

Арнольд В.И.

Переориентация науки на «прикладные исследования» приведет к снижению интеллектуального уровня страны¹⁵

От редакции ТрВ: Для нас 2008 год был особенным – ведь это год рождения нашей газеты, провозгласившей своей целью борьбу с деградацией науки. Перефразируя слова одного из наших авторов, кредо «Троицкого варианта» можно определить так: стране и самим ученым нужна настоящая наука, а не её имитация. Именно поэтому газета регулярно выступает в поддержку самостоятельности научных работников и групп, составляющих основную движущую силу науки, в поддержку прозрачности, конкурентности, независимой экспертизы, «гамбургского счета». Именно поэтому среди наших авторов и героев интервью – Анатолий Вершик, Виталий Гинзбург, Владимир Захаров, Юрий Манин, Валерий Рубаков, Исаак Халатников, Теодор Шанин, Владимир Ядов, Евгений Ясин и многие другие ученые, которыми наша наука может гордиться и которым действительно есть что сказать.

К сожалению, несмотря на все заявления с высоких трибун о важности перехода страны на инновационный путь развития, в 2008 г. недооценка значимости науки лишь усугубилась. Как уже отмечалось в ТрВ, в последнее время из уст руководителей страны звучат слова о том, что финансовая поддержка ученых со стороны государства – всё больше и больше, а отдача от ученых – всё меньше и меньше. Вместо вдумчивого анализа – как создать нормально работающую систему связи между научными идеями и их использованием в реальной экономике – эти тезисы в стиле «чего изволите» были мгновенно подхвачены и доведены до абсурда рядом «экспертов». В публикуемых ими материалах ставится под сомнение необходимость развития фундаментальной науки в России и делается вывод, что всерьёз поддерживать следует лишь прикладную науку, что РФФИ надо переориентировать на поддержку инноваций, и т.п. Мы обратились к выдающемуся российскому математику, доктору физико-математических наук, академику РАН Владимиру Игоревичу Арнольду с просьбой оценить последствия возможных шагов в этом направлении

– В последнее время звучат призывы переориентировать науку с фундаментальных на прикладные задачи. Если эти призывы будут реализованы, что от этого получит российский народ в ближней и дальней перспективе?

– Тенденции заменить «теоретические» науки прикладными не новы. Восставая против них ещё в середине XX в., английский математик Харди в старости писал: «Если бы мне сейчас пришлось выбирать себе специальность, то я бы выбрал либо теорию относительности, либо теорию чисел, ибо только эти две области никогда не будут иметь никаких военных приложений». Кое-что о многочисленных приложениях математики Харди знал от своего соавтора и соседа по Кембриджскому Тринити-колледжу Литлвуда (занимавшегося даже артиллерийской стрельбой и адиабатическими инвариантами небесной механики в связи с устойчивостью планетных орбит)¹⁶.

Но Харди следовало бы к тому времени уже знать и о «формуле атомной бомбы» Эйнштейна ($E = mc^2$) из теории относительности, и об успехах криптографии, основанных на теории чисел (и приведших Тьюринга как к расшифровке немецких кодов, так и к изобретению им компьютеров, называемых сегодня машинами Тьюринга).

¹⁵ Интервью газете «Троицкий вариант». 2008. № 19 (857), 23 декабря. <http://www.scientific.ru/trv>.

¹⁶ Начиная с 1911 г. Годфри Харольд Харди очень плодотворно сотрудничает с Джоном Литлвудом. Большинство работ Харди написано именно в соавторстве с Литлвудом. Ходила даже шутка, что в Англии живут три великих математика – Харди, Литлвуд и Харди-Литлвуд, причем третий из них самый великий (из Википедии.ру). – *Примечание от редакции ТрВ.*

«Гуманист» Харди был недоучкой, считавшим «самым гуманным оружием» горчичный газ – иприт. Впрочем, не одному лишь Харди «переход от теорем к практически полезным приложениям» напоминал переход от музыки Моцарта к литаврам военных оркестров или от клятвы Гиппократова к бактериологическому оружию.

Величайший прикладник Пастер сказал о приложениях следующее: *«Никаких прикладных наук не было, нет и никогда не будет. Есть науки, совершающие научные открытия, и есть их приложения (т.е. использование именно открытий этой науки на пользу человечеству). А «прикладные науки» – это лицемерный псевдоним, выбранный для своей деятельности теми, кто желает отнять у фундаментальных наук средства, естественно выделяемые обществом на научные открытия, которые так ему нужны».*

Я хотел бы подчеркнуть, что это сказал не абстрактный аксиомофил вроде Декарта или Бурбаки, а замечательный биолог Пастер, которого все больше знают именно за его прикладные работы. Но начинал он с гораздо более теоретических исследований, открыв, в частности, значение киральности для биологии и жизнеобразования.

Киральность (или хиральность) – это отличие левых винтов от правых.¹⁷ Сложные органические молекулы часто бывают закручены винтом, и такая молекула имеет два варианта (одинакового химического состава, но являющиеся зеркальным отражением друг друга). И вот Пастер открыл этот эффект «левовращения поляризации» для важнейших органических соединений (включая даже глюкозу) – причем оказалось, что в живой природе всюду встречается только один из двух симметричных вариантов.

Если кормить животное вторым (а при синтетическом производстве химиков оба варианта появляются в виде смеси, пятьдесят процентов – с левыми, а пятьдесят – с правыми винтами), то организм сначала разберет эти неправильно ориентированные молекулы на атомы, а потом заново соберет из них такие же молекулы другой киральности и только тогда сможет их использовать. Естественно, на эту перестройку придется израсходовать дополнительную энергию – из открытия Пастера следует, что лучше отбирать односторонние молекулы корма (которые образуются при его биологическом производстве).

Один директор пары научных институтов сказал мне: «все академики делятся на две категории – директора и завлабы. Завлаб все свои силы тратит на научные исследования, и за это боги посылают ему замечательные открытия. Директорам же в качестве компенсации за отсутствие научных открытий боги посылают много денег». «А кто ж ты?» – спросил я этого академика (за работы которого Нобелевскими премиями наградили его последователей). Он сказал, что собирается уйти с обоих директорских постов – и вскоре сделал это.

Для развития науки нужно поощрять не директоров, а именно завлабов. Как это ни удивительно, но ни столь прославляемые Нобелевские премии, ни Филдсовские медали математиков, ни избрание в члены всевозможных академий не оказали почти никакого влияния на поступательное развитие науки XX в. – это относится не только к российским лауреатам (странным образом Нобелевские премии они получили именно по предложениям иностранных, а не русских специалистов), но и ко всем им. Ни А. Пуанкаре, ни Г. Вейль, ни Дж. Биркгоф, ни Д. Гильберт, ни А. Тьюринг не получили вполне заслуженных ими Нобелевских премий (я называю только первые пришедшие в голову имена из многих и не называю награжденных слабых лауреатов – а они тоже есть).

Ближняя перспектива для России «переориентация» её науки на «прикладные исследования» – резкое снижение сначала интеллектуального уровня страны, затем вследствие этого и индустриального, а значит и оборонного.

Один мой друг-математик сформулировал «основную пользу» математики как «решение основной проблемы современного постиндустриального человечества». По его словам, эта проблема – «перейти от наблюдавшегося более века ускорения научнотехнического прогресса к его замедлению». В этом математика, думается, и помогает: «занятия ею отвлекают лучшие умы от более опасных занятий, вроде усовершенствования автомобилей и самолетов».

Я говорю об этом вовсе не для того, чтобы согласиться с ним или с его предшественником Г. Харди. Как-то раз Харди сказал, что Гаусс правильно называл математику «королевой наукой».

¹⁷ Хиральность (киральность) (англ. *chirality*, от др.-греч. χεῖρ – рука) – отсутствие симметрии относительно правой и левой стороны. Например, если отражение объекта в идеальном плоском зеркале отличается от самого объекта, то объекту присуща хиральность. Впервые свойство хиральности сформулировано в 1884 г. Уильямом Томсоном, но распространение получило только после 1966 г., когда было введено в стереохимию Владимиром Прелогом (из Википедии.ру). – *Примечание от редакции ТрВ.*

А именно, по словам Харди, «общая черта королевы и математики – полная бесполезность обеих».

Такие безответственные высказывания и явились причиной тех опасных тенденций, о которых вы спрашиваете: как не уничтожить такие науки?

Эта тенденция – не российское изобретение, а гибельное явление мирового характера, напоминающее мне средневековый обскурантизм инквизиторов. Объяснение этой тенденции – стремление держащих власть в руках недоучек защитить себя от прихода более компетентных конкурентов, лучше обученных молодых людей. Этим и объясняется борьба против науки, культуры и образования, распространившаяся сейчас во всем мире.

Россия в этой мировой тенденции (как и во многих других) отстает, к счастью, лет на тридцать. Наши школьники ещё хотят учиться наукам, а не банковскому делу, решают задачи олимпиад, приходят на лекции и семинары в университетах.

В отличие от, например, американских школьников, наши понимают, что $1/2 + 1/3$ вовсе не $2/5$ (хотя $1+1 = 2$ и $2+3 = 5$). наших школьников не учат бездумно выполнять какие-то инструкции, учат понимать сущность вещей, а не действовать по готовым рецептам.

А. Пуанкаре, великий французский математик и физик (первым сформулировавший в 1895 г. принцип относительности, заимствованный у него Эйнштейном через 10 лет), говорил, что понять простые дроби, вроде $2/3$, можно только, разрезая на дольки либо яблоко, либо круглый пирог.

наших школьников так и учат до сих пор, а во Франции, как написал в недавней статье «Пятое правило арифметики» профессор физики одного из университетов Парижа, простые дроби перестали объяснять школьникам (следуя американскому образцу и десятичности дробей компьютера), заставив их зато учить наизусть, как таблицу умножения, «пятое правило»: $3/6 = 1/2$.

Это – пример того, к чему ведёт предполагаемая «переориентировка». ракеты полетят не в ту сторону, понять письменный приказ офицера эти безграмотные новобранцы (составляющие до 15%) тоже не сумеют, и, как говорил Салтыков-Щедрин, хорошо, если за наш рубль будут давать полтинник, «будет хуже, если за наш рубль станут давать в морду». Но я искренне надеюсь, что эта чаша минет нас, – героические учителя школ в глубинках России будут продолжать учить детей и дробям, и Пушкину, и Толстому, что бы ни велели им из Москвы.

– Все знают шутку «наука есть способ удовлетворения собственного любопытства за государственный счет». Некоторые чиновники воспринимают её всерьез. Что на самом деле оплачивает налогоплательщик, финансируя науку?

– Наука стоит гроши по сравнению с тем доходом, который от неё получают. Ни страны, ни правительства до сих пор не расплатились с учеными (начиная от Фарадея и Максвелла), снабдившими их и электрическим током, и динамомашинами, и электромоторами, и освещением, и радио, и телевидением, и телефоном, и электропоездами.

Стоили все эти открытия малую долю процента того дохода, который налогоплательщики получили. Академик-секретарь Отделения математики Российской академии наук опубликовал (в ленинградской газете) свои подсчеты: все расходы Советского Союза на математику в год составляли малую долю стоимости одного танка.

Между прочим, Мстислав Всеволодович Келдыш, будучи президентом Академии наук, объяснил руководству страны, что, в отличие от США, советская атомная бомба (да и водородная) была рассчитана задешево, потому что, в отличие от фон Неймана, использовавшего для расчета американских бомб компьютеры, наши бомбы были рассчитаны математиком-теоретиком Леонидом Витальевичем Канторовичем (впоследствии лауреатом Нобелевской премии по экономике) без всяких компьютеров.

Хотя я и не соглашался тогда со сделанным отсюда выводом Келдыша о ненужности компьютеров для СССР, переубедить его мне не удалось: возникло то наше отставание в компьютерной технике, которое тяжело сказывается даже сейчас.

Замечу, кстати, что Л.В. Канторович был, по его словам, заочным учеником моего деда, В.Ф. Арнольда, бывшего первым математиком-экономистом в России (и опубликовавшего в 1904 г. свою книгу, где он перевел все экономические теории, включая марксизм, на язык теории дифференциальных уравнений). Его теории привели его к выводу, что Российская империя по экономическим причинам распадется менее чем через сотню лет. Свои выводы он основывал на теориях Вальраса и Парето, которые заимствовал у него позже и Канторович. За это экономисты выгнали Канторовича из Ленинградского университета, когда он предложил там свои методы

оптимизации, – его объявили проповедником в СССР фашизма, так как незадолго перед этим Муссолини объявил Парето (давно умершего) крупнейшим итальянским математиком.

Из-за этого Канторовичу, ставшему безработным, и пришлось заниматься расчетом атомных бомб.

Сейчас его методы оптимизации используют все экономисты. Но несколько лет назад, когда его последователи рассчитали оптимальный режим железнодорожных перевозок грузов в одной из больших областей России, местная администрация отказалась внедрить эти предложения, потому что они сокращали расходы по их перевозке на 40%. А зарплата чиновника, принявшего такое отказывающееся решение, составляла определенную долю расходов на перевозку – вот он и не захотел уменьшить свою зарплату.

Этот пример ясно показывает, что науке нужна помощь общества и государства – без такой помощи налогоплательщики, и правда, не получают даже от самой совершенной науки той выгоды, которую она могла бы принести.

– В школе учат многим лишним вещам, которые человеку в его жизни никогда не понадобятся. Например, доказательству теорем. Соответственно появляются призывы сделать и образование более «прикладным» – учить детей непосредственно тому, что им понадобится в жизни. В той или иной степени эти призывы реализуются в разных государствах. К чему приводит и может привести подобное реформирование образования?

– Мнение, будто доказательства теорем – лишние «вещи, которые никому никогда не понадобятся», – распространенное заблуждение. Не понадобятся они послушному стаду рабов, готовых исполнять не понимаемые ими приказы начальства. А сознательное, творческое в любой деятельности настолько близко к доказательству теорем, что нет лучшего способа воспитать его, чем решение математических задач, в том числе и доказывание теорем.

В детективной повести Виктории Токаревой «Коррида» (о смерти каскадера на съемках фильма) режиссер объясняет следователю, зачем нужна математика (при расследовании – чья жертва каскадер): «Математика – это всё то, что можно объяснить».

Вот это стремление всё понимать и всё объяснять и воспитывается доказательством теорем (о пользе гимнастики для физического развития человеческого тела все уже узнали, а с теоремами дело ведь обстоит аналогично).

Хорошо известен случай с государственным деятелем, критиковавшим своего противника так: «Это не просто отрицательная величина, это – отрицательная величина в квадрате!».

Беды, к которым приводит такая безмозглость, слишком хорошо известны, чтобы о них говорить. Причем образованность здесь не помогает. Академик-естественник И.И. Майский, бывший послом СССР в Великобритании, пишет о своей беседе с видным английским руководителем: «Я сразу понял, что мы с ним отталкиваемся как разноименные электрические заряды». Надеюсь, что читатели «Троицкого варианта» знают, что эти заряды как раз притягиваются.

Учить детей «непосредственно тому, что понадобится» невозможно и бессмысленно: надо учить их понимать причины вещей, думать (и предвидеть результаты принимаемых решений).

Слесарь Валентин Дмитриевич в академическом поселке сказал хозяйке одной из дач: «Что вы натворили на последних выборах? Выбрали Кольку, а какой он академик? Он в профессора не годится – я просил его закрутить гайку под раковиной, а он не знал, в какую сторону она завинчивается!». Я очень любил покойного В.Д., но не уверен, что обучение академиков должно сводиться к умению завинчивать гайки.

Вот ещё один довод против обучения «тому, что понадобится в жизни». Живя в 1994 г. в Хайфе, около их Техниона, в квартире израильского педагога, я прочел у него (по-английски) труды их конференций по школьному образованию. Там было сказано: «Есть две основные системы образования: европейская и американская. В Европе школьника учат думать, воспитывают мыслящую личность. В США об этом не заботятся, зато учат тому, что нужно в реальной жизни, – например, вождению автомобиля и поведению на бензоколонке. Ни тот, ни другой способ в Израиле не подходит – потому что ни тот, ни другой не решает нашей основной задачи: воспитать настоящего еврея».

Я думаю, что автор этой речи приехал из Москвы, сохранив привычный образ мыслей, – он только заменил «строителя коммунизма» на «еврея».

Но на следующих страницах он объяснил, как нужно поступать. Вот, говорит он, пример: урок математики. Американскому школьнику дают задачу: «Отец подарил Джону на день рождения 100 долларов, а велосипед, который хочет купить Джон, стоит 500 долларов. Отец с

Джоном положили эти деньги в банк, приносящий 50% годового дохода. Через сколько лет сможет Джон купить велосипед?»

Автор продолжает: «Для американского школьника – это хорошая задача, нужная для практической жизни. Но у нас, в Израиле, она неприменима, она не воспитывает настоящего еврея. Можно, конечно, перевести доллары в шекели – это легко. Но это не спасет задачу. Чтобы её спасти, надо сделать другое – надо эти сто долларов ученику реально дать!»

Я не стану фантазировать аналогичным образом на тему, чем заменить наше традиционное обучение. Оно, кстати, остается и сегодня, по моему мнению, одним из лучших в мире. Мои коллеги в Париже, в комитете по отбору профессоров для Университета Париж-Дафин, сказали мне: «Не можем мы никак последовать твоему предложению выбирать в профессора тех ученых, которые достигли лучших научных результатов – тогда на все посты придется брать одних русских, ведь то, насколько лучше их подготовка, нам всем очевидно!»

В 2006 г. по результатам международного сравнительного исследования PISA российские школьники оказались на 33–34-м месте (из пары сотен), ниже французских и американских.¹⁸ Я решил понять, в чем дело (первые места заняли школьники Тайваня, Финляндии, Кореи и Гонконга). Оказалось, что погубила нас такая задача: «В стране N в прошлом году бюджет тратил на науку столько-то, на оборону столько-то, на образование столько-то, на медицину столько-то, а в следующем году по плану цифры такие.

Завтра вам предстоит выступать на собрании “зеленых” – докажите, что страна крайне миролюбива.

Завтра вам предстоит выступать на собрании “ястребов” – докажите, что страна крайне милитаристская».

Наши школьники получили двойки за свой ответ, бывший таким: «вывести из одного и того же два противоположных вывода – невозможно». А победителей в школе обучили именно этому «важному для жизни» искусству.

Раз уж вы дали мне возможность говорить об этой жизненно важной для страны проблеме образования, скажу ещё несколько слов, выходящих за рамки прямого ответа только на ваш вопрос. Недавно на совещании Совета ректоров университетов, которое проводил в МГУ В.А. Садовничий, я выступил с предложением обсудить (и осудить) дискутируемое в министерстве предложение – отменить доплату преподавателям университетов за кандидатские и докторские степени, за звания доцентов и профессоров.

Сидевший напротив меня за огромным столом в кабинете ректора МГУ министр А.А. Фурсенко ответил так: «Всеми известен анекдот о воздушном шаре: заблудившиеся на нем путешественники спрашивают у сидевшего внизу у костра жителя: “Где мы?”. Он долго не отвечает, но потом ответил: “На воздушном шаре!”. Один из улетевших путешественников говорит другому: а ведь это был математик: во-первых, он ничего не говорил, не подумав, во-вторых, его ответ был совершенно верным, а в-третьих, – полностью бесполезным».

И вот, продолжил министр, сегодня Владимир Игоревич опроверг эту историю: хотя он и выступил, подумав, и сказал совершенную правду, его выступление вовсе не было бесполезным. Только зря он так волнуется – пока я министр, этот проект не будет реализован!

Я и сегодня надеюсь принести некоторую пользу этой статьей. Закончу её более специальным обсуждением школьного именно математического образования (заимствуя это обсуждение из американской печати: речь пойдет об американских школах, но и у нас грозят произойти, хотя и чуть позже, аналогичные события).

В 1950 г. в школьном задачнике стояло: «Фермер затратил на выращивание своей кукурузы 120 долл., а продал её за 150. Сколько процентов составляет прибыль?».

¹⁸ PISA – это международное сравнительное исследование образовательных достижений учащихся (*Programme for International Student Assessment*), которое проводится раз в три года и оценивает знания и навыки учащихся 15-летнего возраста (начало – в 2000 г., далее в 2003, 2006 гг.). Согласно результатам последнего исследования 2006 г., в котором участвовали 400 тыс. ребят из 57 стран, наилучшие знания в математике продемонстрировали школьники Тайваня, Финляндии, Кореи и Гонконга. Знания выше среднего показали подростки из Голландии, Швейцарии, Макао, Лихтенштейна, Японии, Канады, Новой Зеландии, Бельгии, Австралии, Эстонии, Дании, Чехии, Исландии, Австрии и Словении. Россия поделила 33–34-е место с Азербайджаном, попав в ту часть стран, где знание математики существенно ниже, чем в среднем по странам Организации экономического сотрудничества и развития, проводящей это исследование. См. результаты исследования PISA 2006 г. для России на странице http://centeroko.ru/pisa06/pisa06_res.htm – *Примечание от редакции ТрВ.*

В 1960 г. та же задача формулировалась иначе: «Землевладелец затратил x долларов на выращивание продукта, проданного за y долларов. Каков процент дохода?»

В 1970 г. условие задачи было таким: «Собственник, тративший по x долларов расходов на обработку каждого из n акров своего участка, получил z процентов дохода. Определите, за сколько долларов он продавал урожай с каждого акра?»

К 1980 г. задача изменилась опять: «Собственник тратил по x долларов на обработку каждого из n акров своего участка, потратил, таким образом, nx долларов, а дохода получил znx . Определите, сколько процентов дохода приносит его работа».

В 1990 г. (сборник, из которого я все это заимствовал, вышел в 1995 г.) снова другая формулировка: «Фермер, тративший по x долларов расходов на обработку каждого из n акров своего участка, потратил, таким образом, nx долларов. Доход его составляет z процентов от расхода, то есть znx долларов. Нарисуйте график зависимости суммы дохода от площади участка и напишите статью об этом явлении реальной экономической жизни в “Экономическую газету штата W”».

Надеюсь, что мне не нужно объяснять читателям «Троицкого варианта», что описанная история «совершенствования» обучения свидетельствует о полном изгнании и математики, и умения думать, и вообще воспитания интеллекта, суля обществу и стране экономический (и иной) упадок (эти предсказания американцев 1995 г. теперь можно сравнивать с реальностью).

Да минет нас чаша сия! Я надеюсь даже, что замечательные математические учебники Киселева (особенно геометрия) будут вновь включены в список литературы, допущенной к использованию школьными учителями (откуда их сейчас систематически исключают).

Интересно, что в США столь хороших учебников для школьников просто не было, пока (около 2000 г.) один из приехавших в Беркли из Москвы математиков, А.Б. Гивенталь, не перевел на английский язык и не издал там «Геометрию» Киселева.

Работая над этим переводом, он заметил, что единственным школьным учебником, сравнимым с учебником Киселева по качеству (и даже по похожим на него деталям), является французский учебник Адамара. Гивенталь подумал даже, что Киселев использовал это сочинение великого французского математика, но оказалось, что учебник Киселева был опубликован десятком лет раньше.

Замечу ещё для составителей учебников, что книги Киселева переиздавались много десятков раз и что столь замечательными они стали лишь после первого десятка изданий: учителя, пользовавшиеся ими по всей России, внесли массу улучшений, исправили немало ошибок.

Нынешние наши академики писать таких хороших учебников не умеют: даже мой любимый учитель Андрей Николаевич Колмогоров давал (для примерно десятилетних школьников) «научное определение угла», длина которого составляла около двадцати страниц. Он объяснял это тем, что «угол в 721 градус – это вовсе не часть плоскости между двумя лучами».

По-моему, школьные учебники надо писать не академикам, а (лучшим) школьным учителям – таким и был Андрей Петрович Киселев (1852–1940), преподававший математику, механику и черчение в Воронежском реальном училище.