

Состояние естественнонаучного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA

А. Ю. Пентин, Г. С. Ковалева, Е. И. Давыдова, Е. С. Смирнова

Пентин Александр Юрьевич

кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий центром естественнонаучного образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования». E-mail: pentin@mail.ru

Ковалева Галина Сергеевна

кандидат педагогических наук, заведующий центром оценки качества образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования». E-mail: galina_kovaleva_rao@mail.ru

Давыдова Елена Ивановна

младший научный сотрудник центра оценки качества образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования». E-mail: centeroko@mail.ru

Смирнова Елена Сергеевна

младший научный сотрудник центра оценки качества образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования». E-mail: centeroko@mail.ru

Адрес: 101000, Москва, ул. Макаренко, 5/16.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности естественнонаучного образования в российской школе,

как они проявились в международных исследованиях: снижение достижений учащихся по естествознанию при переходе из начальной в основную школу и резкое различие результатов учащихся 8–9-х классов в TIMSS и PISA. Выводы работы основываются как на анализе данных, полученных в рамках этих исследований (результатов выполнения тестов, опросов участников, содержания заданий), так и на характеристиках федеральных образовательных стандартов и программ в части, относящейся к естественнонаучному образованию. Выявлены факторы, влияющие на подготовку российских учащихся по естествознанию в начальной, основной и старшей школе. Так, высокие результаты четвероклассников в исследовании TIMSS в значительной степени связаны с активностью учащихся в приобретении естественнонаучных знаний вне школы. Резкая разница между результатами учащихся 8–9-х классов в исследованиях TIMSS и PISA объясняется, с одной стороны, близким соответствием российских программ естественнонаучных предметов концепции TIMSS, а с другой — их значительным расхождением с концепцией PISA, поскольку российские програм-

Статья поступила в редакцию в январе 2018 г.

Статья подготовлена в рамках проекта «Обновление содержания общего естественнонаучного образования и методов обучения естественнонаучным предметам в условиях современной информационной среды». Шифр проекта № 27.6122.2017/БЧ.

мы мало ориентированы на формирование естественнонаучной грамотности учащихся. В качестве одного из факторов, объясняющих снижение результатов одиннадцатиклассников в TIMSS-Advanced 2015 по профильной физике в сравнении с предыдущими циклами рассматривается увеличение в тесте доли заданий по физике атома и атомного ядра, которые оказались более трудными для учащихся. Судя по результатам исследований TIMSS, PISA и TIMSS-Advanced, прошедших в 2015 г., изучение естественнонаучных предметов в российской школе больше ориентировано на приобретение и демонстрацию знаний, чем на их применение, а также освоение практик, характерных для есте-

ственных наук: постановки научных вопросов, планирования исследования, интерпретации данных, построения научных доказательств.

Новизна работы состоит в том, что в ней впервые объединены в общую картину данные международных сравнительных исследований по качеству естественнонаучного образования в российской школе для всех уровней общего образования.

Ключевые слова: естественнонаучное образование, международные сравнительные исследования качества образования, PISA, TIMSS, учебные достижения, естественнонаучная грамотность.

DOI: 10.17323/1814-9545-2018-1-79-109

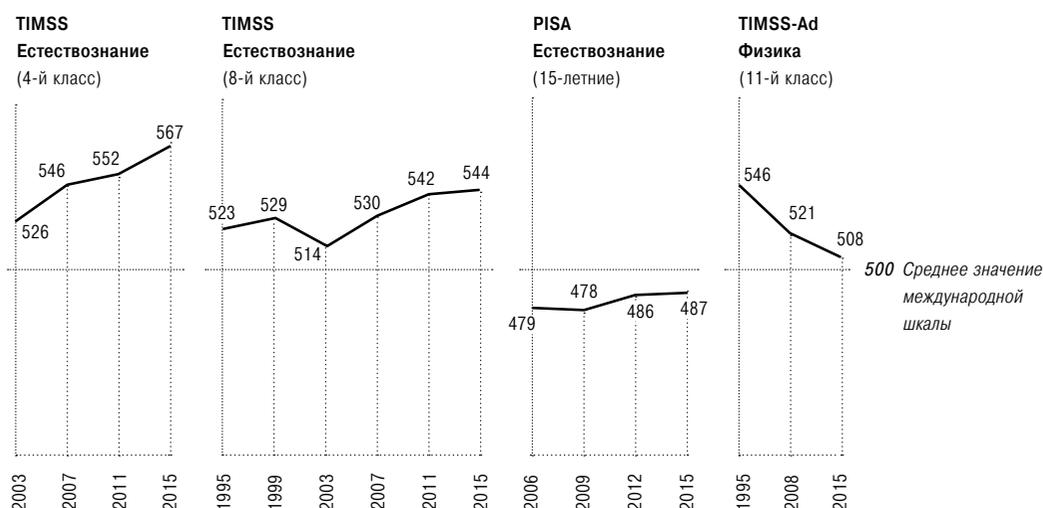
В 2015 г. совпали очередные циклы сразу трех сравнительных международных исследований качества школьного образования: TIMSS, PISA и TIMSS-Advanced. Одним из основных направлений всех трех исследований является оценка достижений школьников разных стран в естественнонаучных дисциплинах. В исследовании TIMSS, которое проводится каждые четыре года, оценивается качество естественнонаучного образования учащихся 4-х и 8-х классов. В исследовании PISA (проводится каждые три года) проверяется так называемая естественнонаучная грамотность 15-летних учащихся. В исследовании TIMSS-Advanced каждые семь лет тестируются достижения учащихся последнего класса школы (в России это 11-й класс), изучающих физику на повышенном, или профильном, уровне. Россия участвует во всех этих исследованиях. Таким образом, результаты международных исследований 2015 г. можно рассматривать как достаточно информативный синхронный срез состояния школьного естественнонаучного образования.

На рис. 1 показаны результаты Российской Федерации в естественнонаучном образовании по всем прошедшим циклам трех исследований. Эти результаты измеряются средним баллом по всей выборке учащихся данной страны; сплошная линия соответствует среднему международному баллу — 500.

Картина, представленная этими графиками, весьма противоречива:

- по всем исследованиям, кроме PISA, результаты России во всех циклах выше средних международных;

Рис. 1



- для 4-го класса баллы TIMSS не только высоки в абсолютном измерении, но и обнаруживают постоянную положительную динамику;
- для 8-го класса при достаточно высоких баллах результаты 2015 г. практически не изменились по сравнению с предыдущим циклом TIMSS 2011 г., т. е. на этом временном отрезке динамика отсутствует;
- для 15-летних школьников (в основном это девятиклассники) результаты PISA по естественнонаучной грамотности ниже средних международных, и практически отсутствует разница в баллах между 2012 и 2015 г. Правда, если сравнивать 2006 и 2015 г., когда естественнонаучная грамотность была приоритетным направлением в PISA, то за этот период наблюдается некоторая положительная динамика (8 баллов);
- для 11-го класса наблюдается существенная отрицательная динамика результатов по физике профильного уровня, при том что балл России в 2015 г. пока еще выше среднего международного.

Безусловно, эти разнонаправленные тренды нуждаются в серьезном анализе и комментариях.

В табл. 1 показаны результаты учащихся 4-го класса по естествознанию в TIMSS-2015 [Martin et al., 2016]. Только у учащихся двух стран, Сингапура и Республики Корея, баллы оказались выше, чем у России. С результатами Японии значимого

Феномен российской начальной школы

Таблица 1. Результаты по естествознанию в TIMSS-2015, 4-й класс

Страна	Средний балл		Страна	Средний балл	
1 Сингапур	590 (3,7)	↑	25 Австралия	524 (2,9)	↓
2 Республика Корея	589 (2,0)	↑	26 Словацкая Республика	520 (2,6)	↓
3 Япония	569 (1,8)	=	27 Северная Ирландия	520 (2,2)	↓
4 Российская Федерация	567 (3,2)	=	28 Испания	518 (2,6)	↓
5 Гонконг	557 (2,9)	↓	29 Нидерланды	517 (2,7)	↓
6 Тайвань	555 (1,8)	↓	30 Италия	516 (2,6)	↓
7 Финляндия	554 (2,3)	↓	31 Бельгия (фл.)	512 (2,3)	↓
8 Казахстан	550 (4,4)	↓	32 Португалия	508 (2,2)	↓
9 Польша	547 (2,4)	↓	33 Новая Зеландия	506 (2,7)	↓
10 США	546 (2,2)	↓		500	
11 Словения	543 (2,4)	↓	34 Франция	487 (2,7)	↓
12 Венгрия	542 (3,3)	↓	35 Турция	483 (3,3)	↓
13 Швеция	540 (3,6)	↓	36 Кипр	481 (2,6)	↓
14 Норвегия	538 (2,6)	↓	37 Чили	478 (2,7)	↓
15 Англия	536 (2,4)	↓	38 Бахрейн	459 (2,6)	↓
16 Болгария	536 (5,9)	↓	39 Грузия	451 (3,7)	↓
17 Чешская Республика	534 (2,4)	↓	40 ОАЭ	451 (2,8)	↓
18 Хорватия	533 (2,1)	↓	41 Катар	436 (4,1)	↓
19 Ирландия	529 (2,4)	↓	42 Оман	431 (3,1)	↓
20 Германия	528 (2,4)	↓	43 Иран	421 (4,0)	↓
21 Литва	528 (2,5)	↓	44 Индонезия	397 (4,8)	↓
22 Дания	527 (2,1)	↓	45 Саудовская Аравия	390 (4,9)	↓
23 Канада	525 (2,6)	↓	46 Марокко	352 (4,7)	↓
24 Сербия	525 (3,7)	↓	47 Кувейт	337 (6,2)	↓

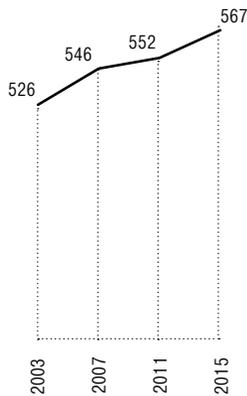
↑ Средний балл страны статистически значимо выше среднего балла России.

= Нет статистически значимых различий между средним баллом страны и средним баллом России.

↓ Средний балл страны статистически значимо ниже среднего балла России.

различия нет. Достижения учащихся остальных 43 стран существенно ниже российских. Кроме того, начиная с 2003 г., когда Россия впервые приняла участие в исследовании TIMSS для 4-х классов, результаты российских выпускников начальной школы постоянно улучшаются (рис. 2) [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016b]. За этот период рост результа-

Рис. 2. Прогресс российских школьников в TIMSS для 4-х классов за весь период участия в исследовании



тов составил 41 балл по международной шкале. По сравнению с предыдущим циклом исследования (2011 г.) в 2015 г. учащиеся России улучшили свой результат по естествознанию на 15 баллов. Такой прогресс характерен далеко не для всех стран. Повышение баллов от 2011 к 2015 г. наблюдается в 17 странах, в 16 странах показатели остались на прежнем уровне, а в 8 странах они снизились.

Между тем высокие результаты российских четвероклассников по естествознанию вызывают даже больше удивления, чем, например, неудовлетворительные показатели 15-летних российских школьников по естественнонаучной грамотности в исследовании PISA. Дело в том, что требования TIMSS к подготовке четвероклассников по естествознанию [Martin et al., 2016], которые вырабатываются путем согласования со всеми странами-участницами, выходят далеко за рамки программы предмета «Окружающий мир» российской начальной школы¹.

Согласно международному аналитическому отчету [Ibid.], в тестах TIMSS-2015 учащимся 4-го класса могли предлагаться задания по всему набору школьных естественнонаучных предметов: биологии, физическим наукам (физика и химия) и гео-

¹ Примерная основная образовательная программа начального общего образования (2015). Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию от 8 апреля 2015 г. Протокол № 1/15. Реестр примерных основных общеобразовательных программ. <http://mosmetod.ru/files/dokumenty/primernaja-osnovnaja-obrazovatel'naja-programma-osnovnogo-obshchego-obrazovaniya.pdf>

графии (с элементами астрономии). Эти содержательные области были представлены в тестах TIMSS-2015 для 4-го класса примерно в следующем процентном соотношении: биология — 45%, физические науки — 35%, география — 20%. В российской Примерной основной образовательной программе начального общего образования (2015 г.) доминируют биологическая и географическая составляющие, часто взаимосвязанные на уровне природных сообществ, — в совокупности примерно 95% всего естественнонаучного содержания предмета «Окружающий мир». На физические науки остается только 5–6% содержания предмета: это лишь самые общие представления о разнообразии веществ и свойствах трех агрегатных состояний вещества. Между тем для выполнения заданий TIMSS-2015 от учащихся 4-го класса требовалось продемонстрировать, например, следующие умения и знания, относящиеся к физическим наукам [Ibid.]:

- сравнивать и классифицировать объекты и материалы по их физическим свойствам (вес/масса, объем, агрегатное состояние вещества, способность проводить тепло или электричество, плавает или тонет в воде);
- знать свойства металлов (электропроводность, теплопроводность) и связывать эти свойства с использованием металлов;
- приводить примеры смесей и объяснять, как их можно разделять физическими методами (используя просеивание, фильтрацию, испарение или магнитное притяжение);
- знать способы увеличения скорости растворения вещества в данном количестве воды (повышение температуры, перемешивание, увеличение площади поверхности) и сравнивать концентрации двух растворов с разным количеством растворителя или растворяемого вещества;
- узнавать наблюдаемые превращения веществ, в результате которых образуются новые вещества с другими свойствами (гниение, горение, ржавление, варка);
- соотносить знакомые физические явления (образование тени, отражение, радуга) со свойствами света;
- знать, что колеблющиеся объекты могут создавать звук;
- знать, что магниты имеют северный и южный полюсы и что одноименные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются;
- знать, что электрическая энергия в электрической цепи может быть преобразована в другие формы энергии, например свет и звук;
- объяснять, что для работы простых электрических систем, например ручного фонарика, необходима замкнутая электрическая цепь;

Рис. 3. Баллы российских учащихся 4-го класса в TIMSS-2015 по трем содержательным областям естествознания



- знать, что действие сил (толкает, тащит) может изменять движение объекта, и сравнивать действие сил разной величины, когда они направлены в одном и том же или противоположных направлениях.

Это далеко не полный список знаний и умений из содержательной области «физические науки», которые есть в TIMSS, но отсутствуют в российской программе. В биологии и географии программы совпадают в гораздо большей степени, но и здесь, например, объемный блок требований TIMSS под названием «Жизненные циклы, размножение и наследственность» не представлен в программе «Окружающий мир». Полный перечень тем TIMSS, отсутствующих в российской программе, имеется в работе [Демидова, 2017].

Результаты российских четвероклассников в TIMSS-2015 по трем содержательным областям естествознания показаны на рис. 3 [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016b].

Россия относится к числу стран с наименьшим объемом учебного времени, отводимого на изучение естествознания в начальной школе. У нас это чуть меньше 50 часов (астрономических) за учебный год в 4-м классе. Для сравнения: в Сингапуре — 96 часов, в Республике Корея — 92, в Японии — 91. При этом есть страны, которые отводят на изучение естествознания в начальной школе в разы больше времени, чем Россия: Португалия — 162 часа, Чили — 161, Катар — 135, Грузия — 110 [Martin et al., 2016]. Однако они не относятся к числу лидеров в TIMSS (см. табл. 1).

Итак, сформулируем суть феномена. Учащиеся российской начальной школы не изучают очень многого из того, что оценивается в TIMSS и присутствует в программах большинства стран. На изучение естествознания в российской начальной школе отводится значительно меньше времени, чем в большинстве стран. При этом российские четвероклассники занимают одну из лидирующих позиций в TIMSS, т. е. успешно выполняют тестовые задания этого международного исследования.

Можем ли мы предложить объяснение этому феномену? В отчете [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016b] приводятся следующие факторы, отличающие российских четвероклассников от их зарубежных сверстников (данные получены в результате анкетирования учащихся, их родителей, учителей, администрации школ, участвовавших в тестировании TIMSS):

- 1) российские четвероклассники (средний возраст — 10,8 года) более чем на полгода старше, чем учащиеся 4-х классов в других странах (средний возраст — 10,2 года). Только в двух странах, Норвегии и Дании, учащиеся 4-х классов старше, чем россияне. При этом эмпирически установлено, что результаты четвероклассников в PIRLS (читательская грамотность) обнаруживают очевидную зависимость от возраста детей, даже когда разница измеряется всего несколькими месяцами [Van Damme et al., 2010];
- 2) уровень образования родителей российских выпускников начальной школы один из самых высоких в мире;
- 3) по частоте занятий взрослых членов семьи с ребенком до его поступления в школу Россия оказалась на первом месте среди всех стран;
- 4) каждый день делают домашнюю работу 93% российских четвероклассников. Это один из самых высоких показателей, выше только в Казахстане и Японии (по 94%).
- 5) российские родители оказывают существенную помощь своим детям в их обучении в школе: 72% родителей ежедневно контролируют выполнение домашних заданий. Это также один из самых высоких показателей среди всех стран-участниц;
- 6) российские учителя начальной школы — одни из самых возрастных: 81% учителей старше 40 лет (в среднем по странам 58%), не достигших возраста 30 лет только 5%. Средний стаж работы российского учителя составляет 25 лет, причем 78% имеют стаж больше 20 лет. В среднем по странам стаж равен 17 годам, в лидирующих странах — около 15 лет. В России 100% учителей начальной школы составляют женщины, а в среднем по странам среди учителей начальной школы 18% мужчин;

- 7) в среднем по всем странам учащиеся, которым нравится изучать естествознание, показали более высокие результаты. Однако для ряда стран, в том числе и для России, такой зависимости не выявлено: 58% российских четвероклассников, которым нравится предмет «Окружающий мир», получили в исследовании TIMSS всего на 4 балла больше, чем 8% детей, которым этот предмет не нравится. При этом по сравнению с данными, полученными в 2011 г., число российских учащихся, которым нравится изучать естествознание, даже несколько уменьшилось: с 62 до 58%;
- 8) в России в полной мере вовлечены в учебный процесс по естествознанию 80% учащихся (69% в среднем по странам), а 18% (25% в среднем по странам) вовлечены слабо. Для России различий в результатах этих двух групп учащихся не обнаружено.

Безусловно, этих факторов недостаточно, для того чтобы объяснить обнаруженный феномен хорошей естественнонаучной подготовки российских четвероклассников. Однако в них все-таки можно найти основания для простой и довольно очевидной гипотезы: применительно к российским четвероклассникам TIMSS по естествознанию оценивает качество не столько школьного, сколько внешкольного образования.

Помимо отсутствия в программе «Окружающий мир» многих тем, проверяемых в TIMSS, и меньшего объема времени на изучение естествознания в пользу этой гипотезы свидетельствуют следующие факты:

- российские четвероклассники старше своих «коллег» из других стран (фактор 1), а значит, имеют чуть больший жизненный и образовательный опыт;
- родители уделяют больше внимания образованию детей (факторы 3 и 5), к тому же уровень образования самих родителей достаточно высокий (фактор 2);
- почти нет разницы в результатах между детьми, которым нравится и не нравится изучать естествознание в школе (фактор 7), а также между теми, кто больше вовлечен и меньше вовлечен в школьный учебный процесс (фактор 8);
- по сравнению с 2011 г. интерес к изучению школьного естествознания снизился, а результаты в TIMSS улучшились (см. рис. 2);
- от российских учителей начальной школы, которые старше учителей из других стран (фактор 6), трудно ожидать, что они компенсируют дефициты содержания программы за счет современных подходов к изучению естественных наук в школе.

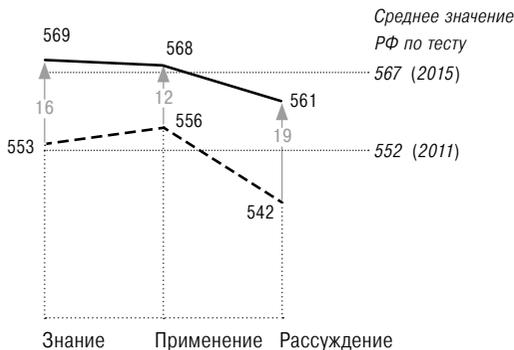
Рис. 4. Баллы российских четвероклассников в заданиях TIMSS по естествознанию, требующих для выполнения разных видов познавательной деятельности



Разумеется, возникает вопрос: где, если не в школе, учащиеся начальных классов получают естественнонаучные знания? И почему российские школьники могли оказаться здесь в более выгодном положении, чем учащиеся большинства стран? Ответ на этот вопрос предполагает серьезное исследование той образовательной среды (в широком смысле), в которой находятся дети этой возрастной когорты. Конечно, в нее входят и семья, и система дополнительного образования детей, хорошо развитая в России, и научно-популярные телевизионные программы и анимационные фильмы. Не исключено, что положительный эффект скудной естественнонаучной составляющей начального школьного образования проявился как раз в том, что освобождается место для удовлетворения детской природной любознательности за стенами школы.

В TIMSS фиксируются также различия в выполнении школьниками заданий, требующих разных видов познавательной деятельности: воспроизведение фактических знаний («знание»), применение знаний в практических ситуациях («применение»), объяснение явлений или описание наблюдений («рассуждение») [Демидова, 2017]. Российские четвероклассники более успешны в заданиях на знания и применение (рис. 4) [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016b]. Для трех стран, которые в рейтинге располагаются выше России (см. табл. 1), наблюдается обратная картина: там учащиеся лучше выполняют задания, относящиеся к группе «рассуждение». Возможно, более успешное выполнение российскими учащимися заданий на воспроизведение знаний также является следствием внешкольного характера естественнонаучного образования. Дети легко впитывают информацию, знания из разнообразных источ-

Рис. 5. Вклад различных видов познавательной деятельности в прирост результатов TIMSS-2015 по сравнению с TIMSS-2011



ников, но в меньшей степени систематически обучаются таким действиям, как объяснение, обоснование, решение проблем.

На рис. 5 показано, какой вклад в прирост общего результата в TIMSS в 2015 г. по сравнению с 2011 г. дали различные виды познавательной деятельности. Наибольшее приращение наблюдается по виду деятельности «рассуждение» (19 баллов). Формирование именно тех познавательных умений, которые можно отнести к «рассуждению», а именно умения формулировать выводы, устанавливать связи между объектами, анализировать информацию, создавать несложные модели, определяется в новом стандарте начального общего образования (ФГОС НОО), введенном как раз в 2011 г., как планируемые образовательные результаты. Такие умения, имеющие метапредметный характер, могли проявиться и при выполнении естественнонаучных заданий. Однако, способствуя развитию ряда качеств, необходимых для естественнонаучного рассуждения, стандарт не устраняет дефицитов в содержании естественнонаучного образования в российской начальной школе.

На основании проведенного анализа результатов российских четвероклассников в TIMSS-2015 и динамики их показателей в данном исследовании можно судить о том, в каких изменениях нуждается естественнонаучная программа для российской начальной школы, с тем чтобы она соответствовала современным требованиям к подготовке младших школьников в области естествознания. Изменения не должны ограничиваться расширением объема программы, включением в нее новых элементов знаний. Значительную часть отсутствующих в программе знаний дети данного возраста успешно осваивают за стенами школы. Изменения не в меньшей, если не в боль-

шей степени должны затрагивать методы преподавания естествознания, которые должны быть направлены на поддержание и стимулирование любознательности младших школьников, их естественного стремления исследовать природу.

**Почему
результаты
PISA и TIMSS
такие разные**

Еще одна удивительная особенность российского школьного естественнонаучного образования, которая проявляется в международных исследованиях, состоит в очень большой разнице между результатами PISA (15-летние учащиеся) и TIMSS (8-й класс). Действительно, если в PISA-2015 Россия располагается в четвертом десятке стран с баллом ниже среднего международного [OECD, 2016; Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016а], то в TIMSS-2015 российские школьники занимают достаточно высокое 7-е место с баллом, значительно превышающим среднее международное значение [Martin et al., 2016]. Похожая картина наблюдалась и в предыдущих циклах обоих исследований: обсуждение различий в результатах российских школьников в математике и естественных науках между PISA-2003 и TIMSS-2003 см. в [Ковалева, 2006], а между PISA-2006 и TIMSS-2007 — в [Поливанова, 2015].

Чтобы провести корректное сравнение, целесообразно рассмотреть только ту группу стран, которые в 2015 г. участвовали в обоих исследованиях. В табл. 2 эти страны упорядочены по методике, предложенной в [Gronmo, Olsen, 2006].

Значения рейтингов в табл. 2 определяются относительным положением именно этих 28 стран в обоих исследованиях, а страны следуют друг за другом в соответствии с разницей между их местами в PISA и TIMSS: от самой большой в пользу PISA до самой большой в пользу TIMSS.

Большинство стран имеют близкие результаты в обоих исследованиях (разность рейтингов не больше 2), причем на вершине рейтинга и в PISA, и в TIMSS находятся Сингапур, Япония и Тайвань. Россия, Канада и Новая Зеландия характеризуются наибольшей разницей между результатами, причем Россия, в отличие от Канады и Новой Зеландии, более высокое место занимает в TIMSS, а не в PISA.

Каковы причины столь большого различия между результатами российских школьников по естествознанию в TIMSS и PISA и о каких особенностях естественнонаучного образования в российской школе можно судить на основании этого различия? Вряд ли причина кроется в возрастной разнице в год-полтора или в резком падении уровня естественнонаучного образования при переходе из 8-го в 9-й класс, хотя и такие гипотезы нуждаются в проверке. Более правдоподобным выглядит предположение, что серьезно различаются цели и соответственно измерители TIMSS и PISA и, главное, что это различие

Таблица 2. Показатели по естествознанию у школьников из стран, принявших участие в PISA-2015 и TIMSS-2015 (8-й класс)

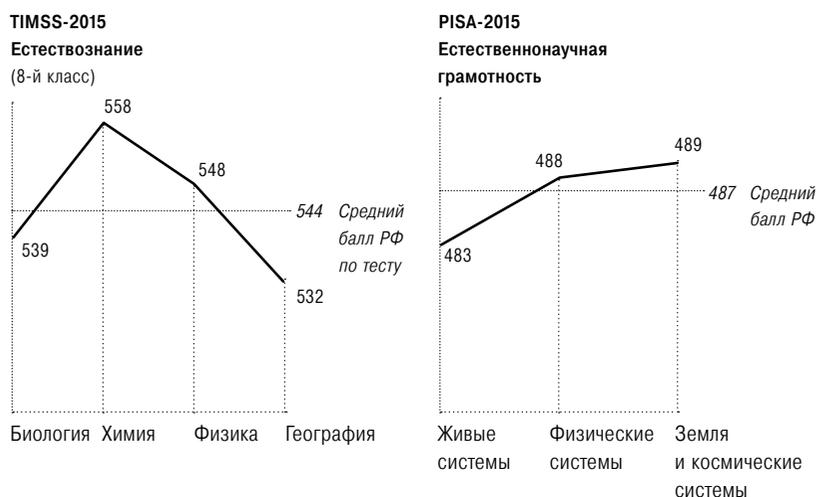
Страна	PISA		TIMSS		Разность рейтингов
	Балл	Рейтинг	Балл	Рейтинг	
1 Канада	528	4	526	12	8
2 Новая Зеландия	513	7	513	15	8
3 Австралия	510	9	512	16	5
4 Норвегия	498	12	509	17	5
5 Чили	447	21	454	25	4
6 Италия	481	16	499	19	3
7 Гонконг	523	5	546	6	1
8 Мальта	465	20	481	21	1
9 Сингапур	556	1	597	1	0
10 Япония	538	2	571	2	0
11 Тайвань	532	3	569	3	0
12 ОАЭ	437	22	477	22	0
13 Таиланд	421	24	456	24	0
14 Грузия	411	26	443	26	0
15 Иордания	409	27	426	27	0
16 Ливан	386	28	398	28	0
17 Швеция	493	14	522	13	-1
18 Израиль	467	19	507	18	-1
19 Республика Корея	516	6	556	4	-2
20 Великобритания	509	10	537 (Англия)	8	-2
21 Ирландия	503	11	530	9	-2
22 Катар	418	25	457	23	-2
23 Словения	513	8	551	5	-3
24 США	496	13	530	10	-3
25 Турция	425	23	493	20	-3
26 Литва	475	18	519	14	-4
27 Венгрия	477	17	527	11	-6
28 Российская Федерация	487	15	544	7	-8

оказалось критическим для поляризации достоинств и недостатков школьного естественнонаучного образования в России.

Сравнению подходов TIMSS и PISA к оценке достижений школьников и соответственно результатов разных стран в этих исследованиях посвящено немало работ, например, [Olsen, 2005; Gronmo, Olsen, 2006; Hutchison, Schagen, 2007; Тюменева, Вальдман, Карной, 2014; Поливанова, 2015; Carnoy et al., 2016; Klieme, 2016]. Правда, большинство из них, кроме [Olsen, 2005], основывались на анализе математических компетенций учащихся в обоих исследованиях. Цели исследования TIMSS определяются как оценка знаний и умений, полученных при изучении математики и естественнонаучных предметов [Martin et al., 2016]. Иначе говоря, TIMSS показывает, как учащиеся осваивают учебные программы по математике и естественным наукам, с точки зрения некоторых международных требований, согласованных между странами. Цель PISA в применении к естествознанию формулируется иначе: исследуется и оценивается естественнонаучная грамотность учащихся. В материалах PISA (например, [OECD, 2016; Центр оценки качества образования ИСПО РАО, 2016а]) дается определение естественнонаучной грамотности, включающее три основные компетенции: научное объяснение явлений; применение методов естественнонаучного исследования; интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов. Не менее важно — и это также отражено в определении, — что эти компетенции нужны человеку для того, чтобы в качестве активного гражданина интересоваться естественнонаучными идеями и участвовать в обсуждении вопросов, связанных с естественными науками и технологиями [OECD, 2016]. Таким образом, PISA оценивает, насколько успешно компетенции естественнонаучной грамотности применяются к реальным проблемам и ситуациям — актуальным, но выходящим за пределы содержания учебных программ по естественнонаучным предметам.

Специфика целей исследований определяет различия между заданиями (измерителями) TIMSS и PISA. С точки зрения содержания задания TIMSS для 8-го класса классифицируются по четкому предметному принципу, тогда как задания PISA — по содержательным областям, не совсем совпадающим с границами учебных предметов. Эти области определяются как системы — живые, физические, космические. Впрочем, соответствие между биологией (TIMSS) и «живыми системами» (PISA), химией и физикой (TIMSS) и «физическими системами» (PISA), географией (TIMSS) и «Землей и космическими системами» (PISA) достаточно близкое. Результаты российских школьников в обоих исследованиях по предметам и содержательным областям показаны на рис. 6 [Центр оценки качества образования ИСПО РАО, 2016с; Центр оценки качества образования ИСПО РАО, 2016а].

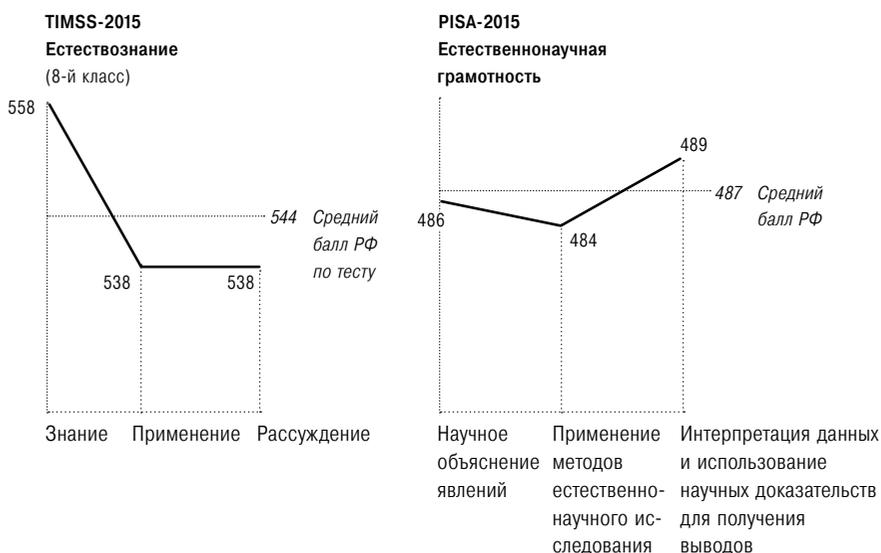
Рис. 6. Результаты российских школьников по предметам и содержательным областям в TIMSS-2015 и PISA-2015



Пожалуй, единственной общей чертой этих результатов является отставание в биологии (в «живых системах») по сравнению со средним баллом российских школьников по всему тесту и в TIMSS, и в PISA. При этом вклад результата по биологии в средний балл очень заметный, поскольку именно этот предмет в наибольшей степени представлен в заданиях обоих исследований: в TIMSS 36% заданий имеют биологическое содержание, в PISA 40% заданий относится к «живым системам». В современной российской школе на ступени основного общего образования (5–9-й классы) из трех естественнонаучных предметов (физика, химия, биология) только биология изучается на протяжении всех лет обучения, и именно на этот предмет в сумме отводится наибольшее число часов по сравнению с физикой и химией. Эффект от этого, как видим, скорее отрицательный.

По видам деятельности сравнить тесты TIMSS и PISA гораздо труднее. Задания в них классифицируются по существенно разным основаниям. В TIMSS виды деятельности объединены в группы «знание» (воспроизведение фактических знаний и их применение в стандартных учебных ситуациях), «применение» (применение знаний в более сложных ситуациях) и «рассуждение» (объяснение явлений или описание наблюдений и опытов). В PISA в качестве видов деятельности выступают «научное объяснение явлений», «применение методов естественнонаучного исследования», «интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов». Результаты российских школьников в обоих исследованиях по видам деятель-

Рис. 7. Результаты российских школьников по естествознанию в TIMSS и PISA по видам деятельности



ности показаны на рис. 7 [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016с; Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016а].

Чтобы установить соответствие между тестами TIMSS и PISA, мы проанализировали задания TIMSS в «координатах» видов деятельности, используемых в PISA. К виду деятельности «научное объяснение явлений» условно можно отнести примерно 45% заданий TIMSS (в PISA 48% таких заданий), к «применению методов естественнонаучного исследования» — примерно 5% заданий TIMSS (в PISA 21%), к «интерпретации данных и использованию научных доказательств для получения выводов» — примерно 9% заданий TIMSS (в PISA 31%). Остальные примерно 40% заданий TIMSS вообще не укладываются в классификацию PISA по видам деятельности. Большинство из этих 40% — задания так называемого репродуктивного типа: для ответа на поставленный вопрос ученику нужно только воспроизвести соответствующий элемент содержания естественнонаучного курса. Например, отнести животное с описанными признаками к одной из четырех таксономических групп, предлагаемых на выбор. Или ответить вопрос, каким видом энергии обладает сжатая пружина, выбрав правильный ответ из четырех предложенных вариантов. Подробный анализ заданий TIMSS см. в [Камзеева, 2017].

Обратная процедура, т.е. анализ заданий PISA в «координатах» видов деятельности TIMSS, показывает, что практически

Таблица 3. Основные различия заданий по естествознанию в TIMSS и PISA

	TIMSS	PISA
1	Обычно предлагается стандартная, формализованная ситуация	Как правило, предлагается новая, незнакомая реальная ситуация
2	Объем информации, которую требуется переработать для ответа на поставленный вопрос, небольшой и, как правило, легко укладывается в привычный формат «дано»	Объем информации, которую требуется переработать для ответа на поставленные вопросы, значителен, причем часто эта информация скорее напоминает научный (научно-популярный) текст, чем условие типичной школьной задачи
3	Задания изолированные и включают один или два вопроса	Задания сгруппированы по тематическим блокам, большинство которых включает от 3 до 5 заданий. Внутри блока от задания к заданию имеется некоторое развитие сюжета
4	Мало заданий (5%), требующих применения методов естественнонаучного исследования	Пятая часть заданий (21%) направлена на оценивание компетенции «применение методов естественнонаучного исследования»
5	Очень мало заданий, предполагающих анализ графических или табличных данных, причем графики имеют идеальный вид, а не построены по экспериментальным точкам	В ряде заданий приходится иметь дело с реальными научными данными, которые представлены в виде графиков, таблиц или диаграмм
6	Очень мало заданий, затрагивающих проблемы окружающей среды (экологии)	Более трети заданий так или иначе затрагивает проблемы окружающей среды (экологии)

все задания PISA можно отнести к рассуждению (хотя различие этого вида деятельности с применением часто выглядит очень условным). К такому же выводу пришли исследователи, которые сравнивали подходы TIMSS и PISA к оцениванию учебных достижений по математике [Gronmo, Olsen, 2006].

Таким образом, по оцениваемым видам деятельности и соответствующим когнитивным умениям тесты двух исследований перекрываются лишь частично, примерно на 60%, если смотреть с позиций PISA. Но даже не этот фактор, по-видимому, определяет главное различие между заданиями TIMSS и PISA. Сравнение тестов обоих исследований позволяет выделить еще ряд параметров, по которым эти задания отличаются друг от друга (табл. 3).

Естественно предположить, что в совокупности все эти различия и определяют расхождение в результатах российских школьников в исследованиях TIMSS и PISA. Иначе говоря, именно выделенные особенности заданий PISA вызывают затруднения у российских учащихся. Относительно происхождения этих затруднений можно выдвинуть несколько предположений. Возможно, их причина — в недостаточном уровне квалификации учителей. Однако в исследовании [Carnoy et al.,

2016] показано, что даже на результаты российских учащихся по математике в исследовании TIMSS уровень квалификации учителей оказывает незначительное влияние, хотя содержание тестов TIMSS как раз вполне соответствует российским требованиям. Что же касается PISA, то, по утверждению авторов работы, ряду умений (понимание и интерпретация текста, построение математической модели реальной ситуации), необходимых для решения математических задач этого исследования, в российских школах вообще не обучают. А значит, результаты в PISA нельзя рассматривать как показатель квалификации российских учителей, поскольку формирование этих умений фактически не является составляющей их квалификации.

Вероятно, и для достижений школьников в естественнонаучных тестах TIMSS и PISA квалификация учителей не является решающим фактором. В последние годы предпринято несколько исследований, в которых авторы ищут способы усилить влияние учителей на академическую успешность учащихся, в частности обсуждают направления подготовки учителей, в результате которой процесс формирования естественнонаучной грамотности учащихся мог бы идти более успешно [Пентин, 2012]. Выделен ряд факторов, которые могли бы влиять на результаты PISA, и одним из самых важных среди них являются используемые практики обучения [Ковалева, Логинова, 2017]. Практики, основанные на активной роли учащегося, для PISA могут быть более результативны, чем практики, в которых доминирует учитель. Однако в российской школе пока гораздо шире распространены приемы обучения, в которых школьникам отводится пассивная роль. К тому же для российских программ, учебников и контрольно-измерительных материалов государственной аттестации по естественнонаучным предметам характерны те свойства, которые отличают задания TIMSS (левый столбец табл. 3), и в них не уделяется достаточного внимания заданиям и способам подачи материала, которые применяются в PISA (правый столбец табл. 3).

Особенности заданий PISA важны не столько сами по себе, сколько как конкретные индикаторы ориентации естественнонаучного образования на формирование естественнонаучной грамотности. При этом понимание целей и планируемых результатов естественнонаучного образования в TIMSS и PISA вовсе не обязательно противопоставлять друг другу. Результаты таких стран, как Сингапур, Япония и Тайвань, показывают, что можно быть одинаково успешными и в условно прикладном направлении, тестируемом PISA, и в условно фундаментальном, оцениваемом TIMSS. Анализируя математические баллы школьников из Сингапура, Японии и Тайваня — высокие в обоих исследованиях, Л. Гронмо и Р. Олсен делают вывод, что «математика в школах стран Юго-Восточной Азии в основном преподается

как „чистая“ математика, но в то же время там уделяется некоторое внимание и прикладной математике» [Gronmo, Olsen, 2006]. И далее там же: «Наш анализ и сравнение TIMSS и PISA подтверждают, что, для того чтобы преуспевать в „математике для жизни“, учащимся необходимо владеть базовыми знаниями и умениями в „чистой“ математике. <...> Следовательно, важно не рассматривать в школьных программах математическую грамотность как альтернативу „чистой“ математике. Достаточно высокий уровень компетенции в области „чистой“ математики, по-видимому, необходим для овладения прикладной математикой. С другой стороны, если уделяется слишком мало внимания самой прикладной математике, т. е. перенесению математики на реальную жизнь, то вряд ли учащиеся овладеют тем видом компетенции, которую мы называем математической грамотностью». Суждения, высказанные Л.Гронмо и Р.Олсенем применительно к математике, с нашей точки зрения, полностью приложимы к естественным наукам.

Корень затруднений российских школьников в PISA, по всей видимости, состоит в том, что ученикам (да и учителям) мало знакома сама постановка вопроса о применении естественнонаучных знаний и умений к решению задач в реальном жизненном контексте. А уже само использование реального контекста определяет почти все особенности заданий PISA, которые представлены в табл. 3, так как:

- реальная ситуация нуждается в достаточно подробном описании, что влечет за собой необходимость осмысления и переработки соответствующей информации;
- проблема, которую содержит ситуация, как правило, распадается на ряд последовательных задач, или подзадач, чему соответствует группирование заданий PISA в тематические блоки;
- реальная проблема часто нуждается в исследовательском отношении, анализе и интерпретации представленных данных;
- реальные ситуации, имеющие актуальный смысл для всех членов общества, включая учащихся, часто связаны с проблемами окружающей среды и здоровьем человека (содержательная область «живые системы»).

По двум другим направлениям PISA — математической и читательской грамотности — ситуация в российском образовании очень динамично меняется в лучшую сторону. Сохраняя высокие позиции в TIMSS, т. е. в „чистой“ математике (6-е место в рейтинге), наши школьники на протяжении двух последних циклов PISA (с 2009 по 2015 г.) добились очень существенного прогресса в прикладной математике, или математической грамотности.

Это достижение, как и улучшение результатов в читательской грамотности, иногда связывают с введением нового образовательного стандарта. Действительно, требования к образовательным результатам, сформулированные во ФГОС основного общего образования, часто перекликаются с компетенциями, которые оцениваются в PISA. Однако тех же образовательных результатов ФГОС требует и от естественнонаучных предметов, но прогресса в PISA по естественнонаучной грамотности не наблюдается (см. рис. 1). Возможно, проблема здесь в разобщенности представителей разных естественнонаучных предметов и отсутствии у них единого представления о современных задачах школьного естественнонаучного образования.

Таким образом, мы выделили ряд факторов, характеризующих изучение естественнонаучных предметов в российской школе и способных влиять на результаты учащихся в TIMSS и PISA. Оценка наличия зависимости между этими факторами и результатами TIMSS и PISA должна быть предметом дальнейших исследований.

**О чем говорят
результаты
российских
старше-
классников
по профильной
физике**

В исследовании TIMSS-Advanced оцениваются достижения выпускников старшей школы только по физике, изучаемой на повышенном (advanced), или профильном, уровне. Поэтому результаты в TIMSS-Advanced можно рассматривать лишь как небольшой, хотя и важный фрагмент в общей картине школьного естественнонаучного образования, которую дают нам международные исследования. В 2015 г. в TIMSS-Advanced участвовали всего 9 стран, и в этом списке Российская Федерация занимает высокое 2-е место (табл. 4) [Mullis et al., 2016].

В выборку российских учащихся вошли одиннадцатиклассники, у которых по программе 4 урока физики в неделю и более. Основные результаты тестирования приведены в отчете [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016d]. В целом эти результаты вполне ожидаемы и не содержат какой-то явной интриги, за исключением неуклонного снижения среднего балла России на протяжении трех прошедших исследований TIMSS-Advanced: в 1995, 2008 и 2015 гг. Впрочем, значимое снижение результатов наблюдается во всех странах, участвовавших в исследовании, кроме США и Словении. Причины этой тенденции еще предстоит выяснить, однако для Российской Федерации одним из факторов, влияющих на снижение балла, может быть увеличение индекса охвата, т. е. доли молодых людей, изучающих профильный курс физики, в совокупной численности населения страны данной возрастной когорты. Так, если в 1995 г. индекс охвата был 1,9%, в 2008 г. — 2,6% [Mullis et al., 2009], то в 2015 г. он составил 4,9%, т. е. почти в 2 раза больше, чем в 2008 г. Предположение о влиянии индекса охвата на средний балл, безусловно, требует проверки, но увеличение чис-

Таблица 4. **Результаты TIMSS-Advanced по профильной физике**

Страна	Средний балл	Индекс охвата	Число лет обучения	Средний возраст
1 Словения	531 (2,5) ↑	7,6%	13	18,8
2 Российская Федерация	508 (7,1)	4,9%	11	17,7
3 Норвегия	507 (4,6) =	6,5%	13	18,8
Среднее значение шкалы TIMSS	500			
4 Португалия	467 (4,6) ↓	5,1%	12	18,0
5 Швеция	455 (5,9) ↓	14,3%	12	18,8
6 США	437 (9,7) ↓	4,8%	12	18,1
7 Ливан	410 (4,5) ↓	3,9%	12	17,8
8 Италия	374 (6,9) ↓	18,2%	13	18,9
9 Франция	373 (4,0) ↓	21,5%	12	18,0

↑ Средний балл страны статистически значимо выше среднего балла России.

= Нет статистически значимых различий между средним баллом страны и средним баллом России.

↓ Средний балл страны статистически значимо ниже среднего балла России.

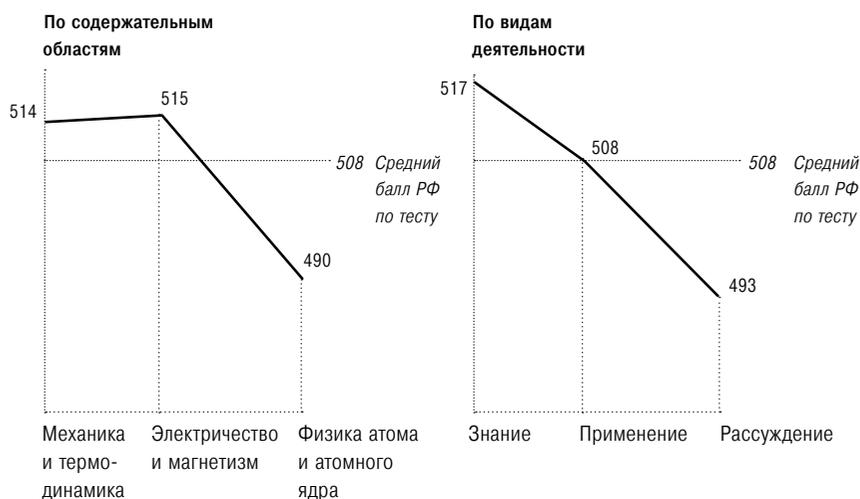
() Стандартная ошибка измерения.

ла учащихся, изучающих профильный курс физики, вероятно, означает увеличение в этот период числа профильных классов и учителей, работающих в таких классах. Не исключено, что «новые» учителя, начавшие преподавать профильный курс физики, на первых порах еще не обладали для этого достаточным опытом и квалификацией, что и могло привести к некоторому снижению в среднем уровня подготовки учащихся. В любом случае анализ причин снижения среднего балла по физике в трех исследованиях TIMSS-Advanced был бы неполным без учета такого фактора, как изменение доли старшеклассников, изучающих профильный курс физики.

В результатах по профильной физике отражаются некоторые общие особенности и проблемы российского школьного естественнонаучного образования. В частности, о них позволяют судить данные об успешности выполнения заданий TIMSS-Advanced, относящихся к разным разделам профильного курса физики и различным видам деятельности (рис. 8) [Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016d].

В 2015 г. российские старшеклассники менее успешно по сравнению с другими содержательными областями выполняли задания по «физике атома и атомного ядра». Одно из возможных объяснений этого результата состоит в том, что в рос-

Рис. 8. Результаты российских учащихся 11-го класса, изучавших профильный курс физики, по содержательным областям и видам деятельности



сийской программе профильного курса физики изучению соответствующего раздела (обычно он называется «квантовая физика») в настоящее время уделяется меньше внимания, чем другим. И в ЕГЭ задания по квантовой физике составляют незначительную долю (табл. 5). Напротив, в TIMSS-Advanced внимание к этой содержательной области существенно возрастает, в то время как удельный вес раздела «механика» уменьшается. Такая структура массива заданий TIMSS-Advanced отражает важную тенденцию в развитии физического и в целом естественнонаучного образования, которая состоит в довольно резком увеличении доли современных научных знаний в содержании школьных, особенно профильных, курсов. Действительно, современные направления фундаментальных научных исследований (например, физика элементарных частиц или квантовая гравитация), так же как и развитие инновационных технологий (например, квантовые компьютеры, нанотехнологии, ядерная и термоядерная энергетика) требуют подготовки прежде всего в области квантовой физики, что не может не учитываться и в содержании школьных профильных курсов.

Интересно, что в 2008 г. российские одиннадцатиклассники в TIMSS-Advanced именно задания из содержательной области «физика атома и атомного ядра» выполняли более успешно, чем задания по другим разделам [Mullis et al., 2009]. Возможно, как раз в период с 2008 по 2015 г. внимание к изучению этой темы снизилось из-за более прагматичной ориентации на требования

Таблица 5. **Распределение заданий по содержательным областям курса физики в TIMSS-Advanced 2008 и 2015 гг. и в ЕГЭ-2017, %**

	TIMSS-Adv 2008	TIMSS-Adv 2015	ЕГЭ-2017
Механика	29		30–35
Молекулярная физика и термодинамика	24	40	23–25
Электродинамика	29	25	30–35
Физика атома и атомного ядра	19	35	13–16

и структуру ЕГЭ. Несложные расчеты показывают, что если бы в 2015 г. средний балл российских одиннадцатиклассников по содержательной области «физика атома и атомного ядра» был таким же, как по «механике и термодинамике» и «электричеству и магнетизму» (а в 2008 г. он был даже выше), то средний балл по всему тесту поднялся бы до 516–517 и не отличался бы значимо от результата 2008 г.

Российские одиннадцатиклассники значительно лучше выполняют задания на воспроизведение знаний, чем на их применение и особенно на рассуждение (см. рис. 8). Распределение заданий TIMSS-Advanced 2015 г. по видам деятельности выглядит следующим образом: знание — 30%, применение — 40%, рассуждение — 30%. Однако это распределение в некоторых случаях кажется спорным. К виду деятельности «рассуждение» вполне обоснованно относят задания со свободно конструируемым ответом, где от учащихся требуется своими словами объяснить, обосновать или доказывать. Но в ряде случаев в TIMSS-Advanced к этому же виду деятельности относят задания с выбором ответа или с коротким ответом в виде числа. Безусловно, рассуждение в форме внутренней речи почти всегда предшествует какому-либо решению или выводу, но отнесение и таких заданий к «рассуждению» делает слишком неопределенными сами границы предлагаемых в TIMSS-Advanced видов деятельности. Тем не менее результаты по профильной физике подтверждают ориентированность российского школьного естественнонаучного образования в большей степени на воспроизведение знаний, чем на применение этих знаний и построение научной аргументации.

Снижение среднего балла России по профильной физике на протяжении трех исследований TIMSS-Advanced (1995, 2008, 2015 гг.) вряд ли можно объяснить какой-то одной причиной. Сравнение данных TIMSS-Advanced 2008 и 2015 г. не подтверждает, например, той точки зрения, что за это время у школь-

ников упал интерес к изучению физики и выбору профессий, связанных с изучением этой дисциплины. Скорее наоборот, между 2008 и 2015 г. среди российских одиннадцатиклассников, изучающих профильную физику, значительно увеличилась доля тех, кто выбирает в качестве будущего направления своей профессиональной деятельности инженерные и компьютерные науки, и стало меньше тех, кто выбирает область «финансы и бизнес» [Mullis et al., 2009; Центр оценки качества образования ИСРО РАО, 2016d]. Возможно, снижение среднего балла в TIMSS-Advanced связано с другими факторами, такими как рост числа учащихся, изучающих профильную физику, или снижение внимания к изучению отдельных тем курса физики, вес которых в TIMSS-Advanced, наоборот, вырос.

Заключение Обзор результатов российских учащихся по естествознанию в международных исследованиях качества образования 2015 г.—TIMSS 4-й класс, TIMSS 8-й класс, TIMSS-Advanced 11-й класс, PISA — позволяет сделать ряд выводов.

Анализ не только результатов, но и самих программ (framework) этих исследований, согласованных всеми странами-участницами, показывает, что содержание и методика школьного естественнонаучного образования в России не являются обособленными или уникальными и в целом соответствуют мировым тенденциям.

В то же время российский подход к изучению естественнонаучных предметов больше ориентирован на воспроизведение знаний, а не на их применение или освоение способов действий, присущих естественным наукам: исследования и научной аргументации. Эта особенность (вероятно, исторически сложившаяся) проявляется уже в начальной школе (см. рис. 4), усиливается в 8-м классе (см. рис. 7) и сохраняется даже для учащихся, выбирающих естественнонаучный предмет (физику) в качестве своей специализации (см. рис. 8). Если в TIMSS имеет место лишь некоторое отставание в успешности рассуждения и применения по сравнению с воспроизведением знаний при довольно высоком общем уровне естественнонаучного образования, то в PISA «особенность» превращается уже в левую точку, которая проявляется в недостаточном уровне естественнонаучной грамотности 15-летних школьников. Наибольшие трудности российские школьники испытывают в понимании процедур естественнонаучного исследования (см. рис. 7).

Самостоятельную проблему в рамках естественнонаучного образования представляет характер изучения в российской школе предмета «биология», или, в терминологии PISA, содержательной области «Живые системы». Неудивительно, что, согласно данным TIMSS, в начальной школе средний балл за вы-

полнение заданий по биологии несколько выше, чем по другим предметным областям (см. рис. 3), ведь в программе «Окружающий мир» материал по другим естественнонаучным предметам практически отсутствует. Однако в основной школе биология становится отстающей областью естественнонаучного образования (см. рис. 6). Трудности при выполнении заданий из содержательной области «Живые системы» в PISA усугубляются еще и тем, что значительное число этих заданий относится к компетенции «применение методов естественнонаучного исследования», в овладении которой у наших школьников наблюдается наибольшее отставание (см. рис. 7). Проблемы с биологией, вероятно, являются следствием того, что в российской школе ее содержание составляют преимущественно описания, перегруженные сведениями, трудно поддающимися осмыслению. При этом учащиеся не получают достаточного представления о научных методах исследования, с помощью которых получают биологические знания.

На основании данных TIMSS-Advanced (профильная физика) можно сделать вывод, что в модернизации нуждается содержание не только курса физики старшей школы, но и других естественнонаучных предметов. Во всех курсах должны быть больше представлены данные, полученные современной наукой, а также информация о методах научного исследования и новых технологиях, и тогда школьное образование будет соответствовать растущему запросу общества на инженерные и научные кадры, обеспечивающие развитие инновационной экономики.

Результаты международных исследований также косвенно свидетельствуют об эффективности непрерывного школьного естественнонаучного образования. В большинстве развитых стран мира естествознание — в виде интегрированного курса или набора систематических дисциплин — в обязательном порядке изучается с первых классов начальной школы до конца основной школы. Причем на протяжении всего этого времени в содержании естественнонаучного образования постоянно представлены элементы всех дисциплин: физики, химии, биологии, географии. В этом отношении Российская Федерация явно оказалась в невыгодном положении. В соответствии с ФГОС основного общего образования в 5–6-х классах среди естественнонаучных предметов, обязательных для изучения, отсутствует интегрированный предмет «природоведение» (естествознание), а есть лишь биология и география. Между тем именно в возрасте 10–12 лет (что соответствует 5–6-му классу) детей отличает повышенная любознательность, стремление исследовать природу, проводить и даже придумывать интересные эксперименты. Во всех странах у школьников в этом возрасте наиболее активно формируются первоначальные исследовательские умения, основы естественнонаучной грамотности и научного ми-

ровоззрения, причем делается это, как правило, в рамках интегрированного предмета «естествознание» (Science), аналог которого в течение многих лет присутствовал и в российской (советской) школе. Одночасовые курсы биологии и географии эту задачу полноценно решить не могут, поскольку в их рамках невозможно организовать достаточное количество кратких лабораторных исследований, демонстрирующих особенности естественнонаучного метода познания. Кроме того, двух- трех-летний разрыв в полноценном естественнонаучном образовании (только с 7-го класса в российской школе начинается изучение физики и с 8-го класса — химии) приводит к утрате у многих учащихся интереса к естественным наукам, забываются даже те первоначальные естественнонаучные знания и умения, которые осваивались в начальной школе в рамках предмета «Окружающий мир».

Один из основных выводов, который можно сделать по результатам международных исследований, состоит в том, что не имеет смысла противопоставлять богатые традиции российского образования и современные тенденции в зарубежном образовании, так же как противопоставлять фундаментальные и прикладные знания. Об этом свидетельствует пример ряда стран Восточной Азии, которые демонстрируют успехи в естественнонаучном образовании по обоим направлениям. Практикоориентированный характер образования означает, что фундаментальные (теоретические) знания используются для решения практических, а точнее реальных, задач. Чтобы придать практикоориентированный характер российскому естественнонаучному образованию, необходимо обеспечить более высокое качество и более широкое разнообразие учебных задач, которые ставятся перед учащимися. Это не требует привлечения грандиозных ресурсов, но безусловного предполагает совершенствование практик обучения, привязанных к различным формам работы с новыми учебными задачами.

Новизна представленной в статье работы состоит в том, что в ней впервые объединены в общую картину данные международных сравнительных исследований по качеству естественнонаучного образования в российской школе для всех уровней общего образования. Это объединение позволяет увидеть общие закономерности и проблемы, присущие системе школьного естественнонаучного образования, и в том числе выявить некоторые факторы, влияющие на результаты Российской Федерации в международных исследованиях TIMSS, PISA и TIMSS-Advanced.

При этом статья не дает окончательных объяснений результатов российских учащихся по естествознанию в международных исследованиях, а скорее предлагает гипотезы, которые могут быть проверены в дальнейших исследованиях.

Литература

1. Демидова М. Ю. (2017) Основные результаты естественно-научной части исследования TIMSS для начальной школы // Педагогические измерения. № 2. С. 30–34.
2. Камзеева Е. Е. (2017) Особенности выполнения российскими восьмиклассниками заданий по естествознанию международного исследования TIMSS // Педагогические измерения. № 2. С. 56–62.
3. Ковалева Г. С. (ред.) (2006) Качество общего образования в российской школе: по результатам международных исследований. М.: Логос.
4. Ковалева Г. С., Логинова О. Б. (2017) Успешная школа и эффективная система образования: какие факторы помогают приблизиться к идеалу? (По данным исследования PISA-2015) // Педагогические измерения. № 2. С. 69–80.
5. Пентин А. Ю. (2012) От задачи формирования естественнонаучной грамотности к необходимым компетенциям учителей естественнонаучных дисциплин // Непрерывное педагогическое образование.ru. № 1. С. 158.
6. Поливанова К. Н. (2015) Образовательные результаты основной школы в контексте международных исследований // Психологическая наука и образование. Т. 20. № 4. С. 19–30. doi: 10.17759/pse.2015200402.
7. Тюменева Ю. А., Вальдман А. И., Карной М. (2014) Что дают предметные знания для умения применять их в новом контексте. Первые результаты сравнительного анализа TIMSS-2011 и PISA-2012 // Вопросы образования / Educational Studies Moscow. № 1. С. 8–24.
8. Центр оценки качества образования ИСРО РАО (2016а) Основные результаты международного исследования PISA-2015. www.centeroko.ru.
9. Центр оценки качества образования ИСРО РАО (2016b) Результаты международного исследования TIMSS-2015 4 класс. www.centeroko.ru.
10. Центр оценки качества образования ИСРО РАО (2016c) Результаты международного исследования TIMSS-2015 8 класс. www.centeroko.ru.
11. Центр оценки качества образования ИСРО РАО (2016d) Результаты международного исследования TIMSS Advanced 2015 11 класс. www.centeroko.ru.
12. Carnoy M., Khavenson T., Loyalka P., Schmidt W. H., Zakharov A. (2016) Revisiting the Relationship between International Assessment Outcomes and Educational Production: Evidence from a Longitudinal PISA-TIMSS Sample // American Educational Research Journal. Vol. 53. No 4. P. 1054–1085.
13. Gronmo L. S., Olsen R. V. (2006) TIMSS versus PISA: The Case of Pure and Applied Mathematics. Paper presented at the 2nd IEA International Research Conference (Washington, DC, November 8–11, 2006).
14. Hutchison D., Schagen I. (2007) Comparisons between PISA and TIMSS: Are We the Man with Two Watches? / T. Loveless (ed.) Lessons Learned: What International Assessments Tell Us about Math Achievement. Washington, DC: Brookings. P. 227–261.
15. Klieme E. (2016) TIMSS2015 and PISA 2015. How Are They Related on the Country Level? Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung Working Paper published online, December 12, 2016.
16. Martin M. O., Mullis I. V. S., Foy P., Hooper M. (2016) TIMSS 2015 International Results in Science // Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
17. Mullis I. V. S., Martin M. O., Foy P., Hooper M. (2016) TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics //

- Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website:
<http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/advanced/>
18. Mullis I. V. S., Martin M. O., Robitaille D. F., Foy P. (2009) TIMSS Advanced 2008 International Report: Findings from IEA's Study of Achievement in Advanced Mathematics and Physics in the Final Year of Secondary School. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
 19. OECD (2016) PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy. Paris: OECD.
 20. Olsen R. V. (2005). Achievement Tests from an Item Perspective. An Exploration of Single Item Data from the PISA and TIMSS Studies, and How Such Data Can Inform Us about Students' Knowledge and Thinking in Science (PhD Thesis). Oslo: University of Oslo.
 21. Van Damme J., Liu H., Vanhee L., Pustjens H. (2010) Longitudinal Studies at the Country Level as a New Approach of Educational Effectiveness: Explaining Change in Reading Achievement (PIRLS) by Change in Age, SES and Class Size // Effective Education. Vol. 2. No 1. P. 53–84.

Science Education in Russia According to the Results of the TIMSS and PISA International Studies

Alexander Pentin

Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Head of the Centre for Science Education. Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education. E-mail: pentin@mail.ru

Authors

Galina Kovaleva

Candidate of Sciences in Education, Head of the Centre of Evaluating the Quality of Education. Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education. E-mail: galina_kovaleva_rao@mail.ru

Elena Davidova

Junior researcher of the Centre of Evaluating the Quality of Education. Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education. E-mail: centeroko@mail.ru

Elena Smirnova

Junior researcher of the Centre of Evaluating the Quality of Education. Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education. E-mail: centeroko@mail.ru

Address: 5/16 Makarenko Str., 101000 Moscow, Russian Federation.

The paper considers features and problems of science education in Russian schools according to how they appeared in the TIMSS and PISA international studies. The main features consist in the decline of student achievement in science when moving from primary school to secondary school and the sharp difference between the results of Russian students demonstrated in TIMSS and PISA. The conclusions are based both on the analysis of the data obtained in the studies (the results of tests, questionnaires of participants, content of tasks) and characteristics of the Federal educational standards and programmes related to science education. The result of the work established the factors influencing the achievements of Russian students in Science at primary, lower and upper secondary school. Namely, the high results by 4th grade pupils in TIMSS is largely due to the high activity of students in acquiring scientific knowledge outside of school. The sharp difference between the results of 8th-9th grade students in the TIMSS and PISA studies is explained by, on the one hand, the close accordance of the TIMSS framework to the Russian science curricula and, on the other hand, their significant divergence from the PISA framework as the Russian curricula scarcely focused on scientific literacy as a main goal. As one of the factors that explains the decline in the outcomes in physics by 11th-graders in TIMSS Advanced 2015, in comparison with previous cycles, we discuss the increase in the percentage of tasks in the TIMSS test about the physics of the atom and the atomic nucleus, which proved to be more difficult for students. A common feature, which is revealed by studies of TIMSS, PISA and TIMSS-Advanced results from 2015, is that the teaching of science subjects in Russian schools is more focused on acquiring and demonstrating knowledge, but to a lesser extent on their application and the development of scientific practices, such as: formulation of scientific questions, planning research, interpreting data, and constructing scientific evidence. The results of the work propose a modernization of the science education framework in Russian schools, including the introduction of a compulsory subject "Science" in grades 5–6.

Abstract

- Key words** science education, international comparative studies of education quality, PISA, TIMSS, student achievement, scientific literacy.
- References**
- Carnoy M., Khavenson T., Loyalka P., Schmidt W. H., Zakharov A. (2016) Revisiting the Relationship between International Assessment Outcomes and Educational Production: Evidence from a Longitudinal PISA-TIMSS Sample. *American Educational Research Journal*, vol. 53, no 4, pp. 1054–1085.
- Center for Education Quality Assessment, Institute for Strategy of Education Development, Russian Academy of Sciences (2016a) Osnovnye rezultaty mezhdunarodnogo issledovaniya PISA-2015 [Key Findings from PISA 2015]. Available at: www.centeroko.ru (accessed 10 January 2018).
- Center for Education Quality Assessment, Institute for Strategy of Education Development, Russian Academy of Sciences (2016b) Rezultaty mezhdunarodnogo issledovaniya TIMSS-2015 4 klass [TIMSS2015 International Results—Fourth Grade]. Available at: www.centeroko.ru (accessed 10 January 2018).
- Center for Education Quality Assessment, Institute for Strategy of Education Development, Russian Academy of Sciences (2016c) Rezultaty mezhdunarodnogo issledovaniya TIMSS-2015 8 klass [TIMSS2015 International Results—Eight Grade]. Available at: www.centeroko.ru (accessed 10 January 2018).
- Center for Education Quality Assessment, Institute for Strategy of Education Development, Russian Academy of Sciences (2016d) Rezultaty mezhdunarodnogo issledovaniya TIMSS Advanced 2015, 11 klass [TIMSS Advanced 2015—Eleventh Grade]. Available at: www.centeroko.ru (accessed 10 January 2018).
- Demidova M. (2017) Osnovnye rezultaty estestvenno-nauchnoy chasti issledovaniya TIMSS dlya nachalnoy shkoly [The Main Results In Natural Science Part In TIMSS For Primary Schools]. *Pedagogicheskie izmereniya*, no 2, pp.30–34.
- Gronmo L. S., Olsen R. V. (2006) TIMSS versus PISA: *The Case of Pure and Applied Mathematics*. Paper presented at the 2nd IEA International Research Conference, Washington, DC, 8–11 November, 2006.
- Hutchison D., Schagen I. (2007) Comparisons between PISA and TIMSS: Are We the Man with Two Watches? *Lessons Learned: What International Assessments Tell Us about Math Achievement* (ed. T. Loveless), Washington, DC: Brookings, pp. 227–261.
- Kamzeeva E. (2017) Osobennosti vypolneniya rossiyskimi vosmikklassnikami sadaniy po estestvoznaniyu mezhdunarodnogo issledovaniya TIMSS [Specifics Of Natural Science Items For Russian 8th Graders In TIMSS]. *Pedagogicheskie izmereniya*, no 2, pp. 56–62.
- Klieme E. (2016) *TIMSS2015 and PISA 2015. How Are They Related on the Country Level?* Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung Working Paper published online, 12 December, 2016.
- Kovaleva G. (ed.) (2006) *Kachestvo obshchego obrazovaniya v rossiyskoy shkole: po rezul'tatam mezhdunarodnykh issledovaniy* [The Quality of Education in Regular Russian Schools: International Findings]. Moscow: Logos.
- Kovaleva G., Loginova O. (2017) Uspeshnaya shkola i effektivnaya sistema obrazovaniya: kakie faktory pomogayut priblizitsya k idealu? (Po dannym issledovaniya PISA-2015) [Successful School And Effective System Of Education: Which Factors Help To Approach The Ideal? (Based On PISA-2015)]. *Pedagogicheskie izmereniya*, no 2, pp. 69–80.
- Martin M. O., Mullis I. V. S., Foy P., Hooper M. (2016) TIMSS2015 International Results in Science. *Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website*. Available at: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/> (accessed 10 January 2018).

- Mullis I. V.S., Martin M. O., Foy P., Hooper M. (2016) TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics. *Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website*. Available at: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/advanced/> (accessed 10 January 2018).
- Mullis I. V.S., Martin M. O., Robitaille D. F., Foy P. (2009) *TIMSS Advanced 2008 International Report: Findings from IEA's Study of Achievement in Advanced Mathematics and Physics in the Final Year of Secondary School*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- OECD (2016) *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. Paris: OECD.
- Olsen R. V. (2005). *Achievement Tests from an Item Perspective. An Exploration of Single Item Data from the PISA and TIMSS Studies, and How Such Data Can Inform Us about Students' Knowledge and Thinking in Science* (PhD Thesis). Oslo: University of Oslo.
- Pentin A. (2012) Ot zadachi formirovaniya estestvennonauchnoy gramotnosti k neobkhodimym kompetentsiyam uchiteley estestvennonauchnykh distsiplin [From the Need to Develop Scientific Literacy to Required Competencies of Science Teachers]. *Nepriyevnoe pedagogicheskoe obrazovanie*, no 1, p. 158.
- Polivanova K. (2015) Obrazovatelnye rezultaty osnovnoy shkoly v kontekste mezhdunarodnykh issledovaniy [Educational Outcomes of Middle School in the Context of International Research]. *Psychological Science and Education*, vol. 20, no 4, pp.19–30. doi: 10.17759/pse.2015200402.
- Tyumeneva Y., Valdman A., Carnoy M. (2014) Chto dayut predmetnye znaniya dlya umeniya primenyat ikh v novom kontekste. Pervye rezultaty sravnitel'nogo analiza TIMSS-2011 i PISA-2012 [What Does Subject Knowledge Give for Its Applying in New Context. The First Results from Studies TIMSS-2011 and PISA-2012]. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no 1, pp. 8–24.
- Van Damme J., Liu H., Vanhee L., Pustjens H. (2010) Longitudinal Studies at the Country Level as a New Approach of Educational Effectiveness: Explaining Change in Reading Achievement (PIRLS) by Change in Age, SES and Class Size. *Effective Education*, vol. 2, no 1, pp. 53–84.