

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ШКОЛЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ¹

ВСТУПЛЕНИЕ

Господин председатель, уважаемые коллеги!

Я беру на себя смелость обратиться к вам, как к коллегам, хотя не могу считать себя ни профессиональным математиком, ни профессиональным педагогом. Тем выше я ценю приглашение программного комитета выступить на этом выдающемся научном собрании. Проработав всю жизнь в исследовательском институте и сформировав свое научное самосознание в недрах науки информатики задолго до того, как она обрела свое содержание и название, я тем не менее все это время предавался тому, что можно назвать математической и педагогической практикой.

Далее, имея счастливую привилегию получить математическое образование в Московском университете и общаться с выдающимися учеными за 14 лет участия в работе Отделения математики Академии наук СССР, я постоянно ощущал на себе воздействие мощных идей современной математической и образовательной мысли и ее носителей, из которых я хотел бы в первую очередь назвать Пуанкаре и Лузина, Куранта и Колмогорова, Клини и Маркова, фон Неймана и Бурбаки, Выготского и Пиаже.

Наконец, весь ход объективного развития науки информатики показывает, что математика была не только материнской наукой для нее, но и сама информатика по мере своего становления и обособления в своих основаниях и методах неуклонно математизируется. Мало того, появляется все больше и больше свидетельств тому, что методы информатики, определенные информационные технологии проникают в глубь математики, влияют на некоторые черты стиля, техники и содержания математической работы.

Таковы три причины, которые побудили меня предложить вашему вниманию некоторые соображения о месте компьютера в математическом образовании в школе, о связи информатики и математики. Эти соображения будут погружены в два глобальных контекста.

Первый контекст - это государственная программа введения компьютеров и информатики в школьное образование в СССР. Первые три года интенсивной работы в этом направлении позволили не только накопить некоторый опыт и приобрести стартовое ускорение, но и выработать определенную концепцию компьютеризации школы как долгосрочного проекта с объявленными промежуточными и конечными целями. Мне думается, что эта государственная программа и лежащая в ее основе концепция представляют самостоятельный интерес, и им будет посвящена первая часть моего доклада.

Второй контекст - это наличествующая уже в течение десяти лет дискуссия о взаимовлиянии компьютера и информатики и математического образования. Наиболее авторитетными точками концентрации этой дискуссии стали симпозиум ICMI в 1985 г. в Страсбурге [1, 2] и две рабочие конференции IFIP 1978 г. в Варне [3] и 1987 г. в Софии [4]. Я не претендую на систематический обзор этих научных собраний, но в значительной степени опираюсь на высказанные там положения в третьей части своего доклада.

Чтобы сделать изложение более конструктивным, я попытался обозначить актуальные проблемы современного математического образования, которое в своем развитии испытывает немало противоречий. Анализ этих противоречий составляет вторую, центральную часть доклада.

В заключение я пытаюсь показать, что союз трех фундаментальных учебных дисциплин языка, - математики и информатики - образует нераздельную основу современного образования.

Прежде чем приступить к делу, сделаю несколько замечаний. Мы будем постоянно употреблять два весьма неуклюжих, но широко известных слова: компьютеризация и информатизация. Говоря коротко, компьютеризация - это внесение компьютеров в некоторую область деятельности человека, сопровождаемое заметной перестройкой этой деятельности под воздействием компьютера. Информатизация - это, выражаясь языком западной публицистики, построение информационного общества. В ряде публикаций эти два понятия отождествляют. В своем докладе я постараюсь в какой-то мере раскрыть эти понятия, по крайней мере в применении к образованию. Пока же хотел бы подчеркнуть, что отождествлять

¹ Эта статья - текст последнего научного выступления А.П.Ершова на 6м Международном конгрессе по математическому образованию в Будапеште в августе 1988 г. Сокращенный вариант выступления был опубликован в журнале "Математика в школе", 1989, № 1.

их никак нельзя, как, скажем, информатику нельзя сводить к компьютеризации. Компьютер это средство, а не содержание общественных процессов.

Наконец, несколько слов об иерархии управления в советской системе школьного образования, составляющей пять основных уровней: школа, район, область, республика, Союз.

На школьном уровне (1000 учащихся) ведется учебный процесс, подчиненный весьма жесткой регламентации.

На районном (10-20 школ) уровне ведутся текущие администрация и инспекция.

На областном уровне (порядка миллиона учащихся) осуществляется распределение материальных ресурсов и повышение квалификации учителей.

На республиканском уровне формируется бюджет образования в республике, уточняется учебный план, издаются учебники.

На союзном уровне издаются нормативные постановления, устанавливается учебный план (единый для всех школ) и его допустимые варианты, разрабатываются учебные программы.

В этой иерархии существует также городской уровень, который на практике работает по схеме от районного до республиканского звена в зависимости от величины города. Для малых республик республиканский уровень совмещается с областным. Автономные республики, работая на областном уровне, принимают на себя ряд республиканских прерогатив.

В настоящее время эта структура управления признала себя изжившей, слишком жесткой и недемократичной. Ее изменение составляет содержание готовящейся серьезной и во многом радикальной реформы образования. Дух этой реформы, составляющей часть ПЕРЕСТРОЙКИ нашего общества, в значительной степени пронизывает многие положения этого доклада.

1. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ШКОЛЫ В СССР

1.1. Первые шаги. История изучения основ вычислительной техники и программирования, а также применение ЭВМ в учебном процессе восходит к концу 50-х годов и развивалась примерно по такой же схеме, как и в большинстве стран. Библиографию советских работ можно, в частности, найти в указателе [5, 6].

Реальное начало современного процесса компьютеризации школы началось в 1985 г. принятием партийно-правительственного постановления "О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс", которое предусматривало введение в 1985-1986 гг. повсеместного изучения в IX и X классах 70часового курса "Основы информатики и вычислительной техники" и ряд других мер, продвигающих компьютер и науку о нем в массовую школу. В некотором смысле это постановление стало символическим предтечей последующего процесса перестройки в СССР: в феврале 1985 г. Михаил Сергеевич Горбачев в качестве председателя Комиссии по школьной реформе представил в Политбюро ЦК КПСС проект указанного постановления, а 11 марта был избран Генеральным секретарем ЦК КПСС и начал прокладывать путь к революционным переменам в советском обществе.

У нас в СССР до сих пор идут споры по поводу целесообразности столь резкого и фронтального начала компьютеризации образования. Большинство признает (и я принадлежу к нему), что такое крутое начало было совершенно необходимым. Благодаря введению нового обязательного курса все пришло в движение, и за последующий год было сделано больше, чем за все прошлое время. В целом это было социально-политическое решение, но за ним стоял и достаточно весомый научный багаж, подготовленный предшествующим развитием информатики и педагогической мысли. Сложились определенные подходы к национальной программе компьютеризации, которые оказали воздействие на многие положения стартового постановления [7].

Одно лишь перечисление первых шагов, предпринятых в 1985-1986 гг., говорит о резком старте компьютеризации:

Подготовка учебника вместе с учительским пособием и его издание пятимиллионным тиражом на 15 языках народов СССР [8-11].

Разработка программной поддержки курса информатики для доступных видов школьных ЭВМ.

Курсовая подготовка 100 тыс. учителей по информатике в 1985 и 1986 гг.

Разработка технических и санитарно-гигиенических требований к школьным компьютерам, конструирование и организация производства двух базовых моделей (архитектура типа Intel 8080 и PDP11 - LSI).

Крупная импортная закупка японских ПЭВМ архитектуры MSX.

Организация новой образовательной специальности "Информатика и вычислительная техника" в педвузах страны.

Создание в Новосибирске Научно-исследовательского института информатики и вычислительной техники Академии педагогических наук СССР.

Создание всесоюзного журнала "Информатика и образование", тираж которого уже сейчас превышает 100 тыс. экземпляров.

Организация телевизионных уроков по информатике по всесоюзной программе объемом порядка 50 эфирных часов в год.

Организация управлений и отделов информатики и вычислительной техники на союзном, республиканском и областном уровнях и инспектората на районном уровне, выделение должности заведующего вычислительным кабинетом на уровне школы.

1.2. Связь с математикой. Хотел бы обратить внимание аудитории, что в СССР постановка школьного курса информатики проходит с явным учетом его тесной связи со школьной математикой. В основе этой связи лежит прежде всего тот социальный факт, что учителям математики стали главным источником формирования начального корпуса преподавателей информатики: в настоящее время (ориентировочно) 55% - математики; 20% - физики, 20% - привлеченные со стороны специалисты по информатике (главным образом, инженеры), 5% - учителя других специальностей.

Это же обстоятельство повлияло на стилистику и диалектику учебника по информатике. В целом этот учебник поддерживает более или менее стандартный курс компьютерной грамотности первой ступени (правда, несколько повышенного типа, если сравнить его, например, с рекомендациями американской Ассоциации по вычислительной технике 1985 г. [12]). Поскольку в большинстве школ регулярная работа в вычислительном кабинете невозможна из-за отсутствия компьютеров, в учебнике смещены акценты от компьютерной практики в сторону концепций, поддерживаемых задачами математического стиля и содержания (вычислительные, комбинаторные, логические и геометрические), а также некоторым посильным объемом ручной работы (возможно, с использованием карманных калькуляторов). Сами концепции (алгоритм, условие задачи, математическая модель, переменная величина, структурная организация и его систематическое построение методом последовательных уточнений и т.д.) также излагаются в алгебраизированном стиле с опорой на общематематическую символику. Эта концептуальная схема курса, естественно, поддерживается 40-часовым – интенсивным компьютерным практикумом там, где возможна регулярная работа в вычислительном кабинете. При этом, скажем, Бейсик трактуется не как азбука программирования, а как машинно-ориентированный производственный язык программирования, служащий для реализации ранее составленной алгоритмической спецификации, выраженной структурной алгоритмической нотацией высокого уровня. Более подробные методологические обоснования начального курса информатики могут быть найдены в [13].

Все эти довольно поверхностные связи базируются на гораздо более фундаментальной и постоянной связи информатики и математики. Не имея возможности подробно на этом останавливаться, я лишь только намекну на эти связи, продемонстрировав параллельный ряд концепций математики и информатики, поддерживающих важнейшее для информатики понятие исполнителя.

Естественно, что такая связь интенсивно поддерживается и углубляется в специальной литературе. Собственно говоря, в развитии этой связи и состоит уже упомянутая математизация основ информатики.

Однако с позиций образования эта связь реализуется лишь в некоторых университетских курсах и тем более еще далека от школьного образования.

1.3. Текущее состояние. Как в любой фронтальной перестройке, к тому же в значительной степени развиваемой "сверху", реальный процесс компьютеризации это смесь успехов и компрометации, энтузиазма и фрустраций, приобщения и абсентеизма. Главные трудности - на поверхности: нехватка компьютеров и их недостаточная надежность, неналаженность распределения педагогического программного продукта, слабая подготовка учителей. Действуют и более глубокие причины: неразвитость инфраструктуры, нехватка средств, пассивность преподавателей, вызов учительскому авторитету, состоящий в том факте, что дети осваивают компьютеры легче, чем взрослые.

МАТЕМАТИКА	ИНФОРМАТИКА
Алгебраическая система (структура).	Исполнитель (робот, ЭВМ, человек в определенной роли).
Носитель.	Обстановка.
Элемент	Состояние обстановки.
Операция.	Действие , меняющее обстановку.
Предикат.	Вопрос к обстановке.
Сигнатура.	Система команд.
Протокол. Последовательность операций и предикатов с их значениями + начальный элемент.	Поведение. Последовательность действий и вопросов к обстановке с ответами, отправляясь от начального состояния.
Предикат-предусловие.	Условие задачи.
Предикат-постусловие.	Цель задачи.
Допустимый протокол , реализующий на концах соответствующие предикаты пред- и постусловий.	Решение задачи. Поведение, ведущее от состояния, удовлетворяющего условию, к состоянию, удовлетворяющему цели.
Программа. Субрекурсивное множество, включающее множество допустимых протоколов.	Программа. Конечное предписание, определяющее поведение, ведущее к цели для каждого состояния, удовлетворяющего условию.

Но тем не менее в целом отношение учительства к компьютеризации положительно, в частности потому, что она во многом является стержнем, двигателем и символом современного обновления школы. Кроме этого, энтузиазм учащихся, особенно при регулярном доступе к компьютеру, благотворно действует на старших. В целом компьютеризация школы набрала момент для безостановочного развития. Коэффициент полезного действия, т.е. процент учащихся, успешно осваивающих курс информатики, при всей субъективности оценок по разным регионам сравним и колеблется от оптимистической оценки в 40-50% до реалистической в 15-20%, сильно коррелируя с уровнем усвоения математики. Подпор выпускников средней школы с активным интересом и ожиданиями компьютеров уже начинает чувствоваться высшей школой, торопя и ее с адекватной программой компьютеризации.

Количество вычислительных кабинетов (10-15 объединенных в сеть ученических компьютеров с машиной учителя), установленных в школе к наступающему учебному году, оценивается в 2000. Разработано достаточно адекватное базовое программное обеспечение курса информатики, однако применение ЭВМ в изучении других предметов носит еще спорадический характер.

Формируется инфраструктура научной и экспериментально-педагогической работы. В стране сложилось несколько десятков центров активной научно-педагогической деятельности при педагогических институтах и некоторых университетах, в научных центрах Академии наук и институтах усовершенствования учителей.

Довольно значителен объем внеклассной работы по школьной информатике. Количество компьютерных клубов приближается к первой сотне, поставлено несколько курсов углубленного изучения информатики, очень популярны кружки по информатике для младших подростков. Складывается сеть регулярных региональных летних школ юных программистов, весной этого года в Свердловске состоялась первая Всесоюзная олимпиада по информатике и программированию.

Подготовлена новая версия школьного объединенного (9-е и 10-е классы вместе) учебника, основанная на тех же идеях, что и первый учебник, но измененная в сторону большей доступности и дидактичности, учитывающая первый реальный педагогический опыт [14]. Учебник по-прежнему поддерживает две методики преподавания: как с ограниченным, так и с постоянным доступом к компьютеру.

Одновременно состоялся открытый конкурс на альтернативный учебник информатики. Его результаты были не очень обильны, однако привели к подготовке учебника, также поддерживающего концептуальное

изучение информатики, более авангардистского стиля, направленного на явное изучение логико-математических основ построения алгоритмов, но, пожалуй, и более трудного для работы [15].

Коротко можно сказать, что если объединенный учебник закладывает основы смещения курса информатики в 7-е и 8-е классы, то конкурсный учебник "смотрит" в сторону предвузовского курса информатики.

1.4. Следующие семь лет. Я не уверен, что задание 12го – пятилетнего плана направить до 1991 г. в школу 450 тыс. ПЭВМ– будет полностью выполнено, однако все мы рассчитываем, что в 13-й пятилетке каждая средняя школа (у нас их порядка 60 тысяч) получит вычислительный кабинет.

За это же время курс информатики перейдет в 7-е и 8-е классы (я здесь употребляю традиционную 10-летнюю схему обучения с 7-летнего возраста: I-III начальная - школа, IV-VIII - базовая (неполная средняя) школа, IX-X профилирующая (вариативная) средняя школа), оставив последние два года обучения для углубленного и предпрофессионального употребления ЭВМ.

В недрах научной и экспериментально-педагогической работы созреет так называемый интегрированный курс информатики IV-VIII классов, где освоение работы с компьютером, фундаментальных понятий и умений информатики будет тесно связано со всей школьной практикой, требующей активного применения компьютеров как постоянного орудия интеллектуальной работы. Есть немало сторонников объединенного курса математики и информатики, и эта идея получит свое воплощение и проверку.

Регулярное применение компьютеров в начальной школе вряд ли получит полное распространение, но будет полностью подготовлено в результате опережающей совместной работы учителей и специалистов по психологии, дидактике, математике, языку и информатике.

Очень важным компонентом следующего периода будет постановка современного курса информатики и компьютерной дидактики в университетах и педагогических вузах страны. Эти курсы призваны стать опорой для формирования нового поколения учителей, которые подготовят наших детей к жизни в XXI столетии.

Более полный обзор состояния и развития школьной информатики в СССР можно найти в [16].

Одним из очень важных и положительных итогов первых лет активной работы по образовательной информатике стало формирование общей концепции компьютеризации в школе, своего рода общего взгляда на будущее человечества, на роль образования в обеспечении этого будущего; места информационных технологий и знания о них в современном образовании; попытки сформулировать долгосрочные цели, соответствующие потребностям общества, и предложить возможные пути их достижения.

Проект такой концепции разработан представительной комиссией и будет опубликован для общего обсуждения в конце этого года [17]. Я позволю предложить вашему вниманию некоторые положения этой концепции, которые создают определенную канву для последующего изложения.

2. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА: ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ

2.1. Информатизация. Мы понимаем информатизацию как всеобщий и неизбежный период развития человеческой цивилизации, охватывающий примерно столетний период с 50-х годов нашего и до середины XXI века и направленный на обеспечение полного использования достоверного, исчерпывающего и своевременного знания во всех общественно значимых видах человеческой деятельности. Информатизация, понимаемая как совокупность знаний о фактических данных и зависимостях между ними, становится при этом таким же стратегическим ресурсом общества, как материальные и энергетические ресурсы. Техническим средством освоения такого ресурса выступают компьютеры, средства связи и другие информационные машины. При этом ресурс живого умственного труда многократно дополняется ресурсом искусственного, "машинного" интеллекта, что приводит к радикальному изменению содержания трудовых процессов.

2.2. Информационная картина мира. Информатизация практически реализует сложность и взаимозависимость всех жизненных процессов в совокупном организме человеческого общества, придавая этому организму своего рода центральную нервную систему. Философской и научной основой информатизации является освоение информационной картины мира, осознание единства законов функционирования информации в природе и обществе, практическое применение этих законов при создании индустрии производства и обработки информации.

Информатизация как информационный процесс состоит в обособлении и представлении в форме, доступной для хранения, обработки и передачи электронными техническими средствами, всей социально значимой информации как накопленной столетиями, так и оперативной, возникающей в процессе деятельности общества, включая познавательные процессы отражения действительности. Не отменяя ныне существующих форм поддержки информационного фонда человечества, общество работает также в окружении программных средств, баз данных и баз знаний.

Информатизация как познавательный процесс состоит в формировании, обособлении и поддержании целостной информационной модели мира, позволяющей обществу существовать упреждающее динамическое регулирование своего развития на всех уровнях проявления активности от индивидуальной деятельности до общечеловеческих институтов.

2.3. Инфосфера. Информатизация как материальный процесс состоит в строительстве инфосферы глобальной инфраструктуры электронных средств хранения, обработки и передачи информации. Объем инфосферы для таких регионов, как, например, США, Западная Европа или СССР, исчисляется миллиардами микропроцессоров, встраиваемых в машины; сотнями миллионов входов в систему передачи данных и персональных ЭВМ, устанавливаемых на рабочих местах; десятком миллионов мини-ЭВМ, устанавливаемых в первичных ячейках народного хозяйства; сотнями тысяч крупных ЭВМ, используемых в подотраслевых и территориальных вычислительных центрах; тысячами суперЭВМ предельной производительности, замыкающих пирамиду технических средств информатизации. Их совокупная материальная ценность составляет два-три объема годового валового национального продукта региона. Удельная вычислительная мощность инфосферы в исторически обозримый период составляет 10-20 млн операций/с на человека.

Информатизация как процесс развития производительных сил состоит в привнесении адекватной информационно-вычислительной мощности на каждое рабочее место, в резком сокращении доли живого человеческого труда в сфере высокоавтоматизированного материального и энергетического производства и радикальном повышении производительности и эффективности труда в других областях человеческой деятельности, в переходе от *технической* эры (что делать) к эре *технологической* (как сделать).

2.4. Информатика. В нашей концепции и учебной литературе мы трактуем информатику как становящуюся фундаментальную естественную дисциплину, изучающую законы и методы накопления, обработки и передачи информации в природных, технических и социальных системах. Эта наука опирается на философское учение об информации в процессах отражения и состоит из таких конкретных областей, как теоретические основы вычислительной и коммуникационной техники; алгоритмика; программирование; искусственный интеллект; теория когнитивных процессов, включая вычислительный эксперимент; информология, или учение об информационных процессах в обществе.

Наряду со становлением информатики как науки в многочисленных проявлениях складывается прикладная информатика как совокупность всех видов человеческой деятельности, связанной с использованием программных и технических средств инфосферы. Развитие прикладной информатики находит свое выражение в передаче обществу новых информационных технологий - устойчивых и общедоступных процедур систематической или автоматизированной обработки информации в интересах той или иной конкретной человеческой деятельности. Фактически информационные технологии с самого начала сопровождают и во многом формируют человеческую цивилизацию. Здесь мы имеем в виду такие общеизвестные реалии, как изобразительное искусство, письменность, книгопечатание, почта, машинопись, телеграф, телефон, радио, телевидение, а также быстро распространяющиеся достижения последних десятилетий: ксерография, персональные вычисления, видеосистемы, оптические каналы, электронная почта, кабельное и спутниковое телевидение, настольные системы печати.

2.5. Планетарное мышление человека. Есть простая перефразировка понятия информатизации, принадлежащая Г.Р.Громову: информатизация это совокупность взаимосвязанных политических, социально-экономических и технологических факторов, которые обеспечивают свободный доступ всем самостоятельным членам общества к любой социально значимой информации (кроме ограниченного класса законодательно временно закрытой). Действительно, в наше время человека на информированность становится не просто нравственным идеалом, провозглашаемым просветителями и демократами, а императивом успешного развития, да и самого сохранения человеческой цивилизации, в условиях исчерпания возможностей экстенсивного развития, нарастания количества глобальных проблем, которые могут быть решены только совместно: ликвидация ядерной угрозы, сохранение окружающей среды, строительство и поддержание стабильной технической и социально-экономической мировой инфраструктуры. Общая тенденция научно-технического прогресса такова, что труд человека приобретает

все более индивидуальный и творческий характер, а его влияние на окружающий мир выходит далеко за пределы его рабочего места. Нет возможности останавливаться на этом важнейшем положении более подробно, замечу только, что на стыке тысячелетий совокупная энергия мыслительной деятельности человека приобретает поистине планетарный характер, о чем пророчески говорил великий русский естествоиспытатель академик В.И.Вернадский.

3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА: ПРЕДПОСЫЛКИ И ОЖИДАНИЯ

3.1. Педагогический взгляд на компьютер. Для многих педагогов характерна охранительная реакция на компьютер, подчеркивающая "орудийность" этого технического изделия. Эта охранительная реакция иногда выдается за правило хорошего тона, демонстрирующего просвещенный подход к компьютеризации школы.

Не посягая на достоинство педагогической науки, хотел бы подчеркнуть, что сорокалетний опыт применения электронной вычислительной техники позволяет дать "формулу компьютера", перечислив его наиболее продуктивные свойства: доступность, производительность, универсальность, программируемость, адаптируемость, развиваемость, сочетаемость, глобальность, идеальность.

Эти свойства, хотя они и общеизвестны, заслуживают своего анализа. Однако сейчас, пожалуй, более уместно показать, как эти свойства преломляются в педагогических ожиданиях, адресованных компьютеру. Имеется достаточный опыт, позволяющий эти ожидания сформулировать следующим образом.

1. Компьютер является наиболее адекватным техническим средством обучения, поддерживающим деятельностный подход к учебному процессу во всех его звеньях: потребность – мотивы – цель – условия – средства – действия – операции.

2. Будучи в состоянии принять на себя роль активного партнера с динамическим сочетанием вызова и помощи, компьютер тем самым стимулирует активность учащегося.

3. Программируемость компьютера в сочетании с динамической адаптируемостью содействует индивидуализации учебного процесса, сохраняя его целостность.

4. Контролируемость учебного процесса в сочетании с гибкостью и разнообразием пользовательского интерфейса делает компьютер идеальным средством тренировочных стадий учебного процесса.

5. Внутренняя формализованность работы компьютера, строгость в соблюдении "правил игры" в сочетании с принципиальной познаваемостью этих правил способствуют большей осознанности учебного процесса, повышают его интеллектуальный и логический уровень.

6. Способность компьютера к построению визуальных и других сложных образов существенно повышает пропускную способность информационных каналов учебного процесса.

7. Компьютер вносит в учебный процесс принципиально новые познавательные средства, в частности вычислительный эксперимент, решение задач с помощью экспертных систем, конструирование алгоритмов и пополнение баз знаний.

8. Являясь ведущим и массовым инструментом научно-технической революции, компьютер самим фактом органического включения в учебный процесс сближает сферу образования с реальным миром.

9. Наконец, свойства универсальности и программируемости, способность к многоцелевому применению компьютера позволяют во многих случаях сократить стоимость технических средств обучения за счет исключения затрат на натурные эксперименты и лабораторные работы и более дешевой программной настройки с одного применения на другое.

Огромное разнообразие ролей компьютера в учебном процессе в своей основе является сочетанием трех главных функций компьютера в учебном процессе:

- компьютер как орудие;
- компьютер как партнер;
- компьютер как источник формирования обстановки.

3.2. Меняющаяся роль учителя. Педагогика сотрудничества, деятельностный подход к учебному процессу, активизация учащихся, индивидуализация обучения — все эти нарастающие парадигмы современного образования радикально меняют роль учителя в классе. Авторитарная схема синхронного управления классом из нескольких десятков человек при всей ее экономности и кажущейся эффективности все больше себя изживает.

Это за пределами моей компетенции подробно анализировать возникающие здесь педагогические альтернативы. Хочу только с уверенностью сказать, что компьютер может весьма значительно помочь учителю в определении его нового места в классе.

Хотелось бы предостеречь от ошибочного взгляда на компьютер как на препятствие, разрушающее контакт учителя и ученика. Некоторые учителя представляют компьютерный урок как длительное состояние, когда все смотрят на дисплей и клавиатуру, не видя друг друга, а учитель кроме контроля за классом должен дополнительно взвалить на себя хлопоты по манипулированию своим компьютером. Такое представление основано на неквалифицированном и прямолинейном подходе к компьютерному уроку. На самом деле компьютер предоставляет учителю большой резерв поддержки, делающий его отношения с учениками даже более человечными, чем ранее.

Во-первых, компьютер замыкает на себя большую часть контрольных функций и реакций на ошибки ученика. Ошибки ученика беспощадно фиксируются компьютером, но становятся в значительной степени его частным делом, а не предметом получения отрицательных стимулов от учителя. Учитель становится более свободен и более позитивен в своем отношении к детям.

Во-вторых, компьютер, вступая с учеником в партнерские отношения, освобождает учителя от необходимости поддерживать темп и тонус деятельности ученика. В классе больше событий происходят "сами собой", в результате чего учитель получает больше возможностей видеть обстановку в классе в целом или уделять разовое внимание отдельному ученику.

Естественно, однако, что все это реализуется при хорошем техническом, программном и методическом обеспечении урока, а сам учитель должен достаточно непринужденно и свободно владеть общими навыками работы с компьютером.

3.3. Номенклатура общеобразовательной информатики. Ограничительный подход к компьютеризации проявляет себя по многим показателям. Один из них — видение компьютеризации просто как физической установки компьютеров в школах, внедрения курса компьютерной грамотности в учебный план и первоначального преодоления барьера доступности к компьютеру со стороны учителя. Считается, что после этого все образуется методом саморазвития.

На самом деле образовательная информатика — это обширная номенклатура многих видов деятельности, пронизывающих всю систему образования в целом. Прежде всего образовательную информатику составляют следующие виды "оконечной" деятельности по применению компьютеров в школе:

предметное применение, т.е. непосредственное изучение информатики как науки и компьютера как устройства;

учебное применение, помогающее изучению остальных преподаваемых предметов и дисциплин;

орудийное применение вычислительных средств и информационных технологий для поддержки универсальных видов учебно-познавательной деятельности (письмо, счет, коммуникация, графика, накопление и организация информации);

трудовое применение, т.е. органическое использование вычислительных средств и информационных технологий при выработке трудовых навыков или освоении профессии;

досуговое, охватывающее все виды применений, связанных с реализацией личных интересов за рамками регулярного учебного процесса;

дефектологические, т.е. все виды применений, ориентированные на контингент учащихся, обладающих недостатками развития или формами инвалидности;

преподавательское применение вычислительных средств и информационных технологий учителями и преподавателями;

организационное применение, охватывающее всю организационную и управляющую структуру системы образования.

Каждое из этих окончательных применений поддерживается соответствующей номенклатурой обеспечивающих видов деятельности:

научное обеспечение, формирующее сам предмет информатики как образовательной дисциплины и подвергающее анализу возможности и пределы применения вычислительных средств в образовании на

основе синтеза соответствующих разделов педагогики, психологии, когнитологии, физиологии, медицины и социологии;

учебно-методическое обеспечение, воплощающее находки и рекомендации научного обеспечения в виде учебно-методических комплектов: учебников, методических руководств, педагогических программных продуктов, вспомогательной литературы и наглядных пособий;

техническое обеспечение, включающее вычислительную технику, средства связи, аудио и видеотехнику и т.д.;

организационное обеспечение, поддерживающее всю инфраструктуру образовательной информатики и ее связь с производителями вычислительных средств, издателями, попечительскими советами и т.д.;

кадровое обеспечение, включающее профессиональную подготовку учителей по информатике, базовую подготовку по информатике всего корпуса преподавателей и организаторов образования и педагогическую ориентацию высших специалистов, вовлекаемых в сферу образования в связи с компьютеризацией.

Таким образом, реальное содержание образовательной информатики это полноразмерная матрица порядка 8×5 , каждая клеточка которой насыщена интенсивной и постоянной работой.

3.4. От компьютерной грамотности к информационной культуре. Говоря о компьютеризации образования, нельзя не думать об общем направлении этого процесса, о его развитии во времени, как при переходе учащегося из класса в класс, так и при движении общества в целом вдоль оси исторического развития.

Начальный этап компьютеризации практически повсеместно во всех странах связывается с достижением того или иного уровня компьютерной грамотности. Этот термин находится в постоянном употреблении уже почти десять лет, и я не буду анализировать его варианты, но дам его расширенное определение, которое позволило комиссии по программе перспективного учебника по информатике дать формулу развития компьютеризации школы как перехода от компьютерной грамотности учащихся к информационной культуре общества [18].

Курс "Основы информатики и вычислительной техники" должен формировать у учащихся:

навыки грамотной постановки задач, возникающих в практической деятельности, для их решения с помощью ЭВМ;

навыки формализованного описания поставленных задач, элементарные знания о методах математического моделирования и умение строить простые математические модели поставленных задач;

знания основных алгоритмических структур и умения применять их для построения алгоритмов решения задач по их математическим моделям;

понимание устройства и функционирования ЭВМ и элементарные навыки составления программ для ЭВМ по построенному алгоритму на одном из языков программирования высокого уровня;

навыки использования основных типов информационных систем и прикладных программ общего назначения для решения их с помощью практических задач и понимания основных принципов, лежащих в основе функционирования этих систем;

умение грамотно интерпретировать результаты решения практических задач с помощью ЭВМ и применять эти результаты в практической деятельности.

Эти требования, взятые в их минимальном объеме, составляют задачу достижения первого уровня компьютерной грамотности, а в максимальном объеме перспективную задачу воспитание "информационной культуры".

Возможно, на внешний взгляд это определение кажется слишком программистским, но оно достаточно емкое и оставляет простор для многих интерпретаций, чтобы по мере накопления опыта усилить гуманитарную и социальную компоненты информационной культуры.

4. ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

4.1. Математика: кризис или триумф? Здесь я опять-таки приближаюсь к границам своей компетенции и поэтому не претендую на исчерпывающий анализ этих проблем, а сделаю лишь некоторые наблюдения, хотя и весьма важные в моих глазах в связи с основной линией изложения. Принято говорить, что математическое школьное образование переживает кризис. Можно с этим не спорить, так как обследования, проводимые в разных странах, приносят достаточно свидетельств о недостатках математического образования.

В то же время этот критический настрой в отношении образовательной математики (я употребляю этот термин в широком смысле по аналогии с образовательной информатикой) соседствует с буквально триумфальным развитием математической науки. Понятие о XX веке как золотом веке математики является таким же популярным, как и разговоры о кризисе школьной математики. Я назову лишь несколько свидетельств из тех, которые были доступны моему пониманию или произвели на меня наибольшее впечатление при знакомстве с популярными обзорами или рассказами друзей-математиков.

Во-первых, это крупнейшие достижения в теории доказательств, приведшие к созданию метаматематики, нахождению новых методов доказательств, равно как и углублению в понимании пределов математического знания и математических методов рассуждения.

Во-вторых, это установление тесных связей между теорией доказательств и теорией конечного перебора, углубленное понимание конечности и бесконечности, создание теории сложности систематических процедур или математических объектов и совокупностей.

В-третьих, это глубокий прорыв в нелинейную математику, который многократно усилил роль и силу математики как инструмента познания физического мира.

В-четвертых, это потрясающий по своей интеллектуальной силе синтез алгебры, геометрии, топологии и анализа, позволивший унифицировать основные структуры математики, органически объединить дискретный и континуальный миры математических объектов.

В начале XX века историческая программа Гильберта представлялась небольшому отряду ученых-математиков (хорошо, если одной тысяче!) огромным помещением, в котором им предстояло жить и осваиваться. Сейчас же это – всего лишь мемориальный зал в огромном здании математики, населенном десятками тысяч пытливых и талантливых людей.

Что очевидно? Очевидно громадное увеличение дистанции между математикой как школьным предметом и математикой как живой наукой. Налицо большой разрыв между потребностями математической практики и способностью людей ей предаваться. Наш образовательно-математический универсум резко расширился, и сразу стали видны неоднородности и разрывы.

Я бы назвал ситуацию не кризисом, а нарастанием противоречий в целях математического образования. Прежде чем их перечислить, позволю себе заметить, что они в значительной степени носят общий характер и не являются специфичными только для математики.

4.2. Главные противоречия. *Научное знание или "здравый смысл"?* Этот конфликт стар, как жизнь, и отражает вечное противостояние обыденного и научного сознания. В более техническом смысле спор идет об опоре на логически безупречные, но абстрактные или интуитивно близкие, но расплывчатые основы школьного курса.

Элитарное или эгалитарное образование? Это общее для образования противоречие особенно остро ощущается в математике. Любая попытка дать целостное математическое образование в школе сразу упирается в реальную неоднородность способностей учащихся или возможностей учителя. Любая попытка сформулировать общепринятый минимум математического знания никого не делает с такой попыткой согласным из-за "важных упущений".

Вариативность или одинаковость? Возможно, это противоречие специфично для Советского Союза с его упором на однородность и одинаковость учебного процесса. Даже если согласиться в принципе на вариативность, остаются трудности поиска схем курса математики, вызванные предыдущим противоречием.

В сторону вуза или в сторону общего знания? Что является главной функцией средней школы: готовить к вузу или лучше уложить в голову то, что останется у учащегося навсегда и больше пополняться не будет? По существу, необходимость развести эти альтернативы приводит в реформе нашего образования к разделению уровней базового и полного среднего образования.

Конкретизацией этой дилеммы является следующая: учить математике как науке или как человеческой практике. Академик А.Н.Тихонов, организуя в Московском университете новый факультет прикладной математики и кибернетики, неустанно повторял свой тезис о разном мировоззрении и методологии "чистых" и "прикладных" математиков, не отрицая в то же время единства математики как науки. Если эта вузовская дилемма актуальна, то она имеет свою проекцию и на школьный курс.

Наконец, *традиция или модернизация?* Пожалуй, эта дилемма более актуальна для педвузовского, нежели школьного курса математики. Что должно составлять пафос учительского кругозора и мировоззрения: приверженность историческим ценностям или увлечение последними событиями? Разрыв между традицией и новизной здесь налицо.

4.3. Колмогоровская реформа. Возможно, наиболее ярким выражением проблем и противоречий современного математического образования является имевший место процесс в советской средней школе, получивший название "колмогоровской реформы". Три совокупных обстоятельства делают историю колмогоровской реформы особенно драматичной: то, что она связана с именем одного из наиболее выдающихся математиков нашего времени; ее размах и масштаб и, наконец, преобладающее мнение о том, что это предприятие оказалось несостоятельным, привело к неудаче.

Очень схематично, последовательность событий была таковой. В середине 60-х годов во исполнение правительственного постановления о повышении научного уровня и модернизации школьных программ начали разрабатывать новые программы по школьному курсу математики. Формально, да и по существу это была коллегиальная, комитетская работа, объединявшая специалистов из Академии наук, Академии педагогических наук, университетских профессоров при некоторой доле участия школьного учителя. Однако она очень быстро приобрела "колмогоровский" характер благодаря объему личного участия академика Колмогорова в этой работе, его огромному научному авторитету и в очень значительной степени благодаря его всеобъемлющему и цельному подходу к школьному курсу математики. Он занимался абсолютно всеми аспектами проблемы: от глобального планирования до рядовых уроков математики в университетской школе-интернате. В посмертной книге А.Н.Колмогорова "Математика — наука и профессия", вышедшей в этом году в библиотеке журнала "Квант", помещен справочный материал, убедительно показывающий размах и объем его деятельности: одних только публикаций в журнале "Математика в школе", относящихся к этому периоду, насчитывается 58 [21].

Новая программа была введена фронтально, до появления новых учебников, на основе временных методических разработок, срочно опубликованных в "Математике в школе" и министерских инструктивных письмах. В большом объеме проводилась краткосрочная курсовая подготовка учителей по всей территории страны.

В течение нескольких лет появились новые учебники, работа по которым, однако, стала вызывать значительные сложности у учительского корпуса. Курс математики стал труден для учеников. Ослабла тяга к математике, понизился уровень абитуриентов в вузах. Учителя почувствовали себя дезориентированными.

Стала нарастать критика реформы. Сначала по конкретным недостаткам учебников, потом по методике, а затем стала складываться оппозиция к отправным научным положениям новых программ. Начали появляться альтернативные учебники.

Объединение критики сбоку с нараставшими трудностями снизу привели к мощному контрреформистскому движению, в котором взяло верх традиционалистское отношение к курсу математики в школе. Контрреформация носила менее фронтальный характер, было немало компромиссов, некоторые "колмогоровские" учебники уцелели, но в целом принятая в последующие годы модифицированная программа курса признается многими весьма консервативной.

Все это сопровождалось очень острыми дискуссиями, и последние годы жизни Андрея Николаевича Колмогорова были омрачены не только тяжелой болезнью.

Естественно, это очень грубая схема. На самом деле произошел миллион событий, многие из которых абсолютно позитивны, и общая ситуация, конечно, не является реставрацией того, что мы имели двадцать лет назад.

Во-первых, на колмогоровских программах выросло новое поколение успешно работающих математиков, которое доминирует в лучших проявлениях нашей математической мысли и практики. Во-вторых, учителя при всех пережитых ими трудностях вкусили немало свежих и новаторских мыслей и тем самым перешли на новый уровень самосознания. Появился журнал "Квант" и его замечательная библиотечка. Активность А.Н.Колмогорова пробудила творческую энергию коллег-академиков, в результате чего математическая литература по школьной математике весьма обогатилась.

Думается, что нельзя дать оценку сути, роли и судьбы колмогоровской реформы, оставаясь в рамках только лишь ее научно-методического содержания. Ее судьбу нельзя отделить от судьбы всего образования, всей страны за то двадцатилетие, которое наша публицистика деликатно называет "периодом застоя".

Я бы сказал так: если колмогоровская реформа как акция оказалась несостоятельной, то эта несостоятельность является всего лишь проекцией на математику более глобальной несостоятельности другой грандиозной акции, предпринятой Брежневым, перехода к обязательному среднему образованию с сохранением всей прежней ригидности, однородности и авторитарности в содержании и методике школьного обучения, а также попытки сделать все это "даром", без надлежащего обеспечения.

Думая о драматической судьбе колмогоровской реформы и ее идейного лидера, я не могу не провести параллели с судьбой другого гениального современника Андрея Николаевича Колмогорова. Я имею в виду писателя и поэта Бориса Пастернака и его главный труд жизни "Доктор Живаго".

Та же мера таланта, высокого профессионализма и способности к рядовой работе.

Та же дистанция и несочетаемость со многими реалиями повседневной жизни и обстановки.

Та же неразрывная связь с культурой и природой, в особенности подмосковной.

Та же смертельная ревность и пристрастность со стороны многих братьев по цеху.

То же высокое ощущение своей бескомпромиссной предназначенности для некоторой общечеловеческой миссии.

Вы можете спросить меня, почему я поставил колмогоровскую реформу в контекст своего доклада. Этому есть три объяснения.

Во-первых, для меня лично ее история является неисчерпаемым источником опыта, вдохновения и предостережений в нашей хирургической работе по имплантации компьютера в школьное образование.

Во-вторых, колмогоровская реформа фокусирует в себе и является реальным свидетельством всех тех проблем математического образования, о которых я только что говорил.

И последнее по счету, но не по важности это то, что, по моему глубокому убеждению, компьютер может и должен стать серьезным помощником математическому образованию, в том числе и решению проблем, на которые была нацелена колмогоровская реформа.

5. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ НА МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Прежде всего замечу, что математики тоже люди и им компьютер может помогать непосредственно, как и всем остальным. Я вижу, как все большее и большее число математиков, в том числе и весьма почтенных, осваивают персональные компьютеры и рабочие станции с энтузиазмом подростков. Математики хорошо думают и в этом пока прекрасно обходятся без искусственного интеллекта, баз знаний и экспертных систем. Однако компьютер дает им число и образ и это многим очень помогает.

Раскроем теперь обозначенную тему более систематично.

5.1. Резкое расширение математической практики. Повсеместное применение компьютеров, строительство информационной модели мира раздвинули объем и разнообразие математической практики в грандиозных масштабах. Многие инструменты и методы математической работы становятся буквально общим достоянием. Построение знаковых систем, схематизация конкретных объектов путем выделения их свойств, атрибутов и отношений, построение моделей, дедукция, редукция и рекурсивное мышление, выделение и поддержание уровней абстракции, прогнозирование поведения, анализ законов, установлений и правил, наконец, конструирование огромного количества алгоритмов и их оценка — все это становится оружием современного интеллекта, каркасом информационной культуры. Таким образом, компьютеризация является и средством, и выражением экспансии математического знания, и этот общемировой процесс не может оставаться незамеченным самой математикой.

5.2. Изменение номенклатуры математических знаний. Компьютер имитирует или, лучше сказать, воспроизводит человеческое поведение. Через программирование и построение информационных моделей в содержательную часть математики входят абстракции человеческой деятельности, свойства искусственных и живых (биологических и социотехнических) систем. Все это резко усиливает роль и место дискретной

математики. Этому же содействует сдвиг в физике в сторону квантовых свойств материи. Появляются разделы дискретного анализа, так сказать, параллельные классическому. Выходит на первый план изучение связи между дискретным и непрерывным, как, например, в синергетике и теории катастроф. Появляются новые приемы математической работы, например доказательные вычисления. Появляются и требуют философского осмысления такие неортодоксальные математические доказательства, как нашумевшее на весь мир решение проблемы четырех красок.

5.3. Системная роль математической теории. Понятие теории родилось в недрах математики. С другой стороны, в информатике имеется важнейшее понятие обстановки. Обстановка — это воплощенная в компьютере замкнутая модель мира, в которой предстоит действовать программируемому исполнителю. Поскольку все исходы поведения исполнителя должны быть предсказаны, необходимо на практике обладать полным знанием обстановки и заодно сознавать пределы этого знания в реальном мире. Все это знание должно предшествовать конкретному конструированию. Выработка этого знания составляет сущность системного анализа, а пост-роение теории обстановки становится его итогом. Системный анализ — это новый массовый вид человеческой практики, в которой роль математического метода чрезвычайно велика.

5.4. Вычислительный эксперимент с математической моделью. Его роль в инженерной практике общеизвестна, и я позволю себе не развивать этого тезиса. Его практичность как нового метода познавательной деятельности в учебном процессе также подтверждается педагогической практикой. Хотелось бы подчеркнуть, что в последние годы вычислительный эксперимент все в большей степени становится источником чисто математических открытий. Здесь я хотел бы сослаться на интересный обзор такого рода находок, сделанный доктором Хазевинкелем из Амстердамского центра математических и вычислительных наук [22].

5.5. Визуализация абстракций. Визуальное восприятие человека является поистине магическим кристаллом, позволяющим делать открытия. Поиски того, как сделать мысль наглядной, всегда были мучительным делом ученых и воспитателей. Интеллектуальная графика имеет тысячелетнюю историю — от наскальных изображений каменного века до гравюр Эшера. И здесь компьютер со своей способностью к синтезу изображений помогает человеческой пронизательности. Многие из вас читают и просматривают журнал "Scientific American" или его русский вариант "В мире науки". За последние годы добрая треть публикуемых в нем уникальных иллюстраций — это образы, порожденные абстрактным знанием, оживленным союзом ученого, программиста и компьютера.

В педагогических сочинениях академика А.Н.Колмогорова неоднократно подчеркивается различие между формальной символической системой и содержательным математическим знанием различие, игнорируемое адептами взгляда на математику как на синтаксическую теорию, но хорошо ощущаемое каждым живым математиком. Думается, что аналогичная пропорция должна соблюдаться и на образовательном уровне между абстрактным математическим объектом и его визуальной моделью: пропорция, хорошо известная для геометрических объектов, но на самом деле воображаемая (и реализуемая с помощью компьютера) и для несравненно большего запаса математических идей. Насколько же важен яркий видимый образ для активизации молодого ума — это хорошо известно каждому учителю, воспитателю и психологу.

5.6. Динамизация математических объектов. Математика — это наука об инвариантах. Познать природу инварианта можно, однако, только осознав диалектику постоянства и изменчивости параметров этого инварианта. Как сказал Карл Маркс: "Любой закон проявляется при попытке его нарушения". Увидеть в логической константе все проявления реальной жизни, описанной законом, это значит понять закон и научиться его применять. Компьютер со своими средствами визуализации и вычислений позволяет наблюдателю извлечь из статической упаковки математического отношения всевозможные траектории развития динамического процесса как во времени, так и в пространстве, обогащая тем самым его опыт, интуицию и способность к предсказанию. Все это приближает учебный процесс к исследованию и эксперименту.

5.7. Становление структуры из хаоса. Среди возможностей, предоставляемых математическим экспериментом и способностью компьютера к визуализации, заслуживают особого упоминания эксперименты по наблюдению становления регулярных структур из исходного беспорядка. В их простейшем проявлении — это разнообразные конструкции, возникающие при итеративном применении некоторых нелинейных операторов к случайным исходным данным или попутным параметрам. Хочу лишь привлечь внимание к тому, что образовательный потенциал этой области математических явлений еще используется в очень малой степени. Здесь формируется совершенно новый и исключительно мощный канал для распространения математического познания на огромный класс природных явлений: движение материков, формирование береговой линии, горные ландшафты, рисунок полярных сияний, формообразование у растений, расцветка животных, развитие конфликтов и возникновение кризисов.

Кстати говоря, материал, поставляемый синергетикой и математикой нелинейного, позволяет сделать важный образовательный вывод о принципиальной важности вычислительного эксперимента как познавательного инструмента: если источником всего нового в природе является нелинейность, то умозрительное предсказание экстраполяционного типа линейно по своей природе и поэтому ограничено в своей познавательной силе, как, например, любой вывод в существующей аксиоматике. Поэтому для добычи поистине нового знания необходим нелинейный синергетический процесс либо в мозгу у человека, либо в памяти компьютера.

5.8. Воспитание базовых способностей и умений. В популярных изданиях по математике мы постоянно находим такие оговорки: "Эта книга не требует от читателя никаких специальных знаний, но предполагает некоторую привычку к абстрактному рассуждению". Жаль, что о таких вещах мы обычно читаем лишь в предисловиях, а говорим лишь в коридорах. А между тем возможно, что это предматематическое "коридорное" образование и есть тот самый истинный стержень математической культуры, составляющей главную задачу школьного математического образования.

Я хотел бы подтвердить мысль, высказанную уже многими, хотя бы С.Пейпертом в его известной книге [23], о том, что компьютер с предоставляемой им возможностью прямого манипулирования с визуальными образами математических объектов в искусственных мирах может сделать эту задачу предматематического (или метаматематического?) образования предметным компонентом учебного процесса, особенно в начальном обучении и в младшеподростковом периоде. Это логические задачи, и соревнования по устному счету, составление и соблюдение "правил игры", конструирование искусственных миров, прямое манипулирование с математическими объектами, управление исполнителями, планирование их деятельности и многое-многое другое.

5.9. Пробуждение первичного интереса. Продолжая только что высказанную мысль, добавим, что динамический, наглядный, послушливый и стимулирующий стиль поведения компьютера делает его идеальным инструментом для пробуждения начального интереса к математике, к ее красоте, неожиданности, предсказательной силе и волшебной связи со всем окружающим.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. БРАТСКИЙ СОЮЗ МАТЕМАТИКИ, ИНФОРМАТИКИ И ЛИНГВИСТИКИ

Я рискну дать еще одно, ограниченное, но очень важное, как мне кажется, определение информатики: информатика — это наука о правилах целеустремленной деятельности. Это определение становится просто справедливым, если мы уравниваем информатику с наукой о компьютере (computer science — как и говорят в англоязычных странах) и если мы признаем компьютер в соответствии с тезисом Черча и тьюринговым понятием универсальной машины (с оракулом) всеобъемлющей моделью целеустремленной деятельности.

Если мы хоть отчасти согласимся с этим, то сразу обнаружим, что новорожденная информатика по праву входит в братский (если по-русски, то сестринский) союз с математикой и лингвистикой, закладывая в школьное образование опорный треугольник развития главных проявлений человеческого интеллекта: способность к обучению, способность к *рассуждению* и способность к *действию*.

Дисциплина действия так же нужна человеку, как дисциплина ума и дисциплина речи. Упражняясь в управлении компьютером, человек вырабатывает способность управлять собой. Понимая, как компьютер решает задачу, он сохраняет это понимание в себе. Наблюдая катастрофы в искусственных мирах, он многократно и безопаснее для себя вырабатывает опыт сопоставления решений и их последствий. Иными словами, я верю, что информатика позволит преодолеть созерцательность, рефлексивность и некоторый инфантилизм современного интеллектуального образования школьников. Возможно, такой вывод покажется кому-нибудь слишком максималистским, да и не хотелось бы представлять компьютер как панацею, но если мне удалось передать вам хотя бы долю энтузиазма, который движет школьную информатику, я могу считать свою задачу выполненной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Howson A.G., Kahane J.P. (Eds). The influence of computers and informatics on mathematics and its teaching (Proc. ICMI Symposium, Strasbourg, 1985). - Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1986.
2. The influence of computers and informatics on mathematics and its teaching (Supporting papers for the ICNI Symposium, Strasbourg, 1985). - Strasbourg: IREM; Universite Louis Pasteur, 1985.

3. Johnson D.C., Tonsley J.D. (Eds). Informatics and mathematics in secondary schools, impacts and relationships (IFIP TC-3 Working Conference). - Amsterdam: NorthHolland, 1978.
4. Johnson D.C., Lovis F. (Eds). Informatics and the teaching of mathematics (IFIP TC3 Working Conference, Sofia, 16-18 May 1987). - Amsterdam: North-Holland, 1987. - 172 p.
5. Садовская Н.А. (Сост.). Применение ЭВМ в школьном образовании. Библиографический указатель литературы. Ч.1. Отечественный опыт. - Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1984.
6. Юнерман Н.А., Кисарова М.П. (Сост.). Школьная информатика. Библиографический указатель отечественной и иностранной литературы за 1981-1985 гг. - Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1986.
7. Ершов А.П., Звенигородский Г.А., Первин Ю.А., Юнерман Н.А. ЭВМ в школе: опыт формулирования национальной программы// INFO 84, 6-10 Febr., 1984. - Dresden, 1984. - Bd. 2.Plenarvortrage.- S.5363.
8. Ершов А.П., Монахов В.М., Кузнецов А.А. и др. Основы информатики и вычислительной техники. Ч.2 - М.: Просвещение, 1986.
9. Ершов А.П., Монахов В.М., Бешенков С.А. и др. Основы информатики и вычислительной техники. Ч.1. - М.: Просвещение, 1985.
10. Ершов А.П., Монахов В.М., Кузнецов А.А. и др. Изучение основ информатики и вычислительной техники.- Ч.1. - М.: Просвещение, 1985.
11. Ершов А.П., Монахов В.М., Витиных М.В. и др. Изучение основ информатики и вычислительной техники. -Ч. 2. - М.: Просвещение, 1986.
12. (ACM Education Board, IEEE Computer Society Educational Activities Educational Board). Computer science in secondary schools: curriculum and teacher certification// Commun. of the ACM. - 1985. - V.3, - N 3. - P.269279.
13. Ершов А.П. Научно-методические основы школьного курса информатики// Вестник АН СССР. - 1985. - № 12. - С.49-59.
14. Ершов А.П., Кушниренко А.Г., Лебедев Г.В. и др. Основы информатики и вычислительной техники. IX-X класс. - М.: Просвещение, 1988.
15. Каймин В.А., Щеголев А.Г., Ерохина Е.А., Федюшин Д.П. Информатика. -Ч.1, 2. - М.: МИЭМ, 1987. - 228 с.
16. Ершов А.П. Школьная информатика в СССР: от грамотности к культуре// Информатика и образование. - 1987. - № 6. - С. 3-11.
17. Концепция использования средств вычислительной техники в сфере образования (Проект)// Информатика и образование. - 1988. - № 6.
18. Программа курса "Основы информатики и вычислительной техники"// Микропроцессорные средства и системы. - 1986. - № 4. - С. 86-89.
19. The National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology. Educating Americans for the 21st Century. - Washington: National Science Foundation, 1983. - 124 p.
20. International Commission on Mathematical Instruction (ICMI). School Mathematics in the 1990-s. - Southampton: Centre for Mathematics Education, Univ. of Southampton, 1985. - 31 p.
21. Колмогоров А.Н. Математика – наука и профессия. (Библиотечка "Квант", Вып.64). - М.: Наука, 1988. - 288 с.
22. Hazewinkel M. Experimental mathematics. Report PMR8411. Amsterdam, October 1984, 38 p. (Centre for Mathematics and Computer Science).
23. Papert S. Mindstorms - Children, Computers and Powerful Ideas. - N.Y.: Basic Books, - 1980.