

# **Раздел 3. ВЫСТУПЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ – ЛАУРЕАТОВ МЕДАЛИ Н. Д. КОНДРАТЬЕВА «ЗА ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ НАУК»**

## **10**

### **Роль математических знаний в развитии образования, науки и культуры**

#### **Золотая медаль**

*В. А. Садовничий*

Уважаемые коллеги! Благодарю Международный фонд Н. Д. Кондратьева за награждение золотой медалью «За вклад в развитие общественных наук». Современная эпоха связана с проникновением математики и математических методов в самые разные области знания, включая и общественные науки. Поэтому свое выступление я хотел бы посвятить роли математических знаний в развитии образования, науки и культуры.

#### **Ценность математики в развитии научного знания**

«Царицей наук» назвал математику К. Гаусс, сам получивший почетный титул «короля математики». И хотя сказал он так в XIX в., сейчас ясно, что уже на заре развития человеческого общества именно с математики началось такое осмысление мира, в основе которого лежит становление и развитие научного знания.

Самой древней математической деятельностью был счет. Так, до нас дошел наскальный рисунок, который изображает число 35 в виде серии выстроенных в ряд 35 палочек-пальцев.

Сохранившиеся до наших дней египетские папирусы (например, папирус Ринда из коллекции Британского музея или «Московский папирус» из коллекции Государственного музея изобразительных искусств имени А. С. Пушкина) и вавилонские глиняные таблички дают нам представление о проводимых вычислениях при обмене денег, расчетах за товар, исчислении налогов, строительных и астрономических расчетах. Древним

Кондратьевские волны: к 125-летию Н. Д. Кондратьева 2018 188–202

египтянам и вавилонянам были известны правила вычисления площадей треугольника по стороне и высоте, круга – по его радиусу, а также объем пирамиды и усеченной пирамиды с квадратным основанием. Вавилоняне знали, что в прямоугольном треугольнике квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов, а также обратное предложение; умели решать квадратные уравнения, находить приближенные значения квадратных корней из неквадратных чисел. Им были известны правила суммирования арифметической прогрессии и ряда квадратов натуральных чисел.

При этом математика и в Древнем Египте, и в Вавилоне носила сугубо утилитарный характер. Математические знания излагались в то время в виде рецептов, правильность которых не доказывалась. Так, вавилонские таблички с решением математических задач завершались фразой «такова процедура».

Период возникновения математики как науки можно определить довольно точно – VI в. до н. э. Само ее название произошло от греческого слова μάθημα (máthēma), которое означает изучение, знание, науку, и слова μαθηματικός (mathēmatikós), означающего любовь к познанию, любовь к науке.

Связано это было прежде всего с именами Фалеса Милетского и Пифагора Самосского. Представители милетской школы, родоначальником которой считался философ Фалес, заложили основы математики как доказательной науки. К заслугам пифагорейской школы, или Пифагорейского союза, относятся построение геометрии и арифметики как теоретических, доказательных наук, строгое доказательство знаменитой теоремы Пифагора, введение элементов теории чисел (понятий простого числа, взаимно простых чисел, исследование делимости, построение совершенных чисел). В этой же школе были открыты три из пяти правильных тел: куб, тетраэдр и додекаэдр.

Выдающийся греческий философ Платон был убежден, что физический мир постижим лишь посредством математики. Считается, что именно ему принадлежит заслуга изобретения аналитического метода доказательства.

В этот период появляются прообразы первых учебников по математике, которые назывались «начала». Самым известным из них стали «Начала» Евклида из Александрии, созданные около 300 г. до н. э. В «Началах» Евклид сформулировал пять постулатов геометрии, носящей с тех пор его имя. Наиболее знаменит пятый постулат, согласно которому через точку, взятую вне прямой, можно провести одну и только одну прямую, параллельную данной.

Вопрос о том, является ли этот постулат независимой аксиомой или он может быть выведен из других аксиом, занимал математиков много сотен лет. Первыми, кто открыто бросили вызов авторитету многих столетий, были Николай Иванович Лобачевский и венгерский математик

Янош Больяи. Сначала в 1829 г. опубликовал свой труд Н. И. Лобачевский. Через два года появилась работа Я. Больяи. Геометрия Лобачевского не была признана при жизни ее творца. Но уже в 1870-х гг. его работы были переведены во многих странах мира и дали толчок бурному развитию науки. Вслед за геометрией Н. И. Лобачевского была открыта неевклидова геометрия Б. Римана, затем А. Кэли, Ф. Клейна, Д. Гильберта.

Геометрия Лобачевского – это геометрия, без которой мы сейчас жить не можем. Любой прибор, например телефон, любая научная область, например теория относительности, что бы вы ни взяли – это все уже неевклидова геометрия, это более сложная геометрия со сложной кривизной метрики... Конечно, Н. И. Лобачевский гениален, гениален на все времена, он предвосхитил развитие и науки, и технологий, а также научные исследования всего окружающего нас мира на много лет вперед.

Появление математики как систематической науки оказало существенное влияние на другие области знаний. В настоящее время математика стала не просто полезным практическим аппаратом, но и основным инструментом выработки научного мировоззрения, выявления внутренней сущности явлений и процессов, построения различных теоретических выводов. Современная математика – важнейший инструмент для большинства естественных и многих социально-гуманитарных наук. Догматом стали слова выдающегося философа XVIII в. Иммануила Канта: «...я утверждаю, что в любом частном учении о природе можно найти науки в собственном смысле лишь столько, сколько имеется в ней *математики*».

Математические знания превратились в повседневное орудие исследований в физике, астрономии, биологии, медицине, лингвистике, экономике, истории и многих других областях теоретической и прикладной научной деятельности. Об этом красноречиво свидетельствует деятельность многих выдающихся отечественных математиков. Показателен опыт великого российского ученого Пафнутия Львовича Чебышёва (1821–1894), основные теоретические исследования которого относятся к теории чисел, теории вероятностей, теории приближения функций, математическому анализу и прикладной математике. Уже будучи крупным математиком, он, находясь в командировке за границей, изучал паровые машины. Паровые двигатели привели к переходу от ручного к механизированному труду. Фактически это была первая промышленная революция, которая с помощью энергии воды и пара быстро распространилась на многие виды производства: движение, освещение, работу ткацких станков, подъемников и т. д. Казалось бы, зачем математику П. Л. Чебышёву изучать паровую машину?

Дело вот в чем: принцип паровой машины таков, что пар толкает цилиндр прямолинейно, вверх-вниз или влево-вправо. Но надо же превратить это движение в круговое, чтобы что-то вращалось, и для этого Дж. Уатт, великий английский изобретатель, придумал параллелограмм, такое устройство, которое превращает поступательное движение поршня

во вращательное. Поскольку колесо вращает, то шток неравномерно ходит, он бьется и изнашивается, поэтому паровые машины были неэффективны. И Чебышёв заинтересовался вопросом: а нельзя ли ее улучшить? Он предложил найти многочлен  $n$ -й степени с единичным коэффициентом, который наименее уклоняется от нуля, потому что ему надо было наилучшим способом приблизить к нулю эти биения. Многочлен должен быть близок к нулю, чтобы шток не бился. Возникли теория функций, теория приближений, функциональный анализ, и сейчас вся математика опирается на этот гениальный результат П. Л. Чебышёва.

Применяя абстрактную математическую теорию к решению практических задач, ученый доказывал, что это важно для самой науки. «Сближение теории с практикой, – утверждал П. Л. Чебышёв, – дает самые благоприятные результаты, и не одна только практика от этого выигрывает: сами науки развиваются под влиянием ее: она открывает им новые предметы для исследования или новые стороны в предметах давно известных... Если теория много выигрывает от новых приложений старой методы или от новых развитий ее, то она еще более приобретает открытием новых методов, и в этом случае науки находят себе верного руководителя в практике».

Мне выпала честь многие годы сотрудничать с лауреатом Нобелевской премии Ильей Романовичем Пригожиным. Он тоже фактически сделал колоссальное открытие – сказал, что хаоса бояться не надо, из хаоса в результате определенных законов возникает порядок. В своих работах И. Р. Пригожин ответил на вопросы, как из хаоса возникает порядок и какую роль играет здесь время. В 2010 г. ученые, пользуясь методом Пригожина, предсказали вторую волну финансово-экономического кризиса, который произошел 4 августа 2011 г. При этом были использованы методы нелинейной динамики для формирования порядка из хаоса. Вот так математика проявляет свою значимость для жизни общества.

В результате мы с И. Р. Пригожиным создали в Московском университете Институт математических исследований сложных систем, который ведет активную работу в новейших областях математики и ее приложениях, в том числе долгосрочном прогнозировании научно-технологического развития в рамках форсайт-исследований.

В Институте действует лекторий «Время, хаос и математические проблемы» и проводится регулярный научный семинар по моделированию динамики и информационных процессов в живых системах, главная задача которых – показать, как идет разработка современных методов описания сложных систем в природе и обществе. Один из последних докладов – «Один пояс, один путь: модели и прогнозы» (академик В. А. Садовничий, иностранный член РАН А. А. Акаев).

Я помню, как-то с Аскармом Акаевичем Акаевым в Киргизии мы затрагивали эту тему, он был президентом страны, а я приехал в гости, и мы долго обсуждали применение работ И. Р. Пригожина к экономике. Аскар Акаевич продолжает сейчас делать блестящие работы по анализу состояния мировой экономики, по прогнозам экономического развития. Им было спрогнозировано достижение нижней точки развития экономики в 2017–2018 гг. из-за низких цен на сырьевые товары и долларовых долгов многих стран, что удешевляет их собственную валюту. Но в период с 2018 по 2024 г. А. А. Акаев прогнозирует ускорение экономического развития на основе внедрения в производство современных технологий, роста глобальной торговли, совместных действий развитых и развивающихся стран, которые дадут старт новым отраслям и экономическому подъему во всем мире.

Приведу еще два примера. Роль математики в космических исследованиях несомненна. Когда в стране началось бурное освоение космического пространства и подготовка к полету человека в космос, перед учеными встал вопрос: какое воздействие окажет полет на организм человека? При старте космического корабля возникают большие перегрузки, на орбите наступает невесомость – новое, непривычное для человека и не изученное ранее состояние, когда организм ослабевает. Затем предстоит спуск с орбиты – и снова большие перегрузки.

Задачу подготовки человека к космическому полету поставил перед Московским университетом Центр подготовки космонавтов. Мне пришлось тогда, в 1977 г., возглавить группу ученых механико-математического факультета с участием специалистов из Центра подготовки космонавтов и начать работу семинара по динамической имитации космического полета. Перед нами стояла задача – создать на земле тренажер, который в режиме реального времени имитировал бы все стадии полета космонавта: старт, орбитальный полет и невесомость, посадку. Эту задачу нашей группе удалось решить. Разработанное математическое обеспечение позволило добиться на тренажере-центрифуге почти полного совпадения с результатами всех этапов реального полета в космическом корабле. Впервые в мире была осуществлена имитация невесомости на земле. Все командиры экипажей, отправляющихся на МКС, проходят подготовку на этом тренажере и дают ему высокую оценку. За имитационное моделирование всех этапов космического полета мы были удостоены Государственной премии СССР.

Космос – одно из главных направлений научных исследований университета. Московский университет уже запустил шесть спутников. Последний из них – «Ломоносов», отправленный в 2016 г. с космодрома «Восточный», сейчас передает информацию о состоянии космического пространства. Эта космическая станция, несущая десятки приборов, имеет

огромный вес и размеры. Фактически это настоящая космическая лаборатория для изучения экстремальных явлений во Вселенной и в околоземном космосе. Приборы, установленные на «Ломоносове», помогут изучить самые мощные энерговыделения – взрывы во Вселенной; они регистрируют космические лучи предельно высоких энергий, природа и источники которых пока неизвестны; ведут мониторинг радиационной обстановки. Успешно запущенный спутник «Ломоносов» уже передает научную информацию.

Еще один пример – математика в исследовании живых систем. Наиболее важные и перспективные разделы современной биологии, такие как исследование белка или расшифровка геномов, немыслимы без применения подходящего математического аппарата; возникла новая научная дисциплина – биоинформатика. В настоящее время мы наблюдаем один из самых высоких конкурсов среди абитуриентов при поступлении в Московский университет на факультет биоинженерии и биоинформатики.

С 2014 г. реализуется проект Московского университета «Ноев ковчег: научные основы создания национального банка-депозитария живых систем» по созданию многофункционального сетевого хранилища биологического материала. Одним из основных достижений проекта к настоящему времени стала открытая информационная система `depo.msu.ru`, объединившая абсолютно разные категории живых существ в одной базе данных. Создан «электронный гербарий» с 777 тысячами образцов и собрана коллекция из 12 тысяч образцов микроорганизмов, грибов и клеток растений.

Создание депозитария позволит сохранить биоразнообразие нашей планеты и выработать новые способы полезного использования биологического материала. Так, применение математических знаний в работе с биобанками открывает принципиально новые способы хранения информации.

Как известно, ДНК – это полимерная молекула, состоящая из четырех разновидностей мономеров – нуклеотидов. Количество нуклеотидов в одной молекуле ДНК может превышать несколько миллионов. При этом в клетке бактерии ДНК уложена настолько компактно, что разглядеть ее можно только в очень мощный микроскоп. Именно компактность укладки ДНК и натолкнула ученых на мысль о ее использовании в качестве хранилища информации. Перед записью данных в молекулы информация должна быть преобразована из двоичной системы в четверичную: по количеству видов азотистых оснований нуклеотидов – аденин (А), тимин (Т), цитозин (Ц), гуанин (Г).

Таким образом, можно закодировать, например, аббревиатуру МГУ в генетическом коде.

Генетическая информация кодируется в молекуле ДНК, состоящей из четырех нуклеотидов, которые обозначаются буквами А, Т, Г, Ц. Если мы

обозначим их цифрами 0, 1, 2, 3, то получим четверичную систему счисления, в которой можно записать любое число и любой текст, предварительно трансформировав его в числовую форму.

Запишем буквы М, Г и У в четверичном коде:

$$14 = 0 \cdot 4^2 + 3 \cdot 4^1 + 2 \cdot 4^0 = 032.$$

$$4 = 0 \cdot 4^2 + 1 \cdot 4^1 + 0 \cdot 4^0 = 010.$$

$$21 = 1 \cdot 4^2 + 1 \cdot 4^1 + 1 \cdot 4^0 = 111.$$

Итак, аббревиатура МГУ в четверичном коде выглядит следующим образом: 032 010 111.

А если перевести этот код обратно на химический язык ДНК, получаем вот что: АЦГ АТА ТГТ.

Именно так будет выглядеть аббревиатура МГУ, зашифрованная в генетическом коде ДНК.

Биологический способ хранения информации во много раз превышает возможности электронного. Один грамм бактерий может вместить столько же данных, сколько 450 жестких дисков емкостью 2 терабайта. Пока, впрочем, технология не представляет практического интереса, потому что синтез ДНК чрезвычайно дорог.

### **Математика как основа системы образования**

Среди всех учебных дисциплин математика занимает особое место, ее не случайно называют гимнастикой ума. Ломоносов утверждал, что «математику уже затем учить следует, что она ум в порядок приводит».

Математика учит думать, учит правильно, логически последовательно рассуждать, а это значит не только решать примеры и доказывать теоремы, но и правильно ставить задачи и принимать верные решения, просчитывая их близкие и отдаленные последствия.

Настоящее, хорошее математическое образование ценно еще и тем, что оно сопряжено с воспитанием личности, с развитием в человеке таких важных свойств, как целеустремленность, интеллектуальная честность, воля, стремление к творчеству и эстетическому совершенству.

Систематическое изучение математики существовало уже в Древней Греции. Так, преподавание математических дисциплин велось в рамках Академии Платона (IV в. до н. э.) и в первом античном университете – александрийском Мусейоне (III в. до н. э.).

Началом преподавания математики в России считается 1701 год, когда по Указу Петра I в Москве была создана первая русская школа «математических и навигацких наук». Как писал Ломоносов, Петр «усмотрел тогда ясно, что ни полков, ни городов надежно укрепить, ни кораблей построить и безопасно пустить в море [невозможно], не употребляя математики».

Первым учителем математики, работавшим в этой школе, был Леонтий Магницкий, автор первого учебника по арифметике – того самого, который М. В. Ломоносов назвал «вратами своей учености». Этот учебник сейчас хранится в Научной библиотеке Московского университета. Лекции по математике читались в Московском университете со времени его открытия в 1755 г.

М. В. Ломоносов полагал, что при университете должны быть открыты гимназии, готовящие будущих студентов к университетскому образованию. В письме к Шувалову в 1754 г. Ломоносов писал: «При университете необходимо должна быть гимназия, без которой университет, как пашня без семян». Согласно «Проекту о Учреждении Московского университета», предполагалось обучение гимназистов арифметике и геометрии.

Существенную роль в становлении математического образования в России сыграли профессор Московского университета Николай Дмитриевич Брашман и выпускник МГУ, академик Пафнутий Львович Чебышёв.

И сейчас Московский университет уделяет большое внимание развитию школьного математического образования.

Структурным подразделением Московского университета является Специализированный учебно-научный центр – школа-интернат для одаренных детей (СУНЦ), настоящая жемчужина математического образования. Среди его выпускников свыше восьми тысяч (!) кандидатов наук, более восьмисот докторов наук, пять академиков Российской академии наук и Российской академии образования. В 2016 г. распахнула двери Университетская гимназия. Обучение в гимназии проводится по пяти профилям: математическому, инженерному, естественно-научному, гуманитарному и социально-экономическому.

В 1999 г. в Соединенных Штатах Америки была создана по инициативе Министерства образования США Национальная комиссия по преподаванию математики и естественных наук в XXI в. Доклад Комиссии, более известной как «Комиссия Гленна» (по имени ее председателя, знаменитого космонавта Джона Гленна), озаглавлен весьма красноречиво – «Пока еще не слишком поздно».

Главная идея сформулирована достаточно четко: страна, которая хотела бы адекватно отвечать серьезнейшим вызовам времени, должна опираться в первую очередь на хорошее математическое и естественно-научное образование, иначе у этой страны нет будущего.

Эти выводы, безусловно, актуальны и для современной России. Московским университетом разработана Концепция «Повышение математической культуры в обществе», направленная на рост общественного статуса математического образования и математической культуры. Качественное математическое образование необходимо каждому человеку для его успешной жизни и деятельности в современном обществе.

### **Математические основы развития культуры и искусства**

По словам одного из выдающихся философов XX в. Бертрانا Рассела, математика владеет не только истиной, но и высшей красотой – красотой отточенной и строгой, возвышенно чистой и стремящейся к подлинному совершенству, которое свойственно лишь величайшим образцам искусства.

Чувство прекрасного, присущее каждому человеку, неразрывно связано с понятиями красоты и гармонии. Как измерить красоту, как объяснить стремление человека создавать произведения искусства, которые могут пронзительно воздействовать на человека?

Поставив перед собой цель – объяснить с помощью научных методов понятия красоты, эстетики, искусства, исследователи обращаются к математике и математическим методам.

Английский математик Годфри Харди писал: «Творчество математика в такой же степени есть создание прекрасного, как творчество живописца или поэта, – совокупность идей, подобно совокупности красок и слов, должна обладать внутренней гармонией. Красота есть первый пробный камень для математической идеи».

Изучая математику, мы получаем богатый инструментарий для постижения законов красоты в природе, искусстве, архитектуре, живописи. Попытки постичь «законы красоты» или хотя бы приблизиться к ним предпринимались с древнейших времен: это и математические законы Пифагора в музыке, и геометрическая модель Вселенной Кеплера, и система пропорций в скульптуре и архитектуре, и геометрические законы живописи.

В свое время я отметил особую планировку английских парков: все аллеи в них имеют овальную форму. Даже в холмистой местности аллеи представляют собой, как говорят математики, гладкие линии. Д. О. Швидковский (ректор МАРХИ) объяснил мне: дело в том, что архитектура парков следовала за развитием математики. Во времена Пифагора дизайнеры рисовали прямоугольники, треугольники, и все парковые решения были прямоугольные. Когда Ньютон изобрел дифференциальное исчисление и появилось понятие гладкой кривой, парковая культура сразу унаследовала это великое открытие математики – гладкую дифференцируемую линию. В старых парках любой страны можно заметить, как развитие архитектуры следовало за развитием математики.

Поэзия, ритмическая речь, безусловно, руководствуются законами математики. «Математик, который не является отчасти поэтом, никогда не достигнет совершенства в математике», – писал немецкий математик Карл Вейерштрасс.

Базовыми школьными предметами являются русский язык, литература и математика. Математика учит мыслить, логически рассуждать, доказывать, аргументировать. Но все эти действия совершаются при помощи

языка, и чем лучше знание родного языка, чем совершеннее человек владеет языком, тем успешнее будут аргументация и доказательства в математике и любой другой науке. Так, в начале XVIII в. Леонтий Магницкий, создавая учебник «Арифметика», одновременно закладывает основы русского математического языка.

В Московском университете работали профессора, имевшие двойственную научную принадлежность. Например, в середине XIX в. видный филолог, философ и математик Иван Иванович Давыдов одновременно являлся деканом историко-филологического факультета и профессором физико-математического факультета. Он написал учебники «Грамматика русского языка», «Учебная книга русского языка», книги по истории и философии и одновременно перевел два труда Луи-Бенжамена Франкёра, французского математика, академика Парижской академии наук, «Высшая алгебра» и «Интегральное и вариационное исчисление и исчисление разностей». Связь русского языка и математики не прерывалась в университете никогда – ни в давние времена, ни в настоящее время.

С именем выдающегося математика, академика АН СССР А. Н. Колмогорова связано применение математических методов в изучении стихосложения и литературы. Крупнейший математик XX в., он не только внес весомый вклад в филологическую науку, но и многое сделал для филологического образования. А. Н. Колмогоров первым дал строгое математическое определение отличия поэзии от прозы: 1) проза – сплошная речь, поэзия делится на сопоставимые между собой единицы – стихи; 2) стих обладает внутренней мерой (метром), а проза не обладает. Метр – это закономерность ритма, обладающая достаточной определенностью, чтобы вызвать, во-первых, ожидание подтверждения, во-вторых, переживание перебора при ее нарушении. Колмогоров изучал классические работы Жуковского, Пушкина, Блока, Ахматовой, Маяковского, Цветаевой, Пастернака, Багрицкого и других русских поэтов, а также русскую литературу, что позволило ему сделать математические модели стихосложения и литературного творчества, которые потом легли в основу структурной лингвистики. Работы А. Н. Колмогорова по поэзии и литературе были одними из первых, в которых исследовались ритмика и строение этих произведений.

Одним из крупнейших математиков, который был и замечательным персидским поэтом, и выдающимся ученым-энциклопедистом, является Омар Хайям. При жизни Хайям был известен исключительно как выдающийся ученый. Хайям первым среди математиков создал теорию решения уравнений до третьей степени включительно и дал общую классификацию всех уравнений. Именно он дал первое дошедшее до нас определение алгебры как науки. Но его имя осталось известным в истории в первую очередь благодаря его четверостишиям. Форма стихов Хайяма – рубаи, исконно народная форма стихов. Рубаи Хайяма – это своеобразная мини-

тюра, где целая жизнь, большие человеческие переживания заключены в четырех строках. Действительно, комбинации слов и рифм в строках стихотворений можно рассматривать как лингвистические композиции поэтических образов и фонетических созвучий, которые организованы в соответствии с законами пропорции и математической гармонии.

Многие вопросы, связанные с природой музыки и ее воздействием на человека, могут быть описаны языком математики. Например, образование звука в музыкальных инструментах описывается математическими задачами. Нет такой области музыки, где числа не выступали бы конечным способом описания происходящего: в ладах есть определенное число ступеней; ритм делит время на единицы и устанавливает между ними числовые связи.

Один из величайших математиков древности – Пифагор – создал свою «школу мудрости», положив в ее основу два «искусства»: музыку и математику. Одним из основных достижений пифагорейцев в математической теории музыки был разработанный ими способ вычисления интервалов между звуками гаммы – пифагоров строй. Новая технология использовалась для настройки популярного в то время струнного музыкального инструмента – лиры, которая зазвучала красивее.

На механико-математическом факультете МГУ работал профессор Георгий Евгеньевич Шилов, специалист по математическому анализу. Он написал книжку «Простая гамма (устройство музыкальной шкалы)», в которой очень точно показал, как можно положить на язык математики музыку. Математика не может заменить Баха или Моцарта, но математика – это один из способов применения цифровой технологии к такому уникальному явлению человеческого творчества, как музыка, неповторимому искусству.

Законы математики являются незаменимыми и в визуальном искусстве: в живописи, скульптуре, архитектуре. Еще в глубокой древности архитекторы, а в эпоху Возрождения художники открыли, что любое строение или картина имеют определенные точки, невольно привлекающие наше внимание, так называемые зрительные центры. Это открытие получило название «золотое сечение» и впервые было описано Лукой Пачоли в 1509 г. в книге «Божественная пропорция». Однако пропорции, соответствующие «золотым», присутствуют уже в архитектурных шедеврах древности, начиная с Египетских пирамид и Парфенона.

По архитектурному совершенству храм Покрова Пресвятой Богородицы на Нерли, созданный на Руси в 1165 г., часто сравнивают с Парфеноном. Непостижимая гармония этого шедевра древнерусского зодчества, устремленного ввысь, подчинена математически строгим законам пропорциональности, его план построен на пропорциях золотого сечения.

Леонардо да Винчи также много внимания уделял изучению золотого сечения. Он производил сечения стереометрического тела, образован-

ного правильными пятиугольниками, и каждый раз получал прямоугольники с отношениями сторон в золотом сечении. В то же время на севере Европы, в Германии, над теми же проблемами трудился Альбрехт Дюрер. Дюрер подробно разрабатывает теорию пропорций человеческого тела. Рост человека делится в золотых пропорциях линией пояса, а также линией, проведенной через кончики средних пальцев опущенных рук.

Невозможно представить себе изобразительное искусство и без математической теории перспективы – изображения трехмерного пространства на двумерной плоскости. Как и большинство открытий, открытие линейной перспективы не принадлежит какому-либо первооткрывателю – многие художники внесли в него свой вклад. Наиболее полное развитие практическая перспектива получила в работах мастеров эпохи Возрождения – Леонардо да Винчи, Рафаэля и Микеланджело.

Таким образом, математические наблюдения проходят через всю многовековую историю человеческого творчества. Принципы пропорции, симметрии играют важную роль в искусстве: архитектуре, живописи и скульптуре, поэзии и музыке. Законы природы, в свою очередь, также подчиняются законам математики. Объективность и неопровержимость математических законов помогают человечеству объяснить и понять самые субъективные явления – красоту, гармонию, эстетику. И этот факт еще раз подчеркивает гармоничность нашего мира.

### **Математические знания и суперкомпьютерные вычисления**

Математическое моделирование различных объектов и процессов и вычислительные эксперименты, заменяющие реальные натурные эксперименты, давно уже стали неотъемлемой частью современной науки. Сейчас на повестку дня выходят уже не просто вычисления, а супервычисления на мощных вычислительных системах с производительностью в несколько петафлопс.

Суперкомпьютеры необходимы для решения широкого круга стратегических государственных задач, в том числе задач национальной безопасности, и являются основой технологического развития многих отраслей (нефтедобыча, прогнозы погоды, разработка новых лекарственных препаратов, воздушных лайнеров и других сложных объектов).

За последние годы в Московском университете создан мощнейший суперкомпьютерный комплекс. В 2009 г. был введен в строй суперкомпьютер МГУ «Ломоносов», в последующие годы его производительность была доведена до 1,7 петафлопс.

Новый суперкомпьютер МГУ «Ломоносов-2» сразу после его запуска занял 22-е место в рейтинге «Топ-500» суперкомпьютеров мира. Обогнали МГУ ведущие государственные научные центры США, Германии и Ки-

тая. В настоящий момент на суперкомпьютерном комплексе МГУ зарегистрировано около полутора тысяч пользователей из почти 300 организаций.

### **Анализ больших данных и технологии машинного обучения**

«Большие данные», или Big Data, – это не просто научный термин, это глобальный феномен, который затрагивает практически все сферы современных научных исследований.

«Лавинообразный поток информации», «индустриальная революция данных», «новый период существования» – все это заголовки статей, посвященных анализу больших данных. В начале XXI в. цифровая информация постепенно вытесняет аналоговую.

В настоящее время принято выделять до семи главных признаков больших данных в свете задач их хранения и обработки (по-английски все они начинаются с буквы V): Volume (объем данных), Velocity (скорость поступления данных), Variety (разнообразие видов данных), Variability (изменчивость, неустойчивость значений данных), Veracity (достоверность имеющихся данных), а также Visualization (потребность в визуализации результатов обработки) и Value (стоимость обработки по отношению к ценности полученных результатов). Все эти характеристики демонстрируют качественно новую постановку задач обработки и анализа гигантских объемов информации, с которыми человечество имеет дело повседневно. А для решения новых задач требуются новые методы анализа, новые алгоритмы обработки и адекватные методы интерпретации полученных результатов.

Ученые Московского университета внесли большой вклад в разработку статистических методов анализа бесконечно большого объема объектов (вероятностные законы). Однако в реальности число объектов не бесконечно, но очень большое. Обработывая большие данные, мы сможем получить знания о той реальности, которая существует, а не об идеализации этой реальности. И здесь могут появиться новые законы и закономерности.

Хранением, передачей, обработкой и последующей интерпретацией результатов обработки больших данных занимается сформировавшаяся в последние годы отрасль человеческого знания – наука о данных (Data Science). Это междисциплинарная область, объединяющая подходы из многих областей математики, статистики, информатики и других наук. Ключевую роль здесь, конечно, играет математика.

Все методы обработки и анализа данных основаны на строгих математических моделях и методах из широкого спектра областей математики: от математической статистики, дискретной математики и анализа до алгебры, математической логики, геометрии и топологии.

Самый большой класс задач связан с обработкой данных и извлечением из них практически значимой информации. Этим занимается направление интеллектуального анализа данных (Data Mining), использующее в своем арсенале различные методы первичного анализа, в настоящее время базирующиеся в основном на методах машинного обучения.

Большой интерес сейчас возник к большим и супербольшим накопленным массивам данных, так как ранее их накопление представляло серьезную проблему, как с технической точки зрения, так и с финансовой.

Сейчас большие данные применяются в самых разнообразных сферах человеческой деятельности. Вот только некоторые из них: бизнес-аналитика, Интернет вещей, «умные» энергетические сети, «умный город»; управление рисками, страхование, моделирование психических состояний человека... И везде их правильное применение существенно улучшает результаты: повышает точность, скорость, эффективность, увеличивает прибыль, улучшает качество жизни, позволяет делать новые научные открытия.

Благодаря накопленным массивам данных и техническому прогрессу методы машинного обучения, разработанные еще полвека назад, обрели новую жизнь и стали внедряться повсеместно. Например, распознавание видео с камер наблюдения, прогнозирование времени маршрута, индивидуальные предложения в магазинах, личные помощники в смартфонах и т. д. Благодаря большим массивам данных возник новый всплеск интереса к области искусственного интеллекта и машинному обучению, что повлекло за собой массовую работу над новыми алгоритмами, а также улучшение и оптимизацию старых.

Когда мы говорим о Big Data, то подразумеваем, конечно, огромные массивы информации, развитие супервычислителей, развитие программного продукта, новые способы хранения, передачи информации, ее обработки, облачные технологии.

Большие данные, конечно, это новая жизнь, новый способ помощи нам в поиске и в работе, но нужно понимать, что развивающийся искусственный интеллект не заменит человека, который написал «Евгения Онегина» и создал много творений нашей цивилизации.

### **Прикладные математические методы как необходимый элемент формирования цифровой экономики**

В условиях цифровой экономики успешное развитие отдельных компаний и страны в целом зависит от уровня развития математической науки и математической грамотности всего населения.

В начале 2017 г. Московский университет сделал следующий шаг на пути консолидации своих усилий в деле математического изучения социальных процессов – был создан Национальный центр компетенций в об-

ласти цифровой экономики. Центр объединил усилия практически всех факультетов и институтов МГУ, ведь цифровая экономика имеет отношение ко всем сферам жизни и науки – от математики и кибернетики до биологии, почвоведения, астрономии и даже политических процессов.

Цифровая экономика – это мощный тренд в развитии современной экономики, глобальный процесс формирования качественно нового цифрового этапа в развитии человечества. Этот процесс неизбежен; вопрос, как сделать его безопасным, разумным и справедливым, является большой научной проблемой, которую призван решать созданный Центр.

### Библиография

- Айзексон У. 2015. *Иноваторы*. М.: Corpus.
- Акаев А. А., Коротаев А. В. 2017. К прогнозированию глобальной экономической динамики ближайших лет. *Экономическая политика* 12(1): 8–39.
- Арнольд В. И. 1998. О преподавании математики. *Успехи математических наук* 53. Вып. 1(319): 229–234.
- Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. 2016. *Глубокое обучение*. М.: ДМК Пресс.
- Кант И. 1966. *Метафизические начала естествознания. Предисловие*. М.: Наука.
- Лесковец Ю., Раджараман А., Ульман Дж. 2016. *Анализ больших наборов данных*. М.: ДМК Пресс.
- Лобачевский Н. И. 1945. *Геометрические исследования по теории параллельных линий* / пер., вступ. ст., примеч. проф. В. Ф. Кагана. М.; Л.: Изд-во АН СССР.
- Начала Евклида / пер. с греч., коммент. Д. Д. Мордухай-Болтовского, под ред. И. Н. Веселовского, М. Я. Выгодского. 1949–1951. М.; Л.: ГТТИ.
- Прудников В. Е. 1976. *Пафнутий Львович Чебышев. 1821–1894*. Л.: Наука.
- Садовничий В. А. 2012. *Размышления математика о русском языке и литературе*. Доклад на Всероссийском съезде учителей русского языка и литературы 4 июля 2012 г. М.: МГУ имени М. В. Ломоносова.
- Садовничий В. А. 2015. *О людях Московского университета*. М.: Изд-во Московского ун-та.
- Садовничий В. А. 2016. *Космические исследования в Московском университете*. М.: МГУ имени М. В. Ломоносова.
- Харди Г. Г. 2000. *Апология математика*. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика».
- Шиллов Г. Е. 1963. *Простая гамма (устройство музыкальной шкалы)*. М.: Физматгиз.
- Hamming R. W. 1997. *The Art of Doing Science and Engineering: Learning to Learn*. Amsterdam: B. V. Published.