

Т.С. АХРОМЕЕВА, Г.Г. МАЛИНЕЦКИЙ, С.А. ПОСАШКОВ

МАТЕМАТИКА КАК ЧАСТЬ КУЛЬТУРЫ*

Нет ничего невозможного в том, чтобы, начиная от первооснов и следуя по прямому пути, добраться до таких возвышенных точек, с которых можно ясно обозреть самую сущность и движущие силы современной математики.

Р. Курант

Татьяна Сергеевна Ахромеева,

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
научный сотрудник, кандидат физико-математических наук
e-mail: Akhromeyeva@gmail.com
Миусская пл., д. 4, Москва, 125047, Россия

Георгий Геннадьевич Малинецкий,

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
заведующий отделом, доктор физико-математических наук, профессор
e-mail: GMalin@Keldysh.ru
Миусская пл., д. 4, Москва, 125047, Россия

Сергей Александрович Посашков,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, факультет прикладной математики и информационных технологий, декан, кандидат физико-математических наук
e-mail: SPosash@mail.ru
Ленинградский проспект, д. 49,
Москва, ГСП-3, 125993, Россия

С междисциплинарных позиций рассматривается программа построения культурологии, выдвинутая выдающимся химиком и философом В.Ф. Оствальдом. В этом контексте рассматривается развитие математического творчества в системе культуры. Исходя из приведенного анализа, обсуждается, как следовало бы изменить отношение к математике и математическому образованию в России.

Ключевые слова: программа Оствальда, междисциплинарные подходы, естественно-научная культура, математическое творчество, гармония, научная традиция, образовательная катастрофа, математическое образование.

Для цитирования: Ахромеева Т.С., Малинецкий Г.Г., Посашков С.А. Математика как часть культуры // Обсерватория культуры. 2016. Т. 1. № 1. С. 14–23.

Поводом к написанию статьи послужило, скорее, случайное впечатление, вынесенное одним из авторов из знакомства с американской системой университетского образования, а также из многолетних дискуссий о роли и месте математики в нашем обществе, в частности в его средней и высшей школе. Во многих университетах США математические факультеты находятся на отделениях изящных искусств, наверно, это не случайно.

В декабре 2013 г. Правительство РФ утвердило «Концепцию развития математического образования в Российской Федерации». Идею ее авторы, вероятно, заимствовали из сказки П.П. Ершова «Конек-Горбунук»: «У старинушки три сына: старший умный был детина, средний сын и так и сяк, младший вовсе был дурак». В данной Концепции, разработанной под руководством ректора Московского педагогического государственного университета академика А.Л. Семенова, предлагается сразу после начальной школы разделить детей на «совсем не способных к математике», «не очень способных» и «нормальных». И чем ребенок менее способный, тем меньше его можно учить. Раз не можем научить, значит и не бу-

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-06-07926) и Российского гуманитарного научного фонда (проект 15-03-00404).

дем... Это настолько удивительно и нелепо, что стоит сказать об этом подробнее, следуя статье А. Механика «Не становитесь какими-то мерзкими»: «Как объяснил академик Семенов, концепция предполагает более явную формулировку целей дифференцированного обучения математике в старших классах. В кратком изложении это выглядит так.

1. Математическая грамотность — для тех, кто не освоил этой грамоты до 10-го класса. Фактически речь идет о том, что этим детям предлагается в 10–11-м классах повторить то, что они не усвоили раньше.

2. Математическая культура — для тех, кто грамотен, то есть расширение математического горизонта и математическая техника для тех, кому она пригодится в вузе и после его окончания.

3. Математическое творчество — для тех, кто может создавать новую математику. То есть, как пояснил нам один из экспертов, «необходимо перестать всех учить всему в 10–11-м классах» [1].

Ряд экспертов называют эту идею «дифференцированного обучения» образовательным расизмом. И такой подход к математике, который отражает уже сложившиеся реалии многих средних школ России, уже дает плоды.

В одной из крупнейших издательских компаний России приходящим наниматься на работу (редакторам, верстальщикам, экспедиторам и пр.) предлагают тест из элементарных математических задач. Первые четыре стоит привести.

Сложить $\frac{1}{7} + \frac{2}{13}$.

Сложить $\frac{11}{180} + \frac{13}{168}$.

Решить систему уравнений: $2x + 3y = 5$
 $5x + 7y = 5$

Решить задачу. Мы продаем товар с наценкой 17,5%. В конце дня остаток наличных денег в кассе — 100 тыс. рублей. Вопрос: сколько мы заработали?

Оказалось, что многие люди, имеющие законченное среднее, а иногда и высшее образование, не могут решить подобные элементарные задачи. Руководство компании жалуется на огромные проблемы с подбором кадров...

Заметим, что экзамен по математике является одним из двух обязательных выпускных экзаменов в средней школе. Но, например, в 2014 г., чтобы получить удовлетворительную оценку, достаточно было получить 3 (три!) бала из возможных 33 (которые потом по некоторой формуле пересчитываются в 100-бальную шкалу). Чтобы сделать это, достаточно освоить математику в пределах 6 классов.

Признаки математической неграмотности становятся все более очевидны и в СМИ. Уважаемый политический деятель на одном из недавних ток-

шоу с энтузиазмом восклицал, что преступность по некоему виду преступлений уменьшилась на 300%. Ему никто из присутствующих не возразил и не объяснил, что даже если таких преступлений не станет вовсе, то это число уменьшится только на 100%.

Математика оказалась на периферии общественного сознания России, откуда также стремительно исчезает.

МАТЕМАТИКА КАК МОСТ В ПРОШЛОЕ И ПОСЛАНИЕ В БУДУЩЕЕ

Нам кажется, что если бы только удалось преодолеть то недоверие, с которым весьма многие под влиянием случайных школьных впечатлений сторонятся всего, связанного с математикой, то людей, склонных «импровизировать» в области несложных произведений математического искусства, оказалось бы не меньше, чем активных любителей музыки.

Г. Радемахер, О. Теплиц

Обратимся к определению культуры, данному выдающимся специалистом по философии науки, автором концепции универсалий культуры академиком В.С. Степиным: «Культура (лат. *cultura* — возделывание, воспитание, образование) — система исторически развивающихся надбиологических программ человеческой деятельности, поведения и общения, выступающих условием воспроизводства и изменения социальной жизни во всех ее основных проявлениях. Программы деятельности, поведения и общения, составляющие корпус культуры, представлены многообразием различных форм: знаний, навыков, норм и идеалов, образов деятельности и поведения, идей и гипотез, верований, социальных целей и ценностных ориентаций и т. д. В своей совокупности и динамике они образуют исторически накапливаемый социальный опыт. Культура хранит, транслирует этот опыт (передает его от поколения к поколению). Она также генерирует новые программы деятельности, поведения и общения, которые, реализуясь в соответствующих видах и формах человеческой активности, порождают реальные изменения в жизни общества» [2].

Внутренний мир человека существует в рациональном, эмоциональном и интуитивном пространствах. Как видим, определение культуры В.С. Степина в равной мере относится ко всем трем ипостасям нашего сознания.

Вопрос о соотношении науки и культуры ставился не раз. В частности, химик и философ, один из основоположников физической химии, лауреат Нобелевской премии по химии (1909) В. Оствальд

утверждал на заре XX в.: «...наука является прекраснейшим цветком, наивысшим и совершеннейшим продуктом человеческой культуры».

Есть всего два или три общих продукта культуры, которые могли бы, быть может, оспорить у науки это место. Религия, государство, наконец, искусство тоже, по-видимому, воплощают в себе идею культуры.

Прежде всего, свои притязания наука основывает на том факте, что она является самым последним и самым юным из так называемых культурных приобретений... Мы знаем, что последняя, высшая ступень образования человека достигается им в течение его долгой жизни, и наоборот, когда проявляется разрушительное действие старости, самые последние и самые трудные приобретения начинают исчезать *в первую очередь*.

Второе основание, которое дает право рассматривать науку как высшее культурное достояние, заключается в ее *общечеловеческом* строении. Ничего подобного нельзя сказать ни о государстве, ни об искусстве, ни, наконец, о религии. Только наука независима от всех иных различий между людьми, кроме тех, которые обусловлены степенью их умственного развития...

Если сравнить общее движение культуры за несколько тысячелетий, охватывающих нашу историю, с успехами, достигнутыми в течение трех или четырех последних столетий, то разница получается поразительная. Так сильно и глубоко изменился темп развития человечества в последние столетия. Если мы спросим о причине этого явления или зададим более осторожный вопрос — какой новый фактор выдвинулся в это время во всемирной истории? — то мы встретимся здесь только с одним фактом решающего значения. Этот новый факт заключается в том, что наука перестала быть спортом отдельных лиц или ревниво оберегаемой тайной замкнутых каст; она вошла в общее сознание народов и все сильнее превращается в общее достояние культурного человечества. Тут могла и должна была в решительной форме проявиться ее *синтетическая* сила.

<...> В слове “наука” скрывается следующее содержание: познание бывшего и происходящего с целью предсказания будущего. В здоровой науке всегда сохраняют свою главенствующую роль оба этих жизненных фактора» [3].

Если мы перелистаем страницы этого и последующего выпусков альманаха, в котором был напечатан перевод классической статьи В. Оствальда, то увидим удивительную вещь. Статей, рассматривающих собственно науку как культурный феномен, в них практически нет. «Культура» оказалась монополизирована рефлексией художественного творчества разных эпох и рефлексией этой рефлексии. Рацио было вытеснено эмоциональным и интуитивным началом. И в этом контексте математика удивительным образом отличается от всех остальных

сфер интеллектуальной деятельности, которые относятся к научным дисциплинам.

Вспомним классику античной литературы. Быстрее всего стареет сатира. Современному человеку непонятно, над чем смеялись зрители комедий Аристофана. При чтении трагедий Софокла трудно отрешиться от мысли, что это были совсем другие люди. Развитие идей герменевтики, сыгравшее большую роль в развитии гуманитарных дисциплин, показало, что «понимание» и «толкование» текстов, написанных столетия назад — сложная и нетривиальная задача. Похожая картина наблюдается практически во всех научных дисциплинах. Если мы посмотрим на проблемы, понятия и категории физики, химии или биологии времен античности или даже начала XX в., то убедимся, что они разительным образом отличаются от современных. Вероятно, физикам разных эпох было бы очень трудно понять друг друга даже при обсуждении одних и тех же явлений.

Но в математике ситуация принципиально иная. В свое время О. Шпенглер выдвинул парадоксальный тезис о том, что греческая и современная математики не имеют между собой ничего общего. Большие усилия математиков, историков и философов показали, что этот тезис неверен, «современная математика не только в отдельных частных случаях, но и в проблемах кардинальной важности — как в постановке вопросов, так и в методах их решения примыкает к греческой» [4].

Мы понимаем «Начала» Евклида¹ [5] точно так же, как понимал их он. Мы пользуемся тем же самым аксиоматическим методом, классический образец которого он представил, исходим из тех же основных, не определяемых через более простые понятия и принимаемых без доказательства аксиом и постулатов. Мы учим наших школьников так же, как греки в свое время учили своих, оперируя циркулем и линейкой и рассматривая треугольники и окружности, медианы, биссектрисы и высоты. В этом есть особое обаяние!

Греки прекрасно понимали значение своей математики. Именно поэтому, по легенде, на воротах платоновской академии было написано, что не знающим геометрии вход закрыт, а Платон объяснял сыну местного руководителя, что «Нет царского пути в геометрии» [6].

Греческой математике удалось сформулировать классические задачи (квадратура круга, удвоение куба и трисекция угла), над которыми многие поколения ученых бились более 20 веков. Доказательство неразрешимости последних двух задач позволило заложить основы современной алгебры, которая еще через два века помогла создать принципиально новые методы защиты информации!

Ничего подобного нет в других науках и других областях культуры. В определенной сфере мышления создатели античной культуры и наши современ-

ники оказались удивительно близки. Именно математика, а не искусство, религия или философия позволяют ощутить эту близость.

Теперь через призму культуры и математики взглянем в будущее. Чтобы увидеть тенденции развития науки, достаточно посмотреть на цитируемость научных работ в различных дисциплинах. Это не тщеславие ученых или порыв администраторов от науки, не умеющих ставить задачи и использовать результаты исследований и желающих прикрыть свою некомпетентность наличием работ в базах Scopus и Web of Science, а уровень поддержки общества, надежды, которые возлагаются на то или иное научное направление. То, чем занимается сегодня фундаментальная наука, имеет шанс через 20 лет войти в круг прикладных исследований, а те еще через 20–30 лет могут стать основой массовых технологий. Технологическое развитие, опирающееся на фундаментальную науку — игра вдолгую [7].

В средней школе обычно самым сложным предметом считается математика; физика, как и химия, по мысли большинства учеников, вдвое проще математики; а биология — вдвое проще физики или химии. Но во «взрослой науке» все устроено по-другому (рис. 1). Если суммировать цитируемость «наследниц» школьной биологии (генетику, молекулярную биологию, иммунологию и др.), то характерное значение — 50; наук химического цикла — 10, физического — 8.

Особенно интересна ситуация с математикой и информатикой. Многие книжные магазины переполнены «компьютерной литературой», но цитируемость работ в обоих научных направлениях примерно 1,5. Это значит, что, скорее всего, первая половина XXI в. будет веком биологии и медицины, а не информационно-телекоммуникационных технологий. И действительно, в настоящее время каждая третья научная работа в мире выполняется в области медицины.

Но роль математики в культуре и общественном сознании стремительно растет. В 2011 г. компания Google провела исследование «рационального сегмента» Интернета (не связанного с развлечениями, знакомствами и т. д.). Это был год 10-летия эксперимента по введению в России обязательного единого государственного экзамена (ЕГЭ), который стал катализатором развала средней и высшей школы нашей страны и «культурного обвала».

Самым популярным запросом и в мире, и в США, и в России стала «математика». В США шесть позиций в первой десятке так или иначе связаны с математикой. Практически во всех крупных и развитых странах ситуация схожая — запросы, касающиеся математики, занимают лидирующие позиции. В таблице на стр. 18 представлены наиболее частые запросы в «рациональном сегменте» поисковой системы Google в 2011 г. (в порядке убывания).

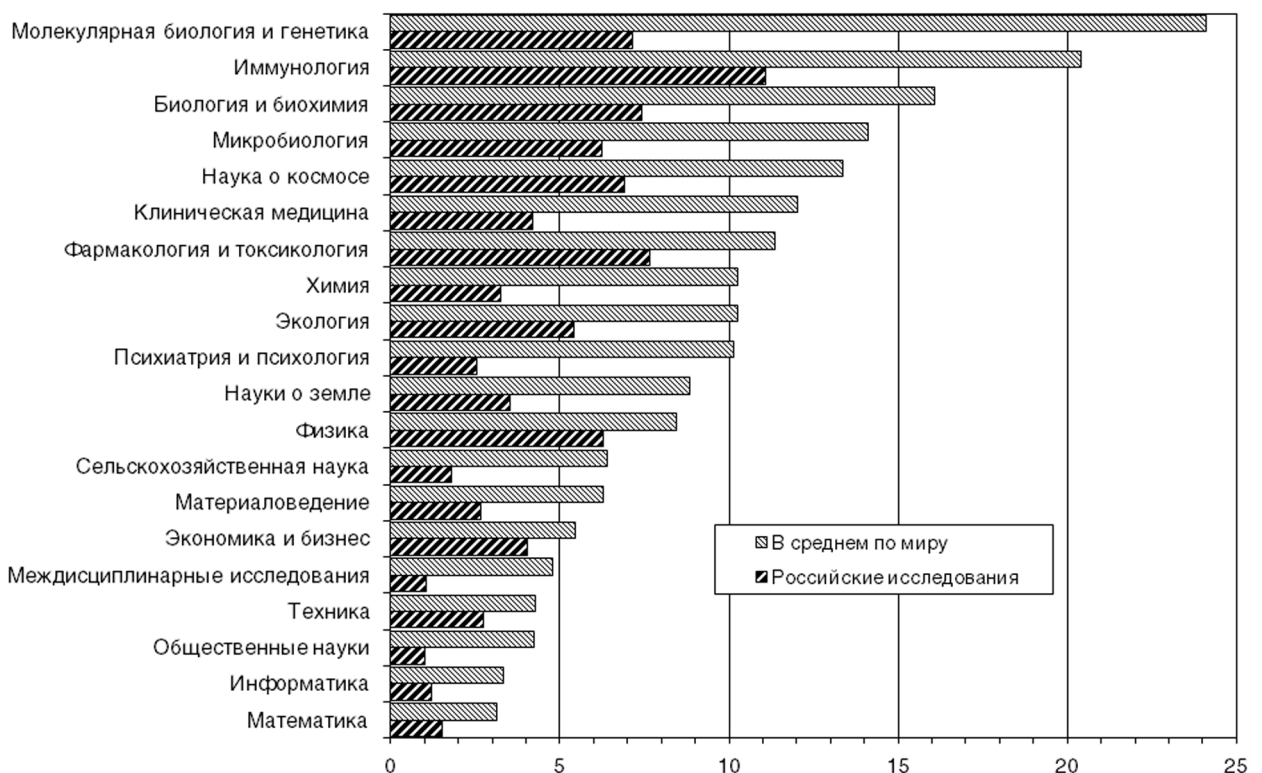


Рис. 1. Средняя цитируемость статей в различных научных дисциплинах

Таблица

Мир	США	Россия
Математика Луна Клетка Википедия ДНК Химия Мат. игры Физика Большой взрыв Химия (исп. сегмент)	Математика Луна Наука Мат. игры Занимательная математика Земля Калькулятор Занимательные математические игры Химия Периодическая таблица	ЕГЭ ГДЗ Решебник Ответы Результаты ЕГЭ Википедия ЕГЭ по русскому ЕГЭ-2011 Алгебра ГДЗ алгебра

Более того, в 2011 г. в мире произошла «математическая революция» — число запросов «занимательная математика» выросло в 29 раз.

К сожалению, этот опрос сделал очевидным развал математического образования в России. У нас в лидерах — «решебник», «ответы», «готовые домашние задания по алгебре». В 2011 г. в России тоже произошла «образовательная революция», но наоборот — спрос на готовые домашние задания вырос в 51 раз. Мы вырастили поколение, которое хочет не решить, а списать, не придумать, а подсмотреть, получить не знания, умения и навыки, а их имитацию.

Почему же в мире стремительно растет интерес к математике, а к занимательной особенно? Мир идет к «экономике знаний», входит «в постиндустриальное общество», в котором два человека из 100 кормят себя и всех остальных, 12 — заняты в сфере материального производства, 13 — в управлении. Чем же должны заниматься остальные? Это вопрос вопросов, решение которого может определить будущее нашей цивилизации.

«Праздный мозг — мастерская дьявола», — гласит известная пословица. В 1970-х гг. человечество отказалось от стремительного и успешно начавшейся космической экспансии и начало создавать и осваивать виртуальное пространство. Перешло от экстравертной к интровертной стратегии прогресса. В этом контексте одна из важнейших социальных функций компьютеров — «убийство свободного времени». По данным социологов, российские мужчины своим женщинам и детям в свободное от работы время уделяют в среднем менее 40 минут в день, в то время как телевизору, социальным сетям, компьютерным играм — чужой, призрачной жизни — почти 4,5 часа.

Этот досуг может быть использован для творчества, самосовершенствования. И если популярные ныне кроссворды, sudoku, шахматные задачи можно отнести к «низкому жанру», то математическое творчество может стать жанром высоким.

Исторические примеры этого есть в «интровертных» культурах Востока. Явление, получив-

шее название сангаку, или «японская храмовая геометрия», зародилось и развилось в Японии в 1639—1854 гг., в период изоляции этой страны от западного мира. Математики, крестьяне, женщины и дети — все население Японии было увлечено решением сложных геометрических задач, которые записывались на особых табличках и обычно подвешивались к крышам храмов. Многие из них были посвящены задачам о касающихся друг друга окружностях, некоторые были очень сложны. Физик Т. Ротман и преподаватель Х. Фукагава пишут о задачах сангаку: «Современные геометры неизменно используют при их решении сложные методы, в том числе математический анализ и аффинные преобразования» [8]. Но в ту эпоху их могли решать даже дети, пользуясь совсем другими, оригинальными приемами. Как знать, быть может это не только седая старина, но и «воспоминания о будущем».

МАТЕМАТИКА КАК ИСКУССТВО

Все, что я делаю, это игры. Серьезные игры.
М. Эшер

Если посмотреть на математику должным образом, то окажется, что она обладает не только истинной, но и высшей красотой — красотой холодной и строгой, подобной красоте скульптуры.

Б. Рассел

Мы все знаем, что нам нравится в музыке, живописи или поэзии, а вот объяснить, почему нам это нравится — гораздо сложнее. То же самое относится и к математике, которую отчасти тоже можно назвать формой искусства. Можно составить длинный список желательных качеств: красота, изящество, важность, оригинальность, польза, глубина, широта, краткость, простота и ясность. Однако отдельно взятая работа вряд ли может сочетать их все; более того, некоторые из них несочетаемы. Как в сона-

тах, квартетах или симфониях приемлемы разные качества, точно так же и математические сочинения требуют разных подходов.

М. Атья

Между красотой и истиной есть очень глубокая и важная связь. Поэтому многие видят в красоте и точности математических утверждений свидетельство их большей истинности, чем результатов других научных дисциплин. Известный математик и популяризатор науки В.А. Успенский так формулирует этот взгляд: «Автору очень хочется сказать, что математика — единственная наука, где достигается абсолютная истина, но он все же на это не решается, так как подозревает, что абсолютная истина не достигается нигде. Но в любом случае математические истины ближе к абсолютным, чем истины других наук. Поэтому математика — наилучший полигон для тренировки на истину» [9]. Такая трактовка широко распространяется на механико-математическом факультете МГУ. Студенты других факультетов часто в шутку называют учащихся мехмата «носителями высшего знания».

Собственно, о какой истине мы говорим? Только в классической философии есть две принципиально различные концепции истины. Одна из них основывается на принципе корреспонденции как соответствия знания объективному положению дел предметного мира (Аристотель, Ф. Бэкон, Д. Дидро, Л. Фейербах, В.И. Ленин). Другая — на принципе когеренции как соответствия знания характеристикам идеальной сферы: Абсолюта (Платон, Г. Гегель и др.), врожденным когнитивным структурам (Августин, Р. Декарт), априорным формам (И. Кант), интерактивным конвенциям, соглашениям (А. Пуанкаре), в постмодерне рассматриваются «игры истины в отношении индивидуума к самому себе» (М. Фуко). Фуко рассматривал «историю истины» как создание «такой истории, которая была бы не историей того, что может быть истинного в знаниях, а анализом “игр истины”, игр истинного и ложного, игр, через которые бытие исторически конструирует себя как опыт, то есть как то, что может и должно быть помыслено» [10, с. 275].

В этих рассуждениях звучит очень важное понятие — игра. И действительно, после открытия Н.И. Лобачевским неевклидовой геометрии, а впоследствии и построения множества других геометрий, после создания в XX в. нескольких вариантов математического анализа (в которых, например, вводится отдельное пространство «бесконечно малых чисел», отличных от всех других) стало ясно, что разных «математик» может быть много. И здесь уместна трактовка математики как «науки о возможных мирах», данная В. Лейбницем. В определенном смысле математики подобны богам множества эпосов — они творят миры и дают им свои законы. Что это, как ни область искусства?

Одни произведения математического искусства живут в веках, вдохновляя новые поколения, другие становятся достоянием узкого круга ценителей, третьи уходят в прошлое: «Поэзия — та же добыча радия. В грамм добычи, в год труды. Изводишь единого слова ради тысячи тонн словесной руды» (Маяковский В. «Разговор с фининспектором о поэзии»).

И в театре, и в математике классические сюжеты отыгрываются вновь и вновь. Известно более 250 доказательств теоремы Пифагора. Факт бесконечности ряда простых чисел, доказанный Евклидом, новые поколения математиков вновь и вновь доказывают по-разному.

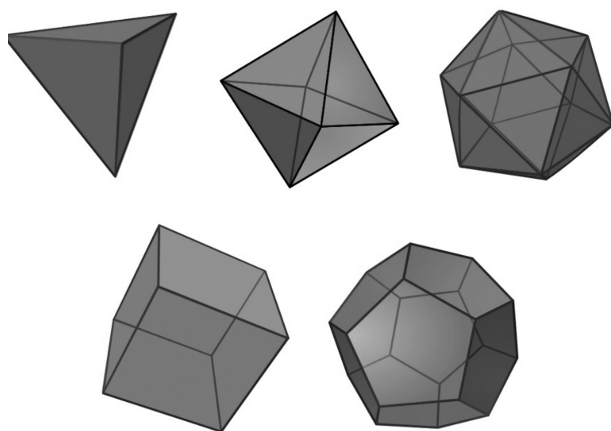


Рис. 2. Платоновы тела: тетраэдр, октаэдр, додекаэдр, куб и икосаэдр



Рис. 3. Усеченный икосаэдр — один из многогранников, исследованных Архимедом

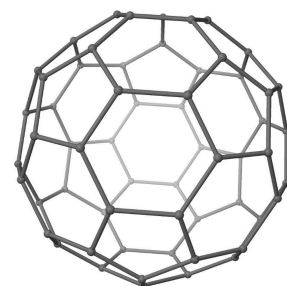


Рис. 4. Молекула C₆₀ — символ нанотехнологий — имеет форму усеченного икосаэдра

Заметим, что математика принципиально отличается от естественных наук в частности от физики. Например, если мы, выводя уравнения движения жидкости, не учтем какой-либо член или припишем лишний, то эксперимент очень скоро укажет на сделанную ошибку.

Философ К. Поппер считал, что ничего нельзя утверждать с абсолютной уверенностью. Он ввел принцип фальсифицируемости, в соответствии с ко-

торым научной является только такая теория, которая может быть опровергнута тем или иным экспериментом или рассуждениями [11].

Но теоремы, как и произведения искусства, например «Евгений Онегин» или «Война и мир», не могут быть опровергнуты! Математические утверждения, доказанные в соответствии с принятыми математическими канонами, неоспоримо верны. Теорема Пифагора или утверждение, что биссектрисы, медианы и высоты треугольников пересекаются в одной точке, не устареют в следующие эпохи и не будут опровергнуты новыми экспериментальными данными или рассуждениями. Такая природа математики — содержательной игры с абстракциями — удивительная черта, выделяющая ее из всей сферы интеллектуальной деятельности человечества.

Искусство, как отмечал О. Мандельштам, обладает провидческой функцией. То, о чем грезят мечтатели, фантасты, писатели, вновь и вновь входит в сферу фундаментальной науки, в конце концов, сказка становится былью.

Один пример. Грандиозный труд Евклида был предпринят для решения одной задачи — выяснить сколько существует платоновых тел (многоугольников, гранями которых являются правильные многоугольники одного типа, при этом в каждой их вершине сходится одинаковое число ребер) (рис. 2). Эти многогранники греки связывали с «элементами всего сущего»: тетраэдр — с огнем, куб — с землей, октаэдр — с воздухом, икосаэдр — с водой, додекаэдр — с космосом. Но почему их всего пять и нет ли других? Платоновым телам посвящена 13-я книга «Начал» Евклида, которую он сам считал венцом и логическим завершением своего труда. Известный английский ученый У. Д'Арси Томпсон как-то в шутку заметил, что «Начала» представляют сочинение о пяти правильных многогранниках, вступление к которому оказалось несколько растянутым, поскольку автор задался целью предварительно сообщить читателю все сведения, необходимые для понимания главной темы произведения.

«Правильных многогранников вызывающе мало, но этот весьма скромный по численности отряд сумел пробраться в самые глубины различных наук», — с восхищением писал Л. Кэрролл [цит. по: 12]. Современному старшекласснику или студенту достаточно половины страницы, чтобы доказать, что правильных многогранников всего пять. К этой вершине геометрии есть царский путь! Просто, чтобы его найти, понадобилось почти 20 веков. И это еще одна замечательная черта математического искусства.

Вдохновленный красотой и гармонией платоновых тел, Архимед начал искать многогранники, каждая грань которых представляет собой правильный многоугольник, а каждая вершина находится

в эквивалентном положении, при этом правильных многоугольников должно быть не менее двух различных типов. Впоследствии такие многоугольники начали называть архимедовыми телами. Одним из них оказался усеченный икосаэдр (рис. 3). Леонардо да Винчи — символ неразрывности искусства и науки — видел в нем образец геометрического совершенства и изготовил его оригинальную модель. И. Кеплер в 1619 г. в книге «Мировая гармония» стремился объяснить с его помощью геометрию солнечной системы.

Символом нанотехнологий, дающим надежду на большое будущее этого направления, является молекула фуллерена C_{60} (рис. 4). В 1996 г. за ее экспериментальное открытие Р. Смолли, Г. Крото и Р. Керлу была присуждена Нобелевская премия. Это удивительная молекула имеет форму усеченного икосаэдра. Исследователи искали именно такую конфигурацию среди углеродных кластеров и нашли ее. В своей нобелевской речи Р. Смолли обратил внимание на пионерскую работу Архимеда, ставшую для них путеводной нитью [12].

Удивительное ощущение совпадения и угадывания — то, что придумал человек, исходя из своего ощущения красоты и гармонии, «сконструировала и природа».

Интересное знамение времени. Если раньше в книгах, намечавших для начинающих путь в математику, основное внимание уделялось рации, логике, то сейчас все чаще появляются работы, делающие акцент на интуитивном и эмоциональном переживании математического пространства [8]. В одной из таких работ авторам встретилось состояние «острая геометрическая радость». Понимание математики как искусства все шире распространяется в современном мире. И это прекрасно!

КУЛЬТУРА, МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ, МАТЕМАТИКА

Великая книга природы написана на языке математики.

Г. Галилей

Наш ограниченный ум для удобства делит этот бокал вина, этот мир на части: физику, биологию, геологию, астрономию, психологию и т. д., но ведь природа на самом деле никакого деления не знает! Давайте же и мы сольем это воедино, не забывая все же, что мы увидели.

Р. Фейнман

Все в одном и одно во всем.

Мудрость дзен

Со студенческих времен нам помнится гегелевская триада — тезис, антитезис, синтез. Мы живем в замечательную эпоху синтеза, сами не вполне осознавая это. В самом деле, гении прошлого были многогранными личностями, раздвигавшими горизонты во многих областях.

Леонардо да Винчи — живописец, философ и психолог, изобретатель, опередивший свое время — надеялся получить заказы от местных властителей на строительство крепостей нового типа. Великий И. Ньютон был не только математиком, физиком, но и богословом, алхимиком, экономистом, начальником монетного двора и автором весьма удачной денежной реформы.

Но затем настало время узких профессионалов. Небезызвестный Козьма Прутков говаривал: «Всякий специалист подобен флюсу — полнота его односторонняя». Исследователей ориентировали, чтобы они были *master of subject*, знали все ни о чем. В 2004 г. науковеды насчитали 72 тыс. научных дисциплин. Один из руководителей консерватории настойчиво отговаривал нас от похода на концерт, поясняя, что «для того, чтобы слушать и оценивать современную музыку, надо иметь очень сильную профессиональную подготовку». Могли ли что-либо подобное вообразить И.С. Бах, В.А. Моцарт, Л. Бетховен или Ф. Шопен, вынужденные писать для слушателей без специальной музыкальной подготовки?!

Во второй половине XX в. угроза узкой специализации стала очевидной и для ученых-естественников, и для политиков, и для многих гуманитариев.

Выдающийся английский писатель и физик Ч. Сноу писал о растущей пропасти между двумя культурами — естественно-научной и гуманитарной — как о серьезной угрозе для человечества [13]. Естественно-научная культура отвечает на вопрос «как?», устремлена в будущее, опирается на эксперимент и формализованные теории, стремится к объективному знанию, не зависящему от мнений выдающихся авторитетов. Напротив, гуманитарная культура должна отвечать на вопрос «что?», определять цели и стратегии. Сейчас она во многом обращена в прошлое, зачастую имеет дело с уникальным и субъективным, опирается на мнение авторитетов.

Действительно, общества и элиты, владеющие высокими технологиями, имеющие ложные цели и неверную картину реальности, подобны обезьяне с гранатой — чека рано или поздно будет выдернута. «У меня есть тысячи специалистов, которые знают, как построить пирамиду, и нет ни одного, который знал бы, стоит ли ее строить», — говорил Дж. Кеннеди в нелегкий для Америки час.

Мы столкнулись с «эффектом Вавилонской башни» и «кризисом будущего». Утрачен единый язык, умение слушать и слышать друг друга, общие смы-

слы, цели, идеалы. И у человечества в целом, и у отдельных цивилизаций возникли большие проблемы — утрачены содержательные проекты будущего, а для корабля, порт назначения которого неизвестен, нет попутного ветра.

Математика не избежала «вавилонской болезни» сверхспециализации, что происходило особенно просто в силу обширности предмета. В начале XX в. появились «теоретические математики», доказывающие теоремы и стоящие «выше любых приложений», рассматривающие свое занятие как чистое творчество, утратившее какую-либо связь с реальностью и не нуждающееся более в ней. Одновременно стремительно развивалась прикладная математика, занятая построением и исследованием математических моделей и, в конечном итоге, сопоставляющая получаемые результаты с изучаемыми сущностями. В среде математиков бытует шутка: «Теоретическая математика делает то, что можно, так, как нужно, а прикладная — то, что нужно, так, как можно».

Философия постмодерна в лице ряда своих ведущих представителей возвела «вавилонский синдром» и одну из самых серьезных болезней в ходе развития науки и культуры в добродетель. Во множестве работ философов этого направления постулируется равноправие всех текстов и недопустимость какого-либо их упорядочивания.

Однако осознание проблемы — это начало ее решения. Этим решением видятся сейчас междисциплинарные подходы, в частности теория самоорганизации — синергетика (от греческого «совместное действие»). Введя этот термин, немецкий физик-теоретик Г. Хакен вложил в него два смысла [14].

Во-первых, это теория того, как у системы, у целого, появляются свойства, которыми не обладают ее части. Вспомним известный вопрос греческих философов. Одна песчинка — не куча, две песчинки — не куча, а миллион песчинок — уже куча. Где та грань, где множество песчинок становится кучей? В ряде задач синергетика сегодня умеет конкретно и содержательно определять эту грань. Во-вторых, это подход, развитие которого требует совместных усилий естественников, гуманитариев, математиков, а сейчас можно добавить: руководителей, инженеров, экспертов.

Важнейшее понятие синергетики — самоорганизация — выделение в ходе развития сложной системы ведущих переменных или процессов, которые начинают со временем определять динамику всех остальных. Типичный пример самоорганизации — формирование течения в искусстве, моды или большого стиля. За много лет до ученых важность самоорганизации ощутил поэт: «Эти сегодня стихи и оды, в аплодисментах ревомые ревя, войдут в историю как накладные расходы на сделанное нами — двумя или тремя» (Маяковский В. «Разговор с фининспектором о поэзии»).

Самоорганизация самым тесным образом связана с математическим моделированием. Что такое модель? Это специально созданный или воображаемый объект, изучение которого дает новое знание об изучаемой системе или помогает более эффективно управлять ею. По сути, это волшебное зеркало, которое позволяет выделить главное и пренебречь второстепенным. Сущность моделирования прекрасно выразил А. Блок: «Сотри случайные черты – и ты увидишь: мир прекрасен» («Возмездие»). Но, естественно, моделировать надо наиболее важные переменные или процессы, зачастую выделяющиеся в ходе самоорганизации.

По мнению одного из основоположников синергетики в России С.П. Курдюмова, в течение многих лет являвшегося директором Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, именно синергетика даст тот язык, который позволит естественникам, гуманитариям, математикам, художникам, работающим в разных жанрах, говорить на одном языке и, главное, обсуждать Будущее поверх дисциплинарных и цеховых барьеров [15, 16].

И сейчас эти надежды оправдываются — понятия и концепции, родившиеся в теории самоорганизации, появляются на страницах книг и газет, далеких от точных наук, входят в массовое сознание. Такие термины, как «горизонт прогноза», «аттракторы», «эффект бабочки», «фракталы», «управление хаосом», «режимы с обострением» и ряд других, возникших в ходе математического моделирования, начинают встречаться все чаще.

Можно сказать, что синергетика говорит на языке математических моделей. И для гуманитарных дисциплин, сферы художественного творчества мост, который она строит между двумя культурами, не менее важен, чем для естественных наук. Если в XX в. главными «заказчиками» для математического моделирования были техника, физика, отчасти химия, то в XXI в. приоритеты изменятся. На авансцену выйдут медицина, социология, психология, математическая история, управление рисками, нейронаука.

Схожие идеи выдвигали и наши выдающиеся гуманитарии. Л.Н. Гумилев в последние годы писал о предсказуемости процессов этногенеза и обращался ко многим метафорам естественных наук [17]. Ю.М. Лотман непосредственно ставил вопрос о бифуркациях в развитии культуры, об открывающихся альтернативах [18].

Глубокий и содержательный диалог представителей двух культур, обретение целостности и единства необходимы для развития нашей цивилизации, для того, чтобы уберечь реальность, создававшуюся десятки веков. Развитие междисциплинарных подходов, во многом опирающееся на опыт развития математических наук, в последние 40 лет показало,

что диалог возможен. За ним будущее. Он должен состояться.

Примечание

- ¹ Главный труд Евклида «Начала», написанный около 300 г. до н. э. и посвященный систематическому построению геометрии, стал образцом для математиков следующих поколений и примером блестящего использования аксиоматического метода.

Список источников

1. Механик А. Не становитесь какими-то мерзкими // Эксперт. 2014. № 34. С. 18–24.
2. Новая философская энциклопедия : в 4 т. Т. 2 / Ин-т философии РАН ; Научно-ред. совет: В.С. Степин, А.А. Гусейнов, Г.Ю. Семигин. Москва : Мысль, 2010. С. 341.
3. Оствальд В.Ф. Наука и культура // Мир культуры и культурология. 2011. Вып. 1. С. 57–61.
4. Радемахер Г., Теплиц О. Числа и фигуры. Опыты математического мышления. 4-е изд. Москва : Изд-во ЛКИ, 2007. 264 с.
5. Евклид. Начала. Москва : Либроком, 2013. 744 с.
6. Мысли и изречения древних (с указанием источника) / сост. К.В. Душенко. Москва : Эксмо, 2003. С. 334.
7. Малинецкий Г.Г. Чтоб сказку сделать былью... Высокие технологии — путь России в будущее. 3-е изд. Москва : ЛЕНАНД, 2015. 224 с.
8. Пикокер К. Великая математика. От Пифагора до 57-мерных объектов. 250 основных вех в истории математики. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 539 с.
9. Успенский В.А. Математическое и гуманитарное : Преодоление барьера : 3-е изд. Москва : МЦНМО, 2014. 48 с.
10. Фуко М. Воля к истине: по ту сторону знания, власти и сексуальности : Работы разных лет / пер. с франц. Москва : Касталь, 1996. 448 с.
11. Понтер К. Логика научного исследования. Москва : АСТ ; Астрель, 2010. 576 с.
12. Кац Е.А. Фуллерены, углероды, трубки и нанокластеры : Родословная форм и идей. Москва : Изд-во ЛКИ, 2008. 296 с.
13. Сноу Ч.П. Портреты и размышления. Москва : Прогресс, 1985. С. 195–226.
14. Хакен Г. Синергетика. Москва : Мир, 1980. 406 с.
15. Мне нужно быть : Памяти Сергея Павловича Курдюмова / ред.-сост. З. Журавлева. Москва : КРАСАНД, 2010. 480 с.
16. Малинецкий Г.Г. Образ учителя. Десять лет спустя // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2015. № 60. 32 с.
17. Гумилев Л.Н., Ермолаев В.Ю. Проблема предсказуемости в изучении процессов этногенеза // Пределы предсказуемости / ред. Ю.А. Кравцов. Москва : ЦентрКом, 1997. С. 236–247.
18. Лотман Ю.М. Чему учатся люди. Статьи и заметки. Москва : Центр книги ВГБИЛ им. М.И. Рудомино, 2010. 416 с.

T.S. AKHROMEYEVA,
G.G. MALINETSKY, S.A. POSASHKOV

MATHEMATICS AS A PART OF CULTURE

From the interdisciplinary positions, the article examines the program of culture building developed by W.F. Ostwald, an outstanding chemist and philosopher. In that context, it considers the development of mathematical arts in the cultural system. Based on the given analysis, the authors offer their opinion on that what should be changed in the approach to mathematics and mathematical education in Russia.

Key words: Ostwald's program, interdisciplinary approach, natural-science culture, mathematical arts, harmony, scientific tradition, educational catastrophe, mathematical education.

Citation: Akhromeyeva T.S., Malinetsky G.G., Posashkov S.A. Mathematics as a Part of Culture, *Observatory of Culture*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 14–23.

About authors

Tatiana Sergeyevna Akhromeyeva,

Keldysh Institute of Applied Mathematics
of the Russian Academy of Sciences, Research Assistant,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences
e-mail: Akhromeyeva@gmail.com
Miusskaya sq., 4, Moscow, 125047, Russia

Georgy Gennadyevich Malinetsky,

Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian
Academy of Sciences, Head of Department,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor
e-mail: GMalin@Keldysh.ru
Miusskaya sq., 4, Moscow, 125047, Russia

Sergey Aleksandrovich Posashkov,

Financial University under the Government
the Russian Federation, Dean of the Department
of Mathematical Methods in Economics and Anti-Crisis
Management, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
e-mail: SPosash@mail.ru
Leningradsky avenue, 49, Moscow, MPO-3, 125993, Russia

Acknowledgements

This article has been written with the support of the Russian Foundation for Basic Research (project no. 15-06-07926) and the Russian Foundation for Humanities (project no. 15-03-00404).

References

1. Mekhanik A. Ne stanovites' kakimi-to merzkimi. *Ekspert*, 2014, no. 34, pp. 18–24.
2. Stepin V.S., Guseinov A.A., Semigin G.Yu. (eds.) *Novaya filosofskaya entsiklopediya*, in 4 vol. Moscow, Mysl' Publ., 2010, vol. 2, p. 341.
3. Ostwald W.F. *Nauka i kul'tura. Mir kul'tury i kul'turologiya*, 2011, vol. 1, pp. 57–61.
4. Rademacher H., Toeplitz O. *Chisla i figury. Opyty matematicheskogo myshleniya* [Von Zahlen und Figuren: Proben mathematischen Denkens für Liebhaber der Mathematik]. Moscow, Izd-vo LKI, 2007, 264 p.
5. Euclidis, *Nachala* [Elementa geometriae]. Moscow, Librokom Publ., 2013, 744 p.
6. Dushenko K.V. (ed.) *Mysli i izrecheniya drevnikh (s ukazaniem istochnika)*. Moscow, Eksmo Publ., 2003, p. 334.
7. Malinetskii G.G. *Chtob skazku sdelat' byl'yu... Vysokie tekhnologii – put' Rossii v budushchee*. Moscow, LENAND Publ., 2015, 224 p.
8. Pickover C.A. *Velikaya matematika. Ot Pifagora do 57-mernykh ob'ektov. 250 osnovnykh vekh v istorii matematiki* [The Math Book: From Pythagoras to the 57th Dimension, 250 Milestones in the History of Mathematics]. Moscow, BINOM, Laboratoriya znanii Publ., 2015, 539 p.
9. Uspenskii V.A. *Matematicheskoe i gumanitarnoe. Preodolenie bar'era*. Moscow, Moscow Center for Continuous Mathematical Education Publ., 2014, 48 p.
10. Foucault M. *Volya k istine: po tu storonu znaniya, vlasti i seksual'nosti. Raboty raznykh let* [Le souci de la vérité]. Moscow, Kastal' Publ., 1996, 448 p.
11. Popper K. *Logika nauchnogo issledovaniya* [Logik der Forschung]. Moscow, AST, Astrel' Publ., 2010, 576 p.
12. Kats E.A. *Fullereny, uglerodnye trubki i nanoklastery. Rodoslovnaya form i idei*. Moscow, LKI Publ., 2008, 296 p.
13. Snow C.P. *Portrety i razmyshleniya*. Moscow, Progress Publ., 1985, pp. 195–226.
14. Haken H. *Sinergetika* [Synergetik, eine Einführung]. Moscow, Mir Publ., 1980, 406 p.
15. Zhuravleva Z. (ed.). *Mne nuzhno byt'. Pamyati Sergeya Pavlovicha Kurdyumova*. Moscow, KRASAND Publ., 2010, 480 p.
16. Malinetskii G.G. *Obraz uchitelya. Desyat' let spustya* [Image of the teacher. Ten years afterward], *Preprinty IPM im. M.V. Keldysha* [Keldysh Institute Preprints], 2015, no. 60, 32 p.
17. Gumilev L.N., Ermolaev V.Yu. *Problema predskazuemosti v izuchenii protsessov etnogeneza, Predely predskazuemosti*. Moscow, TsentrKom Publ., 1997, pp. 236–247.
18. Lotman Yu.M. *Chemu uchatsya lyudi. Stat'i i zametki*. Moscow, Margarita Rudomino All-Russia State Library for Foreign Literature Publ., 2010, 416 p.