным содержанием логического типа.

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՁԵՎԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Գ. Հ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

Ամփոփում

Ժամանակակից գիտությունների զարգացումը բնորոշվում է ինտենսիվ մաթեմատիզացիայով, որը սերտորեն կապված է գիտական տեսությունների ֆորմալիզացիայի և նրանց ձևական բովանդակության բացահայտման հետ. Ֆորմալիզացիայի և գիտական տեսությունների ձևական բովանդակության հարցերի վերլուծումը ավելի կոնկրետ և ամբողջական կլինի, եթե ղեկավարվենք գասակարգման այն սկզբունքով, որը բնորոշում է ֆորմալիզացիայի հիմնական շրջանները։ Մենք ղեկավարվել ենք ֆորմալիզացիայի գասակարգման Դ. Պ. Գորսկու առաջարկած սկզբունքով, ըստ որի գոյություն ունեն ֆորմալիզացիայի երեք մակարդակներ՝ իմացաբանական, լայն և նեղ իմաստով։ Գիտական տեսության ձևական բովանդակություն ասելով պետք է նկատի ունենալ այդ տեսության կողմից բացահայտված քանակական կապերի բազմությունը։ Հիշյալ ձևական բովանդակությունը հանդես է գալիս մաթեմատիկական կամ տրամաբանական ձևով։ Վերլուծման սեմանտիկական մեթոդի կիրառումը ապացուցում է, որ նշված ձևական բովանդակության տիպերն իրարից էապես տարբերվում են։ Գիտական տեսությունների ձևական բովանդակությունը ունի որոշակի որակական առանձնահատկություն, որը պայմանավորված է տվյալ գիտության գերով ժամանակակից գիտությունների համակարգի մեջ։