

**Проблемы онто-гносеологического
обоснования
математических и естественных наук**

Выпуск 8



**КУРСК
2017**

УДК 1: 001
ББК 87
П78

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
Курского государственного университета

П78 Проблемы онто-гносеологического обоснования математических и естественных наук [Текст]: сб. науч. тр. Вып. 8 / гл. ред. Е.И. Арепьев; Курск. гос. ун-т. Курск, 2017. 158 с.

Сборник представляет собой проблемно-ориентированное издание, преимущественно посвященное онтологическим и гносеологическим аспектам обоснования математических и естественных наук, изучению и критической реконструкции различных подходов, сформировавшихся в философии науки на протяжении последних полутора столетий.

ББК 87

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Арепьев Е.И. – д-р филос. наук (главный редактор, Курск), *Букин Д.Н.* – д-р филос. наук (Волгоград), *Еровенко В.А.* – д-р физ.-мат. наук (Минск), *Князев В.Н.* – д-р филос. наук (Москва), *Кочергин А.Н.* – д-р филос. наук (Москва), *Мануйлов В.Т.* – канд. филос. наук (Курск), *Мороз В.В.* – д-р филос. наук (Курск), *Перминов В.Я.* – д-р филос. наук (Москва), *Яскевич Я.С.* – д-р филос. наук (Минск)

© Коллектив авторов, 2017
© Курский государственный университет, 2017

ISSN 2074–5052

СОДЕРЖАНИЕ

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ	5
<i>Арепьев Е.И.</i> О чем говорят аксиомы логики?	6
<i>Букин Д.Н.</i> Категориальный анализ как основа методологии современного исследования оснований математики	15
<i>Воробьев М.В.</i> Равновесие и меры в праве	21
<i>Ерovenko В.А.</i> Курс истории и методологии математики в контексте методологической рефлексии философии математического образования	27
<i>Князев В.Н.</i> Истоки и становление классической физики	39
<i>Кочергин А.А.</i> Концептуализация понятия наследственности как фактор онто-гносеологического обоснования генетики	50
<i>Кочергин А.Н.</i> Проблема онто-гносеологического обоснования учения об информации (статья первая)	59
<i>Кочергин А.Н.</i> Проблема онто-гносеологического обоснования учения об информации (статья вторая)	68
<i>Кудряшев А.Ф.</i> Математика как наука и не только	83
<i>Мейдер В.А.</i> Гуманитарный потенциал математики и математического познания	92
<i>Михайлова Н.В.</i> Философско-математическая аргументация действующих направлений обоснования математики	101
<i>Мороз В.В.</i> О типах взаимодействия философии и математики в истории философской мысли	113
<i>Перминов В.Я.</i> Разделение аналитических и синтетических суждений априори с деятельностной точки зрения	123
<i>Побережный А.А.</i> Идеи эпистемологического конструктивизма в философии науки С.Н. Булгакова	134

<i>Чекман И.С., Яскевич Я.С.</i> Нанонаука и нанотехнологии как факторы научной революции: социокультурное и биомедицинское измерение	141
<i>Яшин Б.Л.</i> От структурализма Н. Бурбаки к категориальному подходу	151

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Настоящий сборник представляет собой восьмой выпуск проблемно-ориентированного издания, преимущественно посвященного онтологическим и гносеологическим аспектам обоснования математических и естественных наук, изучению и критической реконструкции различных подходов, сформировавшихся в философии науки на протяжении последних полутора столетий.

Авторы публикуемых в настоящем издании материалов могут занимать позиции, не совпадающие с точкой зрения редколлегии. Ответственность за точность приводимых цитат, ссылок, библиографических и статистических данных, географических названий и т.п. несут авторы.

Редколлегия приглашает к сотрудничеству всех, кто работает в области философии математики, философии и методологии науки, в смежных областях и чьи научные интересы близки тематике нашего сборника.

Наш электронный адрес: arepiev@yandex.ru

Е.И. Арепьев
(Курск)

О ЧЕМ ГОВОРЯТ АКСИОМЫ ЛОГИКИ?

Статья посвящена проблемам обоснования математики, и в частности проблеме онтологического и гносеологического статуса логической составляющей фундамента математического знания. В работе предложена сущностная трактовка и определения исходных понятий математической логики, а также онто-гносеологическая интерпретация аксиоматики исчисления предикатов первого порядка. Данная интерпретация ориентирована на аргументацию реалистического понимания математики, предполагающую расширенную трактовку действительности, включающую в это понятие ряд степеней возможного.

* * *

Логика, как условие мышления и познания, как неотъемлемая часть фундамента и методологии любой науки, как философская и как математическая дисциплина до сих пор вызывает споры по поводу своих оснований. Проблема осмысления онтологического и гносеологического статуса самой логики, на наш взгляд, далека от исчерпывающего решения. Нас же эта проблема интересует как часть более общей проблемы – проблемы сущностного истолкования оснований математики. Мы попытаемся построить бытийно-познавательную интерпретацию ряда логических понятий и истин в качестве одной из составляющих онто-гносеологического фундамента математического знания.

Если базисом арифметической составляющей математики можно считать аксиоматику арифметики натуральных чисел и, соответственно, ряд ее исходных понятий, если то же самое в принципе можно сказать и о геометрической составляющей математического знания, а именно, что ее базис составляют исходные аксиомы и понятия евклидовой геометрии, то с логической составляющей математики дело обстоит сложнее. Предположив, что разработку онто-гносеологического фундамента этой компоненты математики необходимо ориентировать на исчисление предикатов первого порядка, как наиболее универсальное¹, мы сталкиваемся с рядом определенных трудностей. К ним относится некоторая вариативность и размытость понятийного аппарата этой аксиоматики, традиционные ссылки на понятия из предшествующих разделов логики и разделов математики вообще – исчисления высказываний, исчисления классов, алгебры и пр. Это объясняется, на наш

¹ Исчисление предикатов первого порядка, или частный случай теории первого порядка, не содержащей собственных аксиом. Теорий первого порядка хватает для выражения известных математических теорий, и, во всяком случае, большинство теорий высших порядков может быть подходящим образом «переведено» на язык первого порядка. Об этом см.: Мендельсон Э. Введение в математическую логику. М., 1971. С. 65–66.

взгляд, прежде всего тем, что математическая логика как таковая является молодой дисциплиной, по сравнению с арифметикой и евклидовой геометрией.

Можно согласиться с утверждением, что законы логики представляют собой правила обращения с понятиями вообще, независимо от их уровня абстрактности и смысла². К этому следует добавить, что исходные объекты и истины логической составляющей основ математики есть элементы и свойства, есть формальное выражение возможностей существования и преобразования информации. Поэтому логика не привносится в математику «извне», она есть часть и одновременно необходимое условие возможности возникновения математики и любой информационной системы, языка, детерминированное действительностью условие возможности существования разума, так же как арифметическая и геометрическая составляющие основ математики. Отсюда становится очевидным наличие связи логических и математических очевидностей с человеческой социально-коммуникативной практикой в том смысле, что они есть выражение необходимых условий возможности такой практики.

Итак, попытаемся дать онто-гносеологическую интерпретацию понятийного аппарата аксиоматической системы теорий первого порядка (исчисления предикатов первого порядка). Для сущностного истолкования понятийного аппарата этого исчисления удобным для нас будет рассмотрение наиболее сжатой аксиоматики³. В ней содержатся два правила вывода и пять аксиом. Понятийный аппарат этой аксиоматики, по видимому, можно считать минимальным. В него обязательно входят понятия предметной переменной, предиката, пропозициональные связки отрицания и импликации, квантор всеобщности⁴. Помимо этого, можно назвать в качестве вспомогательных обязательных понятий понятия индивида, или предмета, высказывания, истинности, ложности и множества предметов (индивидов, элементов, вещей). В первой части статьи нас интересуют не сами аксиомы, а, прежде всего, базисные понятия, которые мы и попытаемся определить.

Индивид, предмет – абстрактно-информационное выражение выделяемого при помощи языка (символов) элемента действительности (материальной, идеальной, реализованной, потенциальной, конструируемой).

Переменная (предметная переменная в теориях первого порядка) – абстрактно-информационное выражение возможности наличия элемента действительности, наделенного определенным свойством. Свойство в данном случае задает область значений переменной. Термин «свойство»

² Перминов В.Я. Развитие представлений о надежности математического доказательства. Изд. 2-е, стереотипное. М.: Едиториал УРСС, 2004. Изд. 2-е, стереотипное. М.: Едиториал УРСС, 2004. С. 70. [Электронный ресурс]. URL: http://ihtik.lib.ru/lib_ru_philosbook_22dec2006.html

³ Мендельсон Э. Введение в математическую логику. М., 1971. С. 64–67.

⁴ Там же. С. 65–66.

здесь можно было бы заменить на «качество» в том смысле, что качество выражает общее, характеризующее весь класс однородных объектов, однако при такой замене может возникать определенная двусмысленность, неоднозначность, порожденная пониманием качества как существенной определенности объекта, поэтому далее мы везде будем употреблять термин «свойство».

Множество – абстрактно-информационное выражение возможности структуры действительности, обладающей некоторым свойством.

Высказывание – абстрактно-информационное выражение свойства некоторого элемента или структуры действительности.

Предикат – абстрактно-информационное выражение возможности определенного свойства (свойств) некоторых структур действительности.

Отрицание – абстрактно-информационное выражение отсутствия определенного свойства (свойств) некоторого элемента, структуры или структур действительности.

Импликация – абстрактно-информационное выражение свойств причинно-следственных связей действительности.

Квантор всеобщности – абстрактно-информационное выражение неизменности некоторого свойства или свойств в определенной структуре или структурах действительности.

Ложность высказывания (предиката) представляет собой абстрактно-информационное выражение принадлежности некоторого свойства (свойств) определенной структуры к нереализованной части действительности. Если предикат или их конструкция **всегда ложны**, то он является абстрактно-информационным выражением невозможной структуры (крайний, вырожденный случай возможности), то есть – не имеющей воплощения в действительности, хотя и доступной формальному, абстрактно-информационному описанию.

Если предикат или конструкция из предикатов общезначима, то есть **всегда истинна**, то это означает, что он есть абстрактно-информационное выражение принадлежности некоторого свойства определенной структуры к необходимой части действительности (это другой крайний случай возможности). Если предикат или их конструкция выполняются или не выполняются в отдельных случаях, то они выступают абстрактно-информационным выражением возможного свойства в некоторой структуре действительности, причем **истинность** предиката (высказывания) представляет собой абстрактно-информационное выражение принадлежности свойств структуры к реализовавшейся части возможного, а **ложность** есть абстрактно-информационное выражение принадлежности свойств структуры к нереализовавшейся части возможного (то есть действительности).

Таким образом, можно заключить, что процесс перехода от выражения возможного в предикате или их комбинации к выражению

реализовавшейся или нереализовавшейся возможности в высказывании, имеющем конкретную истинностную оценку, выступает абстрактно-информационным выражением **времени**, выражением свойств процесса преобразования и развития действительности.

Мы видим, что информация выступает как центральное понятие, необходимое, по крайней мере, для сущностного истолкования основ логической составляющей математики. **Информация** может быть определена как с той или иной степенью полноты символизируемое (вербализируемое, способное быть сформулированным в языке) выражение структуры действительности – материальной и идеальной, реализованной и потенциальной, объективной и субъективной. В соответствии с тем, насколько адекватно информация отображает возможную действительность, настолько она сама включена в объективную нематериальную реальность.

Возможность – наиболее общее наименование **действительности** в широком смысле этого слова, включающем реализованное, нереализованное и потенциальное сущее.

В связи с вышеприведенными определениями можно сделать ряд дополнительных пояснений к некоторым фундаментальным понятиям. Так, например, **познание** может рассматриваться как процесс обретения информации субъектом, разумом, выступающий неотъемлемой (главной) частью мышления. **Мышление** же – это обретение, генерирование, обобщение, группировка, комбинирование, преобразование информации разумом. **Разум**, трактуемый прежде всего как элемент нематериальной составляющей сущего, характеризующийся способностью к абстрактно-информационному воспроизведению действительности, включает в состав своих атрибутов способность мышления, самоидентификации, самосознания.

В итоге можно отметить, что предложенное описание сущностного фундамента логической составляющей математического знания интерпретирует законы и принципы этой области как абстрактное выражение наиболее общих, универсальных свойств действительности, свойств различных степеней возможного.

Теперь, во второй части работы, мы приведем аксиомы исчисления предикатов первого порядка⁵, сформулируем их в естественном языке и попытаемся интерпретировать на основе представленных выше сущностных трактовок исходных логических понятий.

1. $A \supset (B \supset A)$

Прочтение в естественном языке: если А, то из В следует А.

Интерпретация: истина следует из чего угодно.

2. $(A \supset (B \supset C)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset C))$

⁵ Там же.

Прочтение в естественном языке: если из A следует, что из B следует C , то, когда из A следует B , тогда из A следует и C .

Интерпретация: если причина причинно-следственной связи достаточна для причины в этой связи, то она достаточна и для ее следствия.

$$3. (B \supset \neg A) \supset ((\neg B \supset A) \supset B)$$

Прочтение в естественном языке: Если из не- B следует не- A , то, когда из не- B следует A , тогда B .

Интерпретация: противоречие следует только из лжи. Причинно-следственная связь приводит к противоречию, только если причина ложна. Эта аксиома более удобно для нас сформулирована в другом курсе логики⁶:

$$(A \supset B) \supset ((A \supset \neg B) \supset \neg A)$$

Ее прочтение в естественном языке следующее: если из A следует B , то, когда из A следует не B , тогда не A .

Сущностные же интерпретации формулировок этой аксиомы совпадают.

$$4. \forall x_i A(x_i) \supset A(t)$$

Прочтение в естественном языке: если для любого x_i выполняется A от x_i , то выполняется и A от t , где t есть терм теории, свободный для x_i в $A(x_i)$ (то есть если в терме t переменная x_i , свободная в формуле A , не подпадает под действие квантора всеобщности).

Интерпретация: истинное во всех конкретных случаях истинно всегда. Истинное во всех конкретных случаях является причиной абстрактной истины. Абстрактная истина необходима для истинности всех конкретных истин. Истинность всех конкретных случаев достаточна для абстрактной истины.

$$5. \forall x_i (A \supset B) \supset (A \supset \forall x_i B)$$

Прочтение в естественном языке: если для любого x_i выполняется, что из A следует B , то из A следует, что для любого x_i выполняется B (причем формула A не содержит свободных вхождений x_i).

Интерпретация: если во всех конкретных случаях выполняется причинно-следственная связь, то для абстрактной причины любое конкретное следствие является необходимым. Если во всех конкретных случаях выполняется причинно-следственная связь, то абстрактная причина достаточна для любого конкретного следствия.

Кроме перечисленных аксиом для задания теории первого порядка требуются следующие правила вывода: *modus ponens*, которое гласит, что из A и $A \supset B$ следует B , и правило обобщения, утверждающее, что из A следует $\forall x_i A$. Их тоже можно интерпретировать, подобрав предварительно формулировку в естественном языке.

⁶ Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. Введение в математическую логику. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 95.

Итак, *modus ponens* читается в естественном языке следующим образом: Если А, и из А следует В, то В.

Интерпретация: Истина является причиной только истины.

Правило же обобщения в естественном языке гласит, что из А следует что для любого x_i выполняется А.

Интерпретация: Конкретизация абстрактной истины всегда дает истину. Абстрактная истина достаточна для истинности всех конкретных случаев. Истинность всех конкретных случаев необходима для абстрактной истины.

Предложенная интерпретация может быть дополнена истолкованием другой версии аксиоматики исчисления предикатов первого порядка⁷. Вот эти аксиомы:

1. $A \supset (B \supset A)$
2. $(A \supset (B \supset C)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset C))$
3. $A \supset (B \supset A \sqcap B)$
4. $A \sqcap B \supset A$
5. $A \sqcap B \supset B$
6. $(A \supset C) \supset ((B \supset C) \supset (A \sqcap B \supset C))$
7. $A \supset A \sqcap B$
8. $B \supset A \sqcap B$
9. $(A \supset B) \supset ((A \supset \neg B) \supset \neg A)$
10. $\neg \neg A \supset A$
11. $\forall x A \supset A(x||t)$
12. $\forall x (C \supset A(x)) \supset (C \supset \forall x A(x))$
13. $A(x||t) \supset \exists x A$
14. $\forall x (A(x) \supset C) \supset \exists x (A(x) \supset C)$

К приведенному набору аксиом добавляются, как и в первом случае, вышеописанные правила вывода: *modus ponens* и правило обобщения.

Для интерпретации данного варианта аксиоматики нам необходимо дополнительно дать сущностные определения двух логических связок – конъюнкции и дизъюнкции.

Опр. **Конъюнкция** – абстрактно-информационное выражение истинного целого, образованного истинными частями. Истинное целое, являющееся таковым в силу того, что все его части истинны.

Опр. **Дизъюнкция** – истинное целое, являющееся таковым в силу существования истинной части.

Приступим теперь к истолкованию самих аксиом.

1. $A \supset (B \supset A)$

Прочтение в естественном языке: если А, то из В следует А.

Интерпретация: истина следует из чего угодно.

2. $(A \supset (B \supset C)) \supset ((A \supset B) \supset (A \supset C))$

⁷ Там же. С. 95–96.

Прочтение в естественном языке: если из А следует, что из В следует С, то, когда из А следует В, тогда из А следует и С.

Интерпретация: если причина причинно-следственной связи достаточна для причины в этой связи, то она достаточна и для ее следствия.

$$3. A \supset (B \supset A \sqcap B)$$

Прочтение в естественном языке: из А следует, что из В следует А и В.

Интерпретация: истина достаточна для того, чтобы другая истина была причиной истинного целого, состоящего из этих истин как частей.

$$4. A \sqcap B \supset A$$

Прочтение в естественном языке: если А и В, то А.

Интерпретация: часть истинного целого, все части которого истинны, истинна.

$$5. A \sqcap B \supset B$$

Прочтение в естественном языке: если А и В, то В.

Интерпретация: часть истинного целого, все части которого истинны, истинна.

$$6. (A \supset C) \supset ((B \supset C) \supset (A \sqcap B \supset C))$$

Прочтение в естественном языке: если из А следует С, то, когда из В следует С, тогда из А или В следует С.

Интерпретация: когда истина служит причиной другой истины, любая причина этой другой истины образует с исходной истиной целое, истинность любой части которого является причиной этой другой истины.

$$7. A \supset A \sqcap B$$

Прочтение в естественном языке: из А следует А или В.

Интерпретация: истинное целое, являющееся таковым в силу существования истинной части, является следствием этой части.

$$8. B \supset A \sqcap B$$

Прочтение в естественном языке: из В следует А или В.

Интерпретация: истинное целое, являющееся таковым в силу существования истинной части, является следствием этой части.

$$9. (A \supset B) \supset ((A \supset \neg B) \supset \neg A)$$

Прочтение в естественном языке: если из А следует В, то, когда из А следует не В, тогда не А.

Интерпретация: противоречие следует только из лжи. Причинно-следственная связь приводит к противоречию, только если причина ложна.

$$10. \neg \neg A \supset A$$

Прочтение в естественном языке: если неверно, что не А, тогда А.

Интерпретация: ложность ложности есть причина истинности. Ложность ложности достаточна для истинности. Из опровержения лжи следует истина.

$$11. \forall x A \supset A(x|t)$$

Прочтение в естественном языке: если для любого x A , то A выполняется при (правильной) подстановке вместо x терма t .

Интерпретация: истинное во всех конкретных случаях истинно всегда. Истинное во всех конкретных случаях является причиной абстрактной истины. Абстрактная истина необходима для истинности всех конкретных истин. Истинность всех конкретных случаев достаточна для абстрактной истины.

$$12. \forall x (C \supset A(x)) \supset (C \supset \forall x A(x))$$

Прочтение в естественном языке: если для любого x из C следует A от x , то из C следует, что для любого x выполняется A от x .

Интерпретация: если во всех конкретных случаях выполняется причинно-следственная связь, то для абстрактной причины любое конкретное следствие является необходимым. Если во всех конкретных случаях выполняется причинно-следственная связь, то абстрактная причина достаточна для любого конкретного следствия.

$$13. A(x||t) \supset \exists x A$$

Прочтение в естественном языке: если A выполняется при (правильной) подстановке вместо x терма t , то существует x , при котором A выполняется.

Интерпретация: Абстрактная истина является причиной существования конкретной истины. Абстрактная истина достаточна для выполнимости конкретной истины.

$$14. \forall x (A(x) \supset C) \supset \exists x (A(x) \supset C)$$

Прочтение в естественном языке: если для любого x из A от x следует C , то существует x , при котором из A от x следует C .

Интерпретация: Если причинность выполняется всегда, то существует случай, когда эта причинность выполняется. Выполняющаяся всегда причинность достаточна для наличия случая выполнения данной причинности. Выполняющаяся во всех конкретных случаях причинность достаточна для существования конкретного случая выполнения причинности. Для выполнения всех конкретных случаев причинности необходимо существование конкретного случая причинности.

Формулировка и интерпретация правил вывода – *modus ponens* и правила обобщения – будут практически совпадать с приведенными ранее.

Modus ponens гласит, что из A и $A \supset B$ следует B .

Прочтение в естественном языке: если A , и из A следует B , то B .

Интерпретация: Истина является причиной только истины.

Правило обобщения утверждает, что из A следует $\forall x A$.

Прочтение в естественном языке: из A следует, что для любого x выполняется A .

Интерпретация: Конкретизация абстрактной истины всегда дает истину. Абстрактная истина достаточна для истинности всех конкретных случаев. Истинность всех конкретных случаев необходима для абстрактной истины.

Что же следует из вышеприведенного истолкования аксиоматики?

Мы стремились интерпретировать аксиомы исчисления предикатов первого порядка, опираясь лишь на понятия, сводящиеся к максимально абстрактному выражению возможного – вероятного, необходимого, реализованного, то есть действительного в нашей расширенной трактовке этого понятия. И таким образом, данное построение можно рассматривать как еще один аргумент в пользу трактовки математики как науки об универсальных принципах бытия, действительности в ее расширенной трактовке, включающей в нее все формы возможного.

Д.Н. Букин
(Волгоград)

КАТЕГОРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАК ОСНОВА МЕТОДОЛОГИИ СОВРЕМЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ МАТЕМАТИКИ

Философско-категориальный анализ занимает центральное место в изучении математической реальности. В статье обосновывается необходимость тщательного и всестороннего подхода к изучению оснований математики с помощью фундаментальных онтологических и модальных категорий, дополняющих и конкретизирующих всеобщее содержание друг друга.

* * *

Ранее мы уже отмечали, что в настоящее время связь математики с философской онтологией уже не выглядит столь естественной, как несколькими столетиями ранее. Между тем уже на заре становления философского знания математика играет важную роль в развитии онтологии как учения о бытии как таковом, рассматривающего вещи не только в качестве носителей неких предзаданных свойств и отношений, но и как нечто явленное, *существующее*. И по сей день именно в компетенции онтологии остаются вопросы, связанные с реальностью познавательных установок, реализуемых не только самой математикой, но и любой философской системой, претендующей на выяснение связи математики с миром. С одной стороны, признается, что идеальные по своей природе математические объекты, порождаемые человеческим разумом, имеют статус универсальных и общезначимых инструментов эффективного описания различных сторон окружающей действительности; с другой стороны, остается открытым вопрос об онтологической укорененности таких объектов, как математические категории, функторы, псевдоструктуры и т.п. К сожалению, представление о сути и роли онтологизации математики значительно изменилось, и современные математики, в отличие от их предшественников, таких как Н.И. Лобачевский, А. Пуанкаре, Г. Кантор, А.Н. Колмогоров и др., все реже обращаются к философскому осмыслению своей деятельности. Использование сверхмощных ЭВМ в проверке и доказательстве фундаментальных положений теоретической математики подчас создаст иллюзию бессмысленности их онтологического обоснования. Величайшая из точных наук утрачивает признаки объективного знания, все больше трансформируясь в некую прикладную научную область, приоритетом которой является инструментальное преобразование мира, но не его осмысление. Особенно это заметно в сфере преподавания математики, где

остро стоят проблемы математической дефиниции, интерпретации предмета математики, развития у учащихся аподиктического и вероятностного мышления и т.д.

На этом фоне малоизученной оказывается проблема отношения математики и объективной реальности, а ведь ни одна из «традиционных» программ обоснования математики (логицизм, формализм, конструктивизм и т.д.) так и не представила всестороннего философского исследования *данности ее объектов познающему сознанию*. В этой связи особую актуальность приобретает тема онтологических оснований математики как формы данности объективной реальности познающему субъекту. На фоне пристального внимания к математическому знанию как к эпистемологическому феномену открытым остается вопрос о внутренней логике самого постигаемого бытия, наталкивающий на мысль об онтологической обусловленности внеопытного математического познания мира. На наш взгляд, в современной философии назрела необходимость «возвращения» структур реального мира в процесс обоснования математического знания.

Так мы пришли к необходимости выделения «онтологии математики» – относительно самостоятельного раздела философской онтологии, нацеленного на изучение отношений между математическим знанием и действительностью, на выявление сущности и всеобщих закономерностей бытия объектов особого рода – объектов математики. При этом мы продолжаем твердо придерживаться точки зрения, согласно которой онтология есть «совокупность специфических описаний, связь между которыми обеспечивается связью между содержанием исходных категорий»¹.

Под *онтологическими основаниями математики* как формой упомянутой выше данности познающему субъекту той объективной реальности, которую изучает математика, мы будем понимать системы категорий, отражающих пространственные формы и количественные отношения объективной реальности и их модальные характеристики. Одна из них (атрибутивная) представляет собой «сетку» онтологических категорий, служащих «матрицами» математического познания мира (пространство, количество, качество, мера, целое и т.п.); вторая – модальная – система включает алетические модальности рационально постигаемого бытия (бытие как сущее, как должное и как возможное)².

Вместе с тем использование перечисленных категорий в современном философском дискурсе само по себе является отдельной проблемой. Так, например, в специальной литературе отсутствует единая точка зрения не только по поводу того, какие именно всеобщие понятия

¹ Колычев П.М. Релятивная онтология. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. С. 3–4.

² Подробнее об этом см.: Букин Д.Н. Онтологические основания математической рациональности. Волгоград: Изд-во ВолГУ. 2013. 211 с.

следует относить к классу онтологических, но и по поводу того, какими специальными характеристиками они должны обладать, каким образом они соотносятся друг с другом, а также со своими грамматическими формами, категориями других классов и т.п.

В самом деле, что мы знаем об онтологических категориях? Прежде всего то, что это особые понятия, всеобщие относительно любого сущего. Однако очевидно, что далеко не все философские категории, несмотря на свою всеобщность, можно отнести к онтологическим (например, категории добра, красоты, истины, жизни, свободы, разума и т.п.³). Кроме того, не всегда удается четко отделить их от так называемых *гносеологических* категорий. Так, Г.Д. Левин предлагает «чисто» гносеологические понятия истины, теории, достоверности и др. отнести к гносеологическим категориям, а те, чей статус можно определить как смежный в описании объективной и субъективной реальности (такие, как объект, свойство, целое и т.п.), присовокупить к «чисто» онтологическим и назвать получившийся объединенный класс просто – философские⁴. На наш взгляд, это не совсем удачная идея, поскольку в этом случае гносеология странным образом дистанцируется от философии. С другой стороны, такие фундаментальные категории, как, например, субъект и объект, на первый взгляд, не являются ни чисто гносеологическими, ни чисто онтологическими, и возникает вопрос, к какому из классов их отнести. Мы полагаем, что вопрос этот несколько надуман и сформулирован скорее искусственно, поскольку зачастую весьма сложно провести границу между онтологией и теорией познания, памятуя о том, что само познание есть часть бытия.

Не следует путать онтологические категории с так называемыми «категориальными понятиями» или «инструментальными категориями» – такие общенаучные понятия, как «система», «элемент», «модель», «функция», «информация», «управление» и т.д. могут быть рассмотрены либо в качестве синонимов онтологических категорий (система – для целого, элемент – для части и т.д.), либо как прямые производные от них (функция как отношение, модель как объект и т.д.).

В своем исследовании к *онтологическим* мы будем относить все те категории, которые подпадают под требование *всеобщности* вне зависимости от типа реальности (субъективной, объективной, материальной, духовной и т.п.).

К сожалению, в современной литературе по теме нечасто можно встретить примеры использования категориального анализа применительно к объектам, лежащим в ее основе. Так, П.М. Колычев показывает, как одна из характеристик категории *отношения* – различение – может быть использована для обобщения понятий множества и числа:

³ См.: Книгин А.Н. Учение о категориях. Томск: Изд-во ТГУ, 2002. 193 с.

⁴ Левин Г.Д. Философские категории в современном дискурсе. М.: Логос, 2007. С. 12.

«Развернутое содержание понятия соотношения больше, чем интуитивное понимание множества, позволяет сделать следующий шаг в понимании существа дела. В самом деле, если Г. Кантор удовлетворяется описанием множества через такие факторы, как различие и единство, ...то мы предлагаем идти дальше, раскрывая механизм реализации этого различия (результат соотношения)... Через различие мы выходим на решение проблемы определенности. Отсюда мы получаем внешний смысловой контекст для функциональности числа. Ведь главное назначение числа состоит в том, чтобы выражать определенность. Если это так, то определенность как различие, а значит, и онтологическое понятие результата соотношения, выступает обобщением математического понятия числа. Таким образом, понятие соотношения одновременно выступает онтологическим контекстом для математических понятий множества и числа, что и может быть рассмотрено как онтологическое основание для обобщения последних»⁵. Другими словами, в раскрытии природы числа отношение различия с уровня «эталонного сравнения» поднимается до более высокого уровня абстракции, где уже одной его заданности (например, через канторово множество) достаточно для фиксации числа.

Другим, не менее ярким примером может выступить рассмотрение Е.И. Арепьевым реалистической трактовки оснований геометрии с позиции расширенного истолкования действительности⁶.

Что же касается модальных категорий, то здесь, безусловно, прослеживается определенная специфика. Так, ассерторические модальные характеристики бытия объекта математики («действительное», «недействительное») не могут быть признанными онтологически самостоятельными: математические закономерности всегда в конечном счете оказываются либо модально необходимыми, либо модально возможными. Необходимость и случайность являются важнейшими парными модальными категориями, отражающими определенные стороны, взаимосвязи, отношения объективной реальности. Границы между случайным и необходимым в математическом познании весьма подвижны, однако ведущую роль здесь все-таки играет *необходимость*, придающая математике роль науки, утверждения которой имеют наивысшую степень достоверности. Не менее существенную роль в исследовании онтологических оснований математики играют глубокие взаимосвязи возможного и действительного, возможного и случайного, возможного и необходимого и т.д. В целом же А.Ф. Кудряшев справедливо отмечает: «...различие математических высказываний по модальности является непреложным фактом, и выделение соответствующих модальных

⁵ Колычев П.М. Онтологическое обоснование начал математики [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/ontologicalsociety/seminar> (дата обращения: 13.07.2011).

⁶ См.: Арепьев Е.И. О чем говорят аксиомы геометрии? // Проблемы онто-гносеологического обоснования математических и естественных наук: сб. науч. тр. Вып. 6. Курск, 2014. С. 5–16.

онтологий позволяет философски более квалифицированно подходить к пониманию самой сути математики и математического мышления»⁷.

Сказанное, впрочем, вовсе не означает, что в использовании категориального анализа атрибутивная и модальная системы не могут дополнять друг друга, выводя нас на более глубокие уровни математической реальности. Рассмотрим, например, математические понятия «мера» и «вероятность». Очень часто в философской литературе, посвященной диалектической проблематике, приводят ставший уже хрестоматийным пример про кипячение воды (мерой в этом случае выступает температурный открытый интервал от нуля до ста градусов Цельсия, в котором вода сохраняет свое качество жидкости). Приведем другой пример – того, как мера работает в математике, и покажем, что они оба (классический и наш) имеют одну и ту же онтологическую основу.

Итак, зафиксируем некоторые состояния нагреваемой воды, изначально имеющей нулевую температуру (состояние «лед»):

лед – холодная вода – теплая вода – горячая вода – кипяток – пар.

Видно, что за пределами $0-100$ градусов вода имеет свое небытие *жидкостью*, поскольку имеет другое наличное бытие – пар или лед.

Теперь попробуем увеличивать вероятность случайного события, начиная с состояния «события нет», или, как говорят в математике, невозможного события:

невозможно – вряд ли – может быть – скорее всего – обязательно.

Видно, что за пределами $0-1$ о бытии события говорить бессмысленно (событие имеет там свое небытие). Вопрос, *какое именно бытие оно там имеет*, не столь важен для уяснения сути примера (хотя и очень интересен с онтологической точки зрения).

С другой стороны, рассмотрим конкретный математический текст: «Для сравнения событий нужна определенная мера. Численная мера степени объективной возможности наступления события называется *вероятностью события*... Случай называется *благоприятствующим событию A*, если появление этого случая влечет за собой появление события *A*. Согласно классическому определению, **вероятность события A равна отношению числа случаев, благоприятствующих ему, к общему числу случаев...**»⁸. Помимо уже знакомых нам онтологических атрибутов количества и меры, мы находим в тексте указание на *случаи, случайные события* и *возможность*. Думается, это не просто слова русского языка – за ними скрываются определенные структуры мысли, связанные с проблематическими категориями случайного и возможного.

Пример такого комплексного категориального подхода находим также в продолжении цикла работ Е.И. Арепьева. Оперирруя

⁷ Кудряшев А.Ф. Модальные онтологии в математике // Стили в математике: социокультурная философия математики. СПб.: Изд-во РХГИ, 1999. С. 135.

⁸ Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юнити-Дана, 2001. С. 18.

онтологическими категориями целого и части, автор определяет принцип «следования в натуральном ряде», в то же время истолковывая ноль как «абстрактное выражение возможности наличия», и в целом формулирует аксиомы арифметики натуральных чисел, опираясь на «исходные понятия, онто-гносеологический статус которых сводится к максимально абстрактному выражению возможного – вероятного, необходимого, реализованного»⁹.

Подводя итог, отметим, что в наших стремлениях постичь мир рационально, как объективно общее, действительность открывается в виде бесконечного многообразия вещей, событий, свойств, связей и т.д. Математическое познание важнейших свойств и отношений объективного мира невозможно без категориальных интуиций количества, качества и пространства, не только взаимоуточняющих друг друга, но и конкретизируемых с помощью таких важнейших понятий и категорий, как отношение, бесконечность, мера, целое, элемент, дискретность, непрерывность, структура, число, величина. В то же время объектами математики могут выступать не только свойства и связи реальности, но и их необходимость и возможность. Также очевидно, что между системой онтологических оснований математики и системой математических понятий, образованных в разное время и сыгравших важную роль в становлении основных разделов математического знания, существует тесная взаимосвязь. Математика, так или иначе отражающая усложняющийся, ускоряющийся и глобализирующийся мир, сама не может не усложняться, не стремиться к новым измерениям и горизонтам. Однако в ходе этого развития любой математический объект всегда останется феноменом сознания, структурируемого реальностью. Признание факта существования таких онтологических «истоков» требует, в свою очередь, тщательной категориальной проработки онтологических оснований математики с учетом особенностей их трансформации в условиях современности.

⁹ Арпьев Е.И. О чем говорят аксиомы арифметики? // Проблемы онто-гносеологического обоснования математических и естественных наук: сб. науч. тр. Вып. 7. Курск, 2015. С. 8–11.

М.В. Воробьев
(Курск)

РАВНОВЕСИЕ И МЕРЫ В ПРАВЕ

Есть ли равновесие в праве? Можно ли его оценить? Можно ли оценить воздействие, необходимое для восстановления равновесия в правовой сфере? Статья содержит авторский взгляд на эти вопросы. Автором рассматривается возможность применения в праве единиц измерения, используемых в точных науках.

* * *

Явление равновесия, известное из естественных наук, предполагает такое состояние системы, при котором силы, действующие в ее пределах, полностью компенсируют друг друга. Более того, если силы, действующие внутри системы, не компенсируют друг друга, то такая система приходит в движение, стремясь восстановить равновесие.

Представление о равновесии наиболее хорошо выражено у нас благодаря физике. Изучая механику как раздел физики еще в школе, мы могли рассчитать поведение объектов системы, выведенной из равновесия. Для этого применялись простые формулы и оценка сил, влияющих на объекты. Однако мы рассматривали лишь идеальные системы и игнорировали значительное количество факторов, влияющих на объекты в реальности. Для понимания происходящих процессов это было лучшей иллюстрацией, однако нам осознанно упрощали задачу. В то же время у нас создавалось ложное впечатление, что все в окружающем нас мире поддается предсказанию. В естествознании же учеными рассматривается случайное выведение системы из состояния равновесия. Оно происходит в результате незначительного случайного воздействия и не может быть предсказано¹. Такой подход к изучению явлений совершенно не отменяет возможность прогнозирования поведения системы на основе существующей методики расчетов, но позволяет сказать, что полностью достоверного прогноза в определенных случаях дать невозможно.

В сфере гуманитарных наук, в частности в юриспруденции, не принято применять собственные точные методики расчетов. Нередко звучат даже предложения не относить право к числу наук, по причине отсутствия точности. В праве есть категории урегулированности и неурегулированности. Эти категории похожи на категории упорядоченности и беспорядка, стабильности и нестабильности. Правовая наука делает попытки прогнозирования последствий определенных событий и действий. Однако совершенно игнорируются многие

¹ См.: Пригожин И.Р. Философия нестабильности // Вопросы философии. 1991. №6. С. 46–57.

естественнонаучные понятия, такие как понятие равновесия, и связанные с ними научные представления.

Можно ли говорить о применимости равновесия к правовой сфере? Право – это результат равновесия. Это результат закрепления равновесного положения в противостоянии государства и общества. Государство стремится к абсолютной власти над обществом, а общество стремится от этой власти освободиться. В какой-то момент, в конкретных условиях развития общества, противостояние приходит к ситуации, напоминающей равновесие, и текущее положение вещей закрепляется правом. С развитием общества или, возможно, с развитием государства появляются новые силы, нарушающие сложившееся «равновесие», и система приходит в движение, стремясь к равновесию. История знает много таких примеров. Если общество вызывает движение системы, то случается революция, смена формы государства или формы правления, если же государство является причиной такого движения, то можно увидеть периоды реформ. Нередки случаи, когда реформы проводятся для предотвращения революций. Социум постоянно испытывает воздействие, направленное на вывод его из состояния равновесия. Дело в том, что равновесие подразумевает, что обе противодействующие стороны на какой-то момент перестают стремиться к выводу системы из равновесия, однако такое положение вещей невозможно, и общество и государство стремятся к достижению своих целей, и система замирает лишь тогда, когда противодействие является равновеликим. Такое состояние является достаточно редким и кратковременным.

Постоянное противостояние государства и общества нельзя считать безоговорочно полезным. В определенные моменты оно создает деструктивный для системы эффект, и в результате возникают меньшие системы для компенсации сил внутри государственной и общественной систем.

В государстве давно появилось разделение власти на законодательную, исполнительную и судебную. Такая система получила название «системы сдержек и противовесов». Она определяет противодействие трех направлений внутри самой власти. Предполагается, что государственная власть должна уравниваться тремя ее ветвями. Однако на практике мы видим, что в результате власть бывает нередко выведена из равновесия, разобщена и, вместо противодействия обществу, вынуждена тратить силы на поиск равновесия внутри системы. Революции и крупные реформы в этих условиях стали менее вероятны, так как они возможны, прежде всего, в случае полного доминирования одной из трех ветвей власти над другими либо в случае отказа от принципа разделения властей.

В результате может показаться, что общество получает важное преимущество в этом противостоянии. Однако это не совсем так. В

общественной системе также появился свой принцип разделения, который вынуждает искать равновесие внутри. Кто же является противодействующими сторонами в общественной системе? Можно много дискутировать на этот счет, но наиболее предпочтительной выглядит идея о разделении труда как о принципиальной модели противодействия внутри общества. На сегодняшний день можно выделить три направления или три основных субъекта: сельскохозяйственные производители, промышленные производители и производители результатов интеллектуальной деятельности. Эта триада субъектов противодействует друг другу с переменным успехом. Можно также наблюдать различные формы объединения производителей под единым контролем, что является, по сути, стремлением к полному доминированию в общественной системе.

Полное доминирование в государственной системе вызывает проявление усиления государственной власти, а полное доминирование в общественной системе приводит к ослаблению роли государства, его полному подчинению производителям. Явление глобализации, которое наблюдается в настоящее время, как раз связано с исключительным сосредоточением производства под единым контролем и значительным ослаблением роли государства.

Важно обратить внимание на то, что явление глобализации не затрагивает одно государство, а касается большого количества государств. Государства взаимодействуют друг с другом, применяя международное право, а не внутригосударственное. В то же время отношения общества и государства регулируются внутригосударственным или национальным правом. В юридической науке принято разделять эти две системы права. Международное право также закрепляет равновесие, однако сторонами являются государства или группы государств. Явление глобализации привело к проблемам в сфере международного права, так как контролируемые значительные сферы производства субъекты общественного противостояния стали претендовать на место в ряду субъектов международного права, наравне с государствами. Такая ситуация означала бы победу общественных институтов над государством, однако этого не случилось. Противодействие со стороны государства нарастает, и в результате глобализация приводит к появлению сильной государственной власти.

Из описанного видно, что систему взаимодействия общества и государства, находящуюся в равновесном состоянии или не находящуюся в нем, нельзя рассматривать отдельно от других систем, однако влиять на нее и на другие системы возможно и даже необходимо. Важно заметить, что развитие общества и государства во многом стимулируется в результате выхода систем из равновесия, поэтому воздействие на системы для достижения полного и постоянного равновесия нецелесообразно, так как оно приведет к замедлению развития общества и государства. В то же

время воздействовать на системы необходимо для предотвращения явлений чрезмерного дисбаланса, который будет иметь деструктивный эффект.

Представляется, что воздействие на системы предполагает планирование точки приложения воздействия и его величины. В настоящее время можно говорить лишь о понимании и проработанности направления воздействия. Если во взаимодействии начинает доминировать государство, то воздействие необходимо осуществлять со стороны общества, и наоборот. Однако на вопрос о том, с какой силой требуется воздействовать на элементы системы и в какой точке эта сила должна быть приложена, точного ответа нет. На сегодняшний день можно лишь констатировать, что управление системой возможно через процессы правотворчества и применения права. К настоящему времени в праве выработаны механизмы, ограничивающие движения элементов систем в критических положениях. Это необходимо для предотвращения разрушения системы. Такие механизмы можно обнаружить как в международном, так и в национальном праве. В международном праве это закрепление ответственности за развязывание агрессивной войны, геноцид, экоцид и другие международные преступления. В национальном праве можно также привести в пример ответственность за особо тяжкие преступления. Однако в праве есть и противоположные пределы – неприменение смертной казни, доступность правосудия как гарантии защиты нарушенных прав. Закрепление в конституциях государств положений о системе органов власти гарантирует государствам стабильность и отсутствие необходимости постоянно подтверждать свою власть силой.

Несмотря на наличие пределов, которые, хочется заметить, не являются непреодолимыми, движение выходящих из равновесия элементов систем в данных пределах слабо подвергается воздействию. В настоящее время движение элементов систем можно спрогнозировать. Для этого существует большое количество средств, однако воздействие осуществляется лишь в рамках применения экономических, социологических или психологических способов. Правовое воздействие осуществляется лишь в направлении установления дополнительных пределов возможного поведения, что не является в достаточной степени эффективным, так как непреодолимость данных пределов является относительной и, несомненно, сильнее проявляется среди субъектов с высокой правовой культурой. В то же время такой характер воздействия в значительной мере ограничивает субъекты в их поведении и часто может препятствовать развитию новых общественных отношений. В результате мы наблюдаем появление сфер общества, находящихся за установленными пределами. В таких случаях приходится либо противодействовать развитию таких сфер, либо устранять барьеры.

Таким образом, система может быть представлена в виде большого бильярдного стола со множеством шаров изменяемых в размерах, который, к тому же, стоит на поверхности с постоянно изменяющимся уклоном. При регулировании создаются барьеры, ограничивающие движение шаров, но при неудачном стечении обстоятельств шар может и перескочить. Существующие механизмы в праве могут позволить нам воздействовать на ряд отдельных шаров, но в основном применяются барьерные способы. Одним из адресных механизмов воздействия является механизм привлечения к ответственности за противоправное поведение. В ряде случаев такой механизм эффективен, однако с развитием общественных отношений все чаще наблюдаются случаи, когда наличие ответственности не влияет на наличие противоправного поведения. Часто это можно наблюдать из-за несоответствия воздействия противоправному поведению. Воздействие может быть либо недостаточным, либо чрезмерным, либо направление воздействия может быть неверным.

Ответственность можно разделить на личную и имущественную. Мерой личной ответственности являются ограничения для личности, такие как лишение свободы или лишение специального права. Имущественная ответственность, как правило, связывается с выплатой денег или передачей вещей. В вопросах имущественной ответственности можно говорить о наличии единиц измерения воздействия, которые хотя и не полностью, но все же удовлетворяют предъявляемым требованиям. В значительной части случаев можно деньгами оценить размер воздействия. В то же время в случае с личной ответственностью вопрос о единице измерения воздействия остается открытым. В уголовном праве, например, размер наказания зависит от тяжести совершенного преступления, и разные виды наказания могут быть приведены к некоторому эквиваленту (есть правила замены одного вида наказания другим). Однако среди личных наказаний нет единой шкалы эквивалентов, которая бы позволяла оценивать степень воздействия.

В определенных случаях как имущественное наказание, так и личное являются неэффективными. Нельзя взыскать деньги, если их нет. Нельзя пугать человека лишением свободы в том случае, если ему негде жить и нечего есть, когда в тюрьме кормят и есть условия для проживания. То есть можно точно утверждать, что размер наказания не может быть эквивалентом, мерой адресного воздействия.

Для возможности оценки воздействия, в том числе правового, необходим всеобщий эквивалент, мера воздействия. Без разработки такого эквивалента оценить размер и направление адресного воздействия невозможно. Например, как в праве определяется мера наказания за убийство? Исходя из степени его общественной опасности. А эта общественная опасность может меняться, и мера наказания тоже может меняться. Некоторые деяния исключаются из числа преступных, то есть

адресное воздействие не требуется в данном случае. Таким образом, в праве есть понимание относительности размера воздействия. Однако степень воздействия определяется часто произвольно, воздействие бывает чрезмерным, но на это обращают внимание только по прошествии времени. Даже в случае с имеющимся эквивалентом имущественной ответственности – деньгами, – нельзя говорить о полном достижении целей определения эквивалентности. Деньгами, например, сложно определить размер морального вреда, да и ценность денег со временем меняется.

В таких условиях неудивительно, что право не относят к категории точных наук. Хотя в категориях права «справедливо-несправедливо», «виновен-невиновен», «прав-неправ» точность очень важна. Хочется заметить, что понятие справедливости в теории права плавно заменяется понятием законности, что только на первый взгляд упрощает правовое воздействие. В суде защищают нарушенное законное право, и решение суда должно быть законным. Про справедливость речи не идет. Да и какая справедливость может быть в суде, где процесс проходит по принципу состязательности. Выигрывает сильная сторона. В то же время понятие справедливости является наиболее близким к понятию равновесия, и в вопросах восстановления справедливости вопрос эквивалента и единицы измерения воздействия приобретает особую значимость, ведь чрезмерное воздействие в таком случае будет означать необходимость нового поиска для восстановления справедливости.

В свете изложенного выше представляется, что применение естественнонаучных единиц измерения силы, энергии, времени возможно рассматривать как эквивалент или меру в том числе и правового воздействия. Для прогнозирования адресного воздействия необходимо применять неизменные, точные единицы, позволяющие четко определить результат такого воздействия. В настоящее время сложно говорить о возможности полного прогнозирования адресного воздействия, но в ряде случаев естественнонаучные единицы измерения могут успешно применяться в правовой сфере для оценки правового воздействия.

В.А. Еровенко
(Минск)

КУРС ИСТОРИИ И МЕТОДОЛОГИИ МАТЕМАТИКИ В КОНТЕКСТЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ РЕФЛЕКСИИ ФИЛОСОФИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Для студентов-математиков старших курсов некоторых специализаций на механико-математическом факультете Белорусского государственного университета автором традиционно читается учебный курс «История и методология математики». Лектор, как специалист по функциональному анализу, занимающийся помимо своей профессиональной математической деятельности еще и некоторыми философско-методологическими проблемами математики и математического образования, делает акцент в этом курсе на методологической составляющей математического знания. Естественно возникает вопрос: насколько уместно объединять в одном университетском курсе историю и методологию математики? Так, если под методологией математики понимать совокупность методов математического исследования в историческом развитии математического знания, то следует признать, что методология математики естественно связана с историей математики, которая явно задает конкретное содержание изучаемых методологических проблем. В статье предпринята попытка методологической рефлексии для мотивировки необходимости такого курса в контексте понимания проблем и сущности философии математического образования.

* * *

Кто, кроме самих математиков, может сейчас наиболее аргументированно, обстоятельно и убедительно описать методологические вопросы своей науки, привлекая для этого данные истории науки и анализ динамики современных этапов развития математики? История математики – это незаменимый элемент образовательной университетской практики, с помощью которого можно воспитывать гуманитарно ориентированных молодых ученых-математиков в духе антидогматизма, на примере понимания позитивной роли ошибок в их исследовательской работе. История становления математики, вскрывая общие закономерности развития этой науки, дает взгляд на математику в целом и даже на возможные перспективы ее развития. История науки как нельзя лучше способствует введению студентов в мир культурных ценностей. Математика не содержится в законченном и упорядоченном виде в некоем научном труде. По существу, современное состояние математики – это одна из возможных важных «форм научного равновесия», ценная именно сегодня, но, тем не менее, тоже преходящая, как и другое предшествующее знание, чьи следы она, безусловно, сохранила. Поэтому историко-научный материал целесообразно использовать на этапе введения понятий, чтобы заинтересовать студентов-математиков и вызвать у них соответствующий

положительный эмоциональный настрой. Известно, что начала математики как научной дисциплины теряются в глубине веков. Ведь почти две с половиной тысячи лет назад математика из сборника рецептов превратилась затем в строгую дедуктивную науку, развиваемую из немногих исходных положений по правилам формальной логики.

К сожалению, до сих пор все еще широко распространены ошибочные или необоснованные точки зрения на природу математического знания, на происхождение и пути формирования математических понятий, на сущность математического творчества и реальные источники возникновения новых научных теорий. Принято считать, что методология математики является лишь учением о сути методов математического познания, формально-теоретических средствах исследования, а также об инструментальных методах практического постижения истины. В более широком смысле методология математики, в контексте важнейшей прикладной области деятельности, изучает совокупность математических методов, связывающих математику с другими науками и областями человеческого знания. Следует заметить, что философские работы, посвященные пониманию специфики методологии, в частности методологии математики, акцентируют внимание на проблеме статуса методологии, а именно на том, является методология разделом философии или математики. В контексте философско-методологического анализа математического знания, как отмечает А.Н. Кочергин, ряд авторов под методологией науки понимают «область знания, изучающую методологическое сознание, то есть методологическое знание, методологическую рефлексию и научный метод»¹. В связи с общей тенденцией компьютеризации и информатизации мышления востребованность понимания статуса методологии математического знания проявляется прежде всего в том, что с помощью своих интеллектуальных инструментов современная математика выражает важнейшие закономерности хорошо развитых не только формальных, но и содержательных теорий.

Следует отметить, что абстрактный мир современной математики редко открыт непосредственному восприятию. Математический текст со строгими дедуктивными выводами и способностью точно передавать информацию нельзя отождествлять с исходной математической идеей. Сложность человеческого мышления, вообще говоря, не схватывается исключительно лишь нашими дедуктивными способностями. Однако наиболее значимые подходы к анализу мышления, которые можно назвать достоверными, связаны прежде всего с дедуктивным мышлением и с нашей общей интеллектуальной способностью доказывать простейшие теоремы в контексте исторического взаимодействия различных частей математики. Математика – это прежде всего точное, строгое и надежное

¹ Кочергин А.Н. Проблема статуса методологии // Научный вестник МГТУ ГА. 2012. № 8. С. 31.

суждение, которое может выражаться даже без математических формул. Когда же возникла такая точность мысли, необходимая для мысленных построений, которой было по силам задаваться вопросами относительно «очевидного»? Общепринято считать, что такого рода «фазовый переход» впервые произошел в сознании Фалеса, запустившего процесс превращения математических приемов и методов в «математику». В Древней Греции построение математической теории приобрело статус уважаемого занятия, поскольку понятие аксиоматической системы было интеллектуально привлекательным. В великий век греческого рационализма в математике был достигнут такой уровень, который не смогли превзойти до XVI столетия. Дедуктивный метод – это система рассуждений, использованная Евклидом при построении геометрии, с которой знакомы все, кто учился в общеобразовательной школе. Сначала даются строгие определения понятий, используемые затем в математических построениях, а после этого определяют правила действий с ними и связывающие их соотношения, например аксиомы и леммы. Однако в процессе вывода применяются лишь логические операции и доказанные математические утверждения, а трудности с восприятием курсов высшей математики происходят из-за того, что где-то все же неожиданно произошел «разрыв понимания». Даже разовое непонимание вспомогательного материала может вырасти в «снежный ком непонятого», хотя жизнь давно уже поставила под сомнение исключительность логических императивов в сфере познания как единственного средства убедительности.

Одна из основных проблем истории математики состоит в выяснении причин и условий, благодаря которым математика в Древней Греции стала дедуктивной наукой, то есть наукой, в которой подавляющее большинство фактов устанавливается путем вывода и доказательства. До древних греков на протяжении многих тысячелетий люди превосходно обходились без дедуктивной математики, вполне удовлетворяясь отысканием работоспособных эмпирических формул. «Дедукция как образ мыслей» малообразованным людям даже в те времена не казалась наиболее легким видом мышления, но, чтобы чье-либо мнение было принято, его нужно было сначала доказать и аргументировать. Именно логическая правильность убедительного суждения перешла в математику из сферы общественных отношений. Отсюда – начало дедуктивного метода в математике, которое приближается к современным представлениям о сущности доказательства, когда основой математической убедительности становится рассуждение. На такое познание обращает особое внимание профессиональный математик и философ математики Е.М. Вечтомов: «В математике горизонтальное познание заключается в дедуктивном обосновании предлагаемых результатов, в разработке содержательных и формально-логических методов такого обоснования, в доказательстве уже

сформулированных теорем»². Но в процессе доказательства математик не действует в строгом соответствии с канонами дедуктивного метода, так как до появления окончательной уверенности в его справедливости еще неизвестно, к каким именно неформализованным или неявным начальным предположениям в конечном счете может свестись предпринятое доказательство. Поскольку дедуктивные науки отличаются в основном способом построения их теорий, а не формой изложения предмета, то связывать само становление дедуктивного метода исключительно только с математикой вовсе не обязательно.

Фалес обнаружил, что геометрические истины можно добывать не только опытным путем, но и чисто умозрительно. Он одним из первых использовал в математике дедукцию, которая и в наше время является основным методом проведения математических рассуждений. Именно Фалес изобрел понятие «математического доказательства», что предшествовало его другому великому изобретению – «философии». Мы не можем с уверенностью утверждать, что именно мировоззрение явилось решающим фактором для возникновения доказательства, но в основе методологии математики лежит как раз понятие математического доказательства. Однако даже если бы развитие математики полностью определялось количественным ростом математического знания, то дедуктивный метод должен был возникнуть всюду, в частности, это должно было бы произойти, например, в уникальных культурах Китая и Индии, где математические традиции познания не прерывались даже в Средние века. Тем не менее математика в этих странах так и не стала абстрактной дедуктивной наукой. Переход к дедуктивному мышлению в математике диктовался в значительной степени тем обстоятельством, что проверка истинности математических утверждений со временем стала наталкиваться на серьезные трудности. Чем объяснить то, что менее чем за три столетия греки полностью перестроили математику на принципах дедуктивного вывода? Было бы неверно выводить все великие научные достижения древнегреческой математики исключительно из личной одаренности ее творцов. Тогда на чем же реально было основано столь явное преимущество «греческого ума»?

Тайна их удивительного интеллектуального взлета заключается в сочетании таких противоположностей как богатство творческой фантазии и всегда бодрствующее «пытливое сомнение», которое не отступает перед могущественными способностями к разным обобщениям и аналитическими потребности рассудка. Но, для того чтобы квалифицированно обсуждать методологические проблемы математики, надо знать сам предмет деятельности. Поэтому вполне естественно, что курс «История и методология математики» читают, как правило, профессиональные математики, владеющие материалом для

² Вечтомов Е.М. Гносеологический статус математических моделей // Вестник ВГГУ. 2011. № 4. С. 8.

методологических обобщений. В частности, именно профессионалы могут правильно охарактеризовать достижения структурного подхода Бурбаки.

Так, философ науки, работающий профессором кафедры прикладной математики, В.В. Кузьменко подчеркивает, что «характерным отличием математического мышления группы Н. Бурбаки следует признать особенность понимания таких сущностей, как типы структур, рассматриваемых как классы отношений, но не классы объектов»³. К последнему курсу у студентов механико-математического факультета любого классического университета накапливается значительный багаж знаний в области всей математики. Но в силу того, что студентам-математикам начитывается много разнообразных математических дисциплин, у них складывается искаженное представление о единстве математики, кажется, что она состоит из множества частей, никак не связанных друг с другом. Даже в программной статье Н. Бурбаки «Архитектура математики» один из разделов вопросительно называется «Математика или математики?». Поэтому сомнения в единственности современной математики, а также ее целостности возникают вновь и вновь не только у студентов, но, похоже, и у профессионалов.

По аналогии можно задать еще такой вопрос: «История математики или история математик?», или еще: «Методология математики или методология математик?». Несмотря на обилие такого рода вопросов, которые неоднократно ставились в ходе развития математики, преобладающим мнением было и остается убеждение в том, что современная математика является единой наукой, развиваемой как нечто целостное. Поэтому ее история и методология должны быть отражением этой целостности. Попробуем пояснить также, почему этот курс для математиков не назван «Философия и методология математики»? Во-первых, философия в отличие от методологии не говорит будущим профессионалам математики, как именно нужно познавать в конкретной области знания. Во-вторых, уходя из сферы философии в конкретные области математического знания, философы математики рискуют утратить свой собственный самостоятельный статус в неразрешимых для философии специальных вопросах. В-третьих, философия науки – это, прежде всего, философия, то есть наука гуманитарная, которая ближе к философии истории. Однако основным фактором, отличающим математическое знание от нематематического, является математическое доказательство. Когда студентам механико-математического факультета начитывается очень много материала, то в силу его объема, мало кому хватает времени задуматься о его сущности. Очень многие вещи принимаются за истину даже без возникновения вопросов: «Почему это новое знание истинно?», «Почему математическое доказательство

³ Кузьменко В.В. Онтологический статус основных понятий математической концепции Н. Бурбаки // Грани. 2011. № 2. С. 56.

действительно что-то доказывает?» или «Нет ли в сказанном противоречия с тем, что уже стало известно из других математических дисциплин?».

Античный софист Горгий сформулировал собственные методологические теоремы, одна из которых звучит так: «Ничто в мире не существует». С точки зрения математики, в определенном смысле это действительно так, поскольку математические объекты в мире не существуют. Например, автор статьи, излагая студентам аксиоматику Пеано натуральных чисел, всегда акцентирует внимание на том, что, хотя мы и понимаем смысл слов «и так далее» в ряде натуральных чисел, его возможная реализация остается методологической загадкой, так как натуральных чисел все же бесконечно много. Математик и замечательный педагог Д.Г. Фон-Дер-Флаасс сказал: «Это, конечно, загадка не математическая, это загадка философская, и пусть философы ее обсуждают. Нам достаточно того, что, к счастью, мы все-таки имеем представление о математических объектах и оно одно и то же у всех, кто начинает о них задумываться. И поэтому математика возможна. Но большая философская проблема остается»⁴.

Глубокую связь математики и философии обосновывают тем, что обе они занимают фундаментальное положение в классификации наук по объему познания, как разрабатывающие общие законы познания, исследуют вещи и процессы в их предельном положении и состоянии, стремясь к наиболее высокому уровню абстракции и оперируя наиболее общими понятиями. Именно математика учит нас правильно оперировать понятиями, изменяя тем самым, как говорят философы, нашу «понятийную деятельность», поскольку подлинное математическое знание – это ведь не просто определенная сумма высказываний. В частности, высшее педагогическое мастерство предполагает способность передачи «неявного знания», связанного с разными областями практического применения знания, которое невозможно передать лишь через стандартные формулировки, так как интеллектуальное развитие студентов предполагает не простое накопление знаний, а изменение мировосприятия.

С одной стороны, математика реально неустранимо вплетена в практику современной жизни, поскольку без нее наша повседневная жизнь стала бы почти неузнаваемой. Однако, с другой стороны, когда мы выводим абстрактные математические умозаключения, то не вторгаемся ли мы, как считают некоторые математики и философы, в некий «мир идей», существующий сам по себе и независимо от нас? Так можем ли мы точно сказать, «что же такое математика как строгая наука»? Трудность соответствующего определения, с точки зрения изучающих математические дисциплины, состоит в том, что даже по мнению математиков «само определение понятия строгости носит субъективный характер, поскольку предполагает зависимость от адресата. Чем выше

⁴ Фон-Дер-Флаасс Д. Теоремы софиста Горгия и современная математика // Квант. 2010. № 5. С. 16.

относительный уровень и возможности последнего, тем больше может быть разрыв между строгостью и формализмом. Поэтому в более простых местах доказательства изложение бывает менее формальным, от чего они опять-таки становятся проще для восприятия»⁵. Если придерживаться принципа «не требуй слишком многого», то невозможно дать обстоятельный ответ о математической строгости на основе одних лишь философских обобщений или семантических определений, как нельзя дать общее определение поэзии, музыки или живописи. Математики вполне удовлетворены ответом, что это то, чем они занимаются. Философам поверхностный ответ ничего не дает, поэтому, не вдаваясь в этот вопрос чрезмерно, «возьмем за основу» любое из имеющихся определений, которое не претендует на исчерпывающий ответ, а по мере необходимости его можно дополнять и уточнять. Согласно одному из расхожих определений, математика есть такая наука, которая изучает сходства и различия в «области явлений количественного изменения». Если эти явления получены в результате сложных абстрактных операций с пространственными формами и количественным отношениям действительного мира, то даже тогда в контексте философии прикладной математики можно также говорить о связи между математическими структурами и материальными явлениями, которые, по сути, характеризуют математику через ее внутренние и внешние факторы.

В силу сказанного методология математического познания не может быть свободной также от соответствующего онтологического и гносеологического содержания – в этом и состоит непосредственная зависимость научного знания от методологической рефлексии философского познания. Как и математическая, теория онтологическая схема не истинна и не ложна, а только лишь полезна или бесполезна. Ведь интеллект в целом характеризует способность применять метод обобщений ко всем доступным явлениям природы и даже общественной жизни. Философия с этой точки зрения тоже, подобно математике, определена не предметом, а только способом рассуждения и познавательными возможностями. Вопросы познания разумом посредством понятий Иммануил Кант называл философскими, а задачи разума, которые решаются посредством конструирования понятий, – математическими. Например, в качестве одного из основных принципов прикладного конструктивизма, по мнению математиков и логиков Н.Н. Непейвода и А.П. Бельтюкова, можно выделить следующее положение: «Постоянные переходы между формальным и содержательным и между различными формализмами для целей многостороннего

⁵ Белов А.Я., Келлин Н.С. Каким быть строгому доказательству? // Математическое образование. 2013. № 4. С. 73.

комплексного охвата ситуации»⁶. С точки зрения применяемой методологии в философии математического образования это положение предполагает также перепроверку математического результата, полученного одним методом, другим методом, в частности, формального – содержательным методом, а содержательного – формальным методом. Это хорошо согласуется с мнением геометра и философа математики академика А.Д. Александрова, который говорил по поводу вопроса об истине в математике, что такой проблемы нет, поскольку математика создает свои инструментальные аппараты, и бессмысленно говорить о том, истинны они или ложны, так как они либо работают, либо не работают, а если работают, то «либо продуктивно, либо плохо». Поэтому к современной математике даже не применимо понятие «истинности в смысле опытного подтверждения», так как есть несогласие между разными логическими направлениями в математике, например, между классической и интуиционистской математиками.

Философскому мировоззрению, которое по существу представляет собой теоретический синтез общих воззрений на познание, присуща абстрактно-понятийная форма постижения действительности. При этом одно из наиболее поразительных свойств математических теорий состоит в том, что истинность математических утверждений может быть установлена с помощью абстрактных рассуждений. Само слово «абстракция» в научном контексте не несет на себе никаких негативных признаков. Это не математический термин, а философское понятие, хотя оно широко используется в математике, физике и других науках. Абстракция – это форма познания, основанная на мысленном выделении наиболее существенных свойств и связей изучаемого объекта. Абстракция в философском смысле слова наиболее часто встречается в математике, как самой абстрактной науке. Образовательная практика показывает, что любое общее определение математики не дает ее полного понимания, так как остается много вопросов за рамками общей установки. Математиков абстракции не пугают, поскольку приемы абстрагирования применяются в ней осознанно и вполне оправданно. Поэтому по сравнению с естествознанием в математике процесс абстрагирования идет по существу значительно дальше. Именно благодаря этому она вошла в научную методологию. Философ математики Л.Б. Султанова считает, что «методология математики позволяет проникнуть непосредственно в работу самого мышления, в его самую суть; и прежде всего в этом заключается ценность исследования творческих аспектов математического познания»⁷. Математика стремится к предельно широкому уровню обобщения,

⁶ Непейвода Н.Н., Бельтюков А.П. Манифест прикладного конструктивизма // Логические исследования. 2010. № 16. С. 203.

⁷ Султанова Л.Б. Интуиция и эвристика в математике // Российский гуманитарный журнал. 2013. № 3. С. 241.

указывая на опасные пределы деятельности при выходе на границу бытия. Поэтому так велика роль нашей повседневной жизни, выступающей в качестве, как говорят философы математики, «граничного условия» познания и практики, в том числе практического применения фундаментальной математики.

Знание генезиса математических теорий и истории их возникновения позволяет рассматривать уже решенные проблемы так, как если бы они еще не были решены. Кроме того, исторические исследования позволяют выявить генетические связи между формирующейся новой областью математики и уже хорошо сформированным знанием. История математики служит надежным доказательством того, что собственно математизация многих областей науки, не подвергающих сомнению реальность окружающего мира, не проходила совсем гладко. Смысл математизации конкретных знаний состоит в том, чтобы из точно сформулированных исходных предпосылок выводить такие следствия, которые доступны непосредственному наблюдению, а также с помощью математического аппарата не только описывать установленные факты, но и предсказывать новые закономерности и прогнозировать течение исследуемых явлений.

Возможности математизации ограничиваются только сложностью исследуемых явлений. Математизация исследуемого явления предполагает формализацию в широком смысле слова, а соответствующий язык математики – это, по сути, формализованный язык, со всеми присущими ему достоинствами и недостатками. Формализация дает возможность воспринимать процессы действительности как хорошо организованную систему элементов, связанных между собой. Фундаментальное разнообразие «реального мира» объясняет также неизбежность формализации в математике, хотя в самой математике невозможно целиком исключительно формальное направление в обосновании. Формальность аксиоматизированной теории состоит в том, что, максимально отвлекаясь от содержания, с помощью математической логики она пытается выявить и оценить строгость, надежность и убедительность математического рассуждения, хотя реализовать это полностью никогда не удастся.

Разумеется, каждая математическая теория имеет свои теоретические и исторические предпосылки, но формально-дедуктивно из предшествующих условий она никогда не следует. Это всегда творческий акт, совершаемый особыми личностями, которых принято называть выдающимися, великими и иногда гениальными, без которых невозможно было бы понять исторический характер развития науки. Например, важнейшая методологическая особенность математической абстракции состоит в том, что абстрагирование здесь чаще всего осуществляется через ряд последовательных ступеней обобщения, то есть в математике преобладают даже «абстракции от абстракций». Но абстрактность

математики, однако, не означает ее отрыва от внешнего мира. Неслучайно некоторые современные философы математики обратились к старой проблеме «философии применения математики», но уже как одной из центральных в современной философии математики в контексте реальной переусложненности современных формально построенных математических теорий. Как отмечают профессиональный математик С.П. Ковалев и философ математики А.В. Родин: «Эффективная формализация современной математики, позволяющая любому заинтересованному лицу самостоятельно провести формальную проверку любого математического результата с помощью компьютера, могла бы позволить решить данную проблему»⁸. Роль абстракций проявляется в том, что они идеально ограничивают «реальные объекты» и тем самым позволяют приближаться к ним еще и с наиболее возможной степенью точности.

У большинства студентов механико-математического факультета к пятому курсу складывается впечатление, что математика уже давно изведена «вдоль и поперек». И что нет уже тех областей знания, которые можно исследовать, что невозможно уже будет создать что-то совершенно новое, что наука сейчас развивает лишь уже существующие разделы математики. После прочтения курса «История и методология математики» становится понятно, что далеко не все еще изведено и что многое еще предстоит изучить. Поэтому синтез исторической, методологической и социокультурной проблематики вполне обоснованно входит в сферу анализа разных вопросов этого курса. Подчеркивая важность методологической проблематики, заметим, что она остается ядром философии математического образования, понимание проблем которой необходимо для лектора по истории и методологии математики, поскольку она не сводится к простому пересказу математических идей. Напомним, что объектом философии математики является сама математика, а предметом философии математики – только философские основания математических теорий и философские проблемы обоснования математики. Следует также отметить, что в философии математики нет теорий и выводов, которые считались бы обязательными для философа, подобно тому как арифметика и геометрия обязательны для любого математика. В связи с этим высказываются и такие радикальные мнения, что «философия науки науке не нужна, она нужна философии». Но поскольку феномен науки существует, то он не может не стать предметом анализа еще и с точки зрения его методологической значимости. На материале современной математики можно проследить сущностное изменение философии математического образования. История и методология математики под влиянием превращения ее в университетский

⁸ Ковалев С.П., Родин А.В. Аксиоматический метод в современной науке и технике: прагматические аспекты // Эпистемология и философия науки. 2016. Т. 47. № 1. С. 163.

учебный курс неизбежно становится реальной методологической дисциплиной. И хотя его целью не является философско-методологическое оправдание математики, это все равно неявно происходит в силу результативной работы самих математиков.

Не вдаваясь в сугубо методологические подробности, можно сказать, что математический конструкт аудиторной лекции вовсе не враждебен принципу творчества и включает в себя как профессиональную составляющую мастерства преподавателя, так и эмоциональную компоненту из триады философии математического образования: «рацио – интуицию – эмоцию», предполагающей способность мыслить образами, понятиями и символами. Даже если кто-то просто в силу своих личностных характеристик внутри такого «лекционного ландшафта» работает традиционно, но с хорошо осмысленным подтекстом, то он не испортит целостного восприятия математической лекции и обогащает ее содержательный уровень эмоциональной выразительностью в практически интерпретированной сути изложения. Так, математикам хорошо известен парадокс: если даже каким-то образом устранить все абстрактные понятия из математического доказательств, то все равно затем может обнаружиться некий «методологический дефект» такой процедуры, а именно то, что теряются дополнительные «неявные знания», которые, по сути, содержатся в исходных предложениях. И, как хорошо артикулирует математик В.А. Успенский, «более того, математика требует, чтобы утверждения не просто провозглашались, но доказывались. Она учит задавать вопросы и требовать разъяснений, если ответ оказался темен»⁹. Доказуемость – важный критерий истинности, даже если она основывается только на логической выводимости утверждений и теорем из аксиом, истинность которых в рамках формальной системы не рассматривается. Однако, наряду с критерием математической доказуемости, в математической аудитории надо еще активно использовать критерий интуитивной очевидности и критерий практической востребованности математического знания.

В заключение следует подчеркнуть, что само различие между историей и методологией математики проявляется в акцентировании профессиональных интересов. Реальная история математики и реконструкция ее методологии может заинтересовать студентов-математиков тогда, когда в ней есть нечто такое, что может способствовать пониманию, благодаря знанию исторических обстоятельств. Кроме того, в основе любого научного знания, в том числе и в математике, лежит акт веры в истинность, в его полезность и интересность, даже несмотря на то, что формально нельзя доказать непротиворечивость самой математики. Сосредотачиваясь на анализе многих проблемных математических ситуаций, методолог во многом ориентируется на понимание

⁹ Успенский В. Предисловие к математике. СПб.: Торгово-издательский дом «Амфора», 2015. С. 61.

теоретических рассуждений и критических контрпримеров, тогда как историк стремится в первую очередь обстоятельно и убедительно реконструировать сами проблемные ситуации развития математического знания, а во вторую – выявить логику и психологию математического открытия. Каждая из этих составляющих университетского курса «История и методология математики» не исключает, а, наоборот, дополняет другую, делая часть разделов современной математики интеллектуально доступными не только студентам-математикам, но также и студентам-философам, слушающим курс «Основы высшей математики».

В.Н. Князев
(Москва)

ИСТОКИ И СТАНОВЛЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Исследуется процесс становления идей классической физики. Предшествующие познавательные практики так или иначе носили натурфилософский характер и потому могут быть оценены как преднаука. Главное внимание обращено на идеи Г. Галилея, Р. Декарта, И. Ньютона, И. Канта, П.-С. Лапласа, Дж.К. Максвелла и др. Обсуждается господство ньютоновской научной парадигмы в период развития новоевропейской науки.

* * *

Наука была и остается ныне одним из важных видов человеческой деятельности. В системе наук физика занимает особое место, во многом сохраняя и сегодня роль одного из лидеров (на ряду с биологией) современного естествознания. Учитывая существенную мировоззренческую функцию физического знания, можно с полным основанием говорить о принципиальной социокультурной нише, которую занимает физика. Нас в данном случае интересует процесс становления классической физики.

Напомним, что исторически в древнегреческой культуре слово «фюзис» (русская транскрипция – физика) означает «природу» и понимается как «знание о природе»; в античной традиции «философия» есть «метафизика», то есть «следующее за физикой» и понимается как «знание о том, что есть знание о природе». Взаимопроникновение этих форм знания (физика и философия) порождает смежную область знания, получившую название «философия физики» или «философские проблемы физики». Если сама физическая наука есть высокоспециализированная деятельность ученых-физиков, связанная с выработкой, систематизацией и верификацией объективно истинного знания о природе, с целью его последующего эффективного использования как в теории, так и на практике, то философия физики исследует прежде всего мировоззренческие и методологические вопросы, возникающие в ходе развития самого физического познания. Культурно-исторический аспект становления и развития физики является неотъемлемым компонентом философии физики. Данная статья не носит характер чисто историко-научного исследования.

Выскажем еще два предварительных замечания. Первое. Историчность и социокультурная обусловленность физического познания нашла свою явную форму проявления в последовательных стадиях научной рациональности – в классической, неклассической и

постнеклассической фазах развития физики¹. Здесь первоначально следует оговориться, что физическая наука (как и наука вообще) в современном смысле слова возникла лишь во времена Галилея – Ньютона (XVII в.). Все те знания, которые развивались до этого времени (античная наука, средневековая наука, наука эпохи Возрождения), носили принципиально умозрительный, натурфилософский характер и могут быть названы как преднаука.

Второе. Классическая наука возникает в Новое время (XVII–XIX вв.), опираясь на главные достижения всего предшествующего времени, но вырабатывая новый научный метод познания² и создавая уровневую структуру знания: экспериментальный метод, формирующий эмпирический уровень знания, и метод принципов, реализующийся во многом в математическом описании (теоретико-математический уровень знания, основанный на идеализации и «первичных идеальных объектах»); в своем единстве и взаимоотношении они создали классический образ науки, характеризующийся четкой дифференцированностью предметных областей, субъект-объектной парадигмой и системностью всех основных форм научного знания. Дифференцированность предметных областей означает, что физика изучает мир физических явлений и закономерностей, химия исследует реальность химических элементов, химических соединений и реакций, а биология – мир живой природы. Дифференциация приводила в свою очередь к появлению относительно автономных форм физического знания – механики, оптики, термодинамики, электромагнетизма и т.д. Истоки субъект-объектной парадигмы в большей степени связаны с творчеством Р. Декарта, который ввел понимание субъекта как познающего человека, а объекта как того фрагмента реальности, на который направлено внимание познающего субъекта. Такой подход позволяет достигать идеала объективного, безличностного знания, который и явился эталоном знания классической науки. Под системностью научного знания понимается взаимосвязь основных форм знания, включающая в себя научные факты, гипотезы, принципы, законы, теории, парадигмы.

Неклассическая наука – характеристика науки первых двух третей XX века. Если классическое понимание мира определялось механикой, принципом «жесткого» (лапласовского) детерминизма, а ключевой метафорой была идея «мир как часовой механизм», то неклассической парадигме отвечают вероятностное видение мира, принципы неопределенности, дополненности, относительности и др. Разумеется,

¹ Об этих исторических типах научной рациональности более подробно читайте: Степин В.С. Философская антропология и философия науки. М., 1992. С. 177–189.

² Князев В.Н. Эпистемологические смыслы становления науки // От традиционного общества к гражданскому: особенности национальных транзитов: материалы Междунар. науч. конф. 23–25 апреля 2014 г. М.: МПГУ, 2015. С. 185–191.

в основе неклассической науки лежат теория относительности, квантовая механика, а также теория генетики.

1. Становление классической механики

Процесс становления классической физики как истока всей классической науки был исторически сложным и даже несколько размытым во времени. Большинство историков науки и самих физиков связывают этот процесс с интеллектуальной и исследовательской деятельностью таких выдающихся мыслителей, как Г. Галилей, Фр. Бэкон, Р. Декарт, Б. Паскаль, Х. Гюйгенс, Р. Гук, Р. Бойль, П. Ферма и, разумеется, И. Ньютон и Г. Лейбниц, творческий путь которых пришелся в основном на XVII век. Несомненно, что они разработали новую научную методологию и продемонстрировали своими научными исследованиями ее эффективность. Экспериментальная компонента этой науки настолько изменила облик науки в целом, что это дает основание многим ученым полагать, что действительно подлинная наука возникает в XVII веке: до этого наука только формировалась, отрабатывая рационалистический способ мышления (схоластика) и апробируя логикой бесплодные в практическом отношении спекуляции. Объективности ради следует отметить: великий Ньютон как-то признался в том, что он сделал в науке что-то значимое, ибо при этом «стоял на плечах гигантов». К последним в первую очередь необходимо отнести Н. Коперника, Т. Браге, И. Кеплера и Г. Галилея. Действительно, трудно переоценить роль Коперника в осуществленном им перевороте во взглядах на мироустройство (правда, еще задолго до Коперника древнегреческий ученый Аристарх утверждал, что Земля движется вокруг Солнца, но не мог это убедительно доказать). Копернику же удалось обосновать с помощью долгих астрономических наблюдений и сложных математических расчетов учение о гелиоцентрической системе мира, отвергнув тем самым геоцентрическую птолемееву систему.

Все же начало рождения классической науки следует связывать с творчеством Галилея, ибо его открытия в физике и астрономии сопровождалась разработкой методологии классической науки, рождением научного метода исследования, выраженного во взаимосвязи эксперимента и теории. В создании этой новой методологии его подход радикально отличался от бэконовского индуктивизма: Галилей, по существу, рационально конституирует мир идеальных объектов, моделируя тем самым мир явлений природы. Он убежден, что «книга природы написана языком математики» (в этом выражается деистический компонент его мировоззрения), поэтому задача ученого состоит в адекватной реконструкции сущностных отношений и реальных движений, присущих природе. Это качество Галилея было высоко оценено его младшим современником – Декартом, который сказал, что Галилей «достаточно хорошо философствует относительно движения». В механике Галилея мир

трёхмерен, так как это пространственный континуум, обладающий длиной, шириной и глубиной. Далее Галилей высказывает мысль об однородности пространства, заключающуюся в равноправии действия законов механики в любой точке пространства: так как физические законы инвариантны относительно систем отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно, следовательно, пространство однородно. Механические движения независимы от системы отсчета и движения, то есть пространство является однородным. На основе разработки математической концепции неделимого и переноса ее в физику Галилей делал вывод о существовании пустого пространства³.

Основная черта философского мировоззрения Декарта – дуализм души и тела, «мыслящей-длящейся» и «протяженной-телесной» субстанции. Отождествляя материю с протяжением, он понимает ее не столько как вещество физики, сколько как пространство стереометрии. В противоположность средневековым представлениям о конечности мира и качественном разнообразии природных явлений Декарт утверждает, что мировая материя (пространство) беспредельна и однородна. Развивая взгляды Коперника, Бруно, Галилея и других передовых ученых и философов своей эпохи, он выдвигает философскую концепцию о материальном единстве мира, сыгравшую значительную роль в упразднении схоластического мировоззрения. Здесь уместно вспомнить разъяснение В.В. Соколова: «Греческое слово «механика» в античности означало «искусный прием» с применением какого-либо «орудия» и вместе с тем «уловку», с помощью которой человеку удастся выпытать у природы ее тайны»⁴. Суть интеллектуальной «механики» Декарта составляют «интеллектуальные сети» для ловли «истины» в «океане» внешнего мира. Философский дуализм включал в себя и элемент тождества бытия и мысли: «Я по своей природе, – уточняет Декарт, – не в состоянии помешать себе верить в истинность какой-нибудь вещи, как только пойму ее вполне ясно и отчетливо»⁵. «Истина» – это то, что «есть», но в «истине» есть и тот – кто «есть».

Каждую частицу материи Декарт рассматривал как инертную и пассивную массу. Движение, которое он сводил к перемещению тел, возникает всегда только в результате толчка, сообщаемого данному телу другим телом. Устраняя понятие «абсолютной пустоты» из своего учения о материи, Декарт тем самым устраняет и понятие «абсолютного покоя», носителем которого было пустое пространство как абсолютно неподвижная среда. Каждая «точка пространства» есть одновременно и «элемент материи». Они, по Декарту, тождественны. Нарушение этого тождества как знака (=) есть чистое изменение, которое дано только «во

³ Кудрявцев П.С. Курс истории физики. М., 1982. С.67.

⁴ Соколов В.В. Введение в классическую философию. М., 1999. С.117.

⁵ Декарт Р. Метафизические размышления // Избранные произведения. М., 1950. С. 387.

времени». Фиксация данного факта как нарушения симметрии определяется в некоторый «момент времени». Данный «момент времени» есть для мышления «событие». Декарт говорил, что критерием бытия служит только мышление, в котором оно отдаёт себе отчёт о самом себе, то есть мышление в собственном смысле⁶. Механическое объяснение природы Декартом привело к созданию основ классической картины мира, в том числе в определении времени.

Интересно отметить такой факт. В 1618 г. Декарт познакомился с И. Бекманом, доктором медицины, активно занимавшимся математикой и физикой. Поводом к их знакомству послужила одна трудная математическая задача, условия которой Бекман сообщил Декарту, и тот блестяще разрешил ее. Знакомство молодого француза, только начинавшего тогда свою научную деятельность, со старшим (на восемь лет) и уже сложившимся голландским ученым переросло в весьма плодотворную для обоих научную дружбу. «Из научного дневника Бекмана, опубликованного недавно, видно, что он в то время, т.е. ранее Галилея, вывел при участии Декарта правильный закон падения тяжелых тел в пустоте; он открыл также основные законы соударения тел и полагал, что движущимся по прямым или окружностям телам свойственно стремление сохранять движение, если тому не препятствует внешнее сопротивление»⁷.

Ныне трудно недооценивать вклад самого Декарта в становление научного и философского рационализма. «Рене Декарта (1596 – 1650) обычно считают, и я думаю правильно, основателем современной философии, – пишет Бертран Рассел. – Он – первый человек больших философских способностей, на чьи взгляды глубокое влияние оказала новая физика и астрономия. Хотя правда, что в его теориях сохраняется многое от схоластики, однако он не придерживается основ, заложенных его предшественниками, а пытается создать «заново» законченное философское здание. Подобного еще не случалось со времени Аристотеля, и это являлось признаком возродившейся веры в свои силы, вытекавшей из прогресса науки. От его работ веет свежестью, которую после Платона нельзя было найти ни у одного знаменитого предшествующего ему философа»⁸.

Творцом классической механики как основы и эталона всей классической науки явился Ньютон. В нем органично сочетались мастерство экспериментатора (недаром он в течение 30 лет активно занимался алхимией!) и смелость мысли теоретика (кроме того, Ньютон,

⁶ Князев В.Н., Коломейцев А.Е. Когнитивные технологии рационализма: правила метода // Третьи Всероссийские Декартовские чтения «Рационализм и иррационализм в жизни, философии, науке»: материалы науч.-практич. конф., посвящ. 420-й годовщине со дня рождения Р. Декарта под общ. ред. А.И. Пирогова. М.: МИЭТ, 2016. С.40–46.

⁷ История математики: в 3 т. Т.2. М., 1970. С.26.

⁸ Рассел Б. История западной философии. М., 1959. С. 577.

будучи деистом, активно размышлял на теологические темы). Важную роль сыграл Ньютон в формировании классической методологии научного исследования. Создав классическую механику, он сформулировал целую научную программу, под влиянием которой физика (и даже все естествознание) развивалась вплоть до начала XX века. Научный метод Ньютона – метод принципов. Суть его такова: фундамент научного знания составляют научные принципы, основные понятия и законы, которые устанавливаются на основе опыта, однако не чисто индуктивно, а с помощью гениальных догадок теоретико-математического рода. Другими словами, на основе опыта формируются наиболее общие принципы (начала, аксиомы), а из них дедуктивным путем выводятся законы и положения, которые должны быть проверены на опыте. Научное кредо Ньютона: «Гипотез не измышляю». Однако сам он понимал, что им созданное не есть окончательная истина, что познание мира, по сути, бесконечно. Вот это его метафорическое рассуждение: «Не знаю, чем я могу казаться миру, но сам себе я кажусь только мальчиком, играющим на морском берегу, развлекающимся тем, что до поры до времени отыскиваю камешек более цветистый, чем обыкновенно, или красивую раковину, в то время как великий океан истины расстилается передо мной неисследованным»⁹.

Когда мы говорим о мировоззренческих взглядах Ньютона, то невозможно говорить, что он был последователем какой-то четкой философской концепции. Однажды, работая над «Началами...», он в сердцах изрек: «Философия – это такая наглая и сутяжная дама, что иметь с ней дело – это все равно, что быть вовлеченным в судебную тяжбу». Как выдающийся мыслитель, Ньютон выработал свое собственное мировоззрение. В основу этого мировоззрения – механицизма – легла система следующих принципов: абсолютное пространство, абсолютное (математическое) время, дальное действие, всемирное тяготение, принципы (законы) механики. Деистический характер его мирозерцания выражен в абсолютном признании Бога-творца. В конце своей выдающейся книги «Математические начала натуральной философии» он, совершенно не упоминая имя Христа, приводит «микроочерк» теодицеи, богооправдания: «Бог есть единый и тот же самый бог всегда и везде. Он вездесущ не по свойству только, но по самой сущности. В нем все содержится и все вообще движется, но без движения друг на друга. Бог не испытывает воздействия от движущихся тел, движущиеся тела не испытывают сопротивления от вездесущия божия»¹⁰. Кроме того, наряду с интеллектуальной гениальностью, Ньютону как личности была свойственна весьма нехорошая черта характера – явно выраженный снобизм, а именно: он считал только себя гением, а других современных

⁹ См.: Вавилов С.И. Исаак Ньютон. М., 1989 С.73.

¹⁰ Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.: Наука.1989. С. 660–661.

ему ученых и их достижения он явно недооценивал. Наиболее явно это коснулось его отношения к Гюйгенсу, Бойлю, Гуку и Лейбницу.

Гюйгенс проявил себя прежде всего как выдающийся ученый-оптик. Однако он уделял внимание также космологическим и математическим проблемам. Из механических исследований Гюйгенса, кроме теории маятника и центробежной силы, известна его теория удара упругих шаров. Теория удара Гюйгенса (хотя и была опубликована лишь после его смерти в 1703 году) опиралась на закон сохранения количества движения и принцип относительности Галилея.

Хорошо известно в истории науки, что Ньютон и Лейбниц независимо друг от друга создали начала дифференциального и интегрального исчисления, математического анализа. Ньютон десятки лет не мог признать результатов творчества Лейбница и даже стремился создать международную научную комиссию для доказательства своей правоты. Серьезный спор возник между ними и по вопросу понимания сущности пространства и времени. Разногласия в их взглядах привели к противостоянию субстанциальной и реляционной концепций пространства и времени. Текстуально-исторически это представлено полемикой Лейбница с ньютономцем С. Кларком. Субстанциальная концепция Ньютона–Кларка выражается в постулативности свойств «абсолютного пространства» и «абсолютного времени», как ни от чего не зависящих сущностей, то есть как самостоятельных субстанций. Весомым аргументом для этой концепции была вера в абсолютную значимость геометрии Евклида. Лейбниц же настаивал на реляционном (как отношения) характере свойств пространства и времени и писал: «...ссылаются на пример, который встречается как раз в одном из моих доказательств против реального абсолютного пространства, этого идола некоторых современных англичан. Я говорю здесь об идоле не в богословском, а в философском смысле, как когда-то канцлер Бэкон говорил об *idola tribus, idola specus...* Я неоднократно подчеркивал, что считаю пространство так же, как и время, чем-то чисто относительным: пространство – порядком сосуществования, а время – порядком последовательностей... Для опровержения мнения тех, которые считают пространство субстанцией или, по крайней мере, какой-то абсолютной сущностью, у меня имеется несколько доказательств»¹¹. Как показала дальнейшая эволюция физики, ее собственное развитие привело к релятивистским представлениям о пространстве и времени, которые лежат в русле реляционной концепции. Однако вплоть до конца XIX века авторитет Ньютона и его идей был в науке господствующим. Достаточно напомнить, что исходное осознание необходимости создания науки об обществе французским мыслителем О. Контом в 30-е годы XIX столетия было выражено термином «социальная физика», объединяющим «социальную статику» и

¹¹ Лейбниц Г.В. Переписка с Кларком // Лейбниц Г.В. Сочинения в четырех томах, Т.1. М., 1982. С.441.

«социальную динамику». Лишь несколько позже эта наука была названа социологией.

2. Эволюция классической физики

Развитие новоевропейской науки происходило не только в направлении механики, но и во многих других направлениях – оптики (Т. Юнг, О.Ж. Френель, И. Фраунгофер, Ф. Физо, Ж. Фуко и др.), небесной механики (астрономии) (Э. Галлей, В. Гершель, И. Кант, П.-С. Лаплас и др.), теоретической механики (Л. Эйлер, П. Мопертюи, Ж.Л. Даламбер, К. Гаусс, Ж. Лагранж, У. Гамильтон и др.), термодинамики и статистической физики (М.В. Ломоносов, С. Карно, Дж. Уатт, Б. Клапейрон, Р. Клаузиус, Л. Больцман, Дж. Гиббс и др.) и, разумеется, учение об электричестве и магнетизме (Л. Гальвани, Ш. Кулон, А. Вольты, Г. Эрстед, А. Ампер, Г. Ом, М. Фарадей, Д.К. Максвелл, Г. Герц и др.). П. Ферма был первым, кто сформулировал принцип наименьшего времени как первого, по сути, принципа экстремума. Напомню, что экстремальный принцип утверждает, что любая система стремится к состоянию, при котором значение исследуемой величины принимает максимально или минимально возможное (экстремальное) значение. При этом весь набор законов геометрической оптики математически выводится из принципа экстремума, согласно которому свет между двумя точками распространяется по пути, на преодоление которого у него уходит наименьшее время. Более строгая формулировка принципа наименьшего действия была дана Мопертюи, из которой он вывел законы отражения и преломления света. Развитие идей механики и оптики, сопряженное с математическими исследованиями, привело на основе вариационного исчисления к оптико-механической аналогии, к уравнению Эйлера–Лагранжа, к обобщенным координатам и импульсам, к значимым фундаментальным понятиям действия, лагранжиана и гамильтониана, к принципам инвариантности, без которых невозможно представить физику XX века. Уравнения теоретической аналитической механики, по сути, стали первой исходной теорией для появления теоретической физики XX века.

Очень важную для философии физики и вместе с тем совершенно оригинальную авторскую позицию выразил выдающийся немецкий философ И. Кант. Так называемый «докритический» Кант в своей знаменитой работе «Всеобщая естественная история и теория неба» в 1755г. высказал идеи «небулярной» космогонической гипотезы о возникновении и эволюции солнечной системы из первоначального диффузного облака частиц. При этом основным механизмом формирования Вселенной в теории Канта являются всеобщие механические законы движения, законы Ньютона: раз всё подчинено этим законам, то есть существует причина, которая приводит к определённому результату, то, зная состояние системы в данный момент времени, можно

предсказать её будущее. В этом ряду рассуждений следует понимать утверждение Канта: *«Дайте мне только материю, и я построю вам из неё целый мир...»* Подобно тому, как из всех задач естествознания ни одна не была разрешена столь правильно и точно, как вопрос об истинном строении Вселенной в целом, о законах движения и внутреннем механизме обращения всех планет – область, в которой Ньютонова философия может дать такие познания, каких мы не встречаем ни в какой иной части философии, точно так же, утверждаю я, из всех естественных явлений, первопричину которых мы ищем, можно прежде всего надеяться основательно и надежно уразуметь именно происхождение системы мира, возникновение небесных тел и причины их движений»¹².

В своей самой знаменитой книге «Критика чистого разума» Кант, отвечая на собственные вопросы: «Что есть истина?», «Что я могу знать?», «Как возможна чистая математика?», «Как возможно чистое естествознание?», «Как возможна метафизика как наука?» и др., раскрывает смысл априоризма в рамках своей трансцендентальной философии. Если в начале книги Кант пишет: «Математика и физика – это две теоретические области познания разумом, которые должны определять свои объекты a priori, первая совершенно чисто, а вторая чисто по крайней мере отчасти, а далее – также по данным иных, чем разум, источников познания»¹³, то развернутый анализ в трансцендентальной эстетике и трансцендентальной логике и аналитике приводит автора к интерпретации возможности математики и физики (естествознания) на основе априорных форм чувственности и рассудка. При этом представления о пространстве и времени у Канта явно субъективируются. Физикам это трудно принять, но то, что исследовал Кант, очень значимо для науки, ибо он, по сути, обосновал возможность и необходимость признания перцептуального (как механизма чувственного восприятия) пространства и времени.

Одним из убежденных последователей Ньютона в конце XVIII – начале XIX века и продолжателем его идей стал французский математик и астроном П.-С. Лаплас. Большую часть своей творческой жизни Лаплас занимался небесной механикой и ее математическим аппаратом. Результаты своих исследований он обобщил в пятитомном «Трактате о небесной механике». В нем развивается концепция, согласно которой происхождение Солнечной системы обусловлено охлаждением исходной вращающейся пылевой туманности. Важно подчеркнуть, что эти идеи Лаплас разрабатывал, не зная работы Канта, спустя почти полстолетия.

Необходимо отметить, что Лаплас в следующих словах изложил суть классического детерминизма («лапласовский детерминизм»): «Мы должны рассматривать современное состояние вселенной как результат ее

¹² Кант И. Всеобщая естественная история и теория неба // Кант И. Сочинения: в 8 т. Т.1. М.: ЧОРО, 1994. С. 122–123.

¹³ Кант И. Критика чистого разума // Кант И. Соч.: в 8 т. Т.3. М.: ЧОРО, 1994. С.20.

предшествовавшего состояния и причину последующего. Разум, который для какого-нибудь данного момента знал бы все силы, действующие в природе, и относительное расположение ее составных частей, если бы он кроме того был достаточно обширен, чтобы подвергнуть эти данные анализу, обнял бы в единой формуле движения самых огромных тел во вселенной и самого легкого атома; для него не было бы ничего неясного, и будущее, как и прошлое, было бы у него перед глазами»¹⁴. Такой «лапласовский ум» как идеал аналитического ума стал впоследствии понятием нарицательным и часто сегодня называется «демоном Лапласа».

Принципиально мировоззренчески значимым является открытие в физике XIX века существования в природе электромагнитного поля. Важнейшую роль при этом сыграли исследования М. Фарадея и Дж. К. Максвелла. Выявление и изучение свойств нового вида реальности – поля – углубило научные представления об устройстве природы. Более того, с деятельностью этих выдающихся физиков следует связывать одну из самых фундаментальных научных революций, ибо уравнения Максвелла были предвестником новой неклассической релятивистской физики, а также последующих принципиальных изменений в технике и технологии (изобретение телефона и телефонной связи, передача и прием радиосообщений и др.). Вершиной и квинтэссенцией научного творчества Максвелла стало создание классической электродинамики. Хотя он «оставил глубокий след во всех областях физической науки, к которым успел прикоснуться за свою непродолжительную жизнь... Он предложил термодинамический парадокс, много лет не дававший покоя физикам, – «демон Максвелла». В кинетическую теорию им были введены «распределение Максвелла» и «статистика Максвелла-Больцмана». Его перу также принадлежит изящное исследование устойчивости колец Сатурна»¹⁵.

В завершении рассмотрения вопроса о становлении классической физики необходимо затронуть проблему реальности в физике. С точки зрения наивного реализма никакой проблемы реальности просто нет, ибо реальность есть сама природа, внешний мир, данный нам в восприятиях, представлениях и теоретических моделях, выражающих все ее существенные свойства. С позиций здравого смысла с этим в целом можно согласиться в рамках макроскопического, земного мира, изучавшегося классической наукой. С другой стороны, проблемность начинает возникать уже в самой теории Ньютона, оперирующей движениями материальных точек в пространстве (точки) и времени (моменты), и в теории Максвелла, описывающей изменения характеристик электромагнитного поля в пространстве и во времени. И в том, и в другом

¹⁴ Лаплас П.-С. Изложение системы мира. Л.: Наука, 1982. С. 364.

¹⁵ Кудрявцев В.В., Ильин В.А. Избранные вопросы истории радиопизики. Т.1. М.: Научтехлитиздат, 2011. С.34.

случаях, по сути, речь идет об адекватном теоретико-математическом моделировании того, что происходит в природе. Однако ситуация довольно принципиально меняется в релятивистских и квантовых областях, что не входит в предмет рассмотрения в этой статье.

Таким образом, становление классической физики в эпоху Нового времени во многом означало появление подлинно научных знаний о природе. При этом в мировоззренческом отношении этот процесс приводил к становлению первых научных картин мира: механической и собственно физической. Сами исторические виды научных картин мира формировались после возникновения науки в современном смысле этого слова, начиная со времен Галилея–Ньютона. Вплоть до конца XIX века картина мира строилась на классических представлениях сначала механики, затем электромагнетизма. Достижения и ограниченности классической физики исторически обусловлены и понятны в той мере, в какой она принимала механику Ньютона не только как эталон физического знания, но и как идеал всего научного знания, а механическая картина мира распространялась не только на физику, но и на все естествознание. При переходе от механической к электромагнитной картине мира физики фактически вышли на изучение новых типов объектов – полей, хотя во многом неосознанно стремились экстраполировать прежние идеалы познания. Лишь по мере накопления теоретических и экспериментальных данных становилась очевидной необходимость создания новой картины мира, отражающей новые типы явлений и процессов. Революция в физике на фоне кризиса прежних физических представлений и идеалов привела к новому видению субъектно-объектных отношений в научном познании. Суть этого поворота обусловлена формированием релятивистской и квантовой физики и соответствующих картин мира. В этой связи последнее замечание. В той мере, в какой ньютоновская научная парадигма занимала, по сути, господствующее положение вплоть до начала XX века, сохраняла свою силу и субстанциальная концепция пространства и времени. Лишь в конце XIX века австрийский физик Э. Мах вполне осознанно подверг критике существующую традицию, заявляя: «Время и пространство существуют в определенных отношениях физических объектов, и эти отношения не только вносятся нами, а существуют в связи и во взаимной зависимости явлений»¹⁶. Это высказывание стало понятным лишь после появления специальной теории относительности А. Эйнштейна как исторически новое обращение к реляционной концепции пространства и времени в качестве фундаментальных представлений о свойствах реальности.

¹⁶ Мах Э. Механика // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М., 1979. С.71.

А.А. Кочергин
(Москва)

КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ КАК ФАКТОР ОНТО-ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ГЕНЕТИКИ

В статье понятие наследственности представляется в качестве базового понятия генетики, а его концептуализация – в качестве фактора онто-гносеологического обоснования генетики как науки о наследственности.

* * *

Наука развивается в понятиях. Поэтому онто-гносеологическое обоснование конкретной науки предполагает осуществление концептуализации ее основных понятий. Основным понятием генетики выступает понятия наследственности. Проблема концептуализации понятия наследственности для своего решения требовала разработки адекватного методологического подхода. В качестве методологических оснований исследования автором выдвинуты и обоснованы следующие. Для решения поставленных задач инструментально более адекватной является трактовка методологии под углом зрения нормативного обеспечения исследовательского процесса, акцентирующая внимание на ее принципиально непарадигмальном характере в отличие от методики. Это обусловлено тем, что основные этапы процесса концептуализации понятия наследственности связаны именно с использованием нового нормативного арсенала, обеспечивающего переход к новой парадигме. Специфика методологии биологического познания на каждом этапе его развития обуславливается возможностями используемого нормативного аппарата, обеспечивающего переход от умозрительных представлений о наследственности к теоретическим. Необходимость целостной трактовки организма обусловила использование принципов диалектизации, системности, историзма, увязывающих различные стороны эволюционного процесса и избегающих крайностей автогенетической и эктогенетической трактовки природы живого. Это оказалось сопряженным с трактовкой биосистем с позиции исходных «управляющих матриц» – кодов информации, определяющих совокупность признаков организма. Широкое использование в биологическом исследовании экспериментальных средств обуславливает выдвижение на передний план определения степени их адекватности сущностным свойствам биосистем, так как поведение последних определяется не только внешней информацией, но и внутренней мотивацией.

Поскольку понятия науки являются средствами фиксации совокупности существенных признаков познаваемой реальности, они

выступают «призмами видения» ее и программами развития исследования. Совпадение научного понятия по своему содержанию с изучаемой реальностью позволяет представить анализ развития понятия как последовательное углубление в сущность изучаемого объекта, а концептуализацию понятия трактовать как теоретическое осмысление совокупного накопленного массива эмпирических данных и первичных абстрактных построений. Для последовательной и всесторонней реконструкции процесса концептуализации понятия наследственности методологически важно представить его с момента зарождения первых представлений о наследственности до современного его состояния. Такой подход предполагает необходимость разработки периодизации процесса концептуализации понятия наследственности, сочетающую принятую в общей философии науки периодизацию развития науки с принятой в генетике. Подобная периодизация обеспечила бы возможность выделения этапов с наполнением их генетическим содержанием. В качестве конкретизации методологического принципа единства внутреннего и внешнего (организма и среды) была использована идея единства автогенеза и эктогенеза, позволяющая преодолеть односторонность того и другого.

Учитывая значительность продолжительности доменделевского этапа развития представлений о наследственности и множественность ее трактовок в разное время, оказалось целесообразным выделить в нем ряд периодов. Античный период в целом может быть охарактеризован как натурфилософский, акцентировавший внимание на стремлении понять внутренние механизмы наследственности на основе визуально наблюдаемых внешних признаков на морфолого-вещественном уровне. Это были первые попытки понимания наследственности с помощью выявления причинно-следственной связи механизма наследования на пути развития познания от явления к сущности феномена наследственности.

Средневековый период, характеризовавшийся засильем теологических (креационистских) и преформистских концепций, не внес заметного вклада в развитие представлений о наследственности.

В эпоху Возрождения и Нового времени в методологии исследования феномена наследственности наметился сдвиг – исследования стали вестись в направлении выявления особенностей наследования визуально различимых признаков (относящихся, в первую очередь, к морфологии и окраске).

Середина XIX в., завершающая доменделевский этап, знаменовалась методологически важным установлением явлений доминирования, комбинирования в потомстве, единообразия первого поколения и расщепления. Это создавало предпосылки для решения задач предшествующего периода – выявления особенностей наследования. Свидетельства о дискретном характере наследственности ставили вопрос о

его причинах. Однако господствовавшие в это время представления о наследовании как результате слияния «наследственных жидкостей» и отсутствие популяционного подхода к его изучению не позволили выявить общие, характерные для всех представителей изучаемого вида закономерности. Вместе с тем проведенные в конце данного периода гибридологические опыты создали предпосылки для перехода к новому, научному этапу изучения причинно-следственной связи внутреннего и внешнего в механизме наследования признаков, от явления к сущности. В целом данный период эволюции представлений о наследственности характеризовался развитием познания в направлении выявления внутреннего фактора, отвечающего за наблюдаемое свойство (т.е. от внешнего к внутреннему, от свойства к веществу). Для перехода к следующему этапу его концептуализации нужна была новая методология исследования, раскрывающая новые (реальные) грани наследственности.

Менделевский этап характеризуется изменением методологии исследования, выразившимся в переходе к постановке опытов в объеме и способе, позволяющем выявить закономерности наследственности, скрытые в разнообразии форм потомства гибридов, и перейти от их описания к объяснению. Методологически важным было опытное подтверждение материальности и дискретности носителей генетической информации. По сравнению с предшествующим этапом, на котором представления о наследственности носили абстрактный и умозрительный характер, благодаря возможности предсказания и опытной проверки, а также статистической обработки опытных данных открытые закономерности обрели статус научных. Методологическая роль открытия Менделя заключалась в том, что новая исследовательская программа ориентировала научный поиск на путь конкретизации представлений об этом факторе, месте его локализации в клетке – то есть от внешнего к внутреннему и от свойства к веществу. И хотя открытые закономерности не были адекватно восприняты современниками, они задали вектор направленности дальнейших исследований наследственности. Однако механизм передачи потомкам наследственной информации в деталях еще не был известен, поэтому объяснение наследственности действием гипотетического внутреннего вещественного фактора было методологическим упрощением, требующим локализации данного фактора в клетке. Для решения этой задачи требовалась новая методологическая программа.

Следующий, классический этап концептуализации представлений о наследственности знаменуется серьезным прогрессом в цитологических методах, их инструментарии, позволивших вначале предположить, а затем подтвердить локализацию наследственных факторов в хромосомах. Заодно удалось установить, в каких случаях законы Менделя (фактически отвергнутые его современниками) действуют, а в каких – нет.

Классический этап характеризуется созданием концепции носителя наследственности (гена) в виде реальной (вещественной), а не гипотетической структурно-функциональной единицы, определяющей передаваемый от родителя потомству признак, способный мутировать (претерпевать внезапные изменения) и рекомбинировать с другими такими же единицами. Кроме того, была установлена схожесть механизмов и закономерностей процесса наследования у всех организмов. Одним из важнейших положений, сформулированных на данном этапе, является утверждение о постоянном взаимодействии между генетической структурой особи и окружающей средой. Генотип выступает как определенный генетический «алгоритм», ограничивающий число альтернативных путей развития. Внутреннее и внешнее, гены и среда, организм и условия его существования и развития представляют сложный диалектически связанный целостный комплекс, в котором его составляющие нельзя ни противопоставлять друг другу, ни преуменьшать роль любого из них в развитии органической природы. Положение о том, что преемственность признаков организма в ряду поколений определяется преемственностью хромосом, способных к точному воспроизведению, следует охарактеризовать как методологическое упрощение – в последующем развитии учения о наследственности оно будет снято уточнением понимания передачи признаков не как «мозаики отдельных частей», а как единого целого, возникающего в конкретных условиях внешней среды. Методологически важным явилось утверждение мутационной теории, свидетельствовавшей о том, что наследственный материал (хромосомы, гены) не есть нечто неизменное, а может претерпевать внезапные структурные изменения. На данном этапе были сняты противоречия между зарождающейся генетикой и теорией эволюции Дарвина. Установление дискретности наследственного фактора способствовало снятию серьезного противоречия эволюционной теории, связанного с «поглощающим влиянием свободного скрещивания», в результате которого, согласно позиции оппонентов дарвинизма, случайно появившийся у отдельной особи полезный признак в группе организмов (популяции) постепенно будет нивелирован («бесконечно разбавлен») скрещиванием с обычными особями, – если наследственный фактор дискретен и несмешиваем, то он не может быть поглощен в результате свободного скрещивания. Вывод о линейной локализации генов в хромосомах определил ориентацию исследований на выявление мест локализации конкретных генов в конкретных хромосомах, что позволяет характеризовать исследования данного этапа направленностью от внешнего к внутреннему, от свойства к веществу, а наследственность определить как свойство организмов передавать потомкам признаки и свойства (морфологические, физиологические) вместе с соответствующими, детерминирующими их генами.

В завершение данного этапа произошли такие «опережающие время» события, как открытие «эффекта положения» и начало работ по искусственному мутагенезу. Данные работы можно считать исходными точками таких направлений в биологической науке (получивших развитие десятилетиями позже), как эпигенетика и направленный мутагенез (генная инженерия).

Основанием для выделения неклассического этапа концептуализации представлений о наследственности являются методологически важные результаты опытов по ступенчатому аллеломорфизму, поставившие под сомнение постулат о структурно-функциональной неделимости гена, что обуславливало необходимость исследования структуры носителя наследственности. Центровая концепция строения гена носителя наследственности означала существенный методологический сдвиг, позволив различные аллели одного гена представлять как имеющие различную структуру, а ген рассматривать как состоящий из отдельных функциональных участков (центров), могущих независимо друг от друга меняться при мутациях. Для анализа тонкой структуры гена, внутригенных рекомбинаций и мутаций потребовались опыты с большим количеством (порядка миллиона и выше) особей. Это обстоятельство обусловило вовлечение в генетические исследования микроорганизмов, что позволило вывести на новый уровень используемые (цитологические и статистические) методы.

Установление роли ДНК в передаче наследственной информации и выявление внеядерной (цитоплазматической) наследственности углубляли представление о наследственности в направлении большей конкретизации структурно-функциональных характеристик носителя наследственной информации.

Наследственность на данном этапе определялась как свойство организмов передавать потомкам признаки и свойства, обусловленные локализованными в хромосомах генами, а также в ряде случаев факторами, содержащимися в цитоплазме. Вектор проводимых в данный период исследований характеризовался направленностью «внешнее → внутреннее», «свойство → вещество». Велся поиск локализации и вещественной природы компонент – носителей наследственной информации. Дальнейшие исследования предполагали вскрытие биохимических механизмов, по которым заложенная в структуре гена (участка геномной ДНК) информация реализуется в виде соответствующей (кодируемой геном) белковой цепи.

Постнеклассический этап концептуализации представлений о наследственности берет начало с открытия химической структуры нуклеиновых кислот; за ним последовала расшифровка генетического кода. Эти два основополагающих открытия позволили вскрыть общий принцип реализации наследственной информации: записанная в гене

информация воплощается в форме белка (полипептида), имеющего определенную химическую структуру. Это позволило трактовать ген как участок линейной молекулы ДНК, кодирующий ту или иную полипептидную цепь. Следствием этого был вывод о том, что генная мутация есть изменение первичной химической структуры гена. Ряд последующих открытий (обнаружение генов, не кодирующих пептиды, сигнальных последовательностей в геноме, мозаичное (экзон-интронное) строение эукариотического структурного гена) привели к расширению и уточнению понятия гена (см. рис.).

Серьезным шагом в развитии представлений о наследственности явились достижения эпигенетики, благодаря которым выяснилось, что ген является не статической, а динамической системой. Из этого следует, что наследственность должна включать и эпигенетический аспект своего исследования, и поэтому ее целесообразно определять, по нашему мнению, как свойство организмов передавать потомству различные признаки (морфологические, физиологические, биохимические), детерминированные соответствующими генами и их «эпигенетическим наполнением». (Данное определение не учитывает единственный в своем роде способ наследования, демонстрируемый прионовыми белками.)

Значительным событием как для генетики, так и для теории эволюции послужили открытия таких явлений, как *адаптивная реакция клеток* (как прокариотических, так и эукариотических) на воздействие неблагоприятных факторов, *активность мобильных генетических элементов* (МДГ) и *феномен горизонтального переноса генов* (ГПГ) (как внутри одного вида, так и между разными видами). Эти явления вносят серьезную поправку в представления о наследственности, о свойствах и поведении ее факторов (ранее представлялось, что перемещение генов возможно только «по вертикали» – от предка к потомку); указанные явления могут также быть важными факторами эволюции – возможно, благодаря именно им образуются новые виды и таксоны более высокого порядка. Изучение данных механизмов требует постановки новой методологической проблемы, связанной со значительным расширением исследовательского арсенала. Здесь трудно переоценить значение применения развивающихся вычислительно-компьютерных технологий, с помощью которых возможна быстрая обработка гигантского количества данных, а также моделирование самых сложных явлений и процессов (в нашем случае – генетического характера)¹.

Открытие в 80-х гг. прионовых белков, не вписывающихся в общепринятое понятие наследственности (поскольку наследование по типу

¹ Игнатъева Е.В., Подколотная О.А., Орлов Ю.Л., Васильев Г.В., Колчанов Н.А. Регуляторная геномика – экспериментально-компьютерные подходы // Генетика. 2015. Т. 51. № 4. С. 409; Donovan J. Molecular Biologist Uses Computer Science to Solve a Genetic Puzzle (Last Modified 8:54 AM on Thu Jun 23, 2011). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mtu.edu/news/stories/2011/june/molecular-biologist-uses-computer-science-solve-genetic-puzzle.html

данных белков осуществляется *без участия нуклеиновых кислот*), обусловило необходимость включения в понятие наследственности данного феномена. Именно учет этого обстоятельства позволил нам определить наследственность как свойство макромолекул «воспроизводить себе подобных» в системе живой клетки.

В рассмотренный период основными исследовательскими задачами явились как дальнейшее «проникновение вглубь» – изучение структуры, свойств и локализации наследственных факторов (ДНКовой и, как выяснилось, иной природы), так и выявление механизмов реализации наследственной программы – принципы функционирования клеточной «биохимической машины». То есть исследования стали приобретать (в отличие от предшествующих этапов) направленность не только «внешнее → внутреннее», но и, напротив, – «внутреннее → внешнее», «вещество → свойство».

Развитие представлений о наследственности (как в данный период, так и в предыдущие) в целом можно охарактеризовать как развитие не столько сущностных о ней (наследственности) представлений, сколько перемещение фронта исследований на все более глубокие уровни организации: индивидуальный → клеточный → субклеточный → молекулярный (элементарный)². Это является подтверждением принципа диалектизации познания феномена наследственности.

При исследовании феномена наследственности мы имеем дело с признанием влияния используемых в познании средств на процесс познания и его результат, возможности различного теоретического описания одной и той же реальности. При этом взаимодополнительность данных подходов и плюрализм получаемых в познании картин реальности состоит не в одновременном их использовании, а в последовательном описании различных способов деятельности с познаваемой реальностью, что исключает монопольное право какого-то одного подхода на истину. А поскольку масштаб получаемых о феномене наследственности знаний характеризуется возможностью их использования для вмешательства в самую суть жизненных процессов с далеко не всегда прогнозируемыми результатами, то остро встает вопрос о ценностных ориентациях ученых и науки в целом – научные знания полифункциональны, то есть их можно использовать как на благо, так и во вред человеку. Такая ситуация соответствует постнеклассической картине. А для решения мировоззренческих, ценностных проблем требуется выработка отношения к естественнонаучному знанию с позиции социально-гуманитарного познания. Поэтому дальнейшая перспектива концептуализации понятия наследственности будет определяться раскрытием механизма взаимодействия различных уровней организации и функционирования

² Малецкий С.И. Семантическая структура понятий «наследственность» и «эволюция» // Вестник ВОГиС. 2009. Т. 13. № 4. С. 820–852.

живых форм, вовлечения в анализ феномена наследственности генетических, общенаучных и философских категорий. Углубление процесса концептуализации понятия наследственности с учетом все большего его погружения в контекст гуманистического предназначения обуславливает трансформацию генетики из науки естественной в науку и гуманитарную, науку о человеке.

В приложении приведена система основных биологических понятий в виде схемы их «иерархо-функциональных взаимоотношений», в результате которых на планете Земля реализуется (в морфо-физиологическом, репродуктивно-генетическом, таксономическом и эволюционном аспектах) категория «жизнь», которая является главенствующей в данной «иерархии».

Понятие «жизнь» в биологии действительно является основополагающим (что явствует из значения термина «биология» – наука о жизни) и проявляется в организации химических компонент в систему, способную к взаимобмену веществами с окружающей средой (метаболизму), поддержанию внутреннего относительного постоянства (гомеостазису) и воспроизводству (репродукции). Элементарной единицей жизни является клетка – только в клеточной системе может осуществляться указанная химическая (биохимическая) машинерия.

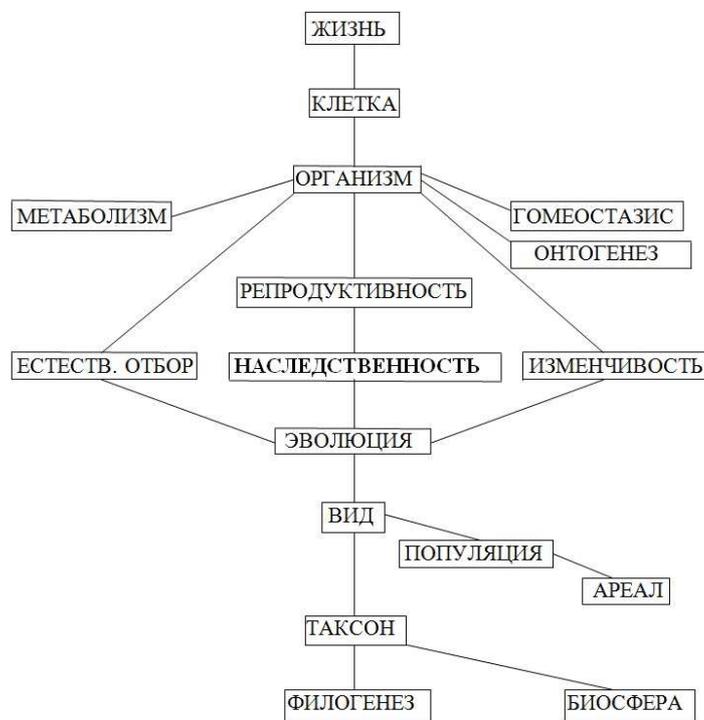


Рис. Место понятия наследственности в системе биологических понятий

Следующий уровень понятия «жизнь» – организменный. Организмы существуют в двух формах – одноклеточной и многоклеточной. Первые,

размножаясь делением, обладают потенциальным бессмертием. Вторые представляют собой ансамбли согласованно функционирующих клеток; многоклеточные организмы все до единого являются смертными. Однако «эстафета жизни» не прерывается благодаря репродукции. Репродукция же осуществляется, в свою очередь, благодаря такому свойству живых организмов, как наследственность (способность передавать потомкам свои признаки и характеристики – морфологические, физиологические и др.). Наследственность можно считать центральным понятием, характеризующим феномен жизни, поскольку благодаря именно этому свойству осуществляется преемственность поколений – передача «эстафеты жизни». В «тройке» факторов эволюции (наследственность, изменчивость, отбор) именно наследственность выступает своего рода «коренником». Результатом эволюции является образование новых и исчезновение старых видов. Относительно изолированная совокупность особей вида составляет популяцию, а совокупность популяций на конкретной географической территории – ареал вида. В ходе эволюции помимо видов образуются также таксоны более высокого порядка (роды, семейства, отряды, классы и типы). Историческое развитие таксона именуется филогенезом (более узкое понятие филогенеза – развитие биологического вида во времени). На основе палеонтологических и прочих данных систематики составляют (непрерывно дополняемое и корректируемое) «филогенетическое древо». Совокупность же на текущий период развития планетарной биоты во всем его видово-таксонном разнообразии составляет биосферу. На наш взгляд, можно утверждать, что понятие «жизнь» в филогенетическом аспекте реализуется во времени, а в биосферном ракурсе – в пространстве. Наследственности здесь принадлежит ключевая роль.

А.Н. Кочергин
(Москва)

**ПРОБЛЕМА ОНТО-ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
УЧЕНИЯ ОБ ИНФОРМАЦИИ**

Статья первая

**Кибернетика, информатика и синергетика как факторы
концептуализации представлений об информации**

*Информация есть информация, а не материя и энергии.
А. Эйнштейн*

* * *

Сложность данной проблемы обусловлена прежде всего тем, что концептуализация представлений об информации оказалась связанной с несколькими научными дисциплинами – кибернетикой, информатикой, синергетикой. Предыстория кибернетики восходит к эпохе античности, однако официальным временем ее конституализации считается 1948 год, когда Н. Винером была опубликована книга «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Со времени ее опубликования прошло более полувека, бурные дискуссии о статусе, предмете и возможностях кибернетики ушли в прошлое, но многие вопросы остались дискуссионными, в том числе и вопросы о предмете кибернетики и понятии информации, причем одни авторы считают кибернетику не наукой, а научным направлением, а другие – дисциплиной, преобразовавшейся в информатику.

Чаще всего кибернетика определялась как наука об общих законах получения, хранения, передачи и переработки информации в сложных динамических системах управления (машинах, живых организмах и обществе) или как наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в сложных системах. Таким образом, предметом кибернетики выступают сложные динамические системы управления, рассматриваемые безотносительно к их реальной физической природе, то есть абстрактно. Для абстрактной кибернетической системы важно одно – способность воспринимать, запоминать, перерабатывать и передавать информацию. Иначе говоря, системы качественно различной природы рассматриваются в рамках кибернетики под углом зрения информационных процессов. Информационные процессы являются необходимым условием управления – процесс управления возможен лишь на основе приема, хранения, переработки и передачи информации во взаимодействии управляемой системы с внешней средой, являющейся источником помех. Для осуществления процесса управления необходимо прежде всего получение информации об управляемом объекте и

приведение ее в приспособленную для передачи по каналам связи форму. После приведения информации в такую форму она передается в управляющую систему (в качестве которой может выступать, например, ЭВМ или мозг человека). Управляющая система, переработав полученную информацию на основе заложенных в нее правил, вырабатывает команды управления и передает их исполнительным органам, которые, воздействуя на объект управления, изменяют состояние последнего. Далее информация о произведенных исполнительными органами действиях, состоянии объекта управления и внешних воздействиях по каналам обратной связи передается управляющей системе, которая данную информацию использует для выработки новых управляющих команд. Таким образом, важным обстоятельством, характеризующим кибернетику, является то, что она изучает сложные динамические системы с точки зрения информационных процессов, допускающих описание в точных понятиях математики и логики, а также то, что она основывается на использовании различных средств автоматизации, особенно ЭВМ. Дискретный способ представления величин является универсальным. В тех случаях, когда абсолютная точность измерения недостижима, непрерывные величины сводятся к дискретным. Для изучения непрерывных систем используется аппарат дифференциальных уравнений, а для изучения дискретных систем – теория алгоритмов и теория автоматов. Таким образом, особенность кибернетического подхода к изучаемым объектам заключается в рассмотрении последних как преобразователей информации. Таковыми преобразователями информации являются социальные, биологические и искусственные автоматические системы.

Термин «информатика» прочно вошел в научный обиход в начале 70-х годов прошлого века. Этим термином была названа научная дисциплина, занимающаяся разработкой, проектированием, созданием основанных на ЭВМ систем переработки информации, их применением и воздействием на различные области социальной практики. Возникновение данной дисциплины было обусловлено прежде всего появлением индустриальной технологии сбора, обработки и передачи информации, основанной на использовании машинных носителей. Именно поэтому информатика квалифицируется не просто как вычислительная технология в «чистом виде», а как такая вычислительная технология, которая, будучи встроенной в социальную среду, преобразует ее в соответствии с требованиями ЭВМ и потребностями развития самой среды. Таким образом, понятие информатики ассоциируется с передачей и обработкой информации, с отношениями между источником и получателем информации. Одни авторы информатику относят к фундаментальным естественным дисциплинам, поскольку понятие информации является общенаучным. Другие ученые относят информатику к комплексным научным и инженерным дисциплинам. Так или иначе, информатика имеет

важное прикладное значение, проявляющееся в создании на ее основе различных информационных систем в производстве, науке, управлении, образовании, медицине и других сферах социальной деятельности. Возникшее новое направление науки расширило сферу использования понятия информации.

Новые научные направления всегда возникают в рамках определенного социокультурного контекста и на основе логики развития самой науки. XX век – это век, во многих отношениях не имеющий аналогов в прошлой истории. Переход от индустриальной цивилизации к постиндустриальной принес множество проблем, которые не могли быть решены на основе классической науки, имевшей дело преимущественно с закрытыми (замкнутыми) системами, линейными зависимостями, устойчивостью, равновесием, равномерностью, порядком. Современная эпоха характеризуется ускоренным темпом развития социальных явлений, разноуровневостью, неустойчивостью, неравновесностью, разнообразием, нелинейными зависимостями (в рамках которых, в отличие от линейных, малый сигнал на входе может привести к сильнейшей ответной реакции), высокой чувствительностью к фактору времени. Для объяснения явлений с подобными характеристиками, присущими открытым системам, требовались новые научные средства. С позиции классической науки мир представлялся простым механизмом, в котором господствует лапласовский детерминизм, а события подчиняются обратимым по времени фундаментальным законам. Мир открытых систем потребовал иных представлений. Поскольку мир все более раскрывался как взаимосвязанный, новые представления с необходимостью должны были носить междисциплинарный характер – понятия классической науки с их жесткой предметной очерченностью обнаруживали пределы своей применимости. Появившиеся в поле зрения ученых открытые нелинейные системы, далекие от состояния термодинамического равновесия, характеризующиеся свойством усиления случайных флуктуаций и возможностью согласованного (кооперативного) поведения протекающих процессов, открытие диссипативных структур и т.д. все больше свидетельствовали о том, что материя – не пассивная субстанция (как это утверждалось классической наукой), а субстанция, которая обладает спонтанной активностью и в развитии которой случайность, хаос, рассматриваемые классической наукой как феномены маргинальные, играют важную роль. Все это обусловило обновление содержания диалога человека с природой – возникли вопросы о том, почему однородное состояние теряет устойчивость, почему утрата устойчивости влечет за собой спонтанную дифференциацию и т.д. Ответом на подобные вопросы было появление научного направления, зародившегося и развивавшегося в разных предметных дисциплинах, получившего название «синергетика».

В центре синергетики обозначились процессы неустойчивости и

возникновения порядка из хаоса, в которых выявилась решающая роль максимума информационной энтропии. Основными понятиями ее стали выступать неравновесность, необратимость, нелинейность, а центральной проблемой была названа самоорганизация, то есть выяснение того, каковы причины и механизм эволюции природы.

Представления о самоорганизации начали формироваться в эпоху античности. Для представителей милетской школы, начиная с Фалеса, был характерен поиск начала всех вещей. Атомисты полагали, что все в мире создается путем соединения атомов, а с их разъединением все уничтожается. Аристотель первым изложил учение о самоорганизации в систематизированном виде, включающем идеи случайности, обратимости, свободы воли и индетерминизма. Для эпохи античности было характерно представление о самоорганизации как обратимом процессе. Особенно четко подобное представление о самоорганизации проявилось у Аристотеля.

С позиции современных представлений самоорганизация тесно связана с понятиями случайного и необратимого (закономерного) – самоорганизация есть результат необратимых процессов. Для Аристотеля было характерно представление о случайности и закономерности как исключаящих друг друга. Случайность для Аристотеля была второстепенной, относящейся лишь к подлунному миру и не характеризующей сущность бытия. Чужда была Аристотелю и идея необратимости – она появляется позже. В подлунном мире происходит, по Аристотелю, вечный круговорот элементов, а в надлунном мире – вечное круговращение небесных сфер. Цивилизации периодически гибнут и возрождаются вновь.

Христианство принесло иную концепцию мироздания, в соответствии с которой происходящие в природе процессы представлялись необратимыми. Появление в XVI веке идеи возможных миров и переосмысление представлений о свободе воли способствовали возникновению концепции многовариантности и трактовке случайности как одного из возможных вариантов исхода происходящего. Кардано вводит понятие вероятности. Л. Молина в своих комментариях к «Сумме теологии» Фомы Аквинского начинает рассматривать случайность как характеристику происходящих событий, а свободу воли – как случайную причину, порождающую многовариантность. Мир, согласно представлениям Молины, организован не только действием Бога извне, но и действиями свободных причин изнутри. Наделенные свободной волей индивиды в проявлении своей свободной воли не нуждаются в содействии Бога. Таким образом, организация мира не однозначна (не одновариантна). Свободные причины в лице индивидов во взаимодействии с причинами необходимыми обуславливают многовариантность развития мира – в этом

проявляется его самоорганизация¹.

Значительный вклад в подготовку создания синергетической концепции был внесен В. Оствальдом. Этот вклад при жизни В. Оствальда не был оценен по достоинству, что в значительной мере было обусловлено использованием терминологии, не позволявшей уяснить сущность выдвигаемой им концепции как учения о самоорганизации. Лишь в настоящее время смысл используемых В. Оствальдом понятий (таких как «автокатализ», «химические колебания» и т.д.) интерпретируется в духе синергетики, а сам В. Оствальд рассматривается как основоположник учения о самоорганизации². В «Лекциях по натурфилософии», прочитанных в 1901 году, В. Оствальд начал изложение результатов своих исследований нестационарных (ведущих к равновесию) процессов. В. Оствальд ввел понятие автокатализа как химической формы самовозбуждения, обозначающего класс всех реакций, течение которых может запускаться как исходным, так и конечным продуктом. В. Оствальдом были установлены аналоги автокатализа в области физиологических явлений (лихорадка, привычка, память), а затем и нервных явлений. Им же были установлены колебательные химические реакции.

К предпосылкам синергетики относят теорию нелинейных колебаний. Продолжая начатые Л.И. Мандельштамом работы по нелинейной теории колебаний, А.А. Андронов (совместно с А.А. Виттом и С.Э. Хайкиным) на основе разработанного им математического аппарата построил строгую теорию автоколебаний. В отличие от вынужденных колебаний (амплитуда и период которых определяются характером внешнего воздействия и которые постепенно затухают), автоколебаниями называют колебания, которые возникают в системе при отсутствии внешних воздействий и период и амплитуда которых определяются параметрами самой системы. Примерами автоколебаний являются колебания маятника часов, электрические колебания в ламповом генераторе и т.д. Системы, в которых возникают автоколебания, называют автоколебательными. Они включают в себя саму систему, поддерживающий автоколебания источник энергии и регулирующее поступление энергии из источника в систему устройство. (В часах, например, источником энергии выступает пружина или гиря, а регулирующим устройством – анкерный механизм.) Предотвращение затухания колебаний обеспечивается тем, что поступающая из источника в систему энергия компенсирует потери энергии в системе. Компенсация потери энергии осуществляется в целом за период колебаний – в одни части периода энергия может превышать потери, в другие – потери могут

¹ Лупандин И.В. История воззрений на самоорганизацию от античности до конца XVI в. // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994.

² Винер Н. Кибернетика и общество. М.: ИЛ, 1958.

превышать поступление энергии. Значение амплитуды, обеспечивающее компенсацию потерь в целом за период, называют стационарным, то есть неизменяющимся со временем. Если значение амплитуды колебаний меньше стационарной, то поступление энергии в систему превышает потери в ней. При поступлении в систему энергии, превышающей потери, происходит самовозбуждение колебаний. Если значение амплитуды колебаний больше стационарной, то поступление энергии в систему оказывается меньше потерь в ней – в этом случае амплитуда колебаний уменьшается и достигает стационарного значения. Таким образом, при автоколебаниях отклонения от стационарной амплитуды затухают.

Явление автоколебаний после его описания и объяснения А.А. Андроновым считается прообразом концепции самоорганизации. Но, как показал А.А. Печенкин, хотя в автоколебаниях были предвосхищены признаки самоорганизации, описанные А.А. Андроновым автоколебания в сосредоточенных системах (типа лампового генератора и маятника Фруда) не могут быть названы собственно самоорганизацией, поскольку в них отсутствует специфический для самоорганизации эффект кооперативного действия. Путь к самоорганизации лежал через автоколебания в распределенных (сплошных) системах³.

Большой вклад в изучение автоколебаний в распределенных автоколебательных системах внесли работы Б.П. Белоусова и А.М. Жаботинского в области химии. Хотя автоколебательные химические реакции были известны давно, большинство химиков склонялось к мысли, что чисто химических колебаний не существует. В 1951 году такие колебания были установлены Б.П. Белоусовым. Работы последнего были продолжены А.М. Жаботинским (поэтому автоколебательная химическая реакция получила название реакции Белоусова–Жаботинского).

Одним из источников концепции самоорганизации и системного подхода является всеобщая организационная наука (тектология) А.А. Богданова⁴. Концепция А.А. Богданова развивалась в русле многочисленных попыток универсализации научных законов. Основываясь на представлении Г. Спенсера об эволюции как превращении бессвязной однородности в связную однородность, как переходе от неопределенной простоты к определенной сложности за счет непрерывных дифференциаций и интеграций (являющихся следствием состояния неустойчивого равновесия однородного), Богданов выдвинул концепцию, согласно которой действительность рассматривается на основе организационного принципа, гласящего – «все есть организация». Главное в тектологии (буквально – наука о строительстве) – утверждение о

³ Печенкин А.А. От автоколебаний к самоорганизации: формирование синергетических идей в теории линейных колебаний // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994.

⁴ Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука. М.: Экономика, 1989.

существовании действительности как бесконечной цепи переходов от одних форм организации к другим. В мире нет каких-либо статичных форм. Любое образование существует в изменяющейся среде. В таких условиях простое сохранение существующих комплексов невозможно, поэтому существование последних может быть обеспечено их прогрессивным развитием. Развитие осуществляется во взаимодействии со средой, но активность комплекса (системы) является не только следствием этого взаимодействия, но собственным свойством комплекса – источником развития последнего выступает его неустойчивость, приводящая к более совершенной организации. Если в рамках классической науки системы полностью зависели от среды, то с позиции тектологии система за счет динамического обмена веществом и энергией со средой имеет собственную активность, создающую возможность собственного развития и воздействия на среду. Таким образом, неустойчивость приводит к саморазвитию системы. Следствием открытости и взаимодействия систем является совместное развитие их и среды, а не приспособление систем к среде. В целом прогрессивное развитие систем, выражающееся в повышении их уровня организованности, необратимо. Это относится и к живым, и к неживым системам, которые различаются лишь степенью организованности⁵.

К числу предшественников концепции самоорганизации (а иногда и к одному из современных направлений ее развития) относят теорию катастроф Р. Тома⁶. Данная теория была разработана в математике, где под катастрофой понимают скачкообразное изменение, возникающее при плавном изменении внешних условий. С ее помощью стали сводить все разнообразие сложных случаев к малому числу точных схем, которые использовались для описания происходящих изменений при изучении объектов самой различной природы, благодаря чему оказалось возможным изучать не только плавные, непрерывные процессы, но и скачкообразные, взрывные переходы.

К числу основных направлений развития синергетики относят теорию неравновесных термодинамических процессов И.Р. Пригожина⁷, теорию гиперциклов М. Эйгена⁸, теорию лазера Г. Хакена⁹, экологическую теорию К. Холдинга¹⁰.

Этап развития концепции самоорганизации, выраженный в названных направлениях, характеризуется как привязка к уже существовавшим областям исследований, в процессе которой создаются

⁵ Пустыльник С.Н. Идея развития в тектологии А.А. Богданова // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994.

⁶ Том Р. Теория катастроф. М.: Мир, 1980; Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Логос, 1990.

⁷ Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. М.: УРСС, 1994. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1980.

⁸ Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973.

⁹ Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980; Хакен Г. Информация и синергетика. М.: Мир, 1991.

¹⁰ См. Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: МГУ, 1990.

математические модели для объяснения отдельных явлений. Иначе говоря, на данном этапе решались частные задачи в рамках отдельных дисциплин с использованием традиционного для данных дисциплин концептуального аппарата. Таким образом, идея общей теории самоорганизации еще не была четко отрефлексирована.

На втором этапе начинается выявление сходства используемых в разных дисциплинах математических моделей, концепций и исследовательских программ, что обусловило разработку нового концептуального аппарата. Все это способствовало выявлению сходства между различными концепциями самоорганизации, развивавшимися в разных научных областях. Выявление этого сходства позволило сделать вывод о наличии общего теоретического базиса для объяснения явлений различных областей действительности. В результате возникновение порядка из хаоса стало рассматриваться уже не как частная задача, возникавшая в периферических областях конкретных дисциплин, а как задача центральная. Таким образом, для второго этапа развития концепции самоорганизации было характерно формирование ее теоретического ядра (конец второго этапа датируется серединой 70-х годов).

На третьем этапе развития концепции самоорганизации начались попытки обоснования ее универсальности, в связи с чем осуществляется распространение названной концепции на новые области знания (т.е. на области, которые ранее не принадлежали к числу тех, в рамках которых возникали и развивались какие-либо версии концепции самоорганизации). Считается, что подобные попытки активнее всего предпринимались брюссельской группой И.Р. Пригожина, работавшей над проблемами рынка акций, транспортного потока, урбанизации, общественного поведения насекомых, погоды, возникновения и динамики рака и т.д.). Ситуация, возникшая в это время в обществе (связанная, в частности, с экологическим кризисом, гонкой вооружений и т.д.), актуализировала роль концепции самоорганизации, усилив внимание к проблемам социальной самоорганизации. Проникновение идей самоорганизации в социокультурную сферу послужило дополнительным стимулом для развития исследований в области синергетики.

Современный этап развития этой концепции характеризуется построением единой исследовательской программы на основе разнородных концепций самоорганизации, разрабатывавшихся в различных областях знания. Состояние данной программы в настоящее время еще не позволяет говорить о появлении в полной мере самостоятельной новой научной дисциплины. Организация междисциплинарного сотрудничества в рамках данной исследовательской программы предполагает четкое осознание его концептуальных основ.

Итак, три названные и охарактеризованные выше научные дисциплины, активно включая в свой научный арсенал понятие

информации, не дают его определения. Даже создатель теории информации К. Шеннон¹¹ в ее рамках оперирует только понятием количества информации. Поэтому возникает необходимость определения онто-гносеологического статуса этого понятия.

¹¹ Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963.

А.Н. Кочергин
(Москва)

**ПРОБЛЕМА ОНТО-ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
УЧЕНИЯ ОБ ИНФОРМАЦИИ**

Статья вторая

**Информация: устраненная неопределенность или (и) используемая
определенность?**

Статья посвящена обсуждению проблемы онто-гносеологического обоснования учения об информации на основе сопоставления трактовок информации как устраненной неопределенности и используемой определенности.

*Информация есть устраненная неопределенность.
К. Шеннон*

* * *

Преодоление информационного кризиса в значительной мере зависит от степени изученности процессов производства информации. Выяснение сущности информации вообще и разработка эффективных методов анализа и обобщения научной информации в частности не могут успешно осуществляться без исследования процессов естественного порождения (генезиса) и преобразования информации. Информациогенез есть процесс порождения информации в природе. Под порождением будем понимать продуктивное изменение, то есть такое изменение, в результате которого совершается переход от одного качества к другому. Порождение еще можно определить как качественное гетерогенное изменение, то есть такое изменение, отдельные моменты которого дифференцируются по качеству. Следовательно, будет ли то или иное изменение считаться порождением или нет, зависит от того, какие свойства, параметры берутся в качестве критериев, эталонов, на основе которых рассматривается и оценивается изменение. Такой подход позволяет установить, что всякое изменение, даже если оно выступает в форме простого изменения количества, всегда сопровождается в каком-то отношении качественными перестройками. Например, числовой ряд 1, 2, 3 и т.д. описывает простое гомогенное количественное изменение (изменение на единицу), но вместе с тем это изменение обуславливает качественную гетерогенизацию в отношении того, что каждое повторение одного и того же изменения (изменения на единицу) приводит к качественно новому в этом ряду количеству. Отсюда вытекает, что количество и качество суть неотъемлемые характеристики всякого изменения и что любое изменение всегда в каком-то отношении есть порождение, ибо уже из гомогенности и однообразия возникает

гетерогенность, разнообразие, которое, в свою очередь, в определенном отношении может быть весьма однообразным.

Закон сохранения и циклический характер движения определяют полярный характер всех происходящих во Вселенной изменений (порождений), состояний. В самом общем виде движение вещества и энергии совершается в двух противоположных формах: в виде процессов конвергенции, концентрации, синтеза и процессов дивергенции, рассеяния, распада вещества и энергии. Это обусловлено, вероятно, тем, что в природе существует некоторый предел концентрации вещества, движение которого неизбежно усиливает тенденции, ведущие к распаду и рассеиванию энергии, которая затем снова дивергирует и концентрируется. Такой взгляд на движение вещества во Вселенной полностью снимает всякого рода дискуссии относительно «тепловой смерти» Вселенной, а представление о расширяющейся Вселенной развивается в предположении о «циклической» Вселенной.

Концентрация вещества и энергии в некотором пространстве в самом общем смысле означает накопление устойчивых изменений. Устойчивым же может быть только то изменение, которое возвращается к своему началу, т.е. самовоспроизводящееся, замкнутое, повторяющееся изменение. Оптимальной формой такого замкнутого изменения в пространстве является движение по окружности. Это изменение, как и изменение рассмотренного выше числового ряда, гомогенно, но в отличие от последнего в нем не происходит кумуляции одинаковых изменений в отдельные моменты времени. Это значит, что данный вид движения определяется внутренними особенностями системы, то есть это такое изменение изолированных систем, в которых каждое новое изменение в последующий момент времени совершается за счет элиминации аналогичного изменения в предшествующий момент. Гомогенные изменения кумулятивного типа могут происходить только за счет внешних источников вещества и энергии. А это значит, что числовой ряд 1, 2, 3... может описывать или усложнение некоторой системы, состоящей из гомогенных элементов (последние представлены в форме определенного количества единиц в каждый из последующих моментов времени), или же различную степень гетерогенизации некоторой совокупности ранее гомогенных систем. Если же мы будем иметь некоторое множество исходных гомогенных единиц, с различной степенью интенсивности эволюционирующих за счет внешних источников энергии, то элементы 1, 2, 3... будут сосуществовать. Допустив возможность их объединения в форме различных комбинаций, можно существенно увеличить количество разнообразия. Именно такое явление и имеет место при концентрации вещества с сохранением внешних источников энергии.

Разнообразие, таким образом, можно определить, как различие, возникающее в результате неодинаковой выраженности кумуляции

первоначально гомогенных изменений в системах. Но чем обуславливается это различие, если предположить, что оно возникает из относительно небольшого числа сходных гомогенных форм? Если допустить, что элементы двух сравниваемых целостностей одинаковы, то различие этих целостностей, по всей видимости, будет определяться количеством элементов, их пространственным расположением и организацией. Качественное различие двух гомогенных систем типа $(a + a + a)$ и $(a + a + a + a)$ будет состоять в том, что первая цепь короче второй, ибо последняя на один элемент сложнее первой (знак $+$ обозначает взаимодействие). Количественное различие, таким образом, через неодинаковую степень сложности проявляет себя в качественном различии пространственной организации. Нарастая, количественные различия все в большей мере предопределяют расхождения в пространственной организации, обуславливая качественное различие. Следовательно, разнообразие можно представить как проявление количественно детерминированных различий в пространственной организации относительно гомогенных элементов некоторых целостностей. В случае такого «чисто» гомогенного изменения, как движение по окружности, разнообразие может быть представлено в виде простой пространственной модификации, различного расположения движущейся точки на окружности в разные моменты времени. Итак, уже простейшие абстрактные манипуляции над числами при учете некоторых фундаментальных физических принципов и философских понятий позволяют показать, как возникает одно из важнейших свойств природы – разнообразие, как оно вырастает из своей противоположности – однообразия.

Упорядочение вещественно-энергетических процессов в пространстве, сопровождавшееся возрастанием разнообразия, означало вместе с тем и гетерогенизацию самого пространства, появление континуумов пространственного разнообразия, условия движения в которых определялись не только силовым градиентом во взаимодействии, но и пространственной комплементарностью (дополнительностью) между движущейся системой и континуумом разнообразия.

Таким образом, в процессе усложнения и развития систем возрастает роль разнообразия в детерминации их движения в пространстве. Движение в пространстве разнообразия означает необходимость осуществления выбора из некоторого множества неоднородных признаков, различий. Ситуация выбора всегда в той или иной мере связана с неопределенностью. Следовательно, движение в пространстве разнообразия основано на таком взаимодействии, которое включает в себя в качестве составных моментов неопределенность. Сам же выбор есть своеобразный «квант» взаимодействия (элементарное взаимодействие) в процессе движения в пространстве разнообразия. Реализация такого кванта

ведет к уменьшению неоднородности. «Ограничение разнообразия посредством выбора является тем порогом, за которым может возникнуть и возникает информация. Акт выбора превращается в акт производства информации»¹. Тесная связь разнообразия с неопределенностью объясняется тем, что разнообразие неизбежно порождает множество возможностей в движении. Если эти возможности равновероятны и противоположны, то они, противодействуя друг другу, нейтрализуют себя, создавая ситуацию неопределенности. Неопределенность может возникнуть как за счет системы противоположных равносильных (равнозначных) взаимодействий внутри системы (при отсутствии внешних факторов, снимающих ее), так и на основе системы противоположных равнозначных взаимодействий с внешней средой (при отсутствии соответствующих внутренних взаимодействий, снимающих неопределенность). Возможность здесь возникает как движение в потенциальной форме, а неопределенность – как выражение потенциальной энергии, связанной с равными и взаимоисключающими друг друга возможностями в форме равновесия сил. Редукция неопределенности, или устранение конкурирующих возможностей путем формирования доминирующей возможности, осуществляется на основе дополнительных взаимодействий (случайных, сигнальных), придающих одной из возможностей преимущество. При этом происходит переход потенциальной энергии равновесной системы противоположных взаимодействий в кинетическую энергию реализовавшейся доминирующей возможности. Данное синергетическое описание неопределенности позволяет заключить, что она является универсальным фундаментальным феноменом, теснейшим образом присущим не только биологическим, но и физическим явлениям.

Несмотря на то что описанное проявление неопределенности и определенности в движении является универсальным, механизмы редукции неопределенности на разных уровнях организации оказываются различными, будучи зависимыми от строения систем и особенностей среды, в которой происходит их движение. Неопределенность, таким образом, обусловлена существованием разнообразия как формы проявления определенности. Движение в пространстве разнообразия постоянно сопровождается возникновением неопределенности. Величина неопределенности пропорциональна количеству разнообразия, среди которого осуществляется движение выбора.

В статистической теории информации снятие неопределенности осуществляется путем дихотомического (оптимального) выбора в пространстве разнообразия, причем считается, что каждый такой выбор соответствует использованию 1 *бита* информации. Информация здесь выступает как фактор, с помощью которого редуцируется

¹ Украинцев Б.С. Самоуправляемые системы и причинность. М.: Мысль, 1972. С. 68.

неопределенность на любом уровне организации. Так как сама ситуация выбора предполагает наличие ряда равносильных альтернатив, то предпочтение той или иной возможности в рамках данной концепции не может быть осуществлено за счет использования необходимых динамических факторов, а выбор проводится или случайно, или на основе информации, которая понимается как нечто свободное от динамических моментов. При таком подходе акцент ставится на статистическом характере процесса снятия неопределенности, что совершенно верно при указанном допущении, а именно – существовании ряда равносильных альтернатив. Трудности возникают тогда, когда, исходя из статистической концепции, пытаются определить сам феномен информации. При этом чаще всего информацию рассматривают как снятую неопределенность, негэнтропию, разнообразие, неоднородность и т.д. Понимание феномена информации как отраженного разнообразия позволяет учитывать в ней момент релятивизма и ее процессуальный характер².

Все эти понятия эквивалентны друг другу и могут быть сведены к общему для всех их содержанию – определенности. Таким образом, для устранения неопределенности при движении в пространстве разнообразия должна использоваться определенность. Информация, следовательно, вступает как используемая определенность. С точки зрения описанной выше взаимосвязи между определенностью и неопределенностью такое определение не лишено смысла. Будучи вполне конкретным, оно в силу своей широты может применяться везде, где осуществляется редукция неопределенности путем «ассимиляции» определенности. Такое широкое определение позволяет вычленить некоторый элементарный и в то же время универсальный процесс, в котором проявляет себя информация. С помощью этого термина выделяется универсально распространенный класс явлений – используемая определенность, чем в какой-то мере и может быть оправдано введение рассматриваемого определения. Следовательно, в таком понимании, которое вытекает уже из статистической теории информации и из проявления определенности и неопределенности в фундаментальных физических процессах, информация выступает как одна из универсальных физических характеристик свойств материальных систем, и использование этого понятия при разработке новых физических теорий или интерпретации уже существующих представляется весьма желательным.

Против такого подхода в настоящее время трудно что-либо возразить. Но применение предельно широкого понятия имеет столько же недостатков, сколько и достоинств. Оно, по всей видимости, неплохо будет «работать» в малоисследованных областях физики, где на достигнутом этапе достаточно знать, *что* представляет собой «используемая определенность», без претензий на выяснение того, «как», «зачем» и

² Урсул А.Д. Информация. М.: Политиздат, 1971.

«почему» происходит это использование. Но как только мы попытаемся это понятие применить в описаниях более изученных систем, более сложных уровней организации, так сразу же обнаружится его неопределенность. Оказывается, что возможность широкого использования понятия при фиксированном значении достигается путем снижения его эффективности в специфических областях исследования.

Каков же выход из данной ситуации? Здесь возможны два типа решений: или используется один и тот же термин для выражения различных (специфических для того или иного уровня исследования) значений, что ведет к возникновению полисемии данного термина со всеми отрицательными последствиями, или же его смысловое содержание распределяется между несколькими однозначными терминами, что удовлетворяет требованию специфичности в интенциональном плане и позволяет охватить необходимый, достаточно широкий класс объектов. Принимая вторую возможность за более выгодную, мы сразу же встаем перед необходимостью решить вопрос о том, как распределять смысловое содержание. Здесь возможен, по всей видимости, только один ответ. Семантика терминов устанавливается окончательно только в рамках соответствующей теории. Все другие определения значений терминов всегда будут включать момент случайности и произвольности и могут расцениваться лишь как предварительные.

В приведенной выше дефиниции информации как используемой определенности, высказанной еще в 1977 году³, уточним понятие определенности. Всякая определенность возможна лишь на основе некоторой устойчивости. Устойчивость и сохранение быстро меняющихся систем возможны только на основе повторяющихся изменений – цикличности. Пространственная и процессуальная цикличность является, видимо, некоторым исходным фундаментальным свойством организации движения во Вселенной. То, что обуславливает устойчивость, связанную с существованием определенности и ростом разнообразия, будем называть информацией. Так как в целостных системах организменного типа (т.е. в системах, которые являются строительными элементами, «кирпичиками» на том или ином уровне организации) причиной устойчивости выступает стабилизирующее взаимодействие (циклическое изменение), то оно и оказывается информацией в этих системах. Информационность, обеспечивая сохранение и кумуляцию различных изменений в форме гетерогенности, разнообразия, негэнтропии, неопределенности и т.д., является необходимой предпосылкой возникновения информации и информационных процессов в природе. Именно поэтому это стабилизирующее, сохраняющее свойство или совокупность таковых мы назвали информацией.

³ Кочергин А.Н., Цайер З.Ф. Информациогенез и вопросы его оптимизации. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1977.

Чтобы подчеркнуть генетическую связь между свойствами систем, ведущими к порождению информации, и информацией, обобщим такие свойства систем, как гетерогенность, разнообразие, негэнтропия, неопределенность. Последние выступают в качестве непосредственных предпосылок порождения информации. Информационность, таким образом, обуславливает существование информациогенных свойств, которые являются непосредственными предпосылками возникновения информации. Ни одно из информациогенных свойств в отдельности не в состоянии обеспечить возникновения и развития информации. Например, неопределенность не может использоваться для снятия неопределенности, а следовательно, не может в данном случае и выступать источником информации. Для того чтобы снять неопределенность, необходима определенность. В свою очередь, возможная выраженность состояний определенности и неопределенности зависит от сложности системы, количества негэнтропии, разнообразия, гетерогенности и т.д. Выраженность информациогенных свойств определяет потребность в генерировании информации. Мерой этой потребности и возможности порождения информации выступает информациогенность – мера информациогенных свойств объектов действительности, взятых безотносительно к актуальным и потенциальным приемникам информации. Если в понятии информациогенности обобщаются различные проявления информациогенных свойств, то оно может использоваться во всех случаях, когда речь идет о количественных проявлениях этих свойств вообще.

Системы с равной информациогенностью не обладают в отношении друг друга информациогенными свойствами. Чтобы системы были в отношении друг друга информациогенными, они должны отличаться на рассматриваемом уровне хотя бы минимальным количеством различных элементов. Этот минимум при взаимодействии двух систем равен двум различным элементам, при взаимодействии трех систем – трем и т.д. Такие системы могут обладать взаимной комплементарностью (дополнительностью), которая тем больше, чем более отличаются друг от друга взаимодействующие элементы или системы, то есть чем больше их взаимная относительная информациогенность. Если две системы с различной информациогенностью объединяются в результате взаимодействия, то собственная информациогенность новой системы возрастет. Отсюда следует, что в процессе усложнения и развития материального мира происходит закономерное увеличение информациогенности материальных систем. Развивающаяся материя подчиняется принципу нарастания информациогенности, сущность которого состоит в том, что всякое развитие возможно только на основе увеличения разнообразия элементов систем, а следовательно, и

разнообразия самих систем и форм взаимодействия как между элементами, так и между системами.

Но рост информациогенности систем неживой природы возможен только до определенного предела. (Под системами в данном случае понимаются такие образования, которые являются необходимыми, относительно самостоятельными, качественно определенными элементами иерархической организации материи, ее прогрессивного развития. К ним можно отнести элементарные частицы, атомы, молекулы, клетки, многоклеточные организмы и социальные системы.) Это связано с тем, что между все усложняющимися элементами систем, а также системами и их непосредственным взаимодействием возникает противоречие. Чем сложнее элементы систем неживой природы, тем более затруднено и менее эффективно, с позиций сохранения целостности систем, непосредственное взаимодействие между ними, тем более такие системы склонны к распаду. Именно этим и обуславливается предел сложности отдельных неорганических химических соединений. Сложные органические молекулы уже не могут использоваться в качестве элементов, которые объединились бы в систему только путем непосредственного взаимодействия, ибо с усложнением организации элементов уменьшается сила их взаимодействия, приходящаяся на единицу площади взаимодействующих поверхностей, и эффективность непосредственного взаимодействия падает. Таким образом, рост информациогенности систем неживой природы до определенного предела (до сложных органических молекул) делает невозможным объединение этих систем в более сложные устойчивые самостоятельные системы только на основе непосредственного взаимодействия и приостанавливает рост информациогенности систем неживой природы. Увеличение множества элементов и взаимосвязей в системе всегда ведет к усложнению системы, но не всегда увеличивает ее информациогенность. Это имеет место, когда увеличение сложности системы не ведет к росту неоднородности ее элементов и их взаимосвязей, в частности, при простом ее усложнении, а не усложнения развития.

Чтобы вычислить информациогенность системы, нужно выявить ее структуру на рассматриваемом уровне (задать ее в виде структурной формулы, схемы), а затем подсчитать количество разнообразных элементов и взаимосвязей в структуре. Таким способом определяется информациогенность системы относительно рассматриваемого уровня, который обуславливает то, *что* мы принимаем за элемент разнообразия, выделяемый и оцениваемый как единица информациогенности.

При непосредственном взаимодействии элементов в системе увеличение ее разнообразия за счет роста количества разнообразных взаимосвязей между элементами ограничено, ибо при такой организации системы каждый элемент имеет возможность взаимодействовать только с

прилежащими соседними элементами, то есть рост разнообразия взаимодействий ограничивается в данном случае пространственным расположением элементов.

Таким образом, усложнение неживых систем связано в основном с увеличением числа элементов в них при относительном уменьшении количества взаимосвязей. Наблюдается явление «дефекта» взаимодействия, что и делает эти системы при достижении определенного уровня сложности неустойчивыми. Некоторое увеличение устойчивости таких особо сложных систем (органических молекул), как ДНК, РНК, белковых образований, обеспечивается их особой пространственной организацией (форма спирали, глобулы и т.д.), которая образуется путем формирования водородных, сульфидных и других связей между различными участками молекул, что увеличивает количество непосредственных взаимодействий. Объединение же этих образований в более сложные системы на основе только непосредственных взаимодействий становится невозможным. Это связано с тем, что «дефект» взаимодействия сложных элементов при их организации в сложные системы на основе непосредственной взаимосвязи должен обязательно компенсироваться, иначе система будет неустойчивой и распадется, вернее, само формирование такой системы станет невозможным. В естественных условиях такая компенсация может осуществиться только путем появления каких-то форм опосредованного взаимодействия. Формой опосредованного взаимодействия в наших земных условиях явилась сигнальная взаимосвязь (сигнальное взаимодействие), которая надстроилась над непосредственным взаимодействием, способствовала нейтрализации «дефекта» взаимодействия и обеспечила возможность дальнейшего роста информациогенности развивающейся материи – в форме систем живой природы. Таким образом, сигнальное взаимодействие приводит к возникновению качественно новых отношений.

Если сигнальное взаимодействие лежит в основе роста информациогенности систем живой природы, то само возникновение сигнального взаимодействия теснейшим образом связано с ростом информациогенности систем неживой природы. Усложнение систем в неживой природе и рост их информациогенности, как уже указывалось, снижает способность интегрировать в более сложные системы только на основе непосредственного взаимодействия, что в значительной степени связано с ослаблением физико-химического сродства таких систем. Это обеспечивает известную свободу, «выделенность», самостоятельность и подвижность рассматриваемых систем относительно друг друга при их включении в более сложные интеграции. Такие системы, становясь элементами более сложных (живых) систем, объединяются между собой не столько на основе физико-химического сродства, сколько на основе структурно-функциональной дополнителности (структурно-

функциональной комплементарности). Из сказанного не следует делать вывода, что физико-химическое средство в живых системах не играет никакой роли. Напротив, последнее, как основа непосредственного взаимодействия, полностью сохраняет свое значение в живых системах, только оно действует на более низких уровнях организации: молекулярном и субмолекулярном. На клеточном, организменном уровне организации ведущее значение приобретает структурно-функциональная комплементарность элементов и связанное с ней сигнальное взаимодействие.

Появление большого количества разнообразных химических соединений с большой информациогенностью обусловило возможность их широкого применения в качестве знаков, сигналов, хорошее различие которых обеспечивалось значительной дифференцированностью их структуры, собственной информациогенностью, а относительно слабое физико-химическое средство позволяло эффективно использовать их в процессах коммуникации. Непосредственное взаимодействие стало в предбиологических системах все более дополняться опосредованным сигнальным взаимодействием, и неживое постепенно объединялось, организовывалось в живое.

Переход к биологической форме движения не сопровождался утратой основных принципов стабилизации – пространственной замкнутости систем и цикличности протекающих в них процессов. Однако информационность как стабилизирующее взаимодействие, основываясь на сигнализации и использовании разнообразия, уже выступала в качественно новой форме – в виде управления. Информационность, с этой точки зрения, есть менее развитая форма организации движения в неживой природе, более простой способ стабилизации целостных систем «организменного» типа. Информационность и управление суть две специфические формы проявления стабилизирующих свойств движения в системах неживой и живой природы.

Все системы, функционирующие на основе сигнального взаимодействия, являются саморегулирующимися. Всякое движение в живых системах основано на управлении или же прямо или косвенно предполагает его. Без управления невозможна биологическая форма движения материи, ибо основная функция управления – сохранение живых систем. Все многообразие частных форм движения и проявления живой материи может быть рассмотрено как процесс управления, направленный к основной цели – сохранению живых систем. (Под целью здесь будем понимать конечный результат направленного детерминированного движения живых систем или же их элементов, осуществляемого в процессе управления на основе переработки информации. Цель – это конечное звено направленного движения, ведущее к удовлетворению той или иной потребности.)

Движение в живой природе подчиняется законам сохранения вообще и принципу сохранения живых систем в частности. Управление есть универсальный способ сохранения живых систем. Все многообразие законов живой природы в той или иной мере способствует сохранению живых систем. Управление есть неизбежный, закономерный результат сигнального взаимодействия. Управление не существует без сигнального взаимодействия, так же как последнее не существует без первого. Это связано с тем, что управление выступает как процесс целенаправленного воздействия, который включает в себя два момента: постановку цели и движение к цели. Оно является абсолютно необходимым средством достижения цели, всякого сложного направленного движения, связанного с необходимостью использовать разнообразие в процессе редукции неопределенности.

Для осуществления как первого, так и второго моментов нужна информация. Информация же проявляет себя в потенциальной или актуальной форме только в рамках сигнального взаимодействия. Вне такого взаимодействия сигнал, кодирующий ту или иную информацию, теряет свою функцию сообщения, перестает быть сигналом, превращается в знак, обладающий объективно лишь собственной, используемой для кодирования информациионогенностью. Для того чтобы знак мог превратиться в сигнал, сообщающий информацию, необходимо, чтобы существовал соответствующий приемник, для которого этот знак предназначен. (Под приемником (акцептором) и источником (генератором) информации понимаются любые элементы, служащие звеньями в цепи управления в биологических, социальных и технических системах.) Приемник должен иметь такую декодирующую информациионогенность, которая обеспечивала бы декодирование сигнала как сообщения. Декодированная информациионогенность знака должна обладать новизной, то есть чем-то отличаться от декодирующей информациионогенности приемника и изменять его информациионогенность, а новая декодированная или предназначенная для декодирования (кодируемая в знаке) информациионогенность должна быть пригодной для косвенного или прямого использования в процессах управления, то есть представлять ценность.

Итак, для существования живых систем необходимо управление. Оно может осуществляться только на основе сигнального взаимодействия (информационных процессов). Управление есть такая разновидность циклического информационного процесса, которая обеспечивает устойчивость системы. Информационные процессы возможны только при условии постоянного перехода, превращения информациионогенности в информацию. Основные условия перехода информациионогенности в информацию таковы:

- 1). декодированная в знаке информациионогенность кодируется приемником;

2). декодированная информациогенность не является полностью эквивалентной, изоморфной декодирующей информациогенности приемника, так как она обладает новизной, отличается от информациогенности приемника;

3). декодированная, обладающая новизной информациогенность имеет положительную или отрицательную ценность, то есть способствует или препятствует достижению цели приемником. Кроме того, она используется прямо или косвенно в процессах управления. Последовательное соблюдение этих трех условий означает возможность, целесообразность и необходимость присоединения декодированной информациогенности к информациогенности приемника, превращение декодированной информациогенности знака в информацию сигнала и использование последней в процессах управления.

Остановимся подробнее на каждом из перечисленных условий. Почему одним из необходимых условий возникновения и существования информации служат процессы кодирования и декодирования информациогенности? Потому, что эти процессы лежат в основе опосредованного, сигнального взаимодействия. Отсутствие на том или ином уровне процессов кодирования и декодирования указывает на отсутствие сигнального взаимодействия (включающего и сложные процессы передекодирования, если они не завершаются декодированием).

Частным случаем такого непосредственного взаимодействия может служить пассивное восприятие вещей, значения которых мы не понимаем. Только тогда, когда мы начинаем декодировать (понимать, интерпретировать) воспринятое, а не просто осознавать, что мы что-то воспринимаем, идеальная информациогенность образов при восприятии вещей начинает приобретать для нас значение, ценность, то есть сообщается информация. Разумеется, сам идеальный образ, представляя объективную реальность, уже в какой-то мере сигнализирует о ней, но степень определенности этой сигнализации в таком случае еще относительно низка. Количество получаемой различными приемниками информации при декодировании одного и того же сигнала (сообщения) будет зависеть от полноты декодирования. Полнота же декодирования (понимания, интерпретации) любого сигнала (сообщения) прямо пропорциональна количеству декодированной информациогенности сигнала (сообщения) или количеству декодированных разнообразных сигналов (сообщений) и обратно пропорциональна количеству недекодированной информациогенности сигнала (сообщения) или количеству недекодированных сигналов (сообщений).

Второе условие утверждает необходимость существования у декодируемой информациогенности элементов и связей, которые отличались бы от таковых у информациогенности приемника. Но новизна элементов не должна превышать способности приемника декодировать их

с помощью своей информაციогенности, то есть новизна должна быть декодируемой. Если созданная (закодированная) источником информაციогенность не декодируется приемником, то она становится неопределенной, теряет информационную функцию и не сообщает никакой информации. Аналогичный факт имеет место в науке, в частности при открытии явлений, которые в свое время совершенно не могли быть объяснены, или в тех случаях, когда те или иные учения, факты воспринимаются людьми, не подготовленными для их понимания, объяснения (декодирования). Чем больше информაციогенность приемника, тем больше его декодирующая способность (в частности способность преодолевать семантические барьеры) и тем больше новой информაციогенности он может присоединить и создать. Иными словами, тем больше его способность развивать свою информაციогенность при прочих равных условиях. Декодирующая информაციогенность приемника выступает как исходная и нейтрализующая информაციогенность, то есть такая, которая совпадает по своему значению с соответствующей частью (не новой) информაციогенности источника и нейтрализует ценность последней. С помощью первой вводится (усваивается) новая информაციогенность.

Ценностью может обладать только новая по отношению к конкретному приемнику информაციогенность, при этом приемник должен быть способным декодировать новую информაციогенность источника информации и использовать ее в своей деятельности. Недекодированная информაციогенность может быть объективно полезной (объективный момент ценности), но, не став субъективно полезной (субъективный момент ценности), она не приобретет ценности как единства субъективного и объективного моментов. Ценность в данном случае выступает как общая мера степени соответствия содержания сигнальных (информационных) отношений, взаимодействий принципу сохранения живых систем – приобретение ценности есть третье необходимое условие превращения информაციогенности в информацию. Принцип же сохранения живых систем может быть сформулирован следующим образом: возможность сохранения того или иного вида живых систем определяется уровнем его способности получать, преобразовывать и адекватно отвечать на информацию, соответствующую процессу (цели) выживания. В конечном счете в живой природе ценно то, что способствует достижению этой цели. Принцип сохранения следует понимать диалектически – как сохранение живой материи в целом, а не отдельного представителя или отдельного вида живых систем. Отдельное должно постоянно обновляться, исчезать, с тем чтобы давать возможность жить новым, более совершенным системам, ибо «устойчивость

саморазвивающихся систем (общества, биосферы) выступает как «устойчивость развития, как устойчивость процесса»⁴.

Из всего сказанного следует, что информация проявляет себя там, где имеет место единство трех процессов создания и (или) выявления новой информациогенности, кодирования и декодирования новой информациогенности, приобретения ценности новой декодированной информациогенности. Информация в живой природе является как бы активной формой информациогенности, той формой, в которой эта информациогенность развивается и используется живыми системами для своего сохранения, то есть формой, через которую идет развитие живой природы. Это находит выражение в основном положении информациогенеза, а именно: информациогенез есть единство трех процессов – выявления новой информациогенности, ее кодирования и декодирования с последующим ее использованием (приобретением или концентрацией ценности). Информациогенез протекает тем интенсивнее, чем больше создается информации, то есть чем быстрее протекают процессы развития в живой природе.

Информациогенез эффективно будет протекать тогда, когда по каналам связи и переработки информации будет передаваться информация только с положительной ценностью, что обусловит необходимость строго избирательно распределять информацию вообще и научную информацию между учеными в частности. Таким образом, информациогенез есть закономерный активный процесс создания (преобразования, развития) информации в природе. Это своеобразное движение, теснейшим образом связанное с управлением живыми системами и направленное на их сохранение. Интенсивность информациогенеза количественно можно выразить как отношение работы по созданию и преобразованию определенного количества информации к затраченному на ее создание, преобразование времени.

Таким образом, информациогенность в самом общем виде есть некоторое стабилизирующее взаимодействие, обеспечивающее устойчивость, высокое сродство и способность к устойчивой интеграции тех элементарных образований, которые лежат в фундаменте все более развитой природы. Информациогенность в процессе усложнения систем ведет ко все большему проявлению информациогенных свойств: неоднородности, разнообразия, неопределенности, вероятности и т.д., то есть непосредственных предпосылок для возникновения информации. Понятие информациогенности обобщает все те свойства, которые необходимы для возникновения информации, за исключением ценности (используемости) в процессах управления. Именно приобретение ценности для той или иной системы превращает информациогенность в

⁴ Новик И.Б., Кацура А.В. Экологическое прогнозирование в процессе оптимизации биосферы // Философские науки. 1973. № 3. С. 12.

информацию. Информациогенность в известном смысле есть потенциальная информация. Разница здесь в том, что термин «потенциальная информация» подчеркивает больше нереализованность в данный момент уже существующей в какой-то форме информации, то есть информация в этом случае связывается с категориями возможности и действительности. Информациогенность же акцентирует внимание больше на генетическом механизме возникновения информации. Само название «потенциальная информация» указывает на то, что информация в этой форме должна обладать уже некоторой объективной ценностью, в противном случае ее едва ли можно назвать информацией. Информациогенность означает уже вполне актуальное явление, но еще не обладающее ценностью. Свою ценность информациогенность приобретает только в процессе использования, то есть в информациогенности потенциальна ценность.

Из проведенного анализа следует, что информациогенез есть процесс порождения информации, теснейшим образом связанный с системным развитием материи. Информациогенез – это явление, с помощью которого живая материя достигает все более высокой степени самоорганизации. Представляется, что эти соображения должны учитываться при решении проблемы онто-гносеологического обоснования учения об информации. Предложенная концепция вполне соответствует выделенным объектам, активно использующим, условно говоря, «информационный ресурс». По-видимому, активность его использования все больше смещается с естественных и математических наук в сторону социально-гуманитарных. Но это уже «другая история», требующая самостоятельного обсуждения.

А.Ф. Кудряшев
(Уфа)

МАТЕМАТИКА КАК НАУКА И НЕ ТОЛЬКО

В статье сопоставляются два подхода к рассмотрению математики: математика как наука и математика как искусство. Либертарный подход конкретизируется в представлении математики как совокупности результатов свободной деятельности. Показано, что развитие математики как науки ведет к резкому ослаблению зависимости ее самой и соответствующих творческих процессов от материальной действительности. В ней постепенно становится господствующим «дух свободы», которую утверждал Г. Кантор в качестве сущности математики. В рамках либертарного подхода различаются четыре варианта свободного творчества, способствующие кардинальному обновлению ее содержания.

* * *

Рожденная К. Прутковым поговорка «нельзя объять необъятное»¹ применима ко многим феноменам, о которых мы, тем не менее, говорим без видимых усилий, потому что не вполне правомерно полагаем – наверняка все знают, о чем идет речь. Среди них и то, что именуют математикой. Обычно, когда говорят о математике, подразумевают, что специально прояснять предмет разговора не требуется: все знают, о чем говорится. Между тем математика «в целом» предстает весьма неопределенным и неограниченным предметом обсуждения². Никогда заранее не можешь знать, в каком именно смысле о ней что-либо утверждается или отрицается, без того чтобы не было прояснено, что же при этом понимается под математикой.

Существующая классическая трактовка ее как науки, исходящая из признания отражательного характера математики, не является ни единственно возможной, ни общепринятой. Как известно, при такой трактовке в объективной действительности находят аспекты (например, «пространственные формы и количественные отношения»), специально изучать которые и призваны представители математической науки. Другие

¹ В сочинениях Козьмы Пруткова данный афоризм встречается несколько раз, причем в иных формулировках. В частности, фантазия автора приписала его и «знаменитому французскому философу» Декарту, который, якобы, в своем ответе на вопрос о числе звезд на небе «ответствовал»: «...никто необъятного объять не может!» (Прутков К. Сочинения. М.: Московский рабочий, 1987. 575 с. С. 241).

² По оценке довольно именитого профессора математики У.У. Сойера (W.W. Sawyer), в течение своей долгой жизни преподававшего на нескольких континентах, «немногие представляют себе, как огромна сфера действия современной математики. Вероятно, было бы легче овладеть всеми существующими языками, чем всеми математическими знаниями, известными в настоящее время. Мне кажется, что все языки можно было бы выучить за одну человеческую жизнь; а всю математику, конечно, нет» (Сойер У.У. Прелюдия к математике. Рассказ о некоторых любопытных и удивительных областях математики с предварительным анализом математического склада ума и целей математики. 2-е изд. М.: Просвещение, 1972. 192 с. С. 6).

работающие подходы к ее рассмотрению кратко охарактеризованы нами в статье «Парадигмы математики»³. Напомним, о чем там шла речь. Были выделены шесть следующих подходов: 1. Математика как особая наука; 2. Математика как совокупность математических методов; 3. Математика как логика; 4. Математика как физика; 5. Математика как язык науки; 6. Математика как искусство⁴. К ним была добавлена итоговая седьмая парадигма «Математика как математика». В связи с общей направленностью всей книги «Математика и опыт» в указанной статье особо нами была рассмотрена парадигма математики как физики. В продолжение того, что было начато в той статье, рассмотрим подробнее подходы: первый – «математика как наука» и шестой – «математика как искусство». Последний обусловлен известным канторовским девизом, наполненным философским содержанием: «Сущность математики заключается в ее свободе» (такое толкование сущности математики для краткости назовем либертарным). Но все же главный смысл нашей статьи можно видеть в выделении нескольких (четырех) принципиально возможных способов для наращивания содержания математики.

Математика – наука. Это давно установившаяся концепция, которую мы находим, например, у Аристотеля, рассуждавшего о «математических предметах» и «математических науках» и понимавшего математику как науку: «...Математика – умозрительная наука. <...> некоторые математические науки рассматривают свои предметы как неподвижные и как существующие отдельно»⁵. Но все же они существуют, хотя и не самостоятельно, а как относящиеся к материи, т.е. как стороны материальных объектов⁶. Поэтому-то математические предметы, по Аристотелю, суть «умопостигаемая материя». Они познаются с помощью мысли, чем и определяется то, «...что они не могут каким-либо образом существовать отдельно <...> не могут существовать и в чувственном

³ Кудряшев А.Ф. Парадигмы математики // Математика и опыт / Под ред. А.Г. Барабашева. М.: Изд-во МГУ, 2003. 624 с. С. 343–354.

⁴ Трудно удержаться, чтобы не обнаружить когда-то удивившее и долго мучающее нас наблюдение: из начала названий шести сформулированных нами парадигм, взятых в том же порядке, вдруг и совершенно спонтанно сложилась фраза: «Он смел, физик Янис» (математика как Особая Наука; математика как Совокупность Методов; математика как Логика; математика как ФИЗИКА; математика как Язык Науки; математика как Искусство). Конечно, серьезным данное наблюдение не назовешь, хотя пользу можно видеть в восприятии этого предложения в качестве мнемонического правила: с его помощью перечисленные парадигмы лучше запоминаются. И все же, кто тут мог бы иметься в виду? Один известный нам Янис – это Вандулакис (правильнее: Иоаннис, или Яннис Вандулакис), крупный современный специалист по истории древнегреческой математики. Но он не физик. Другой Янис – это Янис Лиелпетерис (*Jānis Lieļpēteris*), действительно, физик, бывший Президент Академии наук Латвийской ССР, при ком она была переименована в Латвийскую академию наук. Но какое (не административное) отношение он имел к математике и был ли он смел?

⁵ Аристотель. Метафизика // Аристотель. Сочинения в четырех томах. Т.1. М.: Мысль, 1976. 550 с. С. 181.

⁶ См.: Там же.

воспринимаемом...»⁷. «...Они первее чувственно воспринимаемых вещей не по бытию, а только по определению...»⁸.

Науку как таковую можно определить как развивающуюся систему истинных знаний о реальной действительности, существующую в виде фактов, понятий, законов, принципов и относительно самостоятельных теорий. Согласно с данным определением науки и вместе с тем хрестоматийное для диалектико-материалистической методологии понимание математики излагает Ф. Энгельс. Для него она не «свободное творение и продукты воображения» (Е. Дюринг), которым, якобы, ничего не соответствует в объективном мире. Критикуя такое толкование природы математического знания, Ф. Энгельс писал, что прообразы для всех этих воображаемых величин нам дает природа, чем и пытался объяснить согласие между продуктами математического мышления и реальным (материальным) бытием. В книге «Анти-Дюринг» (1878) он отмечает, что «чистая математика имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира, стало быть – весьма реальный материал. Тот факт, что этот материал принимает чрезвычайно абстрактную форму, может лишь слабо затушевывать его происхождение из внешнего мира»⁹. Трактровка Ф. Энгельсом природы математического знания приобрела статус методологической основы для философского анализа математического познания в рамках философии диалектического материализма, еще недавно господствовавшей в отечественной философии.

На наш взгляд, довольно удачно охарактеризовал содержание современной ему математики и тенденции ее развития англо-американский математик, логик и философ А.Н. Уайтхед (1861–1947). Ограничимся здесь несколькими характерными положениями из статей А.Н. Уайтхеда, включенных в его сборник «Избранные работы по философии». При этом он не покидает парадигмы «математика как наука».

- «Своеобразие математики состоит в том, что она устанавливает такие отношения между предметами, которые, если не прибегать к помощи человеческого разума, являются совершенно неочевидными. Таким образом, представления, развиваемые современными математиками, характеризуются значительной оторванностью от каких-либо понятий, выводимых из свидетельств органов чувств. Напротив, само восприятие испытывает стимулирующее и направляющее воздействие исходного математического знания»¹⁰.

⁷ Там же. С. 324.

⁸ Там же.

⁹ Энгельс Ф. Анти-Дюринг. Переворот в науке, произведенный господином Евгением Дюрингом // Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. Т. 20. 2-е изд. М.: Гос. изд-во полит. лит-ры, 1961. 828, XXII с. С. 37.

¹⁰ Уайтхед А.Н. Избранные работы по философии. М.: Прогресс, 1990. 718 с. С. 75–76.

- «Смысл математики в том, что она освобождает нас от обращения к отдельному наглядному примеру или даже к формам качественного своеобразия»¹¹.

- «Очевидность математики зависит от ее абсолютно абстрактной общности»¹².

- «Общность математики есть наиболее полная общность, соответствующая событийной сфере, которая образует нашу метафизическую данность»¹³.

- «...Математика есть наука наипредельных абстракций, которые только доступны человеческому уму»¹⁴.

- «Ничто так не впечатляет, как то обстоятельство, что математика, удалившись на высочайшие вершины умозрительных абстракций, в то же время возвращается на землю с возрастающими возможностями анализа конкретных фактов»¹⁵.

Важно указание А.Н. Уайтхеда на «возврат» математики с высот абстракций на землю фактического материала. Именно такое возвращение не позволяет ему забыть о практической стороне математики, как бы высоко она ни воспарила. Вместе с тем путь «назад» становится все более затрудненным и, в принципе, в отдельных случаях может никогда и не произойти.

Математика – наука? Этот вопрос в свете вышесказанного уже не кажется риторическим. Что же здесь имеется в виду? Ведь математика издавна считается «наукой из наук». Тем не менее, как видим, есть смысл поставить и такой вопрос. Дело не только в том, что математика находится в непрерывном развитии и даже в настоящее время претендует на то, чтобы давать образцы научного познания, в том числе и своими проблемами («болезнями») роста. Она позволяет свое рассмотрение без использования всего арсенала средств, традиционных для парадигмы истолкования математики как науки.

Современную математику в целом можно условно разделить на собственно теоретическую математику с весьма богатым арсеналом средств и методов построения новых математических теорий и их обоснования. Другая часть математики – это «остатки» дотеоретической (эмпирической) математики вместе с чрезвычайно разветвленной прикладной математикой. В обеих своих частях математическое мышление все более и более приобретает конструктивный характер, что на деле обуславливает возможность окончательного отрыва математического познания от материальной действительности. В этом процессе на первый план выдвигается развитие приемов и методов доказательств,

¹¹ Там же. С. 77.

¹² Там же. С. 78.

¹³ Там же. С. 82.

¹⁴ Там же. С. 91.

¹⁵ Там же. С. 89.

основывающихся на формальных способах конструирования теоретических систем из исходных элементов, а также на возможности активного использования творческого воображения. Неограниченный потенциал саморазвития математики обеспечивается тем, что «математическое доказательство является... построением конструкции в пространстве готовых объектов, возможные действия с которыми однозначно заданы их определениями»¹⁶. Современная теоретическая математика фактически становится «априорной», ибо она «...есть формальная онтология мира, схватывающая универсальные качества его предметной структуры, и она безусловно априорна в том смысле, что ее исходные интуиции не содержат в себе каких-либо эмпирических констатаций»¹⁷. Все это приводит к резкому ослаблению зависимости математики и соответствующих творческих процессов от материальной действительности. В математике все более господствующим становится «дух свободы», той самой, которую утверждал Г. Кантор в качестве сущности математики.

Необоснованная математика. Собственно, правильнее говорить: недостаточно обоснованная математика. Кроме того, рассматривается далеко не все, что можно найти в рамках тезиса «математика как искусство». Мы выделим только одно проявление либертарного понимания математики, исторически время от времени двигавшее математику вперед. Что же мы подразумеваем? Так, в математике Древнего Востока, несмотря на ее практическую направленность, существовали точные формулировки ряда геометрических теорем, хотя их доказательства, по-видимому, отсутствовали. Как пишет голландский историк математики Д.Я. Стройк, «тексты показывают, что вавилонская геометрия семитского периода располагала формулами для площадей простых прямоугольных фигур и для объемов простых тел... Так называемая теорема Пифагора была известна не только для частных случаев, но и в полной общности»¹⁸. Но доказательств, как таковых, не было: в лучшем случае «должны были иметься первые зачатки доказательств в виде отдельных алгебраических преобразований и геометрических построений (в текстах их нет)»¹⁹. Даже много позднее Вавилона в индийской математике геометрические доказательства заменяли соответствующие рисунки (чертежи) с подписью: «Смотри!». Такая геометрия, с точки зрения требований строгости, не может считаться должным образом обоснованной.

Другой пример – всем известная история с обоснованием дифференциального исчисления. И Лейбниц, и Ньютон, и большое число

¹⁶ Перминов В.Я. Философия и основания математики. М.: Прогресс-Традиция., 2001. 320 с. С. 32.

¹⁷ Там же. С. 47.

¹⁸ Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики. 5-е изд., испр. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 256 с. С. 43.

¹⁹ Юшкевич А.П. История математики в средние века. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961. 448 с. С. 11.

других ученых дифференцировали, пользуясь плохо (чтобы не сказать – вообще не-) обоснованными, методами. Тем не менее получаемые при этом результаты не оставляли сомнений в том, что эти методы являются верными. Даже Эйлер несколько позже «бесконечно малые величины... во многих рассуждениях полагает равными нулю, однако считает при этом, что отношение двух таких «нулей» перестает быть неопределенным. Ни физического, ни геометрического толкования производной Эйлер не дает, оставаясь на позициях чистой аналитики. Эйлер не считает нужным обосновывать каждое утверждение, не обосновывает теорию пределов, но успешно применяет свои рассуждения на практике. Такой стиль – практическая применимость и безошибочность – при отсутствии строгих доказательств – вообще был характерен для математики XVIII века»²⁰.

Воображаемая геометрия Н.И. Лобачевского поначалу тоже казалась не вполне обоснованной. Многочисленные теоремы, доказанные автором неевклидовой геометрии в новой аксиоматике, не могли считаться безупречными, пока система аксиом не получила достаточное подтверждение своей непротиворечивости. Во всех приведенных здесь эпизодах из истории математики обоснование запаздывало, создавалось вслед за опытом применения недостаточно обоснованных методов. До той поры пока строгое обоснование не было проведено, применение этих методов несло вместе с собой волну обновлений за счет проявления эвристической мощи используемой методологии. Здесь действовала свобода от, – возможно, излишней, – логической строгости, иначе говоря, наглядно обнаруживалась самостоятельность математики и ее относительная независимость от логики²¹.

Математика – совокупность результатов свободного творчества. Такое рассмотрение математики, в принципе, можно согласовать и с подходом к ней как к науке, о чем выше уже было сказано. Тем не менее нам важнее подчеркнуть не происхождение математики, которое, по-видимому, и в глубокой древности не было чисто утилитарным, а ее «воспарение» от материальной практики в процессе духовного саморазвития и самовыражения. Такой авторитет в области философии науки, как И. Кант вполне может быть причислен к сторонникам творческого подхода к созерцанию в математике. «Математика дает самый блестящий пример чистого разума, удачно расширяющегося самопроизвольно, без помощи опыта»²². У Канта мы находим абсолютизацию специфики активности в математическом творчестве, а элементы конструирования математических объектов

²⁰ Васильев А.Н. Ученые на монетах мира. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 248 с. С. 100.

²¹ Уместно вспомнить афоризм математика Ж.Л. Даламбера (1717–1783): «Работайте, работайте – а понимание придёт потом». Т.е., в частности, дифференцируйте, дифференцируйте, а обосновывать будем потом. Между прочим, сам Ж.Л. Даламбер занимался, как он пишет, «метафизикой дифференциального исчисления» в виде специально разрабатываемой им теории пределов.

²² Кант И. Критика чистого разума // Кант И. Сочинения: в 6 т. М.: Мысль, 1964. Т.3. 799 с. С. 599.

выдавались им за обоснование априоризма математического познания²³. «Механизм» рождения математического знания Кантом иллюстрируется, в частности, на примере познания свойств треугольника. По Канту, конструировать понятие – значит показать а priori соответствующее ему (понятию) созерцание, т.е. наглядное представление. В самом акте построения треугольника уже заключены все свойства данного объекта. А математическое познание оказывается, таким образом, нахождением общего в частном.

В том, что мы называем здесь свободным творчеством, а значит, и обновлением математики, предлагается различать следующие варианты. Важно сразу подчеркнуть, что основной математический объект, принимаемый нами за элементарный объект производимых действий, в принципе, может быть любым математическим объектом, однако мы склонны отождествлять его прежде всего с математической структурой.

1. Хорошо всем известное и довольно свободное построение математики из ясных и отчетливых идей. Трудности такого пути развития математики вызваны имеющейся субъективностью в выборе аксиом, образующих исходную систему и зависящих от набора первичных понятий. «Очевидно, что построению системы аксиом должно предшествовать составление перечня исходных, или неопределяемых, понятий. Надо подчеркнуть, что составление такого перечня во многих чертах произвольно и зависит от вкуса составителя»²⁴. Ясность постулатов имеет свои границы, а ее замена или дополнение по формальным соображениям на непротиворечивость не дает гарантии от выявления скрытых противоречий. Математика здесь предстает не как единая система закрепленных исходных положений с дедуктивными выводами, а как открытая и не завершаемая никогда система систем (математических структур), имеющая тенденцию к хаотизации и внутренней разобщенности. Свидетельством данной тенденции может служить хотя бы гипотетическое существование так называемых неканторовских математик, как известно, в принципе возможных.

2. Склонность многих математиков-теоретиков к чистому творчеству, то есть развитию чистой математики, можно представить как преимущественные усилия не к расширению ее содержания, а к выявлению общей и притом абстрактной части математических теорий, то есть к построению чрезвычайно абстрактной дисциплины на пересечении всех известных математических структур. Возможно, что это наиболее трудная задача из всех существующих, так как речь идет, по существу, о создании подобия того, что в физике именуют единой теорией поля и полагают самой фундаментальной проблемой современной теоретической

²³ См., к примеру: Там же, С. 600.

²⁴ Успенский В.А. Труды по нематематике. С приложением семиотических посланий А.Н. Колмогорова к автору и его друзьям. в 2 т. Т.1. М.: ОГИ, 2002. 584 с. С. 35.

физики. Можно попытаться смягчить жесткость требований к результату, обусловленную процедурой пересечения математических теорий, за счет следования принципу семейного сходства (Л. Витгенштейн). Однако такая замена, как нам представляется, приводит к трудностям преодоления излишнего психологизма и возможной утрате опоры математики на свой логический фундамент.

3. Расширение содержания математики конструктивным путем. Чисто символически такое расширение выглядит аналогичным тому, как предлагал строить натуральный ряд Г. Фреге, или тому, как это же делал А.А. Марков, добавляя очередную черточку, то есть применяя определенный алгоритм, к черточке, уже нарисованной²⁵. Имеется очень существенное отличие: исходным элементом здесь служит не пустое множество, как у Г. Фреге, и не черточка, как у А.А. Маркова, а конкретная математическая структура. Алгоритм, применяемый для добавления элемента, и выбор этого элемента зависят от автора, то есть, в большой степени и по существу, от его научных предпочтений, математического вкуса и чутья. Больше схожих черт мы находим между описываемой процедурой и тем построением ряда трансфинитных чисел, которое выполнил Г. Кантор. Более современный пример рассматриваемого способа может дать математическая теория категорий и их отображений, или функторов. В ней мы находим обобщающие переходы, с одной стороны, от множеств, групп, топологических пространств и т.п., к соответствующим категориям, с другой стороны, категории множеств, категории групп, категории топологических пространств и т.д.

4. Вариант еще более общего и более свободного подхода. Он предстает в виде построения (расширения) математики из взятых за исходные структур, которое напоминает построение Л.Э.Я. Брауэром свободно становящихся последовательностей. От предыдущего варианта отличается отсутствием фиксированного алгоритма образования следующего элемента в ряду конструктивно выполненных построений. Идея свободного творчества проявляет здесь себя самым наглядным образом. Однако обратной стороной реализуемой свободы творчества предстает угрожающее нарастание хаотичности порождаемого множества конструкций. Дело в том, что математику всегда теснейшим образом связывали с порядком и упорядочиванием. Свободное творческое пополнение содержания математики, взятой как совокупность математических структур, способно полностью разрушить классические представления о математике как науке о порядке.

²⁵ См., например: Фреге Г. Основоположения арифметики. Логико-математическое исследование о понятии числа. Томск: Водолей, 2000. 128 с. С. 98–103; Марков А.А. О конструктивной математике // Проблемы конструктивного направления в математике. 2. Конструктивный математический анализ: Сборник работ. Тр. МИАН СССР, 67. Ред. Н.А. Шанин, И.Г. Петровский. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 506 с. С. 12.

Рассмотренные нами четыре способа развертывания и расширения математики, которое мы понимаем как ее развитие и обновление, не являются результатом какой-либо классификации. Эти четыре варианта представляют собой четыре разных, хотя и способных пересекаться, типа, если можно так выразиться, своеобразного математического нарратива. Существенной чертой всех подходов служит принятие какого-либо математического объекта, прежде всего определенной математической структуры, в качестве элементарного объекта последующих действий. Мы не будем возражать против того, чтобы предложенное здесь схематичное изложение порождающей математику деятельности отнести к области метаматематики. По нашему убеждению, математика как результат свободной творческой деятельности ведет нас по направлению к созданию воображаемых и частично возможных миров, возможных наряду с миром действительным, дающим объективные основания не только той математике, которую мы знаем как науку, занимающую свое и притом весьма почетное место в системе современных наук, но и либертарно понимаемой математике как совокупности результатов свободного творчества.

В.А. Мейдер
(Волгоград)

ГУМАНИТАРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОЗНАНИЯ

По моему многолетнему опыту работа над усвоением математической науки неизбежно воспитывает – исподволь и весьма постепенно – в молодом человеке целый ряд черт, имеющих ярко моральную окраску и способных в дальнейшем стать важнейшими моментами в его нравственном облике.

А.Я. Хинчин

В статье рассматриваются возможные пути формирования интереса учащейся молодежи к математике и математическому познанию.

* * *

Ценности пайдеи и гуманизма эпохи Античности

В современных условиях проблема образования нам видится не просто в подготовке высококлассного специалиста, а в формировании человека нравственного, гуманного, гражданственного. Это значит, образование должно быть не только полезным, но и мудрым. И для педагога (просветителя и гуманиста) нет более значимой задачи, чем через свою волю и мужество найти действенные пути воспитания молодежи, а в общем – задать *гуманитарную парадигму образования*. Через воспитание (социально-организованный и управляемый процесс формирования личности) и просвещение (приобщение к культурным ценностям), через настоящее устройство жизни человека и общества закладываются основы будущего устройства России и Мира.

К числу «вечных» общечеловеческих ценностей мы относим гуманизм и пайдею, которые пришли к нам из далекого прошлого. В них единство «ума и нрава»: ум «образует» учение, а нравы – воспитание. Исходно под гуманизмом понималось мировоззрение человека, которое провозглашало его как высшую ценность; его право на счастье, развитие и проявление своих способностей; право на свободное и ответственное участие в жизни общества. Понятие «humanitas» в эпоху Античности употреблялось в значении «высшее образование» как обязательный для знати образ жизни. В ходу была формула: «Гуманизм в республике = греч. *paideia*, гуманизм в империи = греч. *philantropia*». Как видим, латинское «humanitas» близко по содержанию к греческому слову «*παιδεία*», а последнее является однокоренным с «*παιδάκι*» («дитя», «ребенок», «мальчик»), то есть в этих словах речь идет о воспитании и образовании

ребенка, о его интеллектуальном развитии. Нетрудно понять, что гуманизм и пайдейя – это *системы знания и воспитания*.

По мнению Платона, пайдейя – это источник правильного суждения, а по словам Аристотеля, она склоняет человека к саморазвитию. Античные философы полагали, что через образование можно создать другую природу человека, направляя его против насилия, культивируя в человеке разум и гражданские добродетели. То есть пайдейя – это внутренний образовательный и мировоззренческий идеал человека, его собственность и духовная свобода, культура души.

Такое понимание пайдейи и гуманизма было воспринято и творчески осмысленно в Древнем Риме, а позже пришло в Европу. Прежде всего мы имеем в виду римского философа и писателя, оратора и государственного деятеля Цицерона. Идеалы древнегреческой пайдейи он сопоставил с гуманизмом, употребляя, правда, понятие «*humanitas*» в пяти взаимосвязанных смыслах: 1) «*humanitas*» как образование, образованность, просвещение; 2) «*humanitas*» в единстве с понятиями, выражающими интеллектуальную доблесть человека, его мудрость, ум; 3) «*humanitas*» во взаимосвязи с нравственными чертами человека – благочестие, честность, постоянство, доброе расположение к людям; 4) «*humanitas*» как цивилизованная форма человеческого общежития, противоположная варварству; 5) «*humanitas*» как философская категория, раскрывающая меру «человечности» в человеке и его отличие от животного. Как видим, его гуманизм обращен к каждому человеку и содержит призыв «начни с себя»¹.

Сегодня под гуманизмом понимается идейно-целостный комплекс, который включает в себя все высшие ценности, выработанные человечеством в процессе длительного и противоречивого пути своего развития и подлежащие усвоению, сохранению и приумножению новыми поколениями людей. Он сопрягается с гуманистическим мировоззрением как одним из профессионально значимых качеств специалиста наступившего XXI века, обладающего чувством принадлежности к планете Земля («планетарный гуманизм»), наделенного человеколюбием и нетерпимостью к насилию; с гуманитарным сознанием, которое формируется гуманитарным знанием, гуманитарными науками (а мы считаем, что нет негуманитарных наук); с гуманизацией образования, под которым мы будем понимать как процесс созидания в обществе гуманной системы образования, так и комплекс условий гармоничного развития личности; с гуманитаризацией образования, обусловленной всем комплексом учебных предметов (дисциплин), наполненных историческим, социокультурным и гуманитарным содержанием.

¹ См.: Цицерон Марк Туллий. Избранные сочинения. М.: ООО «Изд-во АСТ», 2000. С. 71–355.

Своей обязанностью Цицерон считал труд в направлении расширения образования всеми гражданами. «Образование через всю жизнь» как раз и просматривалось в античной пайдеи и гуманизме: образование – это то, что продолжается за пределами школы и вуза; что остается в человеке после специального обучения; что формирует его мировоззрение и гуманистические идеалы; что задает ему гармонию с обществом и миром; что нацеливает на нравственные ценности.

Овладение математической культурой (совокупностью математических знаний и структур) являлось необходимостью для античной пайдеи и гуманизма. Само слово «математика» («μαθηματικά») весьма близко к греческим словам «μαθημα» (урок, занятие, дисциплина) и «μαθηδὴ» (учение, обучение), то есть математика связывалась с одним из способов получения достоверного знания.

С того времени в математике четко просматриваются две тенденции: с одной стороны, движение к конкретности и наглядности, а с другой – к абстракциям и идеализациям. В них выражена природная сущность человека: стремление к тому, что Д. Гильберт связывал с живым пониманием объектов и их отношений. Они содержатся в философско-математических диалогах и воззрениях Платона («Негеометр да не войдет»), Аристотеля (знание, сопряженное с проведением рассуждения в соответствии с правилами математики и логики) и находят, до некоторой степени, завершения в «Началах» Евклида, которому удалось навести определенный порядок в мире идеальных математических объектов.

Безусловно, преподаватель математики сам определяет меру конкретности и абстрактности в своей деятельности. Главное, чтобы он помнил предостережение польского поэта С.Е. Леца, которое мы несколько перефразируем: интеллектуальная засуха не должна заливать учащихся (школьников, студентов) дождями слов. Возбудить познавательную деятельность, развить и укрепить интерес к математике, придать математическому образованию поступательный характер и «напряженность» ума – исходные задачи педагога. Математика даже на уровне школы должна оставаться наукой. Забвение классических подходов к преподаванию математики зачастую приводит к отторжению дисциплины в учебном процессе.

Необходимость постановки проблемы

Как отмечал президент Российского гуманистического общества В.А. Кувакин, «по ряду объективных причин наука и образование в России еще остаются теми островками культуры, где процессы деградации и разложения не достигли порога необратимости, за которым следует обвал и кризис с непредсказуемыми последствиями»².

² Кувакин В.А. Наука и образование: век XXI // Здравый смысл. 2006. №2 (39). С. 2.

Действительно, по отношению к математике и математическому познанию можно говорить, что они «не достигли порога необратимости». Еще десятилетие назад академик РАН В.И. Арнольд, признанный борец за математическое образование, отмечал престижность и пользу современной ему математики, мощь мировой славы А.К. Колмогорова, Л.С. Понтрягина, И.Г. Петровского и др. Вместе с тем он и многие представители научной математической и педагогической мысли за последние десять лет не раз выражали тревогу по поводу падения уровня знаний учащейся молодежи. Поэтому не случайно (правда, через 100 лет со дня проведения I и II аналогичных съездов) в стенах МГУ проходил серьезный разговор ученых и педагогов на Всероссийском съезде учителей математики (октябрь, 2010 г.). Этим обусловлена и постановка проблемы гуманитарной направленности математики.

Усилить гуманитарную направленность математического познания требуют реалии наших дней: бездуховность, жестокость определенной части учащейся молодежи; противоречия между гуманитарной, естественнонаучной и технической культурами в обществе и образовании; изменение мотивации для получения глубоких и общих (общефилософских) знаний, для продолжения обучения в высшей школе и аспирантуре; слабый профессионализм и узость мышления преподавателей математики; снижение уровня методической и методологической культуры в подготовке педагогов; продолжающееся углубление разрыва между уровнем математических знаний выпускников школы и требованиями вузов; поверхностное представление об истории развития математики, а также о связях науки с миром природы, техники, искусства (литературой, живописью, графикой, поэзией, музыкой и т.д); отсутствие концепции опережающего (ноосферного) образования, а также единства в тактике и стратегии государственного подхода и педагогического опыта.

В связи с последним обстоятельством речь идет о том, что определенный негатив математическому образованию несут непродуманные от начала до конца реформы, методологические и методические принципы. Скажем, в 60-х годах прошлого столетия в математику и методику математики в своей аксиоматической форме проникла теория множеств. Она легла в основу программ и учебников по математике для школ и вузов. В науке произошло расширение господствовавших длительное историческое время качественно-количественных методов исследования объектов реального (и возможного) мира до логико-структурного метода, что позволило рассматривать математику как науку о всевозможных структурах (Н. Бурбаки).

Оценивая этот прогрессивный процесс, мы вместе с тем видим абсолютизацию относительной самостоятельности развития математики, ее формализацию. «Выхолощенное и формализованное преподавание математики на всех уровнях сделалось, к несчастью, системой, – замечает

академик РАН В.И. Арнольд. – Выросли целые поколения профессиональных математиков и преподавателей математики, умеющих только это и не представляющих себе возможности какого-либо другого преподавания математики»³. Далее он приводит исторический факт, имеющий важное методологическое и методическое значение для преподавателя математики. Речь идет о государственном деятеле, имеющем математическое образование – С.Ю. Витте, разделявшем в своих «Воспоминаниях» математиков-философов, для которых значимы математические идеи, и математиков, для которых важны не математические идеи, которые всю суть математики видят в исчислениях, цифрах и формулах. Эта вторая группа математиков, «среди которых есть много ученых весьма знаменитых, смотрят на математиков-философов как на людей в известном смысле «тронуемых»»⁴.

Такая двоякая классификация математиков имеет «выход» на психолого-педагогические и физиологические аспекты мышления человека, с которыми должен считаться преподаватель математики в своей деятельности. Речь идет о *левополушарном* (где доминирует речь и логика) и *правополушарном* (конкретно-образном) типах мышления. В определенном смысле можно говорить об «алгебраическом» и «геометрическом» полушариях головного мозга.

История математики дает множество примеров того, как «союз» математиков с такими противоположными типами мышления приводил к выдающимся открытиям в математике: Ньютон и Лейбниц (математический анализ), Декарт и Ферма (аналитическая геометрия), Лобачевский и Бойяи (неевклидова геометрия), Риман и Вейерштрасс (теория функций комплексного переменного), Гамильтон и Грассман (векторное исчисление) и т.д.

Поэтому одна из основных задач преподавателя математики – гармонично развивать логическое («левополушарное») и образное («правополушарное») мышление. Это позволит избежать нарушений в психике и интеллекте обучаемого, отторжения им математики.

Кроме того, следует понимать, что оперирование абстракциями и идеализациями (а без этого математика просто невозможна!) настолько входит в «кровь и плоть» математиков, что они оказываются как бы между двумя реальностями: реальностью чувственно воспринимаемых вещей, их свойств, отношений, определенностей и «реальностью» математических абстракций и идеализаций. Причем математик в большей мере имеет дело со второй реальностью. В науке возникает своя собственная онтология – «математическая онтология». Немецкий физик и один из основоположников электродинамики Г. Герц был восхищен этим обстоятельством. «Трудно отделаться от ощущения, – писал он, – что эти

³ Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. М.: Изд-во МЦНМО, 2004. С. 27.

⁴ Там же. С. 28–29.

математические формулы существуют независимо от нас и обладают своим собственным разумом, что они умнее нас, умнее тех, кто открыл их. И что мы извлекаем из них больше, чем было в них первоначально заложено»⁵. В своей педагогической практике преподаватель математики всегда должен помнить эту особенную сущность математики и ее методологии.

Математика как наука гуманитарная

Математика – особая наука. Ее трудно четко отнести к одной из традиционно различаемых областей в познании – к наукам естественным, гуманитарным или техническим. Иными словами, она сопряжена со всеми этими областями, находясь с ними в отношении взаимного дополнения. Что касается гуманитарного аспекта, то трудно сказать, какая наука стоит в стороне от человека, не формирует его как личность. Сегодня каждая наука становится гуманитарной, ибо создана человеком и для человека. Если же говорить конкретно о математике, то, являясь культурой в общей системе культуры, она выполняет значимую роль в формировании духовной культуры каждого человека, взаимодействуя с философией, литературой, поэзией, музыкой, скульптурой и т.д.

Концепция математического образования направлена на осуществление единства интересов личности и общества, на формирование общечеловеческих идеалов и ценностей. Общеизвестным является суждение: «не обучение математике, но обучение математикой, не учащийся для математики, а математика для него». Она интернациональна, не имеет четко обозначенных национальных границ.

В системе культуры и классификации наук математика занимает почетное место, и ее социальная и общенаучная роль постоянно возрастает. Это обусловлено, во-первых, тем, что в союзе с естественными и гуманитарными науками она разрабатывает общую методологию познания, опираясь на идеи эволюции, системности и самоорганизации. Во-вторых, без математического описания целого ряда социальных и природных явлений трудно надеяться на их глубокое и полное осмысление. В-третьих, становление и развитие многих наук (скажем, синергетики) предполагает широкое применение аппарата и методов математики. Нам думается, что весьма своеобразную классификацию наук выразил российский физик-теоретик Л.Д. Ландау, разделив их на сверхъестественные (как математика), естественные и неестественные (такие, как гуманитарные и социальные).

Универсальным и довольно мощным методом научного познания математику делает ее язык. Над языком математики усилиями многих поколений ученых мира воздвигнуто стройное непротиворечивое здание. Поэтому можно сказать: математика – это научный язык с воздвигнутым

⁵ Цит. по: Клайн М. Математика. Утрата определенности. М.: Мир, 1984. С. 389.

над ним зданием дедуктивных построений. Над развитием этих идей работали многие ученые, начиная с Декарта, Лейбница и продолжая Дж. Булем и американским физиком-теоретиком Р.Ф. Фейнманом.

Четко выраженную гуманитарную направленность имеют не только понятия математики, но и теории. В качестве примера можно указать теорию «расплывчатых множеств» («fuzzy sets»), созданную на основе нечеткой логики американским математиком Л. Заде во второй половине XX в. Он расширил классическое канторовское понятие множества, допустив существование так называемой характеристической функции (функции принадлежности элемента множеству), которая может принимать любые значения в интервале (0,1), а не только значения 0 и 1 («ложь» и «истина») как в классической двузначной логике.

Свою теорию нечетких множеств Л. Заде рассматривает в качестве средства решения сложных социальных проблем, в качестве анализа и моделирования «гуманистических систем». Это такие системы, «на поведение которых сильное влияние оказывают суждения, восприятия или эмоции человека» (экономические, политические, правовые, общеобразовательные и другие системы). Его основной тезис заключается в том, что обычные количественные методы анализа механических систем (т.е. систем, управляемых исключительно законами природы) «непригодны для гуманистических систем и вообще любых систем, сравнимых по сложности с гуманистическими системами»⁶.

Практическая значимость теории нечетких множеств для человека более чем очевидна. Вместе с тем есть мнение, что можно не знать о Л. Заде, не слышать о теории, но если в доме имеется хотя бы один современный прибор (копировальная машина, кондиционер, микроволновая печь и т.п.), то этот ученый и его идеи постоянно и незримо присутствуют рядом с человеком.

Обозначенная нами проблема находится в центре внимания ученых и педагогов, пожалуй, с начала XX столетия. Так, на I Всероссийском съезде преподавателей математики (Москва, декабрь 1911 – январь 1912) она, в частности, прозвучала в выступлениях А.В. Васильева, В.В. Бобынина, А.С. Неаполитанского. В докладе «Как согласовать преподавание в средней школе с прогрессом науки» на Международной конференции по математическому образованию (Париж, 1914) французский математик Э. Борель уже в самом начале подчеркивал, что общая цель среднего образования характеризуется прекрасным названием «гуманитарное образование» и это название «...оно должно стремиться оправдать. Задачи заключаются, прежде всего, в том, чтобы воспитать культурных людей... Точные знания рассматриваются не как самоцель, но как средство для образования, одинаково необходимого всем тем людям, которым

⁶ Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. С. 9.

предстоит в той или иной мере направлять работу других людей»⁷. Прошло около века, но эта задача как перед средней школой, так и перед высшей остается актуальной и сегодня. Современнно звучит и другое его пожелание: «Преподавание математики должно быть согласовано с курсами других наук и, что особенно важно, должно быть согласовано с реальной жизнью. При этом условии она, несомненно, будет интересовать гораздо большее число учеников, и тогда изгладится резкое несоответствие между положением математики в жизни современного общества и тем интересом, который питает к ней огромное множество лиц...»⁸. Что касается согласования преподавания математики с наукой, то этот процесс должен «совершаться осторожно и постепенно».

В работах по истории и методологии математики многократно проводилась мысль о том, что математика является и гуманитарной наукой (или, по меньшей мере, обладает гуманитарной составляющей). Такая позиция, в частности, была выражена на симпозиуме «Закономерности и современные тенденции развития математики» (Обнинск, 1987) в докладе Н.К. Непейводы⁹. Он настаивал на том, что преподаватели должны ориентировать студентов на гуманитарные тенденции математики. А в выступлении А.А. Бейлинсона подчеркивалось, что в математике имеется особенность, «заставляющая внимательнее присмотреться к ее родству с гуманитарными знаниями»¹⁰.

На наш взгляд, реализуя гуманитарный потенциал математики в математическом познании, педагог тем самым показывает ее «человеческое лицо» (В.И. Арнольд), не дает угаснуть замечательным традициям российского образования. Причем математику свойственно особенно глубокое понимание того, насколько велика моральная ответственность ученых в отношении использования результатов научных исследований. Исходя из философии гуманизма, он провозглашает: *пусть математическая наука объединяет поколения, служит средством мирного диалога стран и народов, выступает средством трансформации и коммуникации идей, дает людям труда подлинную общность, которая недостижима в других сферах их жизнедеятельности; пусть «жар холодных чисел» (А. Блок) будет вечным источником тепла, жизни и радости для всех людей планеты Земля; пусть математика станет основой Здравого Смысла людей доброй воли; пусть «числа не управляют миром, а показывают, как управляется мир» (И. Гёте); пусть математика помогает исследовать «закон звезды и формулу цветка»*

⁷ Борель Э. Как согласовать преподавание математики в средней школе с прогрессом науки // Математическое просвещение. Вып. 3. М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 1958. С. 91–92.

⁸ Там же. С. 98.

⁹ Непейвода Н.К. Математика: Естественная, техническая, гуманитарная наука, спорт или квазирелигия? // Методологический анализ закономерностей развития математики. М.: МГУ, 1989. С. 159.

¹⁰ Бейлинсон А.А. Математические структуры и структура математики // Методологический анализ закономерностей развития математики. М.: МГУ, 1989. С. 6.

(М. Цветаева); пусть она «научает разум усматривать в великом и малом порядок и правильность природы» (И. Кант). И тогда подлинная гуманистическая ценность станет великой гордостью человечества, высшим достижением его. Идеал математики будущего общества – это единство научных исследований и гуманистических ценностей, единство социальных целей математического познания и этических принципов человечества.

Н.В. Михайлова
(Минск)

ФИЛОСОФСКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ АРГУМЕНТАЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

В статье на основе математических абстракций и специально подобранных примеров аргументируется естественность системного подхода к обоснованию современной математики исходя из реального развития математического знания. На примере хорошо известных математических объектов выявляется взаимная дополнительность в составе таких действующих направлений, как формализм Гильберта, интуиционизм Брауэра и платонизм Гёделя, способствующих приращению математического знания.

* * *

Основная трудность обоснования математики осложняется отсутствием однозначного восприятия самого философского понятия «обоснование», что предполагает относительность подходов в исследовании гносеологических предпосылок обоснования. Мы утверждаем: какая математика, такое нужно и обоснование математики. Так какое философское обоснование нам нужно? Нам нужно обоснование современной математики, которое идет в ногу со временем. Можно предположить, что понятие обоснованности в современной математике является очень широким по объему, поскольку оно охватывает не только доказательные математические утверждения, но и правдоподобные или, например, вероятностные рассуждения. Следует также подчеркнуть, что главная структурная особенность концепции обоснования современной математики состоит в синтезе действующих направлений обоснования математики, существующих в контексте целого. Необходимость философско-методологического синтеза в обосновании современной математики, с точки зрения новых гносеологических предпосылок, обусловлена следующими тремя важными факторами: во-первых, утратой целостности структуры обоснования математики; во-вторых, появлением, в сущности, новых форм математической деятельности, так как обосновывать еще значит различать; в-третьих, методологическим единством нового математического знания на основе системного подхода к обоснованию. Мы используем такое смысловое наполнение понятия «системный подход», суть которого состоит в том, что каждое направление обоснования математики основано также на поисках новых гносеологических предпосылок, а именно тех математических теорий, которые в рамках своего направления развития знания имеют особую надежность доказательств и, кроме того, свободны от противоречий.

Философское определение системы, включающее понятие целостности как существенного свойства системного синтеза, рождалось в длительных спорах, поскольку понятие целостности не удавалось объяснить в привычных терминах. Сам феномен математического знания как целостной системы представляет собой не столько явное противостояние различных полюсов ее развития, сколько их единство. Поэтому диалектика процесса познания и состоит в том, чтобы, вычленив полярности, прийти в итоге к философскому пониманию особой относительности их противопоставления, а затем и к их объединению уже в новое единство. Аргументация целостности концепции обоснования современной математики должна также вскрывать внутренние закономерности и процессы, обуславливающие ее качественное своеобразие. Для решения этой задачи необходимо рассмотреть философские аспекты анализа различия между системными понятиями целого и целостности. Ведь, с одной стороны, целое – это совокупность «сильно» взаимодействующих частей, в котором смысл понятия «часть» определяется также присущим системе взаимодействием. Однако, с другой стороны, системы, обладающие свойством целостности, вообще говоря, не имеют частей и рассматриваются как объединенный объект. Об этом говорит английский математик, лауреат Филдсовской премии Майкл Атья, работы которого находятся на стыке алгебраической топологии и теории дифференциальных уравнений: «Вторая половина XX века в гораздо большей мере стала, как я бы сказал, «эпохой объединения», когда границы нарушаются, методы переносятся из одной области в другую и идет колоссальное скрещивание»¹. Для понимания такого подхода, когда порой ограничиваются доказательством относительной непротиворечивости теории, следует еще пояснить, что в целостной системе взаимосвязи частей настолько сильны, что не всегда могут рассматриваться как взаимодействия ее локализованных частей, поскольку математика не формализуема полностью, так как ее содержательная или интуиционистская интерпретация обусловлена определенными логическими требованиями.

Как ранее показали альтернативные теории неевклидовой геометрии, открытые в XIX веке, и важнейшее признание гёделевской незавершенности непротиворечивых аксиоматических систем, сделанное в уже прошедшем XX веке, линейный взгляд на обоснование современной математики не работает. Поскольку системный дискурс неоднороден по своей философской проблематике, по используемой терминологии, а также по уровню строгости, убедительности и даже адекватному выражению развития предметных исследований, иногда системным называют комплексное исследование, в котором при решении проблемы суммируются данные различных подходов к ней.

¹ Атья М. Математика в двадцатом веке // Математическое просвещение. Сер. 3. 2003. Вып. 7. С. 22–23.

Решение проблемы обоснования математики, предлагаемое на основе системно-методологического подхода, состоит в том, что «либерализация» обоснования различных математических теорий эксплицируется с помощью философско-методологического синтеза, в котором генезис направлений системы обоснования современной математики раскрывается как результат взаимодействия составляющих ее элементов. Даже в философском плане обоснование математики, которое является более широким по объему, чем аргументация правильности рассуждений, необходимо для того, чтобы найти средства, гарантирующие также проверяемость сверхсложных современных математических рассуждений, понимание переусложненных доказательств и применение компьютера в доказательстве. Поэтому для конкретизирующего обоснования своих познавательных теорий и схем философы математики вынуждены обращаться за помощью к самой математике, поскольку общая методология программ обоснования математики, выдвинутая в начале XX века, с современной точки зрения должна быть признана в целом все же неудовлетворительной.

С априорной точки зрения даже онтологический вопрос «Что есть математика?», вообще говоря, предшествует гносеологическому вопросу «Как обосновывается математика?» и другим подобным вопросам. Ответ на этот вопрос не сводится к совокупности ответов на новые «подвопросы», образующие иерархическую структуру системы математического знания. По существу, это и есть понимание математики как целостной системы, которое является необходимым условием системности знания, поскольку математика есть не только и не столько знание, но и определенный тип систематизации знания. Характерной особенностью рассматриваемой системы обоснования современной математики является то, что как сложная система она содержит взаимодействующие направления, обладает свойством целостности, а также невыводимости всех свойств системы исключительно из свойств ее элементов. Системно-методологическая целостность концепции обоснования реализуется в гносеологическом балансе разных философских компонент системного синтеза направлений обоснования современной математики. При этом нас интересует точка зрения самих математиков на то, что происходит в математике.

Так, российско-швейцарский математик, лауреат Филдсовской премии С.К. Смирнов утверждает, что «математика продолжает активно развиваться и, будучи самой фундаментальной из наук, все равно (а может, именно поэтому) имеет много практических применений»². Но рассуждая о целостности системы обоснования фундаментальной математики, надо еще предварительно построить ее как идеальный объект, учитывая при этом, что само качественное своеобразие системно-методологической

² Смирнов С.К. О современной математике и ее преподавании // Квант. 2011. № 2. С. 11.

целостности заключается в отказе от семантической полноты, поскольку стремление к полноте – это, по сути, методологический поиск в рамках предыдущих гносеологических предпосылок и установок обоснования математики.

При философско-математическом осмыслении проблемы обоснования математики выявляются следующие аспекты, которые коррелируют с элементами системной триады и которые попеременно выступают на первый план в конкретных индивидуальных актах осмысления математических объектов. Во-первых, это все же «внутренний» аспект, эксплицирующий интуитивный смысл. Во-вторых, это дополнительный к нему «внешний» аспект, реконструирующий некоторые подробности в формальной теории. Наконец, это «реалистический» аспект, который предполагает, что некоторые абстракции тоже могут быть философскими. Например, это явно относится к предположению о существовании платоновского мира множеств, что, по существу, позволяет отнести к «реалистической» всю философию теоретико-множественной математики. Так, философ математики Е.И. Арепьев в свою очередь, подчеркивает: «В итоге были определены такие неотъемлемые аспекты онтологической и теоретико-познавательной сущности математики, как присутствие логических, отвлеченно-формальных и интуитивно-содержательных компонент в ее структуре. При этом никакой необходимости противопоставления этих составляющих, на наш взгляд, не выявилось»³. Такая гносеологическая установка является идейной основой продолжающегося процесса обоснования современной математики, для которого характерно то, что части системы обоснования, то есть направления обоснования математических теорий, выступают сейчас в виде системной целостности.

Итак, в философии математики можно выделить следующие наиболее востребованные направления: формализм, платонизм и интуиционизм, которые В.В. Целищев авторитетно называет «великой троицей». Именно эти направления в процессе развития знания позволяют в системе обоснования современной математики замкнуть бинарную оппозицию «формализм – интуиционизм» в системную триаду, объединяющую равноправные элементы обоснования, а именно формализм Гильберта, платонизм Геделя и интуиционизм Брауэра, различие которых указывает также на их взаимодополнительный характер. Например, основные идеи метаматематики Гильберта и интуиционистской математики Брауэра получили развитие в прикладной конструктивной математике, в частности в теории алгоритмов. Поэтому с точки зрения системного подхода все аспекты выделенных философско-математических

³ Арепьев Е.И. Домножественная реалистическая интерпретация онто-гносеологических основ математики // Вопросы философии. 2010. № 7. С. 83.

направлений и их модификаций необходимы в процедуре обоснования современной математики.

Начнем осмысление системы обоснования современной математики с первой бинарной оппозиции «формализм – интуиционизм». При развитии математических идей одной из движущих сил является стремление найти такие математические объекты и структуры, которые отражали бы поведение реальных физических процессов, хотя очень трудно сейчас детально познать физический мир настолько, чтобы сразу можно было формировать четкие математические конструкции. В качестве подтверждения этого тезиса и аргументации объективности новых математических концепций рассмотрим знаменитый математический объект – множество Мандельброта. На примере этого фрактала можно пояснить дополненность направлений формализма и интуиционизма и их совмещения с помощью платонизма. Интуиционизм дополняет формализм в том отношении, что некоторые принципы считаются интуитивно ясными, хотя строгость доказательства у интуиционистов не уступает логике формалистского доказательства. Например, у множества Мандельброта есть точная математическая формула, обеспечивающая счет, – это можно отнести к формализму, но есть и алгоритм операции построения этого математического объекта – это уже относится к интуиционизму или, точнее, конструктивизму. Заметим, что, хотя множество Мандельброта чрезвычайно сложно и даже замысловато устроено, его структура полностью определяется математическим формализмом исключительной простоты. Фрактальные объекты репрезентируются не только формальным описанием, но также четким набором математических процедур – алгоритмом, с помощью которого выявляется, а точнее, по сути, последовательно визуализируется или разворачивается его явная геометрическая форма, например, на современном компьютере. Поскольку сам итерационный процесс построения фрактального объекта бесконечен, то мера совмещения в нем формализма и интуиционизма – это в сущности направление платонизма, которое дает уверенность в существовании законченного объекта – множества Мандельброта.

Хотя фракталы были открыты эмпирически с помощью реализации итерационных процессов на компьютерах, множество Мандельброта не может существовать в компьютерных распечатках, так как они охватывают часть сложно детализированной структуры фрактальных узоров, поэтому на распечатках мы видим приближение к нему, точнее, его «платоновскую тень» в потенциальном смысле. Поэтому, как заключает знаменитый математик и физик Роджер Пенроуз, «множество Мандельброта существует, и существует вполне устойчиво: кто бы ни ставил перед компьютером задачу построения множества, каким бы ни был этот самый компьютер, структура в результате получается всегда одинаковая – и чем

«глубже» мы считаем, тем более точной и детальной будет картинка. Следовательно, существовать множество Мандельброта может только в платоновском мире математических форм, больше нигде»⁴. Он предлагает расширить значение слова «существование», так как в платоновском мире математические объекты существуют не так, как физические объекты, поскольку они не имеют пространственного местоположения и представляют собой «вневременные объекты».

Проанализируем теперь другую бинарную оппозицию «формализм – платонизм». После того, как Курт Гёдель показал, что непротиворечивость достаточно богатой теории, содержащей арифметику, не может быть установлена средствами, которые могут быть формализованы в самой этой теории, это привело к расхождению мнений в среде математиков о неудачах с доказательством континуум-гипотезы, в частности, это свидетельствовало о недостаточности одной формалистской концепции в обосновании. Следует отметить, что математиков как участников философско-математического дискурса тоже всегда интересовал вопрос о том, как объяснить объективность математической веры в особую надежность математического рассуждения. Сами профессиональные математики, даже несмотря на силу формализма, стремятся обрести уверенность также в том, что платонистские допущения, на которых базируется математика, не выходят за допустимые пределы, а условия, ограничивающие применение принципов аналогии и общности, по сути, сводятся к требованию формальной непротиворечивости следствий, выводимых из этих допущений. Косвенное обоснование этой ситуации в современной математике имеет новые веские аргументы. Они связаны с решением проблемы, стоявшей первой в знаменитом докладе гениального немецкого математика Давида Гильберта «Математические проблемы» и оказавшей огромное влияние на развитие всей математики в XX столетии, то есть континуум-гипотезы Георга Кантора.

Напомним, что Курт Гёдель доказал невозможность опровержения гипотезы континуума, а Пол Коэн еще доказал, что она и ее отрицание не противоречат аксиомам теории множеств. В «абсолютном смысле» эта гипотеза, относящаяся по своему содержанию к основаниям математики, не решена, хотя Гёдель и Коэн, которые по-разному относились к ее истинности, сумели все же показать, что она не разрешима средствами стандартной теории множеств. Из их результатов можно сделать следующий вывод. Выбор мощности континуума свелся, по сути, к свободной аксиоме. Поэтому, с одной стороны, даже если признать относительность теоретико-множественных понятий в духе известного парадокса Сколема, то тогда принятие любого решения относительно истинности континуум-гипотезы будет актом «иррациональной

⁴ Пенроуз Р. Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. М.-Ижевск: ИКИ, 2007. С. 37.

математики». Но, с другой стороны, если предположить, что, несмотря на неразрешимость проблемы континуума, на шкале мощностей множеств некое определенное место для мощности континуума объективно существует, то это означает допустимость существования «мира идей», например, «мира множеств», не зависящего от аксиом теории множеств, используемых в рассуждениях математиков.

Поскольку сами объекты теории множеств Кантора не принадлежат физической реальности, то в платонизме Гёделя основную роль играет интуитивная составляющая, так как даже несмотря на их удаленность от чувственного опыта, у математиков есть что-то вроде наглядного созерцания объектов, поскольку аксиомы теории множеств как бы «навязываются» нам в качестве истинных. «Я не вижу, – писал Курт Гёдель, – никаких причин, почему этому виду восприятия, т.е. математической интуиции, мы должны доверять меньше, чем восприятиям, которые приводят нас к построению физических теорий и к ожиданию, что будущий чувственный опыт согласуется с ними»⁵. Континуум-гипотеза не зависит от стандартных аксиом теории множеств, поэтому отношение любого математика к этой проблеме позволяет причислить его к сторонникам либо формализма, либо платонизма. Но, говоря об интуиционизме как мере совмещения в оппозиции «формализм – платонизм», необходимо заметить, что математическую интуицию все же не следует рассматривать как единственную универсальную способность получения математического знания о соответствующих объектах, с точки зрения ориентации не только на полноту теорий, но и на их адекватность.

Рассмотрим, наконец, еще одну бинарную оппозицию «интуиционизм – платонизм» в системном синтезе направлений обоснования математики. Специалист по основаниям математики, немецкий математик Пауль Бернайс подметил, что двойственность арифметики и геометрии, по сути, связана с противостоянием интуиционизма и платонизма. С одной стороны, понятие числа в арифметике имеет интуитивную природу, а с другой стороны, пространство в геометрии – изначально платонистская идея, что противоречит имеющимся в интуиционизме процедурам конструирования. Это показывает, что две тенденции, интуиционистская и платонистская, обе необходимы, так как они дополняют друг друга. Хороший пример для иллюстрации пары «интуиционизм – платонизм» дает функция Кантора, которая определяется с помощью канторова множества, известного из функционального анализа. Как замечает математик В. Босс, «бесконечность, втиснутая в ограниченный диапазон $[0, 1]$, искрит аномалиями. Образцовые патологии наблюдаются в канторовом множестве, получаемом последовательным выбрасыванием третей из

⁵ Godel K. What is Cantor's continuum problem // Philosophy of Mathematics: Selected Readings. N.Y., 1964. P. 271.

сегмента $[0, 1]$ »⁶. Сама функция Кантора строится на основе бесконечной процедуры, в которой на замыкании каждого выбрасываемого в процессе построения канторова множества интервала функция принимает значение равное середине этого интервала. Сложность формализованного построения такого рода объектов заключается в том, что оно существенно опирается на интуитивные процедуры. Это приводит к различным философским взглядам на их существование: либо они существуют как математические модели реального мира, либо как идея, не противоречащая принятой системе аксиом, что, по сути, говорит о необходимости платонистской составляющей в их обосновании. Канторово множество знаменито тем, что, хотя оно имеет мощность континуума, оно, по сути, очень «разреженное», то есть оно нигде не плотно на отрезке, но множество рациональных чисел любого отрезка имеет меньшую мощность, хотя оно и образует всюду плотное множество. Канторово множество, как и множество рациональных чисел, «малое», потому что оно «разрежено» и потому что оно «скудно».

Здесь явно просматриваются сразу две философские составляющие – интуиционистская и платонистская, которые характеризуют разные понятия, так как хотя одно множество и «мощное», оно разреженное, а другое множество хотя и «скудное», но плотное. Если в обычном анализе понятие непрерывной функции и дифференцируемой функции имеют общность, простирающуюся далеко за наши интуитивные представления о кривой, то с помощью канторова множества можно построить непрерывную монотонную функцию, производная которой почти всюду равна нулю. Источником этой аномалии служит канторово множество. Интуитивно без формальной процедуры трудно понять, почему функция Кантора почти нигде не растет, но успевает ощутимо вырасти на множестве нулевой меры, в связи с чем ее иногда так и называют – «канторовой лестницей». В бинарной оппозиции «интуиционизм – платонизм» явно проявляются проблемы онтологического и гносеологического обоснования математики, которые разрабатываются с различных позиций при реализации аксиоматического и конструктивного подходов к построению математических объектов. Расхождение между интуиционизмом, точнее одним из его направлений – конструктивизмом, и платонизмом, или реализмом, в оценке онтологического статуса объектов математики состоит в том, что платонизм признает существование этих объектов независимо от мышления человека, а конструктивизм, с точки зрения прикладного характера этого направления, требует обоснования математических объектов независимо от онтологических предпосылок.

Освобождению от бинарного стереотипа как разделяющей структуры способствует также акцент на способы совмещения оппозиций посредством системного подхода. Ограничения, сделанные при

⁶ Босс В. Лекции по математике. Т. 5: Функциональный анализ. М.: КомКнига, 2005. С. 23.

построении такого сложного системного объекта, как система обоснования современной математики, – это востребованность ее реализации в некотором первом приближении. Во втором приближении придется учитывать также то, что «нетривиальное решение» можно найти чаще всего «проходом через ошибку», поскольку выполнить все ограничения при реализации концепции обоснования порою возможно лишь выходя за их пределы, компенсировав этим сделанные ошибки. Например, по утверждению профессионального математика В.Д. Мазурова, «...следует понимать обоснование математики как длительный процесс. Ни один подход к обоснованию математики не абсолютен, каждый справедлив только локально, при некоторых допущениях»⁷. В частности, в отличие от эмпирических наук, достоверность математики имеет особую специфическую природу. Поэтому важнейшей составляющей системности обоснования математики является процесс взаимодействия направлений обоснования и их явная верификация через математическую практику. Это, в свою очередь, приводит к философскому переосмыслению таких важных в философии математики гносеологических понятий, как «объективность», «истинность» и «рациональность», находя в них вполне допустимые в гносеологии новые компромиссные решения.

С учетом разнообразия конструктивистских версий онтологического истолкования многих объектов современной математики, рассмотренные математические функции, имеющие явные реалистические основания, могут рассматриваться как интуитивные или конструктивные. Устойчивость рассмотренной триады направлений обоснования математики обеспечивается тем, что противоположности не достигают антагонизма там, где имеет место взаимодействие противоположностей. То есть можно также заключить, что составляющие триады не исключают друг друга, а представляют собой единое целое в рамках новой концепции обоснования современной математики. Безусловно, имеются еще и другие примеры, реализующие системный подход к обоснованию математики, хотя представляется, что рассмотренные выше все же наиболее философски характерные. Поскольку все три составляющие системной триады обоснования математики входят в нее равноправно, рассмотренные примеры можно в соответствующем контексте интерпретировать также и для других бинарных оппозиций. Обоснование математики должно еще предложить объяснение исторического факта, что фундаментальные науки никогда не оспаривали математику, а программа обоснования – это определенная крайность, которая способствует выявлению того, что математическая практика содержит неявно.

Даже появление принципиально нового направления обоснования математики, которое будет столь же аргументированным, как предыдущие,

⁷ Мазуров Вл.Д. Философия математики // Вестник Уральского института экономики, управления и права. 2016. №1. С. 64.

и взаимообусловленным с уже действующими направлениями обоснования, а также практически реализуемым в развитии современного математического познания, будет все же характеризовать скорее философский, чем собственно математический тип мышления, избавляемый от ненужного самоограничения в виде такой тройственности направлений обоснования, поскольку логико-математические процедуры обоснования математики пока нельзя считать полностью исследованными. В последние годы своей жизни Готлоб Фреге выдвигал предположение, что программы обоснования математики могут быть усилены, например, за счет привлечения геометрических методов, то есть он предложил возможного кандидата теоретического продвижения на логико-математическом уровне. Как поясняет эту ситуацию В.Я. Перминов, «в отличие от прежней, логицистской установки он считает теперь, что геометрическая очевидность, так же, как и арифметическая, не содержит в себе никакого чувственного компонента и вследствие этого является абсолютно надежной»⁸. Но пока все же еще преждевременно говорить о возможности успешной реализации самой идеи геометрического подхода к обоснованию математики как некоего альтернативного взгляда на проблему обоснования современной математики, так как, например, предположение о возможности геометрического обоснования всех разделов функционального анализа, неархимедова анализа, нестандартного анализа и многих других направлений математики требует пересмотра представлений о том, какие методы исследования в математике следует считать допустимыми.

Анализируя итоги обосновательной деятельности в математике, можно поставить вопрос: как возможно обоснование математики? Интерпретация процесса обоснования состоит в построении такой системы, которая не будет заикливаться, способствуя процессу возникновения нового знания. Сама процедура обоснования основана на идее интеграции, характеризующей тенденцию к соединению в целостной системе наиболее востребованных направлений обоснования новых математических теорий. Постановка проблемы обоснования вне рассмотрения развивающегося математического знания осложняет ее решение, порождая спектр онто-гносеологических вопросов, связанных с тем, что считать проверяемостью, что доказанностью, а что практической применимостью знания, поскольку, хотя сама математика изучает исключительно системы идеализированных объектов, область применения математических методов неограниченна. Так, в современной математике можно указать на квантовый функциональный анализ, в котором исследуются пространства операторов вместо пространств функций.

⁸ Перминов В.Я. Метафизика и основания математики // Метафизика. Век XXI. Альманах. Вып. 4: метафизика и математика. М.: БИНОМ, 2011. С. 443.

С точки зрения важной прогностической функции философии науки, Георг Крайзель выдвигал также предположение о возможности расширения гильбертовского метаязыка через реабилитацию закона исключенного третьего. Поэтому, чтобы не потерять философской перспективы целостного обоснования современной математики, она должна иметь альтернативные подходы к обоснованию в духе разумного методологического компромисса. Можно еще, например, упомянуть такие новые направления в философии математики, как различные модные версии «неологицизма», которые, хотя и выступают преемниками исторически первых попыток поставить математику на фундамент классической логики, являются гораздо более «нео», чем «логицизм». Они связаны с попытками разработать новые способы сведения всей математики к логике, возрождающие метафизические установки в понимании математики, с помощью которых математические утверждения, по сути выводятся из аналитических принципов. Хотя, по мнению В.В. Целищева, «любая версия неологицизма является платонизмом, поскольку речь идет о порождении абстрактных объектов через упомянутые принципы, но таких объектов, которые имеют независимое от человеческого сознания существование»⁹. Указанные гипотетические попытки обоснования связаны с включением в полном объеме геометрии и логики в «обосновательную базу», с целью избавления ее от финитности, благодаря чему критика на основе теорем Гёделя потеряет основания, а философско-методологический синтез направлений обоснования математики сведет все в целостную систему на основе единства фундаментальных и прикладных математических теорий. Так, топология была ключевым инструментом открытий для новых лауреатов Нобелевской премии 2016 года по физике Дэвида Таулеса, Дункана Халдейна и Майкла Костерлица в квантовой теории многочастичных систем.

Пока намечены лишь предварительные философско-методологические контуры такого понимания проблемы обоснования современной математики, а системный синтез рассмотренных направлений обоснования математики, возможно, не является ни полным, ни окончательным. Система обоснования, как развивающаяся сложная система, не может быть полностью формализована в силу присутствия в ней неопределенностей, поэтому число возможных направлений обоснования математики зависит от философско-математического опыта. Заметим, что невозможно системное построение обоснования современной математики одним специалистом – это коллективный, а также долговременный труд, поскольку обоснование математики имеет открытый характер. Пока нельзя говорить ни об окончательно построенной

⁹ Целищев В.В. Неологицизм, существование и метафизика // Вестник НГУ. Серия: Философия. 2009. Т. 7, Вып. 2. С. 3.

философской концепции обоснования математики, ни об окончательно опровергнутых направлениях обоснования, поскольку процесс обоснования в контексте развивающегося знания никогда не закончится, так как «вариантность» будущего развития математики, в сущности, имеет принципиально неустранимый характер.

В.В. Мороз
(Курск)

О ТИПАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФИЛОСОФИИ И МАТЕМАТИКИ В ИСТОРИИ ФИЛОСОФСКОЙ МЫСЛИ

В статье выявляются уровни взаимодействия философии и математики, выделяется и описывается специфический тип – философско-математический синтез, проводится классификация его разновидностей. Утверждается и обосновывается, что варианты всех разновидностей могут быть обнаружены в истории философии.

* * *

Основанием для выявления типов взаимодействия философии и математики служит то обстоятельство, что математический и философский виды рациональности представляют собой необходимые компоненты процесса духовного освоения мира в западной и русской культуре, реализующие его конструирующий и ценностный аспекты. Характер философско-математического взаимодействия в конкретной концепции определяется сочетанием способа понимания целей философии и трактовки сущности математики.

На основании классификации, предложенной Г.Г. Майоровым¹, можно выделить основные способы понимания философии – софийный, эпистемический и технематический.

Так, в софийной трактовке (ориентированной на мудрость, от греч. σοφία – мудрость) философия понимается как любовь к мудрости, смысл которой не в обладании истиной, а в ее искании, в «бытии к истине»; сущность философии, как и сущность любви, не результат, а сам процесс, который представляет собой непрерывное, всегда открытое и свободное трансцендирование мысли, перманентную рефлексивность. Софийно понимаемая философия в своем конкретном применении есть самокритика разума, а по своему методу она есть апофатика, завершающаяся в идеале созерцанием света Истины–Добра–Красоты.

Эпистемический тип (ориентированный на науку, от греч. ἐπιστήμη – «точно установленное, достоверное знание») отражает понимание философии как упорядоченной, построенной по законам формальной логики, строгой науки о первых причинах и началах сущего.

В технематическом понимании (ориентированном на мастерство, изобретательность, ловкость мышления – т.е. на его технику, от греч. τέχνημα «искусное произведение», «изобретение», «выдумка», «интрига»,

¹ См.: Майоров Г.Г. София. Эпистема. Технема (Размышления о способах понимания философии в ходе ее истории) // Майоров Г.Г. Философия как искание Абсолюта. Опыт теоретические и исторические. М., 2004. С. 34–76.

«ловкий трюк») философия представляет собой умение убеждать других в правильности своих суждений. В данном случае именно техника мышления, а не истина, является целью философии.

Используя представленную классификацию в качестве парадигмальной схемы, можно выделить основные точки зрения на математику – как науку, как «метафизику» и как «искусство». Как писал о математике О. Шпенглер, «она является наукой строгого стиля, так же, как и логика, но только более всеобъемлющей и с более богатым содержанием; ... она является, наряду с пластикой и музыкой, настоящим искусством; наконец, она является метафизикой высшего порядка, как это доказывают Платон и в особенности Лейбниц»². Таким образом, в емкой цитате О. Шпенглера в свернутом виде содержатся основные способы понимания математики.

«Метафизическая» трактовка математики восходит к пифагорейцам, видевшим в математике знание, выходящее за пределы чувственно воспринимаемого, к «самой сущности» вещей. Позднее она была поддержана Платоном и его последователями, образовав в истории человеческой мысли особую, пифагорейско-платоническую традицию понимания математики, к которой принадлежит абсолютное большинство мыслителей, предложивших свои варианты философско-математического синтеза.

Трактовка математики как науки в современном смысле слова, то есть как сферы человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности (а под действительностью, как правило, понимается мир явлений), принимается подавляющим большинством ученых. Однако основной проблемой в рамках такого толкования является определение предмета математики, что послужило одним из оснований для ее «технематической» трактовки. Последняя базируется также на признании эффективности использования математического аппарата естествознанием и другими областями культуры (математика – язык науки) и конструктивном характере математической деятельности, роднящим ее с художественным творчеством, плоды которого несут в себе больше эстетическую, нежели познавательную ценность.

Выделение трех способов понимания математики весьма условно, и внимание к одному из аспектов математики – «метафизическому», «эстетическому» или «познавательному», – как правило, не отрицает присутствия в ней двух других, однако доминирование того или иного понимания существенно влияет на трактовку взаимосвязи математики и философии.

История европейской культуры демонстрирует постоянное стремление философской мысли определить свое отношение к мысли

² Шпенглер О. Закат Европы. Мн.-М., 2000. С. 93.

математической. Не будет преувеличением сказать, что «проблема математики» входит в золотой фонд вечных философских вопросов.

Притягательность математики для философии связана, в первую очередь, с удивительной устойчивостью математических результатов. Вряд ли какой-либо иной области познания удалось придать своим теоретическим изысканиям столь общепризнанный, стабильный, неопровержимый характер. «Непостижимая эффективность математики» (Е. Вигнер)³ во все времена не давала покоя философски настроенным умам. Сопоставление математики и философии приводило одних к систематическому использованию в философских целях наработанных в математике результатов или методов, других же заставляло со всей отчетливостью констатировать непригодность для философии математического способа мышления. Так или иначе, тема «философия и математика» проходит через всю историю европейской философии.

С другой стороны, «царица наук» в разные, особенно в кризисные периоды своего существования просила помощи у философии, и многие видные математики, получившие общеизвестные и признанные результаты в своей области, выказывали равнодушие к проблемам философского характера, хотя среди мнений о пользе философии для математики часто встречаются отрицательные.

В многообразии взаимосвязей философии и математики достаточно отчетливо выделяются два типа их взаимодействия: первый имеет давно укоренившееся в науке наименование – «философия математики», второй обозначим как «философия и математика».

Первый тип характеризуется тем, что математика здесь является предметом философских размышлений, объектом философско-методологической рефлексии. Задавая вопрос, что такое математика, философ становится по отношению к ней в позицию стороннего наблюдателя и исследователя. Он вычленяет математику и ее связи из научного и более широкого культурного контекста и осмысливает с теоретико-мировоззренческой точки зрения сущность математических объектов, их статус и отношение к объектам естествознания и к чувственно воспринимаемому миру, природу математического доказательства, соотношение математики и логики и т.д.

В настоящее время принято условно выделять два направления философии математики – фундаменталистское, занятое в первую очередь выявлением природы математического знания, и нефундаменталистское, анализирующее развитие математики в социокультурном контексте⁴. На наш взгляд, оба направления не противостоят друг другу, а являются взаимодополнительными: фундаменталистские концепции

³ Вигнер Е. Этюды о симметрии. М., 1971. С. 192.

⁴ См.: Барабашев А.Г. Будущее математики: Методологические аспекты прогнозирования. М., 1991. С. 76–96.

сосредотачиваются на поисках инвариантов в структуре математического знания, социокультурные версии исследуют математику как развивающийся феномен, – и только в единстве этих двух подходов возможно осуществить построение целостного образа математики. К тому же реальная практика подтверждает условность деления философии математики: многие исследования принадлежат одновременно фундаменталистскому и социокультурному направлению⁵.

Второй тип философско-математического взаимодействия – «философия и математика» – характеризуется «равно-уровневым» участием философии и математики в построении целостной картины действительности. Как показывает история, в рамках такого типа взаимодействия взаимоотношения философии и математики испытывают резкие колебания: от полного слияния двух указанных феноменов (пифагорейский вариант космоса, «теологические трактаты» С. Боэция, «Этика» Б. Спинозы, «метафизический дифференциал» Г. Лейбница и т.д.) до их абсолютного противопоставления (взгляды Б. Паскаля, А. Бергсона и др.).

Указанное обстоятельство позволяет выделить в рамках «философии и математики» две наиболее распространенные точки зрения. Первую, содержащую концепции, утверждающие как принципиальную неприменимость математических результатов и методов для решения философских вопросов, так и непригодность философского подхода в рамках математики, назовем «разведением функций философии и математики»; вторую, включающую варианты «положительного» взаимодействия философии и математики, определим как «философско-математический синтез».

В истории философской мысли противопоставление философии и математики наиболее четко обнаруживается во взглядах Б. Паскаля, концепциях И. Канта и Г. Гегеля, в учениях Л. Фейербаха и А. Бергсона. Несмотря на различие оснований «разведения функций философии и математики» в концепциях названных мыслителей, их роднит, на наш взгляд, следующее обстоятельство. Все философы – Б. Паскаль, И. Кант, Г. Гегель, Л. Фейербах, А. Бергсон – относятся к софийному типу, а математику понимают как науку, имеющую свои специфические предмет и метод. Отсюда четкое разграничение областей философии и математики, подчеркивание принципиального их различия в целях и методах исследования.

Таким образом, разнообразие взаимосвязей философии и математики можно классифицировать по двум уровням: 1) «философия математики» и 2) «философия и математика». Точка зрения, разводящая функции философии и математики, описывающая взаимодействие указанных

⁵ См., напр.: Китчер Ф. Математический натурализм // Методологический анализ оснований математики. М., 1988. С. 5–32.

феноменов на втором уровне, складывается на основе софийной трактовки философии и понимания математики как науки в общепринятом смысле слова, что обуславливает вывод о неприменимости математических средств и методов к рассмотрению философских вопросов. При «разведении функций философии и математики» указанные феномены рассматриваются как автономные области духовной культуры, результаты и методы которых имеют самодовлеющее значение и не могут быть применены вне своей области.

Термин «синтез» в описании особого типа философско-математического взаимодействия представляется нам вполне правомерным и отражающим основные особенности взаимосвязи философии и математики в описываемых ниже случаях. Однако употребление словосочетания «философско-математический синтез» в контексте нашего исследования нуждается в некоторых предварительных замечаниях и уточнениях.

Правомерность применения термина «синтез» в излагаемом контексте обусловлена следующими этимологическими и методологическими обстоятельствами. Слово «синтез» восходит к древнегреческому σύνθεσις, означающему «складывание вместе», «соединение», «связывание», «составление» (близким по структуре и смыслу и в то же время вносящим одно очень важное добавление является прилагательное συνθετικός – «связывающий», «приводящий в связь, в стройное единство»)⁶. Таким образом, синтез, в самом общем случае, – это соединение различных элементов в единое целое (систему), которое осуществляется как в практической деятельности, так и в процессе познания. В этом значении синтез противоположен анализу (разложению предмета на его составляющие) и в то же время неразрывно с ним связан.

В философии и различных науках термин «синтез» применяется в некоторых специальных значениях. Выделим из них те, которые являются важными в контексте предлагаемой работы.

(1) Синтез в качестве способа рассуждения понимается как последовательное получение того, что должно быть доказано, из ранее доказанных утверждений, в противоположность анализу как процессу рассуждения от доказываемого к уже доказанному. Такое понимание анализа и синтеза восходит к античности (Платон, Евклид, Папп Александрийский).

(2) Синтез как мыслительная операция производится от предметного соединения частей объектов в целое и исторически формируется в человеческой деятельности.

(3) Синтез как познавательная операция имеет множество различных форм; данные исследования того и иного объекта синтезируются при их теоретическом обобщении разнообразными способами (в форме

⁶ См.: Вейсман А.Д. Греческо-русский словарь. М., 1991. С. 1203.

взаимосвязи теорий, относящихся к одной предметной области; как объединение противоположных и даже конкурирующих теорий по принципу дополнительности в процессе диалога теорий; в форме построения дедуктивных теорий)⁷.

Исходя из вышеизложенного, мы интерпретируем «философско-математический синтез» как особый тип философско-математического взаимодействия, в котором философия и математика, соединяясь тем или иным образом в процессе рассуждения, участвуют в построении целостной картины действительности, способствуя тем самым более глубокому проникновению вглубь явлений, расширению границ мировосприятия и выработке цельного мировоззрения. При таком типе философско-математического взаимодействия результирующее знание есть система, включающая с необходимостью философские и математические компоненты.

В исторической ретроспективе философско-математический синтез принимает различные формы: (1) форму синкретического соединения, слияния математических элементов и философских категорий в построении пифагорейского образа мира (здесь математические и философские понятия относятся к единой предметной области – музыкально-числовой структуре космоса); (2) форму диалектического взаимодействия философии и математики на пути восхождения души в мир идей в учении Платона; (3) форму особого способа рассуждения, в котором математические элементы (понятия, образы, модели) участвуют в раскрытии вопросов философского (теологического) характера, способствуя прояснению этих вопросов и их творческому усвоению в «ученом незнании» Николая Кузанского; (4) соединение философии и математики в единое целое с целью построения всеобъемлющей дедуктивной системы мироздания в концепциях классического рационализма («Универсальная математика» Р. Декарта, «Этика» Б. Спинозы, «Универсальная характеристика» Г. Лейбница); (5) антиномическое соединение двух противоположностей (философии и математики), отражающих гносеологические и аксиологические аспекты человеческой деятельности, при формировании эстетического идеала в учении И. Канта.

В русской философии философско-математический синтез, представленный в трудах деятелей Московской философско-математической школы (главным образом у Н.В. Бугаева) и наиболее полно реализованный в творчестве П.А. Флоренского, выражается в разных формах: (1) как особый способ рассуждения, в котором элементы математического знания (понятия, теоремы, модели) участвуют в раскрытии вопросов философского характера, тем самым способствуя прояснению этих вопросов и провоцируя рождение новых идей; (2) как

⁷ См.: Философский энциклопедический словарь. 2-е изд. М., 1989. С. 583–584.

диалог различных элементов познавательной деятельности, в котором философия и математика, не теряя своей индивидуальности и автономности, оказываются тесно связанными друг с другом, взаимно предполагая друг друга, что способствует углублению каждой из этих областей знания и вместе с тем выработке более адекватной картины действительности; (3) как синтез противоположностей, ведущий к формированию цельного мировоззрения.

Отметим, что взаимодействие философии и математики в формах философско-математического синтеза определяется способами понимания этих двух феноменов духовной культуры. Пифагор, Платон, Н. Кузанский и П.А. Флоренский являются яркими выразителями софийной линии в истории философии и склонны понимать математику не столько как науку, сколько как своего рода философию (Пифагор), необходимую ступень в философии (Платон), как некую ментальную область, отражающую замысел Творца при построении мироздания (Н. Кузанский), как первую и необходимую предпосылку мировоззрения (П.А. Флоренский), то есть все указанные философы тяготеют к истолкованию математики в «метафизическом» ключе.

Для представителей классического рационализма характерна эпистемическая трактовка философии и видение математики как точной и наиболее разработанной науки, метод которой универсален и приложим к любым областям познания. Такое понимание естественным образом порождает «рационалистический» вариант философско-математического синтеза, обозначенный нами выше.

Взгляды И. Канта способствовали «разведению функций философии и математики». Однако противопоставление математики и философии в данном случае утверждается в противовес «математическому универсализму» Нового времени, и последующие попытки Канта соединить «мир природы» и «мир свободы» в эстетическом идеале выражают синтез иного, отличного от представленного в классическом рационализме, вида и уровня.

Отнесение музыкально-числовой концепции космоса пифагорейцев к форме философско-математического синтеза возможно с некоторыми оговорками. Синтез элементов всегда предваряется их выделением и отличением друг от друга, то есть своего рода анализом нерасчлененного целого с целью соединения его частей на новом, более высоком уровне. Четкого разделения философских и математических категорий в рамках пифагорейского учения нет. Математика, с одной стороны, покорялась иерархическому строю пифагорейского мироздания и в совокупности своих частей воспроизводила космологическую структуру и, с другой стороны, служила катарсису как высшей этической цели, достигаемой для тела – через вегетарианство, для души – через постижение музыкально-числовой структуры мироздания, выражающееся в способности слышать

гармоническое звучание космических сфер. Итак, в учении Пифагора математическое до неразличимости сливается с этическим, космическим и музыкальным. Однако реконструированный вариант раннего пифагореизма, принадлежащий Филолаю, представляет собой достаточно стройную целостную систему, которую, несмотря на синкретичность многих положений, можно вполне рассматривать как одну из версий философско-математического синтеза.

Диалектическое взаимодействие философии и математики в учении Платона основывается на его идее, что специфика математического мышления связана с постоянной опорой на образы; подлинное же умозрение (философское) отличается от математики тем, что является «безобразным». Однако характерно, что четкое отличие математического метода познания от философского метода – диалектики – сочетается у Платона с утверждением о необходимости занятий математикой для философа: математика видится как необходимая ступень на пути преодоления привычек обыденного мышления. Тем не менее математика не способна дать в руки занимающимся ею собственного философского метода, изучение ее – лишь промежуточное звено. От подхода математических наук необходимо перейти к подлинному философскому методу – диалектике, которая ведет душу к созерцанию идей. Однако в одном из поздних диалогов – «Послезаконие» – Платон объявляет высшей «сущностной» мудростью науку о числе. Философия Платона, достигшая своего предельного развития, заканчивалась учением о вечных и божественных идеях как о числах. Итак, путь восхождения к мудрости, итогом которого является созерцание истинного бытия, то есть мира идей, можно представить трехступенчатой схемой: математика → философия → математика «высшего порядка». Налицо классический диалектический прием: отрицание отрицания.

Философско-математический синтез Николая Кузанского основан на его мысли: «Ни один из великих умов древности не изучал трудных вещей при помощи какого-либо сходства кроме сходства математического»⁸ и реализуется через введение в рассуждение философско-теологического характера дополнительного математического плана, параллельного плану метафизическому. Используемые при этом математические конструкции служат специфической моделью, позволяющей «схватить» в созерцании принципиально не созерцаемый предмет рассуждения (например, бесконечный мир) в виде математического образа. «Поистине, видимое есть образ невидимого», – утверждает Кузанский. Вслед за Платоном он рассматривает математические объекты как онтологические сущности, занимающие промежуточное положение между чувственно-воспринимаемым и умопостигаемым и потому обладающие

⁸ Кузанский Н. Об ученом незнании // Кузанский Н. Избранные философские произведения. М., 1937. С. 23.

специфической «наглядностью». К тому же Кузанский видит в них богатейший познавательный потенциал в раскрытии вопросов о бесконечности Творца и Вселенной, об ученом незнании как высшей форме теоретического разума и т.д.

Философско-математический синтез в концепциях классического рационализма базируется на убеждении, что истинное знание не может быть достигнуто иначе, чем ясным и отчетливым усмотрением умом предмета исследования или его дедуктивным выводением из очевидных истин. Такими ясными и очевидными истинами Р. Декарт считал аксиомы геометрии и арифметики, а математическое доказательство – самым надежным средством получения правильных знаний. Человеческий разум непосредственно, силой интуиции, дарованной Богом, воспринимает основные, ясные и очевидные истины, а вывод следствий составляет сущность философского знания. «Этика» Спинозы представляет собой классический образец «рационалистической» версии философско-математического синтеза. Идеи Декарта находят свое продолжение в «*Characteristica universalis*» Г. Лейбница, посредством которой можно систематизировать все необходимые истины, доказывать их и открывать новые. Кроме того, труды Лейбница демонстрируют вариант философско-математического синтеза как особого способа рассуждения, в котором элементы математического знания служат «наглядными» схемами для метафизических построений.

Отправным пунктом построения варианта философско-математического синтеза, предложенного И. Кантом, является следующее утверждение: «Хотя между областью понятия природы в качестве чувственного и областью понятия свободы в качестве сверхчувственного лежит необозримая пропасть ... понятие свободы должно сделать действительной в чувственном мире заданную его законами цель, и, следовательно, природу должно быть возможно мыслить таким образом, чтобы закономерность ее формы соответствовала по крайней мере возможности целей, заданных ей законами свободы. Следовательно, должно быть все-таки основание для единства сверхчувственного, лежащего в основе природы, с тем, что практически содержит в себе понятие свободы, даже если такое понятие не достигает ни теоретически, ни практически познания этого единства, а значит, не имеет своей области, оно все-таки делает возможным переход от мышления по принципам природы к мышлению по принципам свободы»⁹. Между природой и свободой Кант находит промежуточное звено – своеобразный «третий мир» – мир эстетического, рассмотрению которого посвящена «Критика способности суждения». Синтез противоположностей основывается на идее целесообразного и реализуется в эстетическом идеале. Вариант Канта

⁹ Кант И. Критика способности суждения. М., 1994. С. 46.

демонстрирует антиномико-синтетическое, то есть диалектическое взаимодействие философии и математики, хотя и отличное от платоновского понимания.

Таким образом, на основе единства этимологического, логического и исторического подходов к раскрытию понятия «философско-математический синтез» можно сделать вывод, что это понятие описывает особый тип взаимодействия философии и математики, который может принимать различные формы. Предложенная выше классификация разновидностей философско-математического синтеза отражает сложившееся в истории философии разнообразие вариантов «положительного» взаимодействия философии и математики.

В.Я. Перминов
(Москва)

РАЗДЕЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ СУЖДЕНИЙ АПРИОРИ С ДЕЯТЕЛЬНОСТНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

В статье выявляются истоки трудностей и заблуждений, связанных с понятием синтетических суждений априори. Аргументируется, что вопрос о существовании синтетических априорных суждений может быть прояснен только на основе деятельностного анализа категорий и категориальной онтологии.

* * *

Кантовское разделение априорного знания на аналитическое и синтетическое имеет логический характер. Аналитическими суждениями Кант называет те суждения, предикат которых заключен в субъекте и которые вследствие этого ничего не прибавляют к понятию субъекта. Все аналитические суждения априорны, ибо для оправдания своей истинности они не нуждаются в обращении к опыту. В синтетических суждениях, напротив, предикат не заключен в субъекте и соединение субъекта и предиката в одном суждении достигается на основе некоторого внешнего представления. Если в качестве источника этого внешнего представления выступает опыт, то мы имеем дело с эмпирическими синтетическими суждениями. Центральное положение кантовской «Критики чистого разума» состоит в том, что имеют место и такие синтетические суждения, в которых соединение субъекта и предиката мотивировано определенного рода внеэмпирическими представлениями. Таковы, по Канту, первые интуитивно ясные положения арифметики и геометрии. Основная проблема состоит здесь в прояснении природы этих внешних представлений.

Существование в нашем языке аналитических и синтетических суждений не подлежит сомнению. Когда мы говорим «человек мыслит», то мы высказываем аналитическое суждение, ибо в самом понятии человека уже предполагается понятие мыслящего существа. Точно так же никто не сомневается и в существовании эмпирических синтетических суждений. Приписывание предмету нового свойства, на основе некоторого опыта, всегда приводит к эмпирическому и синтетическому суждению. Подавляющее число суждений, с которыми мы имеем дело в жизни и в науке, относится к этому типу.

Однако природа априорных синтетических суждений менее ясна, и само их существование время от времени подвергается сомнению. Позитивизм XIX столетия, поставив задачу очищения философии от всякой метафизики, отказался и от понятия синтетического априори как

метафизического и неприемлемого для позитивной философии. В «Логике научного исследования» К. Поппер высказывает мнение, что все синтетические суждения являются суждениями эмпирическими. Ту же позицию мы видим у Б. Рассела, Л. Витгенштейна, М. Шлика, Р. Карнапа, Г. Рейхенбаха и у многих других философов последнего столетия. Современная философия науки не отрицает существование априорного знания, но она признает его только в форме аналитических суждений.

В данной статье я хотел бы выявить истоки трудностей и заблуждений, связанных с понятием синтетических суждений априори. Задача состоит в том, чтобы показать, что вопрос о существовании синтетических априорных суждений может быть прояснен только на основе деятельностного анализа категорий и категориальной онтологии.

1. Лейбницево-кантовская дилемма

Понятие априорного знания в философии Нового времени на первый план выдвинул Лейбниц. Его волновала старая проблема необходимых истин, и он пришел к выводу, что в основе этой необходимости лежит возможность редукции этих суждений к некоторым элементарным суждениям, которые имеют вид тавтологий и которые, вследствие своей простоты и ясности, не нуждаются ни в каком обосновании.

Лейбниц пишет: «Есть также два рода истин: истины разума и истины факта. Истины разума необходимы, и противоположное им невозможно; истины факта случайны, и противоположное им возможно. Основание для необходимой истины можно найти путем анализа, разлагая ее на идеи и истины более простые, пока не дойдем до первичных». Эти первичные истины он мыслит «как первоначальные принципы, которые не могут быть доказаны, да и нисколько в этом не нуждаются. Это, пишет Лейбниц, «тождественные положения, противоположное которым заключает в себе явное противоречие»¹. Лейбниц намечает, таким образом, определенную логику обоснования необходимых истин: разлагая их на все более простые компоненты, мы должны дойти до некоторой системы самоочевидных истин, противоположное которым явно невозможно.

Все математические истины, с точки зрения Лейбница, допускают такого рода конечную редукцию к системе аналитических истин, самоочевидных тривиальностей, противоположность которым невозможна, то есть по существу, к системе несомненных тождеств. Вся математика, с точки зрения Лейбница, – система аналитических истин, ибо математические истины выделяются из множества всех других истин тем, что противоположное им невозможно. Все математические истины, с этой точки зрения, также и априорные истины, так как аналитические истины обосновываются без привлечения опыта.

¹ Лейбниц Г.В. Сочинения: в 4 т. Т. 1. М.: Мысль, 1982. 636 с.

Декарт считал, что необходимые истины даются нашему сознанию посредством некоторого рода непосредственного видения или посредством интуиции. Интуиция Декарта не рационализируема и не сводится к логике. В этом смысле философия математики Лейбница, истолковывающая всю систему необходимых истин как основанных в конечном итоге на логических тождествах, явно противоречит декартовской трактовке этих истин как порождаемых высшей интуицией сознания.

Кант, в своем обосновании необходимых истин идет не за Лейбницем, а за Декартом. Он исходит из того, что истины математики и категориальные основоположения никоим образом не могут быть сведены к системе логических тавтологий. Кант исходит из понимания познавательной активности сознания как синтеза опыта. Хотя математические суждения заведомо не эмпирические, но они и не тавтологии и не сводятся к системе тавтологий. Идея Канта состояла в том, что первичные математические суждения отражают некоторые априорные представления сознания, первичные интуиции, которые необходимы сознанию в качестве основания эмпирического синтеза. Он устанавливает тот факт, что синтез опыта был бы невозможен без априорных представлений пространства и времени. И именно эти необходимые для познания априорные представления, будучи выражены в понятиях, определяют систему первичных представлений математики.

Кантовская теория дает также ясное разделение между двумя видами синтетических суждений. Если за эмпирическими синтетическими суждениями стоят ассоциации опыта, то за априорными синтетическими суждениями в математике стоят априорные представления о пространстве и времени, необходимо включенные в механизм нашего сознания. Проблема обоснования первичных математических истин сводится теперь к обоснованию пространства и времени как априорных интуиций сознания, необходимых для синтеза опыта. Кантовское положение о том, что априорные представления пространства и времени необходимы для сознания как механизмы эмпирического синтеза, несомненно, верно: ясно, что мы ни на шаг не могли бы продвинуться в классификации явлений, если бы не обладали общезначимыми интуициями пространства и времени. Но теория Канта выглядит все-таки недостаточной для обоснования той его установки, что представления о пространстве и времени являются необходимыми, совершенно не зависимыми от опыта и в этом смысле внеисторическими и абсолютными. Критика кантовской системы в XIX веке была направлена не столько на разрушение ее архитектоники, сколько на устранение ее абсолютизма. Мы видим это в теории опыта Г. Когена. Признавая систему категорий и общую логику Канта, он настаивает на том, что априорные представления сознания зависят от понятий математического естествознания и по этой причине столь же историчны, как и последние.

Такое истолкование Канта не оставляет места для синтетических суждений априори в их кантовском понимании. Мы можем говорить теперь о пространстве, времени, причинности и т.п. только как о предпосылочных представлениях, необходимых для синтеза опыта, они должны пониматься уже как исторически эволюционирующие и не обладающие статусом абсолютности. Гегель, в противовес Канту, утверждал, что форма мышления зависит от содержания мышления и в конечном итоге определяется им. В этом смысле в человеческом познании нет ничего внеисторического. Но подлинная кантовская система мышления не предполагает какой-либо зависимости формы мышления от содержания мышления. Кантовская идея априорности связана не только с утверждением первичности некоторой системы представления для синтеза опыта, но и с утверждением ее независимости от всего эмпирического и, следовательно, с утверждением ее внеисторичности и абсолютности. Философия XIX века выдвинула на первый план идею историчности, развития, зависимости форм мышления от содержания мышления. Эта идея более убедительна для здравого смысла, чем идея абсолютности и внеисторичности, но она также не является в достаточной мере обоснованной.

2. Спор Л. Кутюра и А. Пуанкаре о природе математической интуиции

В философии XIX столетия стала формироваться и приобретать влияние идея, что все формы мышления производны от содержания мышления и что все они подвержены корректировке. Дж.Ст. Милль, Г. Гельмгольц, Г. Спенсер, Э. Мах и многие другие философы и ученые встали на сторону радикально эмпирического, позитивистского понимания мышления. А. Бергсон говорил, что он готов признать наличие кантовских регулятивов мышления при том условии, что эти регулятивы будут выведены из самого опыта. Та же идея проведена собственно и в эволюционной теории Г. Спенсера. Установка Спенсера состояла в том, что все, что априори для индивида, является апостериорным для рода. Чисто априорное знание исключается из системы рационального знания как некоторого рода метафизический и мистический элемент.

Заслуга Лейбница и Канта состояла в том, что они указали на априорное знание как на фундамент математики. Но они не продвинулись существенно в обосновании природы этого знания: Лейбниц не доказал того положения, что за всякой необходимой истиной (логической, математической или метафизической) стоит система смысловых тождеств, не нуждающихся в обосновании, Кант не привел достаточных доводов для обоснования абсолютности представлений о пространстве и времени, которые могли бы быть положены в основу объяснения синтетических суждений априори. Философия XIX столетия вообще оказалась не в

состоянии сколько-нибудь продвинуться в разрешении этой проблемы. Лишь в начале XX столетия в связи с обсуждением затруднений в основаниях математики вопрос об априорной основе математики снова вышел на первый план. Вопрос об аналитичности – синтетичности математики был поднят французским математиком Луи Кутюра, который в 1904 году, в связи со столетней годовщиной смерти И. Канта, прочитал свой известный доклад «Кантовская философия математики».

Основное положение, которое обосновывает здесь Кутюра, состоит в том, что синтетических априорных истин нет ни в математике, ни в какой другой науке. Все примеры синтетических математических истин, которые приводит Кант в своей «Критике», считает Кутюра, это аналитические истины, доказуемые в рамках строгой аксиоматики. Положение $7 + 5 = 12$, которое Кант выдвигает в качестве убедительного доказательства наличия априорных синтетических истин в арифметике, является в действительности аналитическим суждением, ибо при правильном логическом определении чисел 7, 5 и операции сложения правая часть этого равенства строго следует из левой. Ошибка Канта проистекала из того, что он апеллировал только к закону противоречия, не принимая во внимание никаких других принципов логики. Свойство самоочевидности математических аксиом, которое он использовал в качестве довода за синтетичность математических истин, объясняется, считает Кутюра, совсем не априорным созерцанием пространства и времени, а тем фактом, что эти аксиомы есть просто скрытые определения и, таким образом, очевидны в той же мере, как очевидны всякие простые аналитические истины, базирующиеся на смысловых тождествах.

Ясно, что, отвергая кантовскую философию математики, Кутюра восстанавливает лейбницевское понимание математики как системы аналитически априорных истин. Он убежден, что математическое знание всецело базируется на логике. Логика фундаментальна и первична для математики и, будучи достаточно разработанной и приведенной к виду строгих формальных систем, она достаточна для определения всех исходных понятий математики и для строгого обоснования всех математических аксиом. Утверждение о существовании априорных синтетических истин, базирующихся на чистом априорном созерцании, должно быть исключено из философии математики как совершенно ложное и бесполезное.

Идеи Кутюра были подвергнуты критике в двух статьях А. Пуанкаре. Пуанкаре считает, что математика не может развиваться без внелогической интуиции, которая соответствует кантовскому понятию синтетического априори. Мы, говорит Пуанкаре, не только осуществляем доказательство, опираясь на правила логики, но мы конструируем объект, создавая сложные объекты на базе простых, и здесь мы не можем обойтись без представлений, выходящих за пределы логики. Логика – это только

система правил. Математик не изобретает и не может изобрести своей логики, но он изобретает новые математические объекты, и живая математика, нацеленная на изобретение объектов, связана с интуицией, не имеющей отношения к правилам логики. Придавать правилам логики решающее значение, говорит Пуанкаре, это все равно, что объяснять успехи шахматиста тем, что он хорошо знает правила движения отдельных фигур. Пуанкаре также ставит под сомнение положение Кутюра об автономности логики и о ее первичности как фундамента математики. Здесь он соглашается с Гильбертом в том, что всякая попытка построить строгую логическую систему уже опирается на понятие числа и на понятие множества.

В заключении своей первой статьи Пуанкаре пишет: «Рассел и Гильберт каждый сделали очень большое дело. Они написали по книге, полной оригинальных и глубоких идей. ...Но сказать, что они окончательно порешили тяжбу между Кантом и Лейбницем и уничтожили кантову теорию математики, было бы, очевидно, неверно. Я не знаю, думали ли они, в действительности, что они это сделали, но если они это думали, то они ошиблись»².

Положения, выдвинутые в дискуссии Кутюра и Пуанкаре, были полезными в том отношении, что они позволили более четко выявить суть проблемы. Эта дискуссия приводит к ясному разделению содержания мышления и его нормативного основания. Мы видим, что Пуанкаре связывает синтетические суждения априори не с логикой, а с предметными конструкциями математики. Здесь намечается новое и более продуктивное разделение аналитического и синтетического априорного, а именно их разделение по предмету отражения: мы осознаем, что если аналитическое априорное относится к нормативной основе теории, то синтетическое априори относится к ее предметному содержанию, не зависящему от нормативных требований.

И все-таки надо признать, что это обсуждение также не привнесло полной ясности в проблему разделения синтетического и аналитического априори. Кутюра не привел достаточных аргументов, чтобы убедить математиков в том, что математика не нуждается ни в каком интуитивном основании, кроме логики. Почему логика навязана нам именно в таком виде, а не в другом, в чем ее объективное основание? Само аналитическое априори, его структура и место в познании остаются, таким образом, не вполне проясненными. Интуитивистская позиция Пуанкаре более убедительна, но, защищая внелогическую интуицию в математике, в сущности – систему кантовских синтетически априорных истин, он не ставит вопроса о теоретико-познавательном обосновании этих истин. Каковы истоки априорных представлений, лежащих в основе синтетических истин, и можем ли мы приписывать им внеисторическую и,

² Пуанкаре А., Кутюра Л. Математика и логика. М.: УРСС, 2007. 152 с.

в этом смысле, абсолютную значимость? Аподиктически очевидные, предельно убедительные истины в математике, несомненно, существуют. Но где их истоки и как обосновать, что эта убедительность не сводится к скрытым логическим отношениям?

Общее заключение, которое мы можем вынести из длительного обсуждения проблемы аналитических и синтетических априорных истин, состоит в том, что здесь не хватает некоторой теоретико-познавательной основы, достаточной для прояснения связи между эмпирическим и априорным знанием.

3. Аналитические истины априори с деятельностной точки зрения

Основное положение деятельностной теории познания состоит в том, что содержание человеческого сознания формируется на основе двух источников. Воспринимая окружающий мир в чувствах и отражая это восприятие в понятиях, мы образуем систему эмпирических или отражательных суждений, порожденных в опыте и не имеющих смысла вне этого опыта. Здесь не может идти речи о синтетическом априори, хотя суждения аналитически априорные возможны: их существование проистекает из того простого факта, что эмпирическое знание также выражается в некоторых определениях, которые могут стать основой аналитических суждений. Но кроме отражательного знания, проистекающего из восприятия внешнего мира, в нашем сознании формируются некоторого рода нормы и принципы, проистекающие из цели нашего знания, из явных или неявных телеологических установок, на основе которых строятся наши теории.

Чтобы убедиться в справедливости этого положения, достаточно посмотреть на принципы логики. Закон непротиворечия, конечно, нельзя вывести из обыденного опыта или из какой-либо научной теории: всякое опытное понятие и всякая теория уже предполагают принцип непротиворечивости как нечто данное. Мы, однако, можем понять необходимость этого принципа, если посмотрим на общие цели нашего знания. Всякое наше рассуждение направлено в конечном итоге на описание возможного будущего, а это значит, что оно должно сокращать число теоретически возможных альтернатив, значимых для будущего. Если некто нам скажет, что завтра будет дождь, и завтра не будет дождя, то мы отвергнем это рассуждение как совершенно бессодержательное, ибо оно никак не ограничивает теоретически возможных альтернатив и не доставляет никакой ориентации для опыта. Закон непротиворечия – абсолютная норма мышления, ибо даже частичный отказ от этого требования делает любое рассуждение бессмысленным. Высшая задача рационального мышления, как уже сказано, состоит в ограничении альтернатив, но из противоречия вытекает все что угодно и,

следовательно, принятие всех мыслимых альтернатив. Аналогичным образом может быть доказана абсолютная необходимость и других принципов, определяющих реальную логику мышления.

Законы логики – это аналитические принципы априори, поскольку их содержание сводится только к раскрытию смысла логических констант, таких как «и», «не», «или», «если, ...то», «все», «некоторые». Когда мы пишем, что данность А и В обеспечивает данность А, то это аналитическое суждение, раскрывающее смысл связки «и». Законы логики чисто лингвистические, ибо они не описывают какой-либо реальности, какого-либо аспекта мира. Они описывают основные смыслы языка и выявляют правила, позволяющие трансформировать одни суждения в другие, не искажая их смысла. В системе нашего знания существует бесчисленное количество аналитических суждений, раскрывающих значение тех или иных принятых определений. Но законы логики занимают здесь особое место: они представляют собой систему суждений, раскрывающих смысл языковых констант, определяющих смысловую структуру языка.

Нам важно понять, что законы логики не выводятся из опыта и не устанавливаются в научных теориях. Принципы логики – телеологические суждения, проистекающие из общих целей знания. Принципы логики абсолютны, ибо они не зависят от содержания знания. Они только нормы мышления, регулирующие наше мышление на уровне связи значений. Законы логики универсальны и абсолютны в границах устойчивости логических констант, определяющих связь понятий и суждений на уровне значений.

Анализ человеческой практики позволяет, таким образом, понять логику как априорную, нормативную структуру, основанную лишь на смысловых константах, определяющих структуру любого осмысленного языка. Логика беспредметна, ибо она в своих принципах раскрывает только смыслы логических связей, она относится ко всем понятиям с точки зрения их формы, и ни к одной системе понятий не имеет отношения с точки зрения ее содержания.

4. Синтетические принципы априори с деятельностной точки зрения

В отличие от норм логики утверждения арифметики и геометрии не могут быть истолкованы в качестве норм мышления, имеющих универсальное значение. Мы видим, что они имеют некоторый предметный характер и не могут быть выведены из универсальной задачи мышления. И тем не менее анализ деятельности и деятельностной ориентации знания позволяет нам утверждать априорный и безусловный характер этих принципов. Мы наметим здесь краткую схему такого обоснования этого положения для исходных арифметических положений.

Аристотель указывает на то обстоятельство, что математик из человека делает единицу, он отвлекается от всех качеств человека и превращает его в такую же единицу, какой является камень. В чем состоят мотивы столь радикальной абстракции? Нетрудно понять, что корни ее лежат в деятельностной ориентации субъекта. Чтобы действовать, субъект должен выделить нечто из остальной реальности и соотнести его с другим нечто, и соотнести не в смысле его чувственных качеств, но в смысле его самостоятельного существования, отделенности его от других нечто и возможности быть объектом действия. На уровне первичной деятельностной ориентации сознания мы вырабатываем представление о единичности, отделенной от многого, и о связях этих единичностей в рамках многого. Мы будем говорить в этом плане об *онтологической единичности* и об онтологическом разделении единого и многого как о необходимых элементах деятельностной онтологии.

Онтологическое представление единичности отличается от эмпирического. Аристотель говорит в «Физике», что существуют два рода чисел – числа, которые мы считаем, и числа, которыми мы считаем. Он имеет в виду то обстоятельство, что дискретности, данные в опыте, не тождественны идеальным дискретностям, которые мы связываем с числами как арифметическими понятиями. Реальные единичности, данные в опыте, могут разрушаться, исчезать, сливаться друг с другом, становиться мало различимыми и т.п., идеальные же единичности, о которых идет речь в арифметике, не разрушаются, не сливаются, безусловно различимы и т.д. Иногда в виде шутки говорят, что арифметику можно легко опровергнуть на фактах: если в клетку к тигру посадить зайца, то мы увидим, что $1 + 1 = 1$. Аристотелевское различение двух видов чисел позволяет нам понять несостоятельность подобного опровержения. Ясно, что это опровержение основано на подмене онтологических единиц единицами эмпирическими. Для понимания сути арифметики мы должны хорошо осознать то обстоятельство, что она описывает не эмпирические, а идеальные или онтологические единичности, которые не могут исчезать и сливаться друг с другом. Важно также понять, что эти идеальные единичности не абстракция опыта, а онтологическая конструкция, порождаемая непосредственно актами деятельности.

Мы можем утверждать, что арифметика онтологически реальна, ибо в ее основе лежит система онтологических идеализаций, являющихся частью категориальной картины мира. Арифметика не имеет прямого отношения к окружающей нас эмпирической дискретности, но она реальна в том смысле, что она является описанием универсального онтологического представления о связи единого и многого. Арифметика не что иное, как концептуализация аспекта априорной предметной онтологии, и сама она вследствие этого априорна и безусловно реальна. Ошибка

философов-эмпириков состоит в том, что они хотели бы вывести арифметику из чувственного опыта, из эмпирической дискретности, из операций с камешками и пряниками. В действительности, в основе определения числа и арифметики в целом лежит онтологическое представление о связи единичности и множественности, выработанное деятельностью и имеющее для сознания статус безусловной нормы. Наш общий вывод должен состоять в том, что арифметика в своих исходных определениях фиксирует представления предметной онтологии и в этом смысле является онтологически истинной. Отсюда проистекает и абсолютность арифметических истин. Деятельностная онтология накладывается на наше сознание как абсолютная структура мышления, не корректируемая ни опытом, ни научными теориями.

Арифметический фикционализм базируется на игнорировании онтологического основания арифметики. Он отказывается выводить арифметику из опыта, но он не видит также и ее онтологической основы. За арифметическими операциями он усматривает только некоторые полезные соглашения, которые лежат в основе понятия числа и в основе представления о натуральном ряде. В действительности, понятие числа дано человеческому сознанию однозначно, с абсолютной необходимостью, и эта необходимость продиктована тем, что в основе этого понятия лежит вполне определенный аспект онтологического видения мира, выраженный в понятиях единого и многого. Арифметика реальна, ибо она отражает аспект реальности, выраженный в универсальной онтологии. К арифметике, безусловно, относится то, что было высказано выше по отношению к категориальным отношениям: арифметика априорна и реальна, ибо она в своих понятиях отражает аспекты реальности, без которых человеческая деятельность была бы невозможной.

Кант пытался вывести понятие числа из понятия времени. Этот замысел можно принять лишь в том отношении, что здесь намечена попытка выявить онтологическое основание арифметики. С деятельностной точки зрения, однако, ясно, что арифметика не имеет никакого отношения к представлению о времени. Она основана исключительно на онтологическом представлении о единичности, отражая в себе правила действия с числами как с множествами, составленными из онтологических единиц.

Наш общий вывод можно свести к следующим положениям.

1. Аналитические априорные суждения, несомненно, существуют. Они не что иное, как непосредственные выводы из определений, и вследствие этого все науки, поскольку они основаны на определениях, содержат в себе систему аналитических суждений, раскрывающих содержание этих определений.
2. Принципы реальной логики являются суждениями аналитическими априори, поскольку они являются раскрытием смысла логических

констант. В отличие от аналитических суждений, содержащихся в частных науках, логические принципы универсальны как абсолютные нормы всякого понятийного мышления.

3. Исходные самоочевидные положения арифметики и геометрии являются синтетическими априори, ибо они продиктованы субъектно-объектным отношением, а именно универсальными требованиями к объекту действия. Арифметика и геометрия онтологические дисциплины в том смысле, что исходные интуиции, на которых они базируются, отражают структуру мира, необходимую для акта действия и обуславливающую саму возможность действия. Глубинная база арифметики и геометрии не эмпирическая, а онтологическая.

4. Мы можем дать содержательное разделение между аналитическими и синтетическими суждениями априори: синтетическое априори отличается от аналитического априори тем, что оно относится не к сфере значений языка, но к миру объектов, к онтологической картине мира, порождаемой деятельностью. Если аналитические суждения нормативны и формальны, то синтетические суждения предметны: они имеют свое основание в универсальной онтологии мышления.

5. Синтетическое априори не может быть изъято из научных представлений, и оно, в действительности, является наиболее глубоким фундаментом математического мышления. Попытка устранить синтетическое априори из математики и обосновать математику как систему аналитических истин не может быть успешной. Лейбницевская дилемма, таким образом, разрешается в пользу Канта. Но само кантовское учение о синтетически априорных суждениях должно быть обосновано на основе понятия деятельности.

А.А. Побережный
(Курск)

ИДЕИ ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКОГО КОНСТРУКТИВИЗМА В ФИЛОСОФИИ НАУКИ С.Н. БУЛГАКОВА

В статье рассмотрены некоторые идеи русского мыслителя С.Н. Булгакова, касающиеся проблем обоснования математики, естественных и социальных наук, проблем философии науки в целом. Особое место в создании научного знания философ отводит творческой активности человека в его жизненной целостности, что позволяет преодолеть наивный реализм методологии и идеалов классической науки, принципиально элиминирующей человека из методов и результатов познания. Философ намного опередил свое время, предвосхитив идеи конструктивизма, получившие широкое распространение в современной философии.

* * *

Интенсивные процессы интеграции в современном научном знании привлекают внимание ученых различных областей к философии науки, к философскому осмыслению происходящего. Формирование и корректировка естественнонаучной картины мира поднимают методологические проблемы, решение которых также требует привлечения философии науки.

Конструктивистский подход в философии науки получил широкое распространение во второй половине XX столетия и продолжает занимать устойчивые позиции. По мнению Е.Н. Князевой, «...конструктивизм становится одним из довольно влиятельных течений в современной неклассической эпистемологии. Иначе говоря, неклассическая эпистемология обретает конструктивистское лицо»¹. Рассмотрим идеи эпистемологического и социального конструктивизма, имевшие место в русской религиозной философии начала прошлого века.

В начале XX столетия ведущую роль в европейской философии науки играли идеи позитивизма и социального детерминизма. Философия соответствовала духу времени, особенностью которого была вера в науку, когда научное мировоззрение противопоставлялось философскому и религиозному как истина – заблуждению. В русской религиозной философии имел место несколько иной подход к проблемам науки, обусловленный присущими ей антропоцентризмом и социальной ориентированностью. Наиболее ярко этот подход проявляется в работах С.Н. Булгакова, разработавшего оригинальную концепцию философии науки, которая имеет конкретные социокультурные предпосылки, философские и естественнонаучные основания.

¹ Князева Е.Н. Эпистемологический конструктивизм // Философия науки. Вып. 12: Феномен сознания. М.: ИФ РАН, 2006. С. 136.

С.Н. Булгаков как философ хорошо известен только в русскоязычной литературе. В западноевропейской же литературе основной упор приходится на характеристику его как религиозного мыслителя либо его имя упоминается в связи с проблемой судеб русской интеллигенции.

На протяжении творческого пути С.Н. Булгакова понимание сущности науки, проблем философии науки частично видоизменяется. Эти изменения отражают научно-философский поиск мыслителя. Частое возвращение к проблематике философии науки свидетельствует о значимости этого раздела философии и заинтересованности философа в данном вопросе.

Проблемы познания, научной истины, природы научного знания заинтересовали С.Н. Булгакова после его идейного «перехода» от марксизма к идеализму. Позже философ писал, что он на себе ощутил дух того времени, когда на истинность могло претендовать только то, что связано с позитивной наукой. Обращение С.Н. Булгакова к философии ставило перед собой цель обозначить границы науки. Перед этим мыслитель был глубоко разочарован в научном мировоззрении и в его установке на устройство философии по образцу естественных наук.

С одной стороны, изменение идейных взглядов С.Н. Булгакова было связано с религиозной стороной обращения марксиста в православие, что предопределило необходимость постановки вопроса о возможности философствования на этой самобытной религиозной почве; с другой стороны – с переходом к пониманию философии как особого типа познания, отличного от позитивизма, который в то время занимал ведущее место в западноевропейской философской традиции.

Философскими основаниями концепции С.Н. Булгакова являются принципы диалектики; философские принципы, лежащие в основе неклассического естествознания; а также сложная эклектическая совокупность философских идей и принципов марксизма, идеализма и религиозной философии.

В работе «Философия хозяйства» представлен обширный анализ проблем философии науки. В этой работе исследуется система идей и понятий, активно работающая и в наше время, а поставленные философом более века назад проблемы социальной эпистемологии и философии науки актуальны в современном контексте. Булгаков широко использует термин «философия науки» и применяет другие распространенные сегодня понятия и термины, при этом он исследует стоящие за ними проблемы. Среди этих проблем соотношение наук о природе и обществе, сущность и природа таких реальностей, как жизнь и наука, научная картина мира, научное мировоззрение и другие.

Важной особенностью философии науки С.Н. Булгакова является широкая связь с идеями и работами западноевропейских исследователей, особенно немецких. Он владел теми же предпосылками возникновения

современной ему философии науки, на которые опирались и другие европейские мыслители. «Вместе с тем Булгаков рассматривает проблемы познания и науки как истинный последователь В.С. Соловьева, опираясь на идею софийности – важнейшего основания и предпосылки его особого видения философии науки»².

Анализ проблем философии науки у С.Н. Булгакова начинается с выявления природы истины как важнейшей категории теории познания в целом и «непосредственного предмета теоретического знания». Он сразу поясняет, что Истина с большой буквы «чужда дискурсивному знанию, она для него трансцендентна», это только «идеал» знания. Она «запредельна истории», которая «вытягивается в бесконечный ряд дискурсии в области знания и действия», «практически единой истины нет», реально существуют истины реальных наук и частные исторические цели³.

С.Н. Булгаков убежден, что наука в принципе не может существовать без Истины, пользуясь одними только прагматическими критериями, так как это уводит ее в релятивизм, что имело место в современном ему прагматизме. Но мыслитель был вынужден признать, что прагматизм – этот важный симптом научного самосознания современной ему эпохи – осознанная относительность научного знания, когда «одновременно с усовершенствованием научных методов, с углублением в логику науки» раскрывается и «инструментальный характер научных истин». С.Н. Булгаков признает, что «...наука действительно не имеет дела прямо с Истиной... Научное знание и не суммируется, и не может быть суммировано ни в какой синтез, растущая специализация есть закон развития науки»⁴.

Булгаков рассматривает взаимное соотношение разных наук, используя метафору «сети». Частные науки хотя и считаются частями единой науки, однако ведут вполне самостоятельное и обособленное существование. Философ называл это явление «множественностью научного знания» и был озабочен стремительно идущей специализацией знания, которая порождает условность и относительность установок науки, усматривая в этом проблему, которая требует философских разъяснений. Он отмечал наивность веры в «единое научное мировоззрение», так как в науке нет естественной иерархичности, которая давала бы возможность подвести всю науку под единую схему. Также С.Н. Булгаков использует понятие научной картины мира. По мнению философа, «...научная картина мира, мир как объект и, следовательно, как механизм есть только моментальная фотография. Научная картина мира как чистого механизма выражает момент созерцания перед действием, наибольшую полярность

² Микешина Л.А. Современные темы в философии науки С.Н. Булгакова // Эпистемология и философия науки, 2010. Т. XXIV, № 2. С.179.

³ Булгаков С.Н. Философия хозяйства. М., 1990. С. 128–129.

⁴ Там же. С.131.

субъекта и объекта, их противопоставление, за которым последует слияние, отождествление»⁵. В связи с этим представляет интерес следующая мысль философа: «Науки сами создают для себя объекты, устанавливают свои проблемы, определяют методы. Единой научной картины мира, или синтетического научного мировоззрения, поэтому быть не может. Каждая наука дает свою картину мира, устанавливает свою действительность, свой собственный космос, стремясь выработать законченную систему научных понятий»⁶. Булгаков видит несколько иные основания и смыслы единства различных наук. По его мнению, они прежде всего методологические, то есть науки объединяются «формальной своей стороной, своим методизмом, формально-логическими приемами образования понятий». Таким образом, философия науки в своем становлении идет по пути методического единства наук, а не всеобщего синтеза научного знания.

Понятие научной картины мира в отечественной философии и методологии науки детально разрабатывается начиная с 70-х годов XX столетия, но при этом никто не учитывал и не вспоминал идеи Булгакова, относясь к нему только как к представителю религиозной философии, идеализма, носителю чуждого мировоззрения.

Булгаков критически рассматривает позитивизм О. Конта, считая его веру в науку догматической, однако при этом положительно оценивает И. Канта и неокантианцев, для которых наука – главная реальность. «Но, отступив в этом вопросе от рационализма, Кант не мог примкнуть и к лагерю философов чувства и веры. Для него всегда оставалось непреложным высокое значение науки и научных способов обоснования истины. Ограничив достоверное знание областью одних явлений, Кант внутри этой области оставил неприкосновенными требования строгой доказательности и рациональной формы знания»⁷. По мнению Булгакова, признание антропоморфности науки – это важнейший факт, который был открыт философией науки и к которому философ относится с безусловным признанием. Но каковы способы и каковы формы присутствия субъекта в научном знании? Булгаков усматривает описание этого присутствия в концепциях прагматизма. Он видит прагматизм при этом и в построениях концепции трансцендентального идеализма. Булгаков считает, что «отцом научного прагматизма... является не кто иной, как Кант», а приверженцами также называет представителей обеих школ неокантианства, Бергсона и, наконец, отмечает американский прагматизм Д. Дьюи и Ч. Пирса. При всем своем философском абсолютизме идеализм сближается с прагматизмом потому, что выяснение соотношения теоретического и

⁵ Там же. С.160.

⁶ Там же. С.132.

⁷ Асмус В.Ф. Проблема интуиции в философии и математике. Очерк истории: XVII начало XX в. Изд. 2-е. М.: Мысль, 1965. С. 61.

практического разума, анализ познания и отдельных наук в целом, независимо от общих положений идеализма, способствовали сокрушению научного догматизма, что имеет и практическое значение. Кроме того, «теория образования естественно-научных и исторических понятий имеет совершенно прагматический характер и лишь внешне связана с его гносеологическим телеологизмом»⁸.

Далее С.Н. Булгаков утверждает, что «весь трансцендентальный идеализм, начиная с Канта и кончая Риккертом и Когеном, вскрывает ту истину, что наука строится человеком и что формальное идеалистическое априори проникает в ее глубину, пронизывает всю ее толщу»⁹. При этом позитивизм устанавливает полную пассивность познающего субъекта, он лишь «зеркало для отражения законов природы», тогда как идеалистическое представление, особенно четко выраженное Кантом, провозглашает: «Рассудок не почерпает свои законы (a priori) из природы, а предписывает их ей». Отсюда возникает и прагматическая интерпретация этой мысли Канта, которая выражает его конструктивистский подход к пониманию познания. Булгаков считает, что «идеализм, если отвлечься от его гносеологического абсолютизма или трансцендентализма, насколько он поворачивается к действительной науке, делает одно дело с прагматизмом, именно он очеловечивает знание... Антропологизм в науке – вот общий итог гносеологического идеализма и позитивистического прагматизма. Проблема науки приводится к загадке о человеке, наукословие становится отделом философской антропологии. Человек есть наукотворец ... способное к науке существо»¹⁰.

По мнению Л.А. Микешиной, «...перед нами глубокие идеи, высказанные мыслителем в начале XX в., но не усвоенные в полной мере и сегодня. Уже тогда он понимал, что познавательная практика не исчерпывается материальной эмпирической деятельностью субъекта, она включает предельно значимый для науки другой ее вид – когнитивную практику в разнообразных логических, методологических, критико-аналитических, абстрактных конструктивных построениях, осуществляемых человеком и тем самым всегда присутствующих в любом, включая научное, знании, выражающем его антропологический аспект»¹¹.

Особое место в философии науки Булгакова занимает отношение субъекта и объекта в научном познании, онтологические и гносеологические проблемы, возникающие при этом. Философ критикует механистическое мировоззрение и соответствующую ему теорию отражения. Булгаков объясняет познавательный процесс с позиций идеи

⁸ Булгаков С.Н. Указ. соч. С.134.

⁹ Там же. С.135.

¹⁰ Булгаков С.Н. Указ. соч. С. 136–137.

¹¹ Микешина Л.А. Указ. соч. С.184.

«корни науки – в Софии, в идеальном тождестве и самосознании мира, в идеальном его организме»¹². Критически рассматривая классическую науку, он ставит вопрос о соотношении «науки и жизни», понимая под этим «непрерывный хозяйственный процесс», который нуждается в «теоретической ориентировке», то есть науке. Прагматизм науки для него тесно связан с положением субъекта по отношению к объекту, субъект «завоевывает» объект, «внедряется» в него, при этом «все внимание переносится на объект, субъект как будто совершенно исчезает, прячется, остается только изучаемый объект. Это и есть чистая научность, научное отношение к миру»¹³. Для Булгакова в науке субъект всегда активно входит в объект, поскольку вся наука возникает в трудовом процессе» и в этом смысле как элемент «хозяйственного отношения к миру» вся имеет социальную природу.

В контексте проблемы хозяйства Булгаков рассматривает соотношение таких философских категорий, как свобода и причинность, свобода и необходимость, и с этих позиций им трактуется детерминизм. Философ использует термин «социологический детерминизм», суть которого он видит в том, что «человеческая жизнь представляется механизмом причин и следствий, а история рассматривается как область исключительного господства неизменных законов. Социология приравнивается, таким образом, к несовершенной или незавершенной астрономии или, шире, вообще математическому естествознанию»¹⁴.

Булгаков высказывает важную мысль об онтологии социального объекта: «...социальное тело не поддается восприятию органов наших непосредственных чувств и прячется от них как будто в четвертое измерение, но оно может быть нащупано и там научным инструментом, и неосязаемость этого социального тела сама по себе отнюдь не есть аргумент против его существования»¹⁵. Соответственно меняется и субъект, индивид становится единицей статистической совокупности, в которой полностью утрачиваются все личностные характеристики.

Он считает, что как образ действий социальных наук метод абстракции – это сознательное упрощение, стилизация социальной действительности. Кроме того, если социальные науки многообразны, как и наука вообще, то множественны и формулируемые ими закономерности. Каждая из них выражает лишь отдельную сторону социальной жизни и не может исчерпать целое социальной действительности. Но отсюда, по Булгакову, неправомерны, например, и притязания «научного социализма» научно предопределять социальную жизнь и даже вообще человеческую историю. Это может иметь место только в том случае, если мы встаем на

¹² Булгаков С. Н. Указ. соч. С.164.

¹³ Там же. С.153.

¹⁴ Там же. С. 191.

¹⁵ Булгаков С.Н. Указ. соч. С. 198.

позицию «социальной физики», отождествляем социальные и естественные науки и пользуемся методом последних. Однако «закономерности социальной науки не «открываются» ею в природе или в социальной действительности, но они методологически привносятся сюда социологическим разумом, они суть основоположения социологического познания. А ригоризм набрасывает на социальную жизнь сеть механизма, неизменности и единообразия. Но нельзя же самую сеть принимать за улов, она в действительности есть только орудие, метод, а не итог или результат. Поэтому социальный детерминизм не есть вывод социальной науки, но ее методическая предпосылка, обуславливающая самое ее существование»¹⁶.

В целом следует отметить, что С.Н. Булгаков существенно продвинул развитие эпистемологии и методологии социальных наук, философии науки в целом. Это проявилось в понимании природы науки, ее онтологии, методологии. Особое место в создании научного знания отведено творческой активности человека в его жизненной целостности, что позволяет преодолеть наивный реализм методологии и идеалов классической науки, принципиально элиминирующей человека из методов и результатов познания. Философ намного опередил свое время, осуществив философско-методологическую критику господствующих в XX веке идей позитивизма, марксизма и социального детерминизма, предвосхитив идеи социального и эпистемологического конструктивизма, получившие широкое распространение в современной западной и отечественной философии.

¹⁶ Там же. С. 203.

И.С. Чекман
(Киев),
Я.С. Яскевич
(Минск)

НАНОНАУКА И НАНОТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОРЫ НАУЧНОЙ РЕВОЛЮЦИИ: СОЦИОКУЛЬТУРНОЕ И БИМЕДИЦИНСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ

*Ваша идея, конечно, безумна.
 Весь вопрос в том, достаточно ли она
 безумна, чтобы оказаться верной.*
 Н. Бор

В статье рассматриваются основные вехи революционных открытий и достижений нанонауки и нанотехнологий с использованием материала наномедицины, что открывает беспрецедентные возможности изменения природы человека, его здоровья и будущего существования. Нанонаука и нанотехнологии, зародившиеся на перекрестке междисциплинарного взаимодействия различных наук, рассматриваются как открытые, сложно развивающиеся синергетические наносистемы. Обосновывается тезис о необходимости нравственно-гуманитарной экспертизы и оценки потенциальных рисков от использования нанотехнологий.

* * *

Научная революция знаменует собой новый этап в развитии науки, радикальное изменение процесса и содержания самой системы научного познания, переход к новым теоретико-методологическим основаниям, к новым фундаментальным понятиям и методам, к новой научной картине мира. Такая фундаментальная и глобальная революция происходит на современном этапе в представлениях о человеке в силу *активного использования био-, nano-, информационных и иных технологий*. В современных исследованиях человека при всех взаимопереплетениях социальных, биомедицинских и философско-методологических детерминант ведущую роль начинают играть био- и нанотехнологии, биологические и генетические подходы, в результате чего происходят радикальные модификации его телесного и психического существования. Мощно заявивший о себе технологический подход при этом проявляется не только в плане возможной реализации генетического проекта, конструирования человека посредством вмешательства на молекулярно-генетическом уровне, но и в актуализации социального проекта, благодаря психологическому воздействию, эффективным технологиям индоктринации, формированию стереотипов восприятия и социального поведения (Б.Г. Юдин). Заданные природой условия и границы человеческой жизни, укоренение в реальной медицинской практике

реанимации и поддержки человеческой жизни, искусственной беременности, трансплантации органов и тканей человека, медикализация образа современной жизни высвечивает перед медиками, пациентами, их родственниками ранее не существующие проблемы, касающиеся как подлинного блага больного, так и вопросов справедливого, должного отношения к другому.

Биотехнологическая революция, происходящая в современных биомедицинских науках, их достижения и строящиеся прогнозы, как отмечает Ф. Фукуяма, означают не просто нарушение или ускорение размеренного хода событий, а приводят к тому, что будущее человечества вовсе не является предопределенным, оно оказывается открытым, в решающей мере зависящим от наших нынешних решений и действий. В результате революционных открытий и достижений в нанонауке, молекулярной биологии, когнитивных науках о нейронных структурах мозга, популяционной генетике, генетике поведения, эволюционной биологии и нейрофармакологии открываются беспрецедентные возможности изменения природы человека.

Биомедицинские исследования актуализируют проблему природы человека в контексте высоких нано- и биотехнологий, создают предпосылки открытости, инновационной модальности человеческого существования, непредсказуемости онтологической модели личности человека, придают гуманистический ракурс моделям проектирования альтернативного будущего человека и человечества, «этике предвидения», ибо речь идет о нравственном исчислении нового горизонта будущего человеческого рода. Не нарушая целостности тела при систематической замене некоторых частей – модулей, тело освобождается от предопределенности, идентичность может меняться в зависимости от контекста и ситуации, благодаря возможностям современной медицины, то есть происходит реальная трансформация биологических оснований человека, «метафизики тела». Неизменность человеческой природы уступает место принципу выхода из естественности, когда можно продлить жизнь, изменить пол, родить ребенка при отсутствии природных предпосылок и т.п. Все это приводит к необходимости переосмысления основных постулатов биологической, а вслед за этим и общенаучной картин мира.

Специфической особенностью развития науки конца XX века является то, что рост научного знания как бы стирает жесткие границы между отдельными науками. В ситуации, когда происходит «размывание» границ между конкретными науками, осуществляется и своеобразное «размывание» *границ специальных научных картин мира*. Научная картина мира начинает выступать как многослойное образование. С одной стороны, общенаучная картина мира предстает как некая целостность, в которой обязательно должны быть специальные научные картины мира.

Но с другой стороны, само существование специальных картин мира в качестве особых форм систематизации знания и их функционирование оказываются возможными только при условии универсального целого – общенаучной картины мира, поскольку любая специальная научная картина мира в самой себе содержит элементы общенаучной картины мира, и иначе она уже не может существовать¹.

Постнеклассический этап развития науки в исследовании человека отличается не просто интеграцией научных подходов, а требует методологически акцентированных трансдисциплинарных связей. *Трансдисциплинарность* как фундаментально-интегративный и системно-комплексный принцип, несомненно, сохраняет необходимость использования дисциплинарного знания (биологического, медицинского, генетики и т.д.). Вместе с тем данный принцип расширяет рамки дисциплинарной науки, ориентирует исследователя на выход в пограничную с жизненным миром сферу, повседневную практику при изучении экзистенциальных проблем человеческого бытия в контексте высоких биотехнологий, актуализации биомедицинских экспериментов, генетических исследований, трансплантации, эвтаназии, необходимости морально-этического и правового регулирования биобезопасности человека, а также регулирования этических проблем по применению новых нано- и генно-инженерных технологий. Наряду с междисциплинарными стратегиями одно из центральных мест в постнеклассической науке в целом, в биомедицинских и генетических исследованиях в частности занимает *синергетическая методология*, определяя практику моделирования саморазвивающихся систем. В контексте современного антропологического поворота и изучения человекомерных систем синергетика сегодня формирует синергетическую методологию как особый метауровень культуры, *методологию междисциплинарной коммуникации и моделирования реальности*².

Нанонаука и нанотехнологии, зародившись на перекрестке взаимодействия различных наук – физики, химии, биологии, электроники, материаловедения, медицины, с одной стороны, и наноэтики, нацеленной на гуманистическую экспертизу использования нанотехнологий, – с другой, выступают как сложно развивающиеся синергетические *наносистемы*. Нанонаука и нанотехнологии направлены на решение разнообразных проблем в промышленной, военной, медицинской и других сферах, определяющих футурологические проекты развития современного человечества, возвещая собой не только радикальное изменение наших представлений о мире, открытие находящихся между квантовой механикой

¹ Степин В.С. *Философия и методология науки*. М.: Академический проект; Альма-Матер, 2015. 716 с.

² Чекман И., Яскевич Я. *Нанотехнологии и наноэтика: инновационные приоритеты*. Наука и инновации. 2012. 12(118). С 60–65; Berger M. *Nano-society. Pushing the boundaries of technology*. Cambridge: RSC Nanoscience & Nanotechnology, 2009.

и макромиром новых явлений, но и требуя социально-гуманитарной и этической оценки последствий и рисков от внедрения и использования нанотехнологий, вмешательства в тончайшие природные наноструктуры, подобные нейронным процессам головного мозга, от проникновения наночастиц в клеточные мембраны, легкие, бронхи, от попадания их в организм людей, работающих на специальных производствах, или же через продукты питания, осадки, воздух.

Разработка технологий получения и изучения свойств природных и синтетических материалов наноразмера (0,1–100 нм) является революционным открытием конца XX века, имеющим открытые по своей сути медико-социальные последствия применения в производстве и обществе. Заметим, что в электронной базе данных PubMed по состоянию на 01.07.2016 г. поиск по ключевому слову «nanoscience» выдает 9525 публикаций, «nanomedicine» – 13597, «nanoscience» и «biology» – 835, «nanoscience», «medical» и «social» – 4.

Слова с приставкой «нано» – нанонаука, нанотехнологии, наноэлектроника, нанофизика, нанохимия, наноинженерия, нанобиология, нанобиотехнологии, наномедицина, нанофармакология, нанотоксикология, нанофармация, нановетеринария, нанофотоника, наноэтика – наполняются содержательными характеристика со стороны специалистов различных направлений научной деятельности. Настоящий революционный бум в области нанонауки, начавшийся около 30 лет назад, обусловил необходимость исследования нанообъектов, имеющих уникальные, часто неожиданные физико-химические, биологические, физиологические, фармакологические, токсикологические свойства, отличающиеся от частиц макро- и микро размеров.

Исследование физико-химических, фармакологических, токсикологических, биохимических, биофизических механизмов взаимодействия наночастиц с биологическими объектами (клетками макро- и микроорганизмов) не только помогает выяснить их положительное или отрицательное влияние на физиологические и биохимические процессы в организме и окружающую среду, но и способствует поиску среди них эффективных и безопасных протекторов функциональной активности клеток и органов, широкому применению наноматериалов в технике, сельском хозяйстве, медицине как высокоэффективных препаратов, а также носителей для целевой доставки лекарственных средств и физиологически активных веществ к очагу патологического процесса. Благодаря этим исследованиям некоторые наноматериалы уже применяют в практической деятельности человека. Например, сверхтвердые сплавы металлов – в технике, липосомы фуллерены и дендримеры – в медицине для диагностики заболеваний и целевой доставки лекарственных средств.

Учитывая размеры нанообъектов, следует акцентировать внимание на том, что многие из них могут находиться в живых клетках, то есть выполнять роль «природных наноструктур» и «наносистем». Поэтому научные поиски с позиций существования природных нанотехнологий в функционировании организма важны для понимания жизнедеятельности живых структур и разработки новых подходов к регулированию патологических процессов с целью улучшения качества жизни³.

На сегодняшний день известны такие наноматериалы и наночастицы, как фуллерены, липосомы, дендримеры, наносферы, наностержни, нанопленки, нанотрубки, нанокомпозиты, нанокристаллы, нанопорошки, нанороботы, нанокапсулы, нанобиосенсоры, наноустройства, нанобиоматериалы, наноструктурированные жидкости (коллоиды, мицеллы, гели, полимеры) и другие. Естественно, возникает вопрос: почему эволюция привела к возникновению таких необычных свойств в наноразмерных материалах? Учеными установлены некоторые физические, химические, физико-химические, биологические свойства наноматериалов⁴. Наноматериалы занимают промежуточное положение между отдельными атомами (молекулами) и макроструктурами и имеют уникальные физические, химические, физико-химические, биологические, фармакологические свойства благодаря малому размеру, химическому составу, структуре, большой площади поверхности и форме.

Установлено, что природные и синтетические наноструктуры проявляют более выраженную активность по сравнению с такими же материалами обычных размеров. Но сегодня не представляется возможным экспериментально точно доказать, почему наноразмерные материалы достаточно часто обладают необычными свойствами. Естественно возникает вопрос: чем обусловлены эти свойства, какие физические, химические, физико-химические или биологические факторы влияют на их возникновение? Например, возьмем кубик железа размером 1 см³. Разрежем его на восемь равных частей. Получаем 8 кубов с длиной ребра 0,5 см. Опять разрезаем этот куб и так продолжаем делить до микроскопических размеров. Физические и физико-химические свойства железа не изменяются. Это характерно и для других металлов: серебра, меди, золота, свинца, а также органических веществ. Как только достигаем наноразмерного масштаба, появляются *новые свойства*. В частности, железо размером 20–30 нанометров проявляет более выраженную противоанемическую активность по сравнению с препаратами железа, применяемыми в медицинской практике, и, кроме этого, значительно

³ Chekman I. S. Structure and function of biological membranes: the impact of nanoparticles / I. S. Chekman, P. V. Simonov // Int. J. Phys. Pathophys. 2012. Vol. 3, № 2. P. 187–208.

⁴ Boisseau P., Houdy P., Lahmani M. Nanoscience. Nanobiotechnology and nanobiology. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. 1200 p.; Деффейс К., Деффейс С. Удивительные наноструктуры (под редакцией Л.Н. Патрикеева). М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 206 с.

менее токсично⁵. Ученых мира волнует вопрос, будут ли наноматериалы, применяемые в хозяйственной деятельности или в диагностике, профилактике и лечении различных заболеваний, оказывать токсическое действие. Поэтому *проблема безопасности наноматериалов является важным аспектом углубленного изучения данной общемировой проблемы.*

Исследователи многих стран начинают внедрять разработки в сфере нанотехнологий в различные отрасли хозяйства, в том числе медицину, с целью синтеза новых лекарственных средств и применения их для рациональной фармакотерапии различных заболеваний. В частности, в таких областях медицины, как онкология, генетика, радиология, кардиология, неврология, офтальмология, ортопедия и травматология, дерматология и токсикология происходит разработка методов создания новых медикаментов, вакцин на основе нанотехнологий.

Одним из направлений практической реализации нанонауки и нанотехнологий является применение солнечной энергии для нужд человека – использование наноструктур для поглощения солнечного света. Применяемые в данных целях наноматериалы имеют некоторые преимущества по сравнению с полупроводниками, в частности небольшой вес, невысокую цену, меньшее влияние на окружающую среду и другие. Но до практической реализации этих проектов необходимо решить множество технологических вопросов, ответы на которые может подсказать живая природа. Ведется изучение люминесцентных бактерий и светлячков, продуцентами света у которых являются наноразмерные молекулярные структуры. Достижением последних лет стало применение оптоволокна в различных областях деятельности человека. С помощью волоконной оптики возможно передавать сигналы значительной плотности, десятки тысяч потоков данных и разговоров одновременно. Нанотехнологии позволяют создавать более эффективные оптоволоконные наноматериалы, информация в которых преобразовывается из оптических сигналов в электрические. Перспективным направлением развития нанотехнологий является создание оптических устройств, обеспечивающих передачу, усиление и модуляцию оптических сигналов – оптических компьютеров, хранящих информацию на оптических кристаллах. Подобные приборы будут работать с использованием света, а не электронов. Препятствием является невозможность построения небольших, наноскопических оптических устройств, работающих исключительно на световых сигналах.

Наночастицы начинают применять в научных разработках в области биохимии, молекулярной биологии, протеомики, генетики, в частности для создания биомаркеров. Магнитные наночастицы с нанесенными антителами и фрагментами ДНК, РНК способны усиливать сигнал от

⁵ Чекман І.С., Дорошенко А.М. Клініко-фармакологічні властивості наночастинок заліза // Укр. мед. часопис. 2010. 3(77). С. 44–50.

многочисленных малых биомолекул. Это позволяет диагностировать болезнь на ранних стадиях и добиваться более эффективного лечения различных заболеваний. Наночастицы могут образовывать комплексы с продуктами обмена веществ, лекарственными средствами, улучшая растворимость последних, стабилизируя их, в результате чего медикаменты лучше усваиваются клетками организма.

Физиологически активные вещества, мембраны клеток, стенки капилляров, ионные каналы имеют наноразмеры. Ученых мира также интересует вопрос: существуют ли наномеханизмы в физиологических, биохимических, иммунологических, генетических процессах в организме? Изучение уникальных характеристик наночастиц позволит разработать новые технологии для применения в технике, биологии, медицине, физиологии, фармакологии, нутрициологии, сельском хозяйстве и в других отраслях деятельности человека.

Аминокислоты – это жизненно важные соединения, в той или иной степени входящие в состав всех живых организмов, обеспечивающие нормальное течение физиологических процессов и иммунную защиту от чужеродных тел. Аминокислоты в комплексах с наночастицами снижают токсичность наноматериалов, используемых для визуализации, физических, химических, квантовых, молекулярных, биологических исследований, диагностики, создания биосенсоров, лабораторий-на-чипе, что является перспективным материалом для улучшения качества жизни больных⁶.

В теоретико-методологическом и практико-ориентированном, в частности медико-социальном, аспекте дальнейшие исследования нанонауки, на наш взгляд, целесообразно сосредоточить на исследовании значения механизмов выраженной физической, биологической и фармакологической активности наноразмерных структур (наноматериалов). Учитывая, что макроэргические (АТФ, АМФ) соединения, медиаторы, витамины и другие биологически активные вещества являются наноразмерными, с позиций нанонауки следует основательно изучить заменимые и незаменимые аминокислоты, медиаторы (адреналин, норадреналин, ацетилхолин, серотонин), витамины (ретинол, эргокальциферол и др.), альбумин, АТФ, ДНК, РНК, фибриноген, ионные каналы, биомембраны, коллоидные растворы (кровь, межклеточная жидкость), цитокины и другие наноструктуры. К нанообъектам при этом могут быть отнесены объекты, имеющие четкие пространственные размеры и доступные для прямого наблюдения методами электронной и зондовой сканирующей микроскопии (наночастицы, нанопластины, нанотрубки, нанопоры), а также те объекты, размер которых часто определяется косвенными методами (наноагрегаты,

⁶ Чекман И.С., Сырвая А.О., Новикова И.В., Макаров В.А. и др. Аминокислоты – наноразмерные молекулы: клиничко-лабораторные исследования. Х.: Щедра садиба плюс, 2014. 154 с.

липосомы, мембраны, нанокапли и т.п.). К биологическим нанообъектам следует отнести молекулы белков, липидов, нуклеиновых кислот (ДНК, РНК) и полисахаридов, формирующих внутриклеточный каркас (цитоскелет) и внеклеточный матрикс, мембранные каналы, рецепторы, систему внутриклеточной сигнализации, молекулярные машины для синтеза, упаковки и утилизации белков и нуклеиновых кислот, производства энергии, внутриклеточного транспорта и движения клеток. Примерами биологических наноструктур являются вирусы, клеточные органеллы (например, жгутики и реснички, митохондрии, хлоропласты, рибосомы), а также комплексы фермент – субстрат, гормон – рецептор и другие. К наноматериалам биологического происхождения можно отнести клеточную стенку растений, состоящую из целлюлозы и других полисахаридов, фибриллярные белки кератин (из него состоят шерсть и волосы) и коллаген (из него состоят сухожилия).

Предстоит экспериментально подтвердить наличие природных наноматериалов, изучить особенности механизмов их функционирования в организме человека в частности и живых системах в целом.

1. Изучить биомембрану как наноструктуру, имеющую толщину в среднем 5 нм. При этом следует иметь в виду, что биомембрана разделена на наночастицы минимальной длиной 10 нм; благодаря такой специфической структуре липиды и протеины биомембраны подлежат аномальной (скачкообразной) диффузии; биомембрана содержит наноразмерные структуры – липидные рафты, возможной функцией которых является преобразование сигналов внешней среды во внутриклеточный ответ, а также участие в процессах экзо- и эндоцитоза, клеточной адгезии и мембранного транспорта; ионные каналы также являются наноразмерными структурами, что обеспечивает их высокую селективность (проходят лишь определенные типы ионов) и производительность.

2. Изучить свойства наноразмерных материалов, не характерные для этих же структур обычных размеров. При проведении научного поиска в данном направлении следует учитывать размер, форму, методы получения наночастиц.

3. Показать в рамках результатов собственных фундаментальных исследований по теоретическим и практическим основам нанонауки, что при переходе от макроразмеров к наноразмерам происходят такие изменения корпускулярно-волновых свойств наноматериалов: сила поверхностного натяжения, гравитационные и электромагнитные силы, поведение электронов, потенциальная энергия, энергетический спектр атомов и электронов, энергия электронного возбуждения, оптические свойства, туннелирование; квантовые величины: момент импульса, полная энергия ограничения в пространстве системы, энергия электромагнитного излучения, квантовое ограничение, квантовая интерференция,

анизотропия, термодинамическая неравновесность. С уменьшением размеров наноструктур большую роль играют волновые эффекты наноматериалов.

4. Оценить и выявить медико-социальные измерения нанонауки и природных нанотехнологий.

Продолжение исследований с целью разработки новых высокоэффективных медикаментов на основе нанотехнологии молекулярных пучков для лечения различных заболеваний имеет важное теоретическое и практическое значение для развития медицинской практики. Как подчеркивает член-корр. НАНБ *Александр Кильчевский*, совершенствование организационно-экономических и социальных механизмов ведения научной и инновационной деятельности направлено на создание благоприятных условий для организации и развития высокотехнологичных и конкурентно-способных производств в сферах нано-, биотехнологий и фармацевтической промышленности⁷.

На новом технологическом уровне биотехнологии совершенно по-другому проявляют себя в ситуации имплантации, диагностики, информационной интеграции человека и машины. Применение нанотехнологии в рамках типовой технологии существенно увеличивает потенциал рисков. При объединении ключевых технологий в единое направление – *НБИК-технологии* (нано-, био-, инфо-, когнитивные науки) приоритет отдается нанотехнологиям, выступающим в качестве своего рода платформы, позволяющей объединить информационные и биотехнологии, идеи ученых, делающих инновационные прорывы. С методологической точки зрения поиск адекватного способа распределять риски является одной из трудноразрешимых проблем нанотехнологий⁸.

Одна из важных медико-социальных проблем внедрения наноматериалов в народное хозяйство – возможное негативное влияние наночастиц на организм человека, животных, окружающую среду. Это требует проведения фундаментальных исследований по изучению физиологических, биохимических и биофизических механизмов действия наночастиц на различные органы и системы организма, на функцию мембран клеток, митохондрий, рибосом, ферментов, ДНК, РНК. Актуальной проблемой продолжает оставаться организация гуманитарной экспертизы в области разработки инновационных проектов, оценки последствий использования нанотехнологий, выявление и оценка как позитивных эффектов новых технологий, так и возможных негативных последствий их применения. Рациональные формы отношения к нанотехнологиям позволяют включать их в экономический и этико-

⁷ Комарова Ж. В. Сектор выгодных вложений // Наука и инновации. 2015. № 9 (151). С. 50–55.

⁸ Yaskovich Yadviga. 2013. Humanistic priorities of nanotechnologies and nanoethics // XXIII World Congress of Philosophy / Athens, 04–10 August. 2013. University of Athens. P. 818.

гуманитарный дискурс с установкой на разработку соответствующих кодексов, рекомендаций, экспертных выводов и заключений⁹.

Революционные возможности нанонауки и нанотехнологий сегодня выполняют особую роль в отношении модификации человека, его физического и психического здоровья, биологической природы, поскольку при внедрении в человеческий организм подобных «продуктов», произведенных с использованием нано- и биотехнологий, можно предотвратить старение клеток, способствовать улучшению и перестройке тканей человеческого организма, продлить жизнь, «выключить» старение, переделать программу, записанную в ДНК. Но как это отразится на последующем состоянии человека, его здоровье, во многом зависит от механизмов гуманитарной экспертизы, этического регулирования применения наноматериалов, изучения их влияния на долгосрочную перспективу человеческого существования.

⁹ Юдин Б.Г., Луков В.Г. Гуманитарная экспертиза: к обоснованию исследовательского проекта. М.: Изд-во МГУ, 2006. 38 с.

Б.Л. Яшин
(Москва)

ОТ СТРУКТУРАЛИЗМА Н. БУРБАКИ К КАТЕГОРИАЛЬНОМУ ПОДХОДУ*

Статья посвящена рассмотрению возможностей категориального подхода для раскрытия особенностей современной математики.

* * *

В тридцатые годы XX века группа молодых математиков, публиковавшая свои работы под псевдонимом Н. Бурбаки, обратила внимание на процесс дифференциации в математике, который, по их мнению, зашел так далеко, что встал вопрос о единстве этой науки. «Является ли это обширное разрастание развитием крепкого сложенного организма, который с каждым днем приобретает все больше и больше согласованности и единства между своими вновь возникающими частями, – задавали они вопрос, – или, напротив, оно является только внешним признаком тенденции к идущему все дальше и дальше распаду, обусловленному самой природой математики; не находится ли эта последняя на пути превращения в Вавилонскую башню, в скопление автономных дисциплин, изолированных друг от друга как по своим методам, так и по своим целям и даже по языку? Одним словом, существует ли в настоящее время одна математика или несколько математик?»¹.

Отвечая на этот вопрос, Н. Бурбаки отмечали, что внутренняя эволюция математики «упрочила единство ее различных частей и создала своего рода центральное ядро, которое является гораздо более связным целым, чем когда бы то ни было»². Этот вывод послужил для них основанием постановки грандиозной задачи объединения математики на едином фундаменте, которым могло бы быть, по их мнению, понятие «структура».

Под структурой Н. Бурбаки понимали множество элементов, для которых с помощью аксиом задана некоторая совокупность отношений, собственно и определяющих структуру математической теории. Сама же эта теория получается как логическое следствие из этих аксиом. «Чтобы определить структуру, – пишут они, – задают одно или несколько

* Работа ведется в рамках научно-исследовательского проекта № 15-03-00760, поддержанного РФНФ.

¹ Бурбаки Н. Архитектура математики // Математика и просвещение. М., 1960. С. 100.

² Там же. С. 101.

отношений, в которых находятся его элементы ... затем постулируют, что данные отношения удовлетворяют некоторым условиям (которые перечисляются и которые являются аксиомами структуры). Построить аксиоматическую теорию данной структуры – это значит вывести логические следствия из аксиом структуры, отказавшись от каких-либо других предположений относительно рассматриваемых элементов (в частности, от всяких гипотез относительно их «природы»)³.

Хорошо известно, что математика изучает различные системы абстрактных объектов, которыми могут быть числа и простейшие геометрические фигуры, интегралы и дифференциалы, функционалы и операторы, топологические пространства и т.п. Все эти объекты в современной математике считаются элементами той или иной структуры.

Н. Бурбаки выделяют три разновидности математических структур. К первой из них они относят алгебраические структуры, структуры, в которых изучаются бинарные отношения типа сложения или умножения, дающие возможность по двум элементам однозначно определить некий третий элемент этой структуры. К ним относятся, например, группы, кольца или поля.

Второй разновидностью является совокупность структур порядка. Примером таких структур являются множества действительных или целых чисел с отношением «быть больше (меньше)» или «равно».

Третья разновидность – топологические структуры, в которых ведущей идеей является идея непрерывности перехода от одного элемента множества к другому, относятся различного рода топологические и векторные пространства.

Структуры, входящие в ту или иную группу, можно объединять друг с другом, создавая более сложные математические структуры. Так рождаются, например, структуры топологической алгебры или, наоборот, структуры алгебраической топологии.

С одной стороны, получается, что абстрактные математические структуры оказываются единственными объектами, с которыми работает математик. С другой стороны, структуры сами, по сути дела, становятся «орудиями математика», – отмечают Н. Бурбаки. «Каждый раз, когда он замечает, что между изучаемыми им элементами имеют место отношения, удовлетворяющие аксиомам структуры определенного типа, он сразу может воспользоваться всем арсеналом общих теорем, относящихся к структурам этого типа...»⁴.

Математическое знание в целом предстает у Н. Бурбаки в виде трехуровневой системы. Первый уровень, – ядро системы, – первичные порождающие структуры. Второй уровень – это «слой» сложных структур, которые образуются путем различных комбинаций из порождающих

³ Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., 1963. С. 251.

⁴ Там же. С. 253.

структур. Наконец, третий уровень – это уровень частных теорий, «которые придают элементам рассматриваемых множеств «более определенную индивидуальность». Именно здесь мы находим более привычные разделы классической математики – действительный и комплексный анализ, различные разделы геометрии, теорию чисел»⁵.

Будучи, в определенной мере, «застывшей» идеализацией, идеализацией, соответствующей своему времени, она не охватывает происходящих за пределами этого времени изменений, которые могут быть и весьма значимыми для всей структуры математики. Иными словами, этой схеме не хватает динамизма.

Сами авторы предложенной ими «архитектуры математики», как мне кажется, вполне осознают эту ее слабость. И, может быть, именно в силу этого предлагают посмотреть на структуру этой науки как на большой город с окружающими его предместьями. Эти «предместья, – пишут Н. Бурбаки, – не перестают разрастаться несколько хаотическим образом на окружающем его пространстве, в то время как центр периодически перестраивается, следуя каждый раз все более и более ясному плану и стремясь к все более и более величественному расположению, в то время как старые кварталы с их лабиринтом переулков сносятся для того, чтобы проложить к окраине улицы все более прямые, все более широкие, все более удобные»⁶.

Продолжением структурализма в математике стала созданная С. Маклейном и С. Эйленбергом теория алгебраических категорий⁷, под которой понимается класс математических объектов и соответствующих им отображений (морфизмов)⁸.

Теория категорий оказалась интересной тем, что всевозможные математические структуры могут рассматриваться как ее объекты. Говоря словами одного из авторов структурного подхода к математике Ж. Дьедонне, понятия «категория» и «функтор» возобновляют понятие «структура» «в более общей и удобной форме»⁹. Как показал в дальнейшем А. Гротендик, теория категорий и функторов оказалась универсальной формой математического познания в той его части, которая формулируется в терминах математических структур¹⁰.

Под категорией в математике понимают совокупность двух классов: класс объектов и класс морфизмов. Морфизм – это отображение, которое ставит в соответствие данному объекту A какой-либо категории один и

⁵ Математический структурализм. URL: //http://studme.org/41747/filosofiya/matematicheskiy_strukturalizm

⁶ Там же. С. 257.

⁷ Eilenberg S., Mac Lane S. General theory of natural equivalence // Trans. Amer. Math.Soc. 1945. V. 58. P. 231–234.

⁸ См., например: Букур И., Деляну А. Введение в теорию категорий и функторов. М., 1972; Цаленко М.Ш., Шульгейфер Е.Г. Основы теории категорий. М., 1974; Гольдблатт Р. Топосы: категорный анализ логики. М., 1983.

⁹ Дьедонне Ж. О деятельности Бурбаки // Успехи математических наук. 1973. Т. 28. Вып. 3. С. 209.

¹⁰ Grothendieck A. Topos // Lect. Notes Math. 1972. V.269. P. 299–525.

только один объект B той же категории, что выражается графически в виде $A \rightarrow B$. При этом отношения между морфизмами и объектами должны удовлетворять определенным условиям.

Например, для пары морфизмов однозначно определен третий, называемый их композицией. Если первый морфизм есть $A \rightarrow B$, а второй $B \rightarrow C$, то их композицией будет морфизм $A \rightarrow C$. Для операции композиции выполняется закон ассоциативности. Или: для любого объекта A какой-либо категории существует тождественный морфизм, который этому объекту A ставит в соответствие его самого ($A \rightarrow A$). При этом в композиции двух морфизмов, один из которых является тождественным, выполняется закон коммутативности.

Примером может служить категория множества, в которой объекты являются множествами, а морфизмами для любых множеств A и B понимается множество всех отображений $A \rightarrow B$.

Функтором из одной категории в другую называют правило, согласно которому каждому объекту одной категории ставится в соответствие объект другой категории, а каждому морфизму – свой морфизм. При этом здесь должны выполняться некоторые условия. Например, поставив в соответствие каждому объекту его самого, а каждому морфизму этой же категории тот же морфизм, получают функтор, называемый тождественным. Основными свойствами функтора являются способность переводить изоморфизмы в изоморфизмы, коммутативные диаграммы в коммутативные же диаграммы, а также свойство композиции функторов быть функтором.

Во второй половине XX века теория категорий сначала весьма робко, потом все смелее стала использоваться в естествознании (прежде всего в биологии и физике). А в начале семидесятых годов весьма значимая роль категорий, функторов и топосов в проблеме единства естественнонаучного знания со всей очевидностью была раскрыта И.А. Акчуриным¹¹.

Оставаясь формально разделом алгебры, теория категорий в настоящее время стремительно развивается. Она фактически стала не только общематематической дисциплиной, методы которой применяются в алгебре, топологии, алгебраической геометрии, функциональном анализе, математической логике и других разделах математики, но и дисциплиной, которая эффективно используется как в естествознании, так и в компьютерных науках и социогуманитарном знании.

В современной биологии, например, теория категорий легла в основание таких концепций, как абстрактная биология Н. Рашевского и реляционная биология Р. Розена, теорий «молекулярных множеств» А. Бартоломея, организмических суперкатегорий А. Баяну, энергетической теории абстрактных экосистем К. Легизамона. Действенность аппарата

¹¹ Акчурин И.А. Единство естественнонаучного знания. М.: Наука, 1974.

теории категорий и функторов продемонстрирована и в теоретической биологии¹².

Еще одной областью естествознания, в которой «работают» идеи теории категорий, является физика, где математика, как известно, со времен Галилея стала «языком, на котором пишется книга природы». Физика стала математической. Сегодня уже невозможно себе представить какое-либо понятие физики вне соответствующего ему понятия математики. На современном этапе развития физики и математики оказалось, что аппарат математической теории категорий вполне возможно использовать для описания физической картины мира.

Интересный подход, пишет А.В. Родин, к проблеме квантовой гравитации, основанный на использовании теории топосов, развивают в своих работах, например, Баттерфилд, Ишам и Дорринг. Но если их идея состоит в том, «чтобы заменить непрерывные дифференцируемые многообразия, традиционно используемые в общей теории относительности для представления физического пространства-времени, подходящими топосами», то подход Крейна, направленный на решение той же проблемы, отличается попыткой «напрямую построить категорными средствами релятивистскую модель пространства-времени, которая одновременно могла бы поддерживать квантовый формализм»¹³.

О том, что теория категорий может оказаться наиболее удобным «языком» квантовой механики, пишет и математик Б. Коуке в своем эссе «Введение в теорию категорий для практикующего физика» (Introducing categories to the practicing physicist)¹⁴. В нем он утверждает, что «многие ключевые для квантовой механики понятия, например принцип суперпозиции (благодаря которому возможны запутанные состояния), локальность, причинность и т.д., возникают в подходящих категориях сами собой», и делает вывод о том, что «категории являются мощным и гибким «шаблоном», с уже готовыми конструкциями и теоремами, по которому можно строить самые разные физические теории, а не только квантовую теорию информации»¹⁵.

О возможностях применения аппарата теории категорий в информатике пишет Г.В. Кондратьев, который, рассматривая базовые примеры категорий, представляющие, по его мнению, интерес в прикладных науках, указывает на конкретные точки возможного приложения теории категорий к информационным наукам.

¹² Левич А.П. Язык категорий и функторов как архетип количественного и динамического описания Мира // Системы и модели: границы интерпретаций. Томск: Изд-во Томск. гос. пед. ун-та, 2008. С. 25–33.

¹³ Родин А.В. Теория категорий и поиски новых математических оснований физики. URL: http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=164

¹⁴ В. Соеcke. Introducing categories to the practicing physicist // препринт arXiv:0808.1032 (7 August 2008).

¹⁵ Иванов И. Нужна ли физикам теория категорий? URL: http://elementy.ru/novosti_nauki/430819/Nuzhna_li_fizikam_teoriya_kategoriy

С его точки зрения, это могут быть: разработка фундаментальных понятий теории информации в более широком, иерархическом и гибком контексте расслоенных категорий, пучков, топосов и высших категорий; применение операд и тензорных категорий в теории нейросетей; использование категорных понятий для короткого и точного выражения сути явлений без переизбыточности; применение к вопросу однозначного моносемантического представления знания в теории искусственного интеллекта.

Вместе с тем Г.В. Кондратьев отмечает тот факт, что, «несмотря на потенциальную мощь теории категорий, ее стандартными приложениями к компьютерным наукам остаются в основном функциональное программирование, теория типов и, вообще, прикладная логик»¹⁶.

Одной из первых работ в отечественной социологии, в которой демонстрировались возможности теоретико-категорного подхода, была статья А. И. Тишина, где он использовал его для описания общностей и взаимодействия их друг с другом¹⁷. Сегодня этот подход характерен для многих исследований в данной области научного знания¹⁸, что свидетельствует о его большом потенциале в социальных науках.

Язык теории категорий может оказаться полезным, по мнению А.П. Левича, и в научном познании в целом, во-первых, в описании теоретического знания, представляющего архетип видения Мира как процесса, а не объекта. Во-вторых, в силу его универсальности, он может использоваться в междисциплинарном знании. В-третьих, этот язык, будучи достаточно строгим, вполне подходит для формализации знания. В-четвертых, он позволяет эксплицировать базовые общенаучные понятия¹⁹.

Возвращаясь к месту и роли теории категорий в математике, нельзя не сказать о том, что в семидесятые годы XX столетия появилась идея использовать ее в качестве нового фундамента для обоснования математики. Преимуществом категориального подхода в решении этой задачи по сравнению с подходом теоретико-множественным были его общность, конструктивный подход к математической деятельности в

¹⁶ Кондратьев Г.В. Возможные применения теории категорий в информационных науках // Математические методы в естественных, технических и социальных науках. Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. № 2(99). С. 340–345. URL: www.nntu.ru/trudy/2013/02/339-345.pdf

¹⁷ Тишин А.И. Теория категорий и системные исследования в социологии // Математика в социальных науках. М.: Наука, 1981. С. 37–46.

¹⁸ См.: Ло Дж. Объекты и пространства / пер. с англ. В. Вахштайна // Социологическое обозрение. 2006. № 1; Вахштайн В. Социология вещей и «поворот к материальному» в социальной теории // Социология вещей: сб. ст. М.: Территория будущего, 2006; Шматко Н.А. Плюрализация социального порядка и социальная топология // Социологические исследования. 2001. № 9. С. 14–18; Гуц А.К., Паутова Л.А. Теория категорий в социологии: общества как объекты топоса Гротендика // Математические структуры и моделирование. 2015. №3 (35). Омск: ОмГУ (Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского). persons.univer.omsk.su/guts/pub/n323.pdf

¹⁹ Левич А.П. Там же.

анализе морфизмов, а также возможность не столько иметь дело с самими математическими объектами, сколько заниматься изучением их структурных характеристик²⁰.

Кроме этого надо сказать и о том, что теория категорий позволяет в существенной мере упорядочить многочисленные математические теории. По сути дела, «в ней кульминирует поиск основополагающего принципа математики, каковым стал принцип морфизма»²¹. Благодаря теории категорий и функторов математика предстает как наука, способная изобразить своими средствами картину всеобщей универсальной связи.

С моей точки зрения, довольно интересную метафору использует в этой связи Д. Корфилд. Теория категорий, отмечает он, дает возможность работать с той или иной структурой в целом, без необходимости сначала распылить её в теоретико-множественной пыли. Определенным аналогом здесь может служить деятельность архитектора. Изучая, например, Собор Парижской Богоматери в Париже, архитектор пытается понять, как это здание соотносится с современными ему соборами, а затем – соборами и другими видами церковной архитектуры более раннего и более позднего периода. Он не начинает изучения архитектуры названного собора с того, что представляет эту целостность как кучу осколков минерала²².

Акцентируя внимание на весьма общих структурных свойствах объектов и операциях над ними, категориальный подход не только способствует более глубокому пониманию особенностей современной математики. Он свидетельствует и о том, что теория категорий и функторов может оказаться полезной при анализе весьма сложных иерархических динамических систем. Он показывает, что сама математическая деятельность носит динамический и конструктивный характер.

²⁰ См.: Катречко С.Л. Теоретико-множественная (бурбакистская) парадигма математики и ее возможные альтернативы // Философия математики: актуальные проблемы: тезисы Второй междунар. науч. конф.; 28-30 мая 2009 г. М.: МГУ, 2009. С. 21–22; Яшин Б.Л. Логико-гносеологические аспекты проблемы противоречия процесса познания. М.: Прометей, 1992. С. 69–72.

²¹ Канке В.А. Философия математики, физики, химии, биологии: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2011. С. 51.

²² D. Corfield, *Towards a Philosophy of Real Mathematics*. URL: [http://www.bibotu.com/books/Philosophy/History%20and%20Philosophy%20of%20Science/Corfield%20-%20Towards%20a%20Philosophy%20of%20Real%20Mathematics%20\(Cambridge,%202004\).pdf](http://www.bibotu.com/books/Philosophy/History%20and%20Philosophy%20of%20Science/Corfield%20-%20Towards%20a%20Philosophy%20of%20Real%20Mathematics%20(Cambridge,%202004).pdf) (перевод мой. – Б. Я.).

**Проблемы онто-гносеологического обоснования
математических и естественных наук**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 8

**Редактор Е.С. Головина
Компьютерная верстка Д.И. Алябьев**

Лицензия ИД № 06248 от 12.11.2001 г.

**Подписано в печать 2017 г.
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 9,5
Заказ ____ Тираж 100 экз.**

**Издательство Курского госуниверситета
305000, г. Курск, ул. Радищева, 33**

**Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии
Курского государственного университета**