

Обучение в области естественных, технических, инженерных и математических наук в США: программа STEM (Перевод доклада)¹

Представлены материалы доклада, подготовленного в 2010 году для президента США, где отмечается, что в стране назрела необходимость провести реформу образования в области STEM. Одной из причин указываются невысокие успеваемость и заинтересованность учащихся математикой, компьютерными технологиями, химией, физикой и другими науками. Другой причиной, по мнению экспертов, является тот факт, что в США недостаточно используется собственный интеллектуальный потенциал: в области производства новых технологий работают иностранцы, а коренные американцы выбирают другие области деятельности. Содержатся ключевые рекомендации по реформированию системы STEM образования. Последние касаются вопросов финансирования, единых стандартов и системы оценки знаний, образовательных технологий, подготовки педагогов и учащихся.

Ключевые слова: обучение в области науки и технологий; реформа образования, образовательные технологии.

1. Необходимость реформы образования в области STEM и ее цели

Научные и технические инновации играют важную роль в стимулировании и создании новых отраслей промышленности, роста числа рабочих мест, а также улучшения качества жизни. Инновации создаются творческими людьми, обладающими глубокими знаниями и навыками.

В последнее время политики и ученые США работают над трансформированием системы образования по предметам STEM (*Science, Technology, Engineering and Math*) – математика, биология, химия, физика, а также компьютерные технологии, инженерные науки, экология и геология.

Несмотря на хорошие результаты многих учащихся по предметам STEM, американские школьники в целом выглядят слабо в сравне-

¹ В тексте использованы материалы доклада президенту США «Готовить и вдохновлять: обучение в области науки, технологий, инженерии и математики в США», подготовленного Советом по науке и технологиям при президенте США в сентябре 2010 (Report to the President «Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Education, and Mathematics for America's Future». President's Council of Advisors on Science and Technology. September 2010). Перевод С.Е. Башмаковой, А.В. Волкова, И.Б. Рогожкиной.

нии с учащимися других стран. Налицо явные различия в успеваемости между различными группами учащихся, многие воспринимают эти предметы как слишком сложные и непривлекательные. Что касается новых технологий, то в их создании участвует большой процент иностранных инженеров и ученых. Коренные же американцы предпочитают заниматься другими видами деятельности.

В докладе президенту описывается также текущее состояние системы образования STEM в американских учебных заведениях и излагается проект ее реформы. Цель предполагаемых изменений – создать систему образования, способную подготовить учащихся, чтобы они приобрели серьезные фундаментальные знания предметов STEM и способность применять эти знания в своей личной и профессиональной жизни. Отмечается, что необходимо повысить престиж работы в области STEM.

2. Образовательные стандарты и система оценки

Необходимым условием развития системы образования K-12² является наличие четких и разумных целей и средств измерения прогресса в их достижении. Следовательно, необходима система стандартов и оценок. Первые определяют уровень образования, вторые – достижения.

Из-за особенностей государственного устройства и построения системы образования в США существует 50 различных систем стандартов преподавания математики и других наук. Это уменьшает стройность и эффективность системы в целом. Сложившуюся ситуацию следует исправить по ряду причин:

- улучшение подготовки учащихся к дальнейшему обучению или работе в мире единых стандартов;
- необходимость учета семей учащихся, переезжающих из штата в штат, в связи с чем различия в стандартах вызывают трудности как у учащихся, так и учителей;
- облегчение сравнения результатов в разных штатах при единых стандартах и оценках;

- необходимость создания обширного и однородного рынка образовательных программ и услуг.

В последнее десятилетие в рамках Государственного исследовательского совета ведется работа по выработке основ системы стандартов обучения математике и другим наукам. В своих публикациях Совет изложил следующие принципы.

- *Концептуальное понимание* – понимание концепций, операций и отношений;
- *операционная свобода* – навыки гибкого и аккуратного выполнения операций;
- *стратегическая компетенция* – способность формулировать, представлять и решать проблемы;
- *адаптивное осмысление* – логическое мышление, рефлексия, объяснение и аргументация;
- *продуктивное сознание* – склонность рассматривать предмет как разумный, полезный и ценный наряду с верой в свою эффективность.

В настоящее время ведется работа по созданию конкретной единой системы стандартов, опирающейся на данные принципы. Свой вклад вносят не только государственные органы, но и ряд независимых организаций. В частности, в 2009 году было создано Движение за единые стандарты. К сегодняшнему дню им уже опубликованы стандарты обучения математике и английскому языку, принятые на дату публикации отчета в 36 штатах и округе Колумбия.

В американских школах существуют тесты:

- *формирующие*, используемые в процессе обучения;
- *обобщающие*, направленные на оценку знаний ранее пройденных предметов и концепций;
- *ежегодные обобщающие*, проводимые в конце года;
- *исследовательские*, позволяющие собрать материал об эффективности учебных планов, пособий и материалов, а также методик обучения.

² K-12 – система образования от детского сада (kindergarten) до окончания 12-го класса, оплачиваемая правительством.

В 2010 финансовом году на разработку новых методов оценки в математике и английском языке выделено 360 миллионов долларов. Эти методики должны быть разработаны двумя группами штатов.

На проведение тестов по математике, чтению и письму тратится около 20 долларов в год на одного учащегося. Инновационные методики обходятся дороже – до 56 долларов на человека в год. Тем не менее, их использование оправдано, поскольку дешевые и малоэффективные методики тестирования могут снизить эффективность дорогостоящих образовательных проектов.

3. Учебные заведения, реализующие программу STEM

Около 100 муниципальных школ в США предпринимают значительные усилия для проведения специализированного обучения по предметам STEM. В них учатся около 47 000 школьников, большая часть из которых – старшекласники. Несмотря на то что число таких школ постоянно растет, их посещает всего один учащийся из тысячи. Программы поддержки и развития предметов STEM приняты всего в 30 штатах. В некоторых штатах их концентрация больше, чем в других.

Для создания школ, специализирующихся на предметах STEM, могут быть использованы самые разные концепции. У таких школ может быть разная тематика, педагогические подходы, системы связей и сотрудничества. Их создание должно быть обязанностью штатов и местных властей, но федеральное правительство должно стимулировать и поддерживать такие инициативы путем оказания финансовой и технической помощи. Это особенно важно в свете того, что подобные школы требуют больших затрат, чем обычные, из-за программных и инфраструктурных особенностей. Тем не менее, это прекрасные инвестиции в будущее государства.

Далее авторы доклада оценивают необходимый для таких изменений объем финансирования – 10 миллионов долларов для каждой старшей школы и 2 миллиона долларов для средних и начальных школ. Отмечается, что финансирование должно быть направлено на учебное планирование, профессиональ-

ный рост, учебные материалы, лаборатории, технологии и оборудование. Штаты также должны участвовать в финансировании. Кроме того, рекомендуется привлекать частные и благотворительные организации.

Подчеркивается, что важную роль играет укрепление связей между школами и профессионалами в области STEM. Существует ряд потенциально успешных программ. В ходе их реализации школьные районы становятся партнерами университетов, университетские преподаватели помогают школьным учителям.

4. Подготовка учителей для работы по предметам STEM

К учителю по предметам STEM должны предъявляться особые требования, включая:

- *глубокое знание материала.* Чтобы объяснить учащимся содержание предмета с разных точек зрения, мотивируя учащихся узнавать больше самостоятельно. Он должен следить за последними изменениями в соответствующей науке, чтобы использовать эти знания, делая материал более живым;

- *педагогическое мастерство.* Помимо знания предмета, учителя должны обладать способностью заинтересовать этим предметом учащихся, донести до них необходимое содержание и закрепить его с помощью определенных средств.

Существуют два основных способа подготовки учителей по предметам STEM: традиционные программы в колледжах / университетах и разнообразные альтернативные программы.

К сожалению, очень редко учитель обладает как глубоким знанием своего предмета, так и высокими педагогическими способностями. Поэтому подчеркивается необходимость уделять особое внимание профессиональной подготовке и развитию педагогов.

В докладе «Обучение в области естественных, технических, инженерных и математических наук в США (программа STEM)» рекомендуется создать условия для поиска, подготовки и поддержки не менее 100 000 новых учителей по предметам этой программы в течение ближайших десяти лет. Подчеркивается необходимость разработки об-

разовательных программ, посредством которых можно было бы осуществлять подготовку педагогов и оценивать как результаты учащихся, так и кадровую стабильность педагогов. По мнению экспертов, департамент образования должен систематически выбирать программы, отвечающие вышеуказанным требованиям и обеспечивать им финансовую поддержку. Выбранные программы должны регулярно предоставлять отчетность о достигнутых результатах. По оценкам авторов доклада, всего потребуется около 100–150 миллионов долларов в год, исходя из затрат в 8000 долларов на подготовку одного учителя. Финансирование может осуществляться за счет уже существующих программ, которые могут быть реструктурированы и расширены в соответствии с новыми требованиями.

В докладе обращается внимание, что важно дать возможность учителям STEM улучшить свои знания и навыки. Поэтому федеральное правительство должно поддержать исследования в области эффективного профессионального развития и разработки новых типов программ. Необходимо выделить наиболее эффективные из существующих программ, чтобы использовать опыт их проведения. Педагоги STEM должны получать вознаграждение, соответствующее их достижениям, и пользоваться общественным уважением.

5. Развитие потенциала учащихся

Авторы доклада считают неправильным предположение, что учащиеся сумеют самостоятельно полноценно реализовать свой потенциал. По их мнению, необходимо разработать систему скоординированных формальных и неформальных программ, направленных на развитие способностей учащихся. Одним из методов развития способностей и повышения мотивации в изучении предметов STEM могут стать внешкольные занятия и мероприятия. Это могут быть олимпиады, конкурсы, научные выставки, соревнования роботов и т. д. Учащиеся могут посещать дополнительные занятия, в которых математика будет соединяться с повседневными делами. Детям должна быть предоставлена возможность проходить стажировки в научных цен-

трах и государственных парках, участвовать в программах выходного дня или летних лагерях, работать в компаниях, связанных с предметами STEM, посещать лекции профессионалов и общаться с ними.

Школы должны также давать возможность способным ученикам проходить ускоренный или углубленный курс обучения. Обычно это принимает форму класса ускоренного обучения или дополнительных занятий. В частности, отмечается, что программа *Advanced placement* направлена на выявление учащихся с высокими способностями и обеспечение для них ускоренного и углубленного обучения. В 2008 году в тестировании по математике в рамках этой программы приняли участие более 250 000 учащихся старших классов. Школьники, получившие лучшие результаты, получают возможность заниматься по особой программе с учителями, знающими, как развивать их способности. В настоящее время в рамках той же программы проводится подготовка таких преподавателей, финансовая поддержка учителей и учеников, регулярная оценка их результатов, формируются обширные базы данных. В программе участвуют 227 старших школ шести штатов. В 65 школах, участвовавших в программе в течение двух последних лет, наблюдается прирост 98 % в результатах экзаменов по математике, другим наукам и английскому языку. В 2011 году департамент образования запросил финансирование в размере 100 миллионов долларов для программ ускоренного и углубленного обучения.

По мнению авторов доклада, одаренным учащимся должна быть доступна также возможность участия в программах международного бакалавриата, посещения курсов соседних колледжей, а также онлайн-обучение.

6. Образовательные технологии

Авторы доклада считают, что развитие культуры инноваций в системе образования – потенциально один из самых успешных путей улучшения системы K-12. Отмечается, что администрация Б. Обамы продемонстрировала свою приверженность к инновациям, сосредоточив внимание на сборе и использовании ин-

формации для расширения и совершенствования лучших государственных программ.

Среди используемых в настоящее время успешных подходов можно выделить:

- *Wikipedia и схожие проекты*, которые дают возможность группам людей по всему миру создавать и редактировать огромные объемы информации и делать их общедоступными;

- *открытые учебные материалы*. Такие высшие учебные заведения как Массачусетский технологический институт и университет Калифорнии предоставили свободный бесплатный онлайн-доступ к курсам лекций по ряду предметов;

- *электронные учебные пособия*. Даже простые электронные копии бумажных пособий имеют ряд преимуществ: их производство и покупка дешевы, их проще носить с собой и обновлять, они более доступны для учащихся с особыми потребностями. Но электронные пособия могут стать и гораздо более полными источниками материала, чем бумажные, сочетая разные способы подачи информации;

- *компьютерные обучающие системы*. Новые типы обучающих компьютерных систем предназначены для непрерывного сопровождения и оценки учащихся. В случае возникших у ученика трудностей система способна предложить ему ряд действий, направленных на их преодоление;

- *онлайн-обучение*. В настоящее время функционирует ряд виртуальных школ, предоставляющих доступ как к отдельным курсам, так и полной школьной программе. Их услугами пользуются более миллиона учащихся;

- *онлайн-программы повышения квалификации*. Они помогают учителям повысить профессиональную квалификацию без отрыва от преподавательской деятельности. В качестве примеров таких программ можно привести *TeacherLine* (<http://www.pbs.org/teacherline/>) и *Teachscape* (<http://teachscape.com>);

- *системы оценки*. Современные информационные технологии (ИТ) являются мощным средством для выявления особенностей мышления учащихся, которые необходимо знать преподавателю для более эффективной организации учебного курса. С помощью

ИТ можно также собрать и проанализировать большой объем информации о знаниях и навыках, полученных учащимися, и распространить эту информацию в школах, расположенных в других районах или даже штатах;

- *удаленные базы данных*. *Wolfram Alpha* (<http://www.wolframalpha.com>) – это открытый источник, позволяющий найти ответы на вопросы, входящие в курс STEM, в режиме реального времени. Он отличается от других поисковых систем тем, что, в отличие от них, позволяет найти точный ответ на вопрос, а не список подходящих ссылок. Описанная база данных содержит также онлайн-уроки по многим предметам;

- *игры и симуляторы*. В настоящее время видеоигры и симуляторы стали средством обучения, которое можно применять как на занятиях, так и вне школы.

По мнению авторов доклада, новые технологии позволяют визуализировать сведения из курса математики, дают учащимся возможность участвовать в лабораторных экспериментах, открывают новые пути для совместной деятельности, обмена опытом и взаимного обучения.

7. Государственная поддержка и финансирование STEM

Авторы проекта считают, что для воплощения в жизнь всех их рекомендаций требуется финансирование в 1 миллиард долларов в год. Это около 20 долларов на учащегося системы K-12. При этом делается расчет не только на федеральный бюджет, но и на помощь частных фондов и предприятий, а также на финансовые системы штатов и отдельных районов.

Отмечается, что начальное и среднее образование в США является, по большей части, сферой ответственности штатов и местных властей. Федеральное правительство осуществляет около 8 % финансирования. Тем не менее, по мнению авторов доклада, федеральное финансирование может сыграть важную роль в улучшении системы образования, если будет направлено на развитие государственных приоритетов.

Федеральная поддержка STEM в K-12 осуществляется через ряд государственных ор-

ганов. Департамент образования финансирует проекты и программы, имеющие значительное влияние на школы и учащихся. Финансирование также осуществляется через научные организации, в частности, Национальный научный фонд, который поддерживает деятельность по разработке учебных материалов и образовательных технологий.

В США около 50 миллионов учащихся государственных школ, 3,2 миллиона учителей, 98 000 школ и 14 000 школьных районов. Расходы на начальное и среднее образование составляют около 593 миллиардов долларов в год.

8 % финансирования – федеральное, 47 – штатов, 44 – местное.

8. Основные выводы и ключевые рекомендации

Авторы проекта приходят к следующим выводам.

- Чтобы улучшить систему образования STEM, необходимо сфокусироваться на подготовке школьников и их мотивации. Все учащиеся должны иметь глубокие знания по предметам STEM, мотивированно изучать эти предметы и строить свою карьеру в соответствующих областях,

- Федеральному правительству не хватает внятной стратегии и управления в области обучения STEM в школах стандарта K-12 (система бесплатного обучения от детского сада – детей 4–6 лет – до 12-го класса – школьники 16–19 лет). На протяжении последних нескольких десятилетий появилось множество проектов и инициатив в сфере обучения STEM, но всем им не хватало четкого видения и ясного представления целей и результатов. Кроме того, исторически весьма малая часть федерального финансирования была направлена на преобразование в сфере обучения STEM, мало внимания уделялось поддержке и распространению успешных программ.

Ключевые рекомендации

1) *Стандарты.* Необходимо ввести единые стандарты в области преподавания математики и других наук. Федеральное правительство должно предоставить штатам техническую и финансовую помощь: а) для высококачественного профессионального развития программ обучения в соответствии с едины-

ми стандартами; б) развития, оценки, администрирования и постоянного улучшения систем оценки и диагностики.

2) *Учителя.* В течение ближайших 10 лет необходимо найти и подготовить около 100 000 лучших учителей STEM, способных обучать и вдохновлять учащихся. Самый важный фактор – поиск преподавателей, обладающих как глубокими знаниями предметов STEM, так и выраженными педагогическими способностями;

необходимо каждый год выявлять и награждать лучших государственных учителей (около 5 % всего числа педагогов). Федеральное правительство должно поддержать создание органа, ответственного за поиск, награждение и стимулирование лучших учителей STEM и поднятие престижа профессии. Такие учителя должны иметь существенные прибавки к заработной плате, а их школы и районы должны получать дополнительное финансирование.

3) *Образовательные технологии.* Необходимо создать агентство на базе Департамента образования или Государственного научного фонда, занимающееся передовыми исследовательскими проектами в сфере образования. Агентство должно поддерживать: а) развитие инновационных технологий и технологических платформ для обучения, преподавания и оценки по всем предметам и б) подготовку эффективных, интегрированных и целостных материалов для обучения предметам STEM.

4) *Учащиеся.* Необходимо создать условия для повышения мотивации изучения предметов STEM у учащихся посредством индивидуальных и групповых внеклассных мероприятий. Обучение STEM становится наиболее успешным, когда у учащихся развивается интерес к содержанию предметов. Это может произойти не только в классе, но и через индивидуализированные и групповые внеклассные мероприятия, а также через дополнительное обучение. Федеральное правительство должно обеспечить поддержку скоординированных инициатив по введению широкого спектра высококачественных внеклассных и внешкольных мероприятий (например, курсов, лабораторий, летних программ и т. д.).

5) *Школы.* В течение ближайших 10 лет необходимо создать тысячу новых учебных

заведений, сфокусированных на обучении STEM. Такие заведения являются уникальным государственным ресурсом, поскольку они оказывают прямое воздействие на учащихся и являются площадками для экспериментов с инновационными подходами. На данный момент существует всего около 100 таких школ, большая часть которых является высшими. Федеральное правительство должно обеспечить создание как минимум 200 высших и 800 начальных и средних учебных заведений в течение ближайших десяти лет, включая школы, которые будут обслуживать национальные меньшинства и малообеспеченные слои населения. Кроме того федеральное правительство должно предпринять шаги к обеспечению доступа всех школ и учебных заведений к системам экспертизы и оценки STEM.

6) *Обеспечение сильного и стратегического государственного управления.* Сильное лидерство, внятная стратегия и координация в области обучения и развития STEM необходимы. Федеральное правительство должно: а) создавать новые механизмы управления соответствующими программами в Департаменте образования и Национальном научном фонде, б) установить высокоуровневое партнерство между этими органами, в) организовать комитет по обучению STEM в структуре Государственного совета по науке и технологии, ответственный за создание федеральной стратегии обучения STEM, г) организовать независимую Президентскую комиссию по обучению STEM вместе с государственной ассоциацией губернаторов для развития STEM и контроля результатов по этой программе.

Education in Science, Technology, Education, and Mathematics in the USA: STEM Program (Translation of a report)¹

The article presents the materials of a report prepared in 2010 for the president of the USA in which it is noted that there is a need for a reform of STEM education in the country. One of the mentioned reasons is the students' low level of academic progress and interest in mathematics, computer technologies, chemistry, physics and other sciences. Another reason, according to the experts, is the fact the USA does not adequately use its own intellectual potential: foreigners are employed in the area of production of new technologies, and Americans choose other fields of work. The report contains key recommendations on reforming the system of STEM education. The latter concern the questions of financing, unified standards and system of evaluation of knowledge, educational technologies, preparation of educators and students.

Keywords: education in science and technologies; education reform; educational technologies .

¹Based on the Report to the President «Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Education, and Mathematics for America's Future». President's Council of Advisors on Science and Technology. September 2010). Translated by S. Bashmakova, A. Volkov, I. Rogozhkina.