

ПРЕДИСЛОВИЕ

Третье международное исследование по оценке качества математического и естественнонаучного образования (Third International Mathematics and Science Study – TIMSS*) по мнению экспертов, является самым крупномасштабным исследованием XX века в области образования по охвату исследуемых проблем и по числу участвовавших в нем стран. Исследование TIMSS-1995 проводилось Международной ассоциацией по оценке учебных достижений – IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement). В нем использовался опыт, накопленный данной организацией за 35 лет своего существования. Проект TIMSS объединил усилия специалистов почти 50 стран мира в изучении учебных достижений школьников в этих странах и объяснении различий между ними. В процессе исследования было изучено более 1000 программ и учебников различных стран по математике и естественнонаучным предметам, проведено тестирование и анкетирование сотен тысяч школьников разных континентов мира, анкетирование тысяч учителей и директоров школ.

Представленные материалы раскрывают особенности математического и естественнонаучного образования в России и в других странах мира на основе анализа результатов тестирования выпускников средних учебных заведений этих стран, изучавших углубленный курс математики и физики. Впервые в истории России математическое и естественнонаучное образование в старших классах средней школы оценивается с точки зрения международных стандартов и приоритетов, сложившихся в мире на рубеже тысячелетий.

Результаты проведенного анализа позволили определить некоторые направления совершенствования школьного математического и естественнонаучного образования в России. Большое число примеров и заданий, приведенных авторами, помогает понять особенности современных подходов к оценке учебных достижений школьников.

Предлагаемые материалы могут заинтересовать представителей органов народного образования разного ранга, а также специалистов в области математического и естественнонаучного образования, разрабатывающих программы и учебники, образовательные стандарты и систему оценки результатов обучения.

* – с 2003 года название исследования было изменено – Trends in international mathematics and science study – Международное исследование качества математического и естественнонаучного образования.

1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ TIMSS-1995

Наиболее важным международным исследованием по оценке качества образования в мире в 90-х годах, в котором участвовала Российская Федерация, было третье международное исследование по оценке качества математического и естественнонаучного образования – TIMSS. Цель исследования – сравнительная оценка естественно-математической подготовки учащихся средней школы в странах с различными системами образования и выявление факторов, влияющих на уровень этой подготовки.

В исследовании TIMSS участвовало около 50 стран мира: Австралия, Австрия, Англия, Аргентина, Бельгия (языки обучения; французский и фламандский), Болгария, Венгрия, Германия, Греция, Гонконг, Дания, Индонезия, Иран, Ирландия, Исландия, Израиль, Индонезия, Италия, Испания, Канада, Кипр, Колумбия, Корея, Кувейт, Латвия, Литва, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Португалия, Россия, Румыния, Сингапур, Словацкая Республика, Словения, США, Таиланд, Филиппины, Франция, Чешская Республика, Швеция, Швейцария, Шотландия, ЮАР, Япония.

Задачи исследования TIMSS реализовались по пяти направлениям:

I. Сбор, анализ и обобщение информации о системах образования участвующих в исследовании стран.

II. Анализ и сравнение систем естественно-математического образования на уровне определения целей, планирования содержания образования и требований к подготовке учащихся по конкретным предметам (анализ учебных планов, программ и учебников по естественно-математическим предметам).

III. Анализ учебного процесса обучения математике и естественнонаучным предметам (организации учебного процесса, методов преподавания, возможностей, представляемых учащимся при обучении математике и естественнонаучным предметам, обеспечения учебного процесса литературой и другими средствами обучения и др.).

IV. Оценка результатов обучения, включающая не только оценку учебных достижений учащихся по естественно-математическим предметам, но и выявление их отношений.

V. Анализ взаимосвязи планируемого и реализуемого уровней образования с одной стороны и результатами обучения (достигнутым уровнем образования) с другой стороны.

В ходе исследования анализировалось содержание школьного математического и естественнонаучного образования, а также оценивалась математическая и естественнонаучная подготовка учащихся начальной школы (3-4 классы), основной школы (7-8 классы), а также выпускников средней школы. Обязательным для всех стран было участие в тестировании учащихся основной школы. Одновременно с тестированием школьников оценивались учебные достижения в процессе выполнения учащимися практических работ. Россия участвовала только в изучении качества математического и естественнонаучного образования в основной и старшей школе.

В таблице 1.1 представлены страны, которые участвовали в тестировании выпускников средних школ.

Исследование проводилось специалистами Центра оценки качества образования ИОСО РАО. В его задачи входили организация и проведение исследования в стране, участие в разработке и адаптация инструментария к условиям России, формирование представительной выборки учащихся России, подготовка материалов исследования (их перевод, адаптация, подготовка к печати, тиражирование), организация и проведение тестирования и анкетирования по школам страны, обеспечение контроля за качеством проведения исследования в России, ввод и обработка данных, анализ результатов исследования, подготовка научных и технических отчетов, создание банка данных

исследования. Организация и проведение исследования TIMSS в регионах России осуществлялись при непосредственном участии Министерства образования Российской Федерации через министерства образования республик, управления или департаменты образования отобранных регионов России, педагогические институты, институты повышения квалификации работников образования и другие учреждения. Более 2000 специалистов в области образования приняли участие в проведении исследования TIMSS в России.

Таблица 1.1

Страны, участвовавшие в тестировании выпускников средних школ

Математическая и естественнонаучная грамотность	Углубленная математика	Углубленная физика
Австралия Австрия Канада Кипр Чешская Республика Дания Франция Германия Венгрия Исландия Израиль * Италия Литва Нидерланды Новая Зеландия Норвегия Россия Словения Южная Африка Швеция Швейцария США	Австралия Австрия Канада Кипр Чешская Республика Дания Франция Германия Греция Израиль * Италия Литва Россия Словения Швеция Швейцария США	Австралия Австрия Канада Кипр Чешская Республика Дания Франция Германия Греция Израиль * Италия Латвия Норвегия Россия Словения Швеция Швейцария США

В соответствии с поставленными задачами исследования разрабатывался его инструментарий. Система инструментария исследования TIMSS представлена на рис. 1.1.

Участие России в исследовании TIMSS позволило получить сравнительные данные о математической и естественнонаучной подготовке школьников и о системах образования участвовавших в исследовании стран, сравнить содержание математического и естественнонаучного образования и образовательных стандартов в России с требованиями к образовательной подготовке учащихся, предъявляемыми в разных странах. Участие специалистов Центра оценки качества образования ИОСО РАО в разработке методики сравнительной оценки подготовки школьников, используемой в исследовании TIMSS, способствовало овладению российскими специалистами методикой проведения массовых обследований, соответствующей

* Результаты тестирования учащихся Израиля не включены в основной международный отчет и поэтому не отражены в данном выпуске.

последним достижениям в этой области. Участие нашей страны в данном исследовании позволило также получить информацию о системе образования в России, которой она раньше не располагала.



Рис. 1 Система инструментария исследования TIMSS

Формирование выборки в исследовании

Определение методов построения представительной выборки выпускников последней ступени среднего образования явилось наиболее сложным этапом в TIMSS, так как в разных странах системы образования на этой ступени сильно различаются. Точность формирования выборки зависит от наличия и качества представленной статистической информации об объектах исследования: школах и учащихся.

Для формирования выборки была предложена единая методика для всех стран, наиболее часто используемая в массовых сравнительных исследованиях в образовании (вариации допускались, если какая-либо страна по объективным причинам не могла строго следовать требованиям единой методики). Каждая страна представляла описания всех совокупностей: генеральной, планируемой, исключаемой и исследуемой. Национальный координатор, отвечающий за формирование выборки в своей стране, предлагал свой план выборки на основании доступной статистики, этот план

утверждался в комитете TIMSS, ответственном за контроль и качество построения общей выборки TIMSS. Этот же комитет проверял национальные выборки и выносил окончательное суждение о репрезентативности выборки. Все страны получили соответствующее программное обеспечение, позволяющее отбирать учащихся внутри одной школы среди всех учащихся исследуемой параллели с учетом специализации классов.

В данном выпуске представлены результаты только для выпускников средней ступени образования. Под *генеральной совокупностью* понимались все выпускники средних школ, гимназий, лицеев, колледжей, предоставляющих учащимся полное среднее образование разного типа: академическое, общее, профессиональное, специальное. Предлагалось включать все средние учебные учреждения, как общего среднего образования, так и среднего профессионального, и среднего специального образования. *Исключаемая совокупность* определялась каждой страной самостоятельно, причем ее объем значительно варьируется от страны к стране, например, в России исключенную совокупность составили учащиеся школ с национальными языками обучения и выпускники средних специальных учреждений (ПТУ, техникумы и др.). Например, выбирались только школы и гимназии, только государственные учреждения, с государственным языком обучения, исключались учреждения конфессионального характера и т.п. *Планируемая совокупность* – это, как правило, и есть генеральная совокупность (выборка представляет всех учащихся). Только в некоторых странах планируемая совокупность отличалась от генеральной, например, в Латвии: планируемую совокупность составляли только учащиеся школ с латышским языком обучения. *Исследуемая совокупность* получается простым вычитанием из планируемой совокупности исключенной совокупности (в России – это выпускники средних государственных общеобразовательных учреждений с русским языком обучения). Таким образом исключенная, планируемая и исследуемая совокупности в конце концов очень сильно различались по странам.

Выбор школ осуществлялся на основе полного списка всех учреждений планируемой совокупности. В качестве общего метода был предложен вероятностно-пропорциональный. Предлагалось на усмотрение национальных координаторов вводить стратификацию, как внешнюю, так и внутреннюю.

Отбор учащихся проводился методом простой случайной выборки среди всех учащихся данной параллели в отобранном учреждении. Обязательным требованием было провести выделение кластеров по типу специализации, получаемой учащимися данной параллели. Кластеризацию предлагалось проводить по следующим переменным:

- учащиеся, углубленно изучавшие математику,
- учащиеся, изучавшие физику,
- учащиеся, изучавшие углубленно математику и физику,
- учащиеся, занимавшиеся по общеобразовательным программам по математике и естественнонаучным предметам.

Общие требования к объему выборки:

- не менее 150 школ в целом,
- не менее 400 учащихся на каждый вариант теста, т.е. не менее 3600 учащихся.

Требования к представительности выборки:

- исключенная совокупность составляет не более 15%,
- объем каждого специализированного кластера не менее 8% от общего кластера,
- замены не более 15% школ,
- коэффициент участия школ и учащихся должен быть не ниже 85%.

2. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ TIMSS ВЫПУСНИКОВ СРЕДНИХ ШКОЛ В СТРАНАХ-УЧАСТНИЦАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка качества математического и естественнонаучного образования в странах-участницах исследования TIMSS осуществлялась по результатам тестирования выпускников средних учебных заведений. Была поставлена цель – оценить и сравнить состояние математической и естественнонаучной подготовки выпускников, а именно, оценить математическую и естественнонаучную грамотность выпускников средних учебных заведений, математическую подготовку выпускников, изучавших углубленный курс математики, а также подготовку выпускников, изучавших физику как отдельный естественнонаучный предмет.

Страны, участвовавшие в TIMSS, имеют различные системы организации старшей ступени среднего образования. В некоторых странах все учащиеся средних школ посещают одну и ту же школу, в других странах учащиеся получают среднее образование либо в средней школе (академическое направление), либо в профессиональной школе либо в технической школе. Некоторые страны занимают промежуточное положение, т.е. имеют различные направления обучения (академическое, профессиональное и техническое) в рамках одной и той же школы. По-разному в странах организовано и профессиональное, и техническое образование. Отличаются учебные планы, программы, а также число лет обучения.

Страны также отличаются по возрасту обучающихся в последнем классе средней школы. В одних странах все выпускники различных направлений средней школы имеют одинаковый возраст (например, в США – 18 лет), в других возраст выпускников значительно меняется (от 16 до 20 лет) в зависимости от направления обучения в учебном учреждении. В приложении 4 приводятся структуры систем среднего образования в странах-участницах TIMSS и указаны возраст, классы и направления обучения выпускников, которые участвовали в тестировании.

Все выше сказанное значительно осложняет анализ и сравнение результатов тестирования выпускников средних учебных заведений разных стран. Сравнивая результаты между странами, каждый раз следует учитывать возраст тестируемых, а также процент возрастной группы, который составляют тестируемые (индекс или процент выборки).

Результаты тестирования анализировались с использованием классической и современной теории тестов IRT на основе единых международных шкал¹.

В таблицах 2.1 и 2.2 приведены результаты тестирования выпускников средних учебных заведений, изучавших углубленный курс математики и физики. Около каждой страны стоит значок (треугольник, указывающий вверх или вниз или кружок). Данный значок показывает результаты данной страны относительно среднего международного балла.

Как уже говорилось выше, не всем странам удалось провести тестирование в

¹ Структура тестов по математике, физике и теста, оценивающего математическую и естественнонаучную грамотность, была разработана таким образом, что можно было сравнивать результаты учащихся, выполнявших различные варианты теста, пересчитывая их по единой международной шкале. Данная шкала позволяла вычислить для каждого учащегося определенную величину балла за выполнение теста, характеризующую способность данного ученика выполнить всю совокупность заданий, используемых в тестах, на основе анализа результатов выполнения данным учеником только одного варианта. Международная шкала также позволяла получить средний балл для учащихся всей выборки страны, который с определенной степенью вероятности (65%) характеризует способность учащихся данной страны выполнять все задания, включенные в тесты TIMSS. Международная шкала имеет среднее значение, равное 500, что соответствует среднему арифметическому средних значений для всех стран-участниц и стандартное отклонение, равное 100. Международная измерительная шкала позволяет с большей точностью сравнить результаты по странам по сравнению со шкалой, в основе которой лежат проценты верных ответов.

соответствии со всеми международными требованиями. Результаты этих стран приводятся под чертой. Наиболее обоснованные суждения можно делать только при сравнении стран, при проведении исследования в которых были соблюдены все международные правила. Такие страны расположены в верхних частях большинства таблиц данного выпуска.

При анализе результатов следует обратить внимание на то, что российские выпускники покидают среднюю школу раньше (в возрасте около 17) по сравнению с выпускниками других стран. Выпускники Исландии имеют средний возраст около 21 года, Швейцарии и Норвегии – 20 лет, Швеции, Австрии, Франции и Канады – 19 лет.

Анализ таблиц 2.1 и 2.2 показывает, что углубленные курсы математики и физики изучаются в основном небольшой частью выпускников средних учебных введений. Россия имеет наименьший процент выпускников, обучающихся в школах или классах с углубленным изучением математики и физики.

По результатам выполнения тестов по углубленному курсу математики все страны можно разделить на три группы:

- страны, результаты которых значимо выше среднего международного балла: Франция, Россия, Швейцария, Кипр, Литва, Дания;
- страны, результаты которых сравнимы со средним международным баллом: Греция, Швеция, Канада, Австралия, Италия, Словения;
- страны, результаты которых значимо ниже среднего международного балла: Чешская Республика, Германия, Австрия и США.

Таблица 2.1

Распределение выпускников средних школ стран-участниц исследования TIMSS по уровню подготовки по математике

Страны	Средний балл	Ошибка измерения	% выборки	Средний возраст
Франция	▲ 557	(3,9)	20%	18,2
Россия	▲ 542	(9,2)	2%	16,9
Швейцария	▲ 533	(5,0)	14%	19,5
Кипр	▲ 518	(4,3)	9%	17,7
Литва	▲ 516	(2,6)	3%	17,9
Греция	● 513	(6,0)	10%	17,7
Швеция	● 512	(4,4)	16%	18,9
Канада	● 509	(4,3)	16%	18,5
Чешская Респ.	▼ 469	(11,2)	11%	18,1
Германия	▼ 465	(5,6)	26%	19,2
<i>Страны, у которых в выборке имеются отклонения от международных требований</i>				
Австралия	● 525	(11,6)	16%	17,8
Австрия	▼ 436	(7,2)	33%	19,1
Италия	● 474	(9,6)	14%	19,1
США	▼ 442	(5,9)	14%	18,0
<i>Страны, нарушившие процедуру формирования выборки и имеющие низкий рейтинг участия</i>				
Дания	▲ 522	(3,4)	21%	19,2
Словения	● 475	(9,2)	75%	18,9

- ▲ – средний балл страны значимо выше среднего международного балла
- – нет статистически значимого различия между средним баллом страны и средним международным баллом
- ▼ – средний балл страны значимо ниже среднего международного балла

Таблица 2.2

Распределение выпускников средних школ стран-участниц исследования TIMSS по уровню подготовки по физике

Страны	Средний балл	Ошибка измерения	% выборки	Средний возраст
Норвегия	▲ 581	(6,5)	8%	19
Швеция	▲ 573	(3,9)	16%	18,9
Россия	▲ 545	(11,6)	2%	16,9
Германия	● 522	(11,9)	8%	19,1
Кипр	● 494	(5,8)	9%	17,7
Латвия	● 488	(21,5)	3%	18
Швейцария	▼ 488	(3,5)	14%	19,5
Греция	● 486	(5,6)	10%	17,7
Канада	▼ 485	(3,3)	14%	18,6
Франция	▼ 466	(3,8)	20%	18,2
Чешская Респ.	▼ 451	(6,2)	11%	18,1
<i>Страны, у которых в выборке имеются отклонения от международных требований</i>				
Австралия	● 518	(6,2)	13%	17,7
Австрия	▼ 435	(6,4)	33%	19,1
США	▼ 423	(3,3)	14%	18
<i>Страны, нарушившие процедуру формирования выборки и имеющие низкий рейтинг участия</i>				
Дания	▲ 534	(4,2)	3%	19,1
Словения	● 523	(15,5)	39%	18,8

- ▲ – средний балл страны значительно выше среднего международного балла
- – нет статистически значимого различия между средним баллом страны и средним международным баллом
- ▼ – средний балл страны значительно ниже среднего международного балла

По результатам выполнения тестов по физике все страны можно разделить на три группы:

- страны, результаты которых значительно выше среднего международного балла: Норвегия, Швеция, Россия, Дания;
- страны, результаты которых сравнимы со средним международным баллом: Германия, Кипр, Латвия, Греция, Австралия, Словения;
- страны, результаты которых значительно ниже среднего международного балла: Швейцария, Канада, Франция, Чешская Республика, Австрия и США.

Как видно из таблицы 2.3, больше половины стран охватило тестированием более 70% выпускников своих школ: Словения (88%), Франция (84%), Норвегия (84%), Швейцария (82%), Чешская Республика (78%), Нидерланды (78%), Австрия (76%), Германия (75%), Швеция (71%), Новая Зеландия (70%) и Канада (70%). Страны, в которых тестировалось менее 50% юношей и девушек, составляющих возрастную группу, включают Южную Африку (49%), Россию (48%), Кипр (48%) и Литву (43%). Россия и Кипр проводили тестирование только в средних общеобразовательных школах, Литва включила в выборку только выпускников литовских школ.

Распределение выпускников средних школ стран-участниц исследования TIMSS по уровню математической и естественнонаучной грамотности

Страны	Средний балл	Ошибка измерения	% выборки	Средний возраст
<i>Страны, у которых выборка соответствует международным требованиям</i>				
Швеция	▲ 555	(4,3)	71%	18,9
Швейцария	▲ 531	(5,4)	82%	19,8
Новая Зеландия	▲ 525	(4,7)	70%	17,6
Венгрия	▼ 477	(3,0)	65%	17,5
Россия	▼ 476	(5,8)	48%	16,9
Чешская Респ.	● 476	(10,5)	78%	17,8
Литва	▼ 465	(5,8)	43%	18,1
Кипр	▼ 447	(2,5)	48%	17,7
<i>Страны, у которых в выборке имеются отклонения от международных требований</i>				
Австралия	● 525	(9,5)	68%	17,7
Австрия	▲ 519	(5,4)	76%	19,1
Канада	▲ 526	(2,6)	70%	18,6
Франция	● 505	(4,9)	84%	18,8
Исландия	▲ 541	(1,6)	55%	21,2
Италия	▼ 475	(5,3)	52%	18,7
Норвегия	▲ 536	(4,0)	84%	19,5
США	▼ 471	(3,1)	63%	18,1
<i>Страны, нарушившие процедуру выборки учащихся</i>				
Германия	● 496	(5,4)	75%	19,5
<i>Страны, нарушившие процедуру формирования выборки и имеющие низкий рейтинг участия</i>				
Дания	▲ 528	(3,2)	58%	19,1
Нидерланды	▲ 559	(4,9)	78%	18,5
Словения	● 514	(8,2)	88%	18,8
Южная Африка	▼ 352	(9,3)	49%	20,1

- ▲ – средний балл страны значительно выше среднего международного балла
- – нет статистически значимого различия между средним баллом страны и средним международным баллом
- ▼ – средний балл страны значительно ниже среднего международного балла

По результатам выполнения тестов, оценивающих уровень **математической и естественнонаучной грамотности**, все страны можно разделить на три группы:

- страны, результаты которых значительно выше среднего международного балла: Швеция, Швейцария, Новая Зеландия, Австрия, Канада, Франция, Исландия, Норвегия, Дания, Нидерланды;
- страны, результаты которых сравнимы со средним международным баллом: Чешская Республика, Австралия, Германия, Словения;
- страны, результаты которых значительно ниже среднего международного балла: Венгрия, Россия, Литва, Кипр, Италия, США и Южная Африка.