

Результаты изучения математической и естественнонаучной грамотности выпускников средних учебных заведений

Ковалёва Г.С.
Краснянская К.А.
Лошаков А.А.

Для оценки математической и естественнонаучной грамотности выпускников средних учебных заведений проводилось тестирование, в результате которого предполагалось сделать вывод о том, могут ли они применять знания, полученные на уроках математики и естественнонаучных предметов, для объяснения окружающих явлений и решения повседневных задач.

Тестирование проводилось в 22 странах в апреле и мае 1995 г. Учащимся было предложено два варианта тестов. Каждый вариант содержал задания, проверяющие знания основных математических и естественнонаучных понятий, умения анализировать предложенные ситуации и устанавливать причинно-следственные связи; умения применять свои знания в контексте повседневной жизни. На выполнение теста давалось 90 мин. Тест выполняли все выпускники средней школы, независимо от того, изучали они математику и естественнонаучные предметы в старшей школе или нет. Во многих странах данный тест выполняли выпускники средних профессиональных и технических школ.

Совместный анализ результатов выполнения математической и естественнонаучной частей теста давали возможность определить единый уровень математической и естественнонаучной грамотности выпускников. В результате дифференцированного анализа были определены уровни математической и естественнонаучной грамотности выпускников.

В данной статье мы рассмотрим анализ результатов стран по единому уровню математической и естественнонаучной грамотности в контексте особенностей стран, участвовавших в тестировании, анализ результатов российских школьников по уровню математической грамотности, а также по уровню естественнонаучной грамотности.

Сравнение уровня математической и естественнонаучной грамотности выпускников средних учебных заведений стран TIMSS

В табл. 1 приведено распределение стран по уровню математической и естественнонаучной грамотности относительно результатов России. Двенадцать стран имеют значительно более высокие результаты, чем Россия. К ним относятся в основном европейские страны (Нидерланды, Швеция, Исландия, Норвегия, Дания и др.), а также Канада, Австралия и Новая Зеландия. Россия находится в группе стран, с частью из которых (Литвой, Венгрией, Чехией) она имела в прошлом много общего в образовании. Только две страны — Кипр и Южная Африка — имеют результаты ниже российских.

На рис. 1 (См.табл.) показана связь между уровнем математической и естественнонаучной грамотности учащихся отдельных стран и индексом выборки. Он показывает, что страны, учащиеся которых продемонстрировали высокие результаты, охватили тестированием больший процент выпускников средней школы, чем страны, имеющие более низкие результаты*.

*Корреляция между уровнем математической и естественнонаучной грамотности и индексом выборки составляет 0,56

Из рисунка следует, что страны TIMSS с индексом выборки более 70% имеют уровень математической и естественнонаучной грамотности, превышающий средний международный, а страны с меньшим охватом выборки в основном имеют результаты ниже среднего международного балла. Только две страны с высокими результатами имеют индекс выборки ниже 60% (Дания — 58% и Исландия — 55%).

Существует и другой способ анализа: *сравнение результатов выполнения тестов лучшими учащимися каждой страны*. В табл. 2 даны результаты выполнения теста для оценки математической и естественнонаучной грамотности лучшими учащимися (25%) по сравнению с оставшимися 75%. Следует отметить, что если в какой-либо стране тестированием было охвачено менее 100% юношей и девушек, то результат оставшейся группы (75%) пересчитывался на всю генеральную совокупность выпускников средней школы одного возраста.

Как показывает анализ таблицы, лучшие российские школьники оказались позади выпускников многих стран, опередив только выпускников Литвы, Кипра и Южной Африки. С выпускниками итальянских школ российские выпускники не имеют значимых различий.

Проблема *различия учебных достижений школьников разного пола привлекает* большое число исследователей. Результаты выполнения юношами и девушками теста, оценивающего уровень математической и естественнонаучной грамотности, приводятся в табл. 3. Анализ данных таблицы показывает, что во всех странах юноши в среднем имеют значительно более высокие результаты, чем девушки. Данное явление организаторы исследования объясняют тем, что школа и общество в целом уделяют большее внимание мальчикам, развивая их интерес к математике и естественнонаучным предметам. Это проявляется в том, что мальчики чаще, чем девочки посещают кружки, факультативы и различные мероприятия, связанные с математикой и естествознанием, чаще выбирают углублённые курсы математики или, например, физики. И это сказывается на общем уровне математической и естественнонаучной грамотности.

Следует напомнить, что при тестировании школьников основной и начальной школы по математике не наблюдалось существенных различий в результатах мальчиков и девочек во всех странах. Российские школьники (и мальчики, и девочки) имели в среднем одинаковые результаты по математике.

Однако при тестировании по естественнонаучным предметам это различие было выявлено в большинстве стран. Подтвердилась зависимость различий в учебных достижениях мальчиков и девочек от проверяемой области естествознания и особенностей системы образования в стране. В российской школе мальчики лучше, чем девочки, выполняли задания по физике, задания практического содержания и задания, включающие внепрограммный материал.

К сожалению, объяснить полученные факты и проследить закономерности наблюдаемого явления очень трудно в связи с отсутствием в России исследований в данной области.

Интересным представляется *сравнение стран отдельно по уровню математической грамотности выпускников и отдельно по уровню естественнонаучной грамотности*. Анализ данных, представленных в табл. 4, показывает, что только в пяти странах из 21 (Литве, Венгрии, Швейцарии, Франции и Дании) уровень математической грамотности выше, чем естественнонаучной. В остальных странах, включая и Россию, уровень естественнонаучной грамотности превышает уровень математической.

Специальный сравнительный анализ результатов России показал, что по уровню естественнонаучной грамотности более высокие результаты, чем в России имеют выпускники 11 из 21 страны: Швеции, Нидерландов, Исландии, Норвегии, Канады, Новой Зеландии, Австралии, Швейцарии, Австрии, Словении и Дании. Выпускники семи стран (Германии, Франции, Чешской Республики, США, Италии, Венгрии и Литвы) не имеют различий в результатах с Россией. И только две страны имеют более низкие результаты (Кипр и Южная Африка) (См.табл.5).

Сравнение результатов международного тестирования учащихся 8-х классов и выпускников средних школ по естествознанию

В исследовании TIMSS оценка учебных достижений учащихся 8-х классов и выпускни-

ков средней школы проводилась независимо друг от друга. Использовались различные тесты и по структуре, и по содержанию; результаты выполнения тестов анализировались на основе разных шкал. В связи с этим возможно только качественное сравнение стран, принимавших участие в двух частях исследования, по результатам относительно среднего международного балла отдельно для каждой совокупности учащихся. Данное сравнение позволяет выявить изменения в ранжировании стран по отношению к средним международным баллам при переходе от основной школы к средней.

В табл. 6 (а и б) приводятся результаты данного сравнения.

Так же, как и по математике, положение стран при их ранжировании по результатам выполнения естественнонаучной части теста значительно изменилось. Сохранили своё положение только Нидерланды, Австрия, Швеция, Канада и Норвегия. Россия перешла из первой группы в третью, имеющую результаты существенно ниже среднего международного балла.

При анализе данных табл. 6 следует помнить об особенности проведённого сравнения на основе различных шкал, не допускающего прямого сравнения. Если провести прямое сравнение по среднему международному баллу, то читателю может показаться, что результаты выпускников школ ниже результатов учащихся 8-х классов, а средний международный балл для учащихся 8-х классов, приведённый в таблицах, отличается от значения, указанного в международном отчёте для основной школы. Эти различия не реальные и объясняются только особенностями построения измерительных шкал.

Сравнение уровня математической и естественнонаучной грамотности выпускников средней школы, имеющих различные направления обучения

Структуру старшей ступени среднего образования организаторы исследования разделяют на четыре блока: академический, общеобразовательный, профессиональный и технический. Сравнительный анализ результатов различных стран был затруднён тем, что в выборку выпускников средних учебных заведений включались учащиеся различных направлений обучения. Ни одна из стран-участниц не включила в тестирование все четыре направления среднего образования. Россия, как уже говорилось, проводила тестирование только учащихся выпускных классов общеобразовательных школ.

В некоторых странах (например, в России и Нидерландах) трудно разграничить академическое и общеобразовательное направления. В США, Канаде и Австрии эти направления различаются по предметам, которые изучают учащиеся. На академическом, которое, как правило, готовит к поступлению в высшие учебные заведения, большое внимание уделяется математике, естествознанию, иностранным языкам, гуманитарным предметам, экономике, социальным наукам и искусству. Обычно по завершении данного направления обучения требуется сдать выпускные экзамены.

В большинстве стран, включивших в выборку выпускников технических и профессиональных школ или технических и профессиональных отделений средних школ, существует хорошо развитая система профессионально-технической подготовки, которая сравнима с обучением на академическом или общеобразовательном отделениях средней школы по продолжительности обучения, наличию выпускных экзаменов, а также направленности на продолжение образования в высших учебных заведениях, но отличается по содержанию образования. Система профессионального образования имеет различия по организации и структуре профессиональной подготовки, продолжительности обучения и учебным программам не только между странами, но и внутри одной и той же страны.

В некоторых странах (Швейцария, Австралия, Канада и США) выборку составили общие отделения средней школы при анализе результатов, они были выделены в отдельную группу, так как имели особые учебные программы обучения.

В табл. 7 приводятся результаты выпускников средних школ тех стран, где обучение разделено по направлениям. Как видно из таблицы, наиболее высокий уровень математической и естественнонаучной грамотности имеют выпускники академических направле-

ний средней школы.

При дифференцированном обучении на старшей ступени средней школы не все выпускники изучают математику и естественнонаучные предметы. И это, безусловно, сказывается на уровне их математической и естественнонаучной грамотности, что следует из анализа таблиц 8–9.

Почти во всех странах большинство учащихся изучает математику. В девяти странах (Австралия, Кипр, Чешская Республика, Франция, Венгрия, Италия, Литва, Россия и Словения) в выпускном классе средней школы изучает математику более 85% учащихся. В четырёх странах (Кипр, Венгрия, Франция и Россия) все учащиеся изучают математику. Однако есть страны, в которых математику изучает только половина учащихся или даже меньше: Канада (46%), США (34%), Нидерланды (40%), Швейцария (39%). В большинстве стран процент юношей, изучающих математику, обычно больше, чем девушек. Например, в Дании математику изучает 88% юношей и 69% девушек. В других странах это различие не превышает 10%.

Естественнонаучный блок на старшей ступени средней школы, как правило, состоит из следующих предметов: биология, физика, химия и география. Ученик может выбирать один, несколько или не выбирать ни одного предмета. Средние результаты выполнения теста по группам учащихся, изучавших различное число естественнонаучных предметов, приводятся в табл. 9.

Около половины выпускников средней школы не изучали естественнонаучные предметы в следующих странах: Чешская Республика (66%), Дания (58%), Норвегия (63%), Швеция (57%), Швейцария (50%), США (47%), Канада (45%). Только на Кипре и в России 100% тестируемых выпускников средней школы изучали естественнонаучные предметы: на Кипре 78% изучали по два курса, в России — 98% — три и более курсов. Анализ результатов выполнения теста по уровню естественнонаучной грамотности показывает прямую зависимость между числом изучаемых курсов и результатами тестирования: чем больше естественнонаучных курсов изучают учащиеся в данной стране, тем выше, как правило, их уровень естественнонаучной грамотности.

Во многих странах, процент юношей и девушек, выбирающих естественнонаучные предметы, почти одинаков (отличается не более чем на 10%).

Сравнение уровня математической и естественнонаучной грамотности выпускников средней школы в контексте их планов на будущее

Во многих странах больше половины выпускников средней школы планируют поступить в высшие учебные заведения (например, в Австралии — 68%, Канаде — 63%, России — 60%, США — 69%). Неудивительно, что они имеют более высокий уровень математической и естественнонаучной грамотности, чем те, которые решили ограничить своё образование средней школой.

Наблюдается связь между наличием в странах хорошо развитой системы профессионально-технического образования и числом выпускников, планирующих продолжить профессионально-техническое образование после окончания средней школы. Около четверти и более тестируемых выпускников в Австрии, Чешской Республике, Франции, Нидерландах, Норвегии, России и Швейцарии планируют продолжить своё образование, получив профессионально-техническую подготовку.

В странах, имеющих менее разветвлённую систему среднего образования с преобладанием общеобразовательных программ, большее число выпускников планирует поступить в высшие учебные заведения.

Содержание и результаты проверки математической грамотности выпускников средней школы

Цели исследования

Цель данного исследования заключалась в оценке состояния математической подготовки выпускников общеобразовательной средней школы, изучавших любой курс математики. В качестве основной задачи была выбрана следующая: выяснить готовность выпускников средней школы справляться с жизненными повседневными проблемами, для решения которых требуется использовать некоторые математические знания.

Совокупность этих знаний была названа «математической грамотностью». По мнению организаторов исследования, «математически грамотный» человек может успешно использовать математические знания для своих повседневных нужд.

Уникальность и важность этого исследования для России заключается в следующем:

- впервые предпринята попытка оценить практическую составляющую математической подготовки российских выпускников средней школы;

- впервые математическая подготовка выпускников оценивается с позиции международных приоритетов в решении проблемы социальной адаптации подростков в современном мире;

- впервые практическая составляющая математической подготовки наших выпускников оценивается в сравнении с другими странами не на основе литературных источников, которые допускают различные толкования, приводящие к необъективным выводам, а на основе результатов выполнения учащимися разных стран одних и тех же проверочных заданий, специально разработанных для данного исследования;

- впервые достоверность данных для решения поставленной задачи исследования обеспечивается участием в нём представительных выборок выпускников средней школы 21 страны, среди которых страны Европы и Америки, имеющие по международным меркам высокий уровень математического образования (Франция, Швейцария, Чешская Республика, Венгрия, Канада, Австралия и др.).

Для проведения данного исследования в России была составлена представительная выборка выпускников общеобразовательной средней школы, изучавших в старших классах любой курс математики: общеобразовательные или углублённые курсы алгебры и начал анализа, геометрии, а также общеобразовательный курс математики (курс А, представленный в программе по математике 1996 г.)

Содержание и характер проверочных заданий

Очевидно, что овладение математической грамотностью, состав которой определён представителями многих стран мира, должно способствовать социальной адаптации подростка в современном обществе, сложившемся в этих странах. Содержание, которое зарубежные педагоги вкладывают в понятие «математической грамотности», естественно, представляет огромный интерес для России.

По определению разработчиков содержания проводимого исследования математическая грамотность включает:

- умение выполнять математические расчёты для решения жизненных повседневных задач;

- умение рассуждать, делать выводы на основе информации, представленной в разной форме (таблиц, диаграмм, графиков), широко используемой в средствах массовой информации.

Содержание проверочных заданий позволило уточнить знания и умения, которые составители тестов включили в состав математической грамотности:

- выполнять действия с натуральными числами, обыкновенными дробями, десятичными дробями, целыми числами;

- выполнять действия с процентами, переходить от записи числа в форме процентов к

записи его в виде дроби и обратно;

- определять прямо пропорциональные величины и составлять соответствующие пропорции;
- выполнять деление чисел в данном отношении;
- выполнять округление чисел по правилу значащей цифры;
- оценивать результаты вычислений, используя округление чисел;
- выполнять действия с именованными числами, используя соотношения между стандартными единицами измерения длины, массы, площади, объёма, времени;
- работать с формулами (понимать содержательный смысл каждого элемента формулы, подставлять в формулу значения переменных);
- читать и строить графики реальных зависимостей;
- анализировать и интерпретировать количественные данные, представленные в различной форме (таблиц, диаграмм, графиков);
- вычислять периметр и площадь прямоугольника, квадрата, объём прямоугольного параллелепипеда и куба.

Основная задача исследования определила характер проверочных заданий. Подавляющее большинство математических заданий представлено в виде текстовой задачи, в которой рассматривается ситуация, нередко возникающая в реальной жизни или близкая к ней. Например:

Задание 1. Стереосистема стоит 1250 долларов. Какова будет её стоимость после снижения цен на 20%?

A. 1000 долларов; B. 1050 долларов; C. 1230 долларов; D. 1500 долларов

Задание 2. Тамара хочет прослушать на магнитофоне 5 песен.

Время, которое уходит на прослушивание каждой песни, указано в таблице (См.табл.).

Оцените с точностью до минут, сколько времени понадобится на прослушивание всех пяти песен. Объясните, как вы получили эту оценку.

На прослушивание понадобится _____ минут.

Объяснение: _____

Задание 3. Члены туристического клуба решили поехать на автобусе в лесной заповедник. Заказ автобуса, рассчитанного на 45 мест, стоит 600 центров (денежная единица), а входной билет в заповедник на одного человека стоит 30 центров. Было решено, что каждый участник поездки за проезд и входной билет заплатит 50 центров. Какое наименьшее число туристов должно принять участие в поездке, чтобы такая плата позволила покрыть все расходы?

A. 12; B. 20; C. 30; D. 45

Задание 4. Одним из показателей творческого потенциала страны в области техники является отношение числа заявок на патенты за год к числу научных работников в стране. В следующей таблице представлены эти данные для шести стран (См.табл.).

Подтверждают ли приведённые в таблице данные следующие утверждения?

(При ответе на вопрос обведите ДА или НЕТ).

1. Чем больше в стране научных работников, тем больше подаётся заявок на патенты.

ДА НЕТ

2. Уровень научно-технических исследований в Германии выше, чем в США.

ДА НЕТ

Для проверки овладения указанными математическими знаниями и умениями было составлено около 80 заданий, которые использовались при пробной проверке подготовки учащихся всех стран-участниц. В окончательные варианты тестов были включено только 45 заданий, одобренных большинством стран. Основная часть этих заданий (34) была с готовыми ответами, из которых один был верным. В пяти заданиях надо было записать полученный ответ в виде числа или формулы, построить график. При выполнении 6 заданий требовалось записать решение задачи или объяснение полученного учеником ответа.

Следует отметить, что содержание и форма заданий явно учитывает особенности обуче-

ния в зарубежной школе. Особенно это проявляется в заданиях на оценку результатов вычислений. Так, в одном из заданий требовалось определить площадь стен комнаты, которые предстоит окрасить. На рисунке были указаны в метрах длина (3,2), ширина (2,1) и высота (3,0) комнаты, а также размеры окна (2,7 и 1,1) и двери (0,8 и 2,1). К заданию были даны ответы: 16 м^2 , 25 м^2 , 30 м^2 и 40 м^2 , из которых верным считался 25 м^2 . При грубом округлении данных размеров, как это, видимо, делали учащиеся зарубежных стран, решение выглядело следующим образом: $3 \times 2 \times 2 + 3 \times 2 \times 3 - 2 \times 1 - 3 \times 1 = 1 - 2 + 18 - 5 = 25 (\text{м}^2)$. Часть наших учащихся использовала точные размеры ($3,2 \times 3 \times 2 + 2,1 \times 3 \times 2 - 2,7 \times 1,1 - 0,8 \times 2,1$) и получила ответ — $27,15 \text{ м}^2$. Очевидно, что в этом случае, с учётом условия задачи в качестве верного ответа следует выбрать 30 м^2 , а не 25 м^2 , что и сделали около четверти наших учащихся.

Для проведения основного тестирования были составлены два варианта тестов: 1А, 1В. Выполнение каждого из них было рассчитано на 90 мин. Каждый вариант, кроме математических заданий, содержал задания, составленные на материале других учебных предметов (физики, химии, биологии и др.). В итоге при выполнении любого из двух вариантов теста ученик за 90 мин. должен был ответить на 60 вопросов, для выполнения которых требовалось применить знания из разных учебных предметов, записать решение или объяснение полученного ответа для 15–17 заданий.

Следует отметить, что почти все математические задания были составлены на материале, который наши учащиеся изучали в 5–6-х классах. Только одно задание было связано с материалом, который изучается в 8–11-х классах. Очевидно, что условия проведения проверки были явно непривычными для наших школьников, и это, конечно, повлияло на результаты тестирования далеко не в лучшую сторону.

Результаты выполнения заданий

По содержанию проверяемого материала задания тестов можно распределить на несколько групп. Рассмотрим результаты наших учащихся по этим группам в сравнении с результатами других стран.

1. Задания на проценты (7 заданий)

Эта группа включает все типы задач на проценты: нахождение процента числа, числа по проценту, процентного отношения чисел. Ниже приведён пример одного из заданий.

Задание 5. По подсчётам экспертов, 25% серьёзных несчастных случаев с велосипедистами приводят к травмам головы, причём 80% травм головы смертельны. Какой процент всех серьёзных несчастных случаев с велосипедистами заканчивается смертельными травмами головы?

А. 16%; В. 20%; С. 55%; D. 105%

[Процент верных ответов наших учащихся — 54]

Результаты выполнения заданий этой группы невысокие, находятся в пределах от 24% до 54%. Из семи заданий пять наши учащиеся выполнили ниже средних международных результатов. Самые низкие результаты (24%) российские выпускники показали при выполнении задания, в котором требовалось сравнить между собой величину снижения цены на товары, указанную в различной форме: в виде обыкновенной дроби (цены снижены на $1/2$), в процентах (снижены на 20%), в языковой форме (снижены на полцены). Следует отметить, что с этим заданием плохо справились учащиеся всех стран (26%), самые высокие результаты — 43% показаны в Дании. Хотя следовало бы ожидать лучшего результата от учащихся, которые давно живут в условиях, рассмотренных в данной задаче.

2. Задания на пропорциональные величины (6 заданий)

В одном из заданий требуется разделить величину в данном отношении (4:7), в другом — использовать масштаб карты для определения расстояния на местности. В остальных заданиях предлагаются типичные ситуации, в которых надо распознать прямо пропорциональные величины и составить соответствующие пропорции.

Ниже приведены примеры заданий.

Задание 6. В 100 г некоторого продукта содержится 300 калорий. Сколько калорий в 30 г этого продукта?

A. 90; B. 100; C. 900; D. 1000; E. 9000.

[Процент верных ответов — 71]

Задание 7. Из коробки с 3000 лампочек случайным образом отобрали 100 и проверили. Если среди отобранных лампочек оказалось 5 неисправных, то сколько примерно неисправных лампочек можно ожидать во всей коробке?

A. 15; B. 60; C. 150; D. 300; E. 600.

[Процент верных ответов — 57]

Наши учащиеся показали вполне удовлетворительные результаты (54%–72%), близкие к международным средним.

3. Измерение величин (9 заданий)

При выполнении данных заданий требуется использовать соотношения между стандартными единицами измерения длины, площади, объёма, а также формулы подсчёта: периметра прямоугольника; площади прямоугольника, квадрата, треугольника или параллелограмма; объёма прямоугольного параллелепипеда и куба.

Ниже приведены примеры заданий.

Задание 8. Наташе надо завязать коробку тесьмой, как это показано на рисунке, и чтобы при этом осталось 25 см на бант (См.рис.).

Какой длины тесьма понадобится Наташе?

A. 46 см; B. 52 см; C. 65 см; D. 71 см; E. 77 см.

[Процент верных ответов — 48.]

Задание 9. Стиральный порошок упакован в коробки, имеющие форму куба с ребром в 10 см. Было решено увеличить длину каждой стороны коробки на 10%. На сколько увеличится объём коробки?

A. 10см^3 ; B. 21см^3 ; C. 100см^3 ; D. 3331см^3 .

[Процент верных ответов — 30.]

Результаты выполнения этих заданий находятся в пределах от 30% до 85% и близки к средним международным результатам.

4. Оценка результатов вычислений

Эта группа включает 8 заданий (9 вопросов). При их выполнении требуется округлить натуральное число или десятичную дробь с определённой точностью, оценить площадь фигуры произвольной формы, изображённой на сетке, состоящей из единичных квадратов. Представление об остальных заданиях можно составить на основе приведённых ниже задач.

Задание 10. 45 000-литровая цистерна наполняется водой по 220 л в минуту. Оцените с точностью до получаса, сколько понадобится времени, чтобы наполнить цистерну.

A. 4 ч; B. $3\frac{1}{2}$ ч; C. 3 ч; D. $2\frac{1}{2}$ ч.

[Процент верных ответов — 51].

Задание 11. Виноградник состоит из 210 рядов. Каждый ряд имеет длину 192 м, кусты посажены на расстоянии 4 м друг от друга. Каждый куст в среднем даёт за сезон 9 кг винограда.

Урожай, который собирают с этого виноградника за сезон, ближе всего к

A. 10 000 кг; B. 100 000 кг; C. 400 000 кг; D. 1 600 000 кг.

[Процент верных ответов — 52].

Задание 12.

На рисунке площадь каждого из маленьких квадратов равна 1 квадратной единице (См.рис.). Какова самая точная из следующих приближённых оценок площади заштрихо-

ванной фигуры?

- A. 10 квадратных единиц
- B. 12 квадратных единиц
- C. 14 квадратных единиц
- D. 16 квадратных единиц
- E. 18 квадратных единиц

[Процент верных ответов — 43].

Приведём также результаты задания 2, в котором надо было оценить с точностью до минут время, необходимое для прослушивания 5 песен, и объяснить полученный ответ.

[Проценты верных ответов — 29, объяснение — 24.]

Следует отметить, что в этом задании наших учащихся затруднила сама формулировка. Многие не могли понять, в каком виде требуется дать объяснение полученного ответа. Составители задания предложили считать верным, например, такой ответ: «Я сложил все числа и округлил до минут». Наши учащиеся приучены давать более точные обоснования, поэтому многие просто пропустили это задание. Кроме того, примерно 30% учащихся не хватило времени на его выполнение, так как оно было предпоследним в тесте из 60 заданий. Отметим, что и международный средний результат по этому заданию не намного выше — 38%.

По сравнению с другими группами заданий наши учащиеся показали более низкие результаты в пределах от 25 до 52%. Результаты по 7 вопросам из 9 ниже международных средних.

5. Анализ данных, представленных в различной форме (4 задания)

В группу входят задания, в которых количественные данные представлены в форме таблиц или диаграмм. Ниже приведены примеры этих заданий.

Задание 13. В газете некоторой страны, в которой используется денежная единица зед, были напечатаны следующие объявления (См.рис.):

Фирма хочет арендовать на 1 год помещение площадью 110 м². В каком здании надо арендовать эту площадь, чтобы стоимость аренды была меньше? Запишите ваше решение.

[Процент верных ответов — 36].

Задание 14. Журналист продемонстрировал на телевидении диаграмму (См.рис.) и сказал: «В текущем году число ограблений резко возросло».

Считаете ли вы, что журналист правильно интерпретировал диаграмму? Кратко объясните свой ответ.

[Процент верных ответов — 7].

Учащиеся показали явно невысокие результаты — от 7 до 59%. Они несколько ниже и международных средних результатов. Следует отметить, что по 3 заданиям и международные результаты весьма невысокие, особенно по заданию 14 (19%). Самый высокий результат по последнему заданию — 37–38% в Нидерландах и Швеции.

6. Работа с формулами (3 задания)

От учащихся требуется распознать формулу, задающую зависимость между двумя величинами, несколько значений которых представлены в форме стандартной таблицы. В двух других задачах требуется содержательно интерпретировать данную формулу. Например, было предложено выражение с переменной n , исходя из условия задачи, требовалось определить, какую неизвестную величину обозначает эта переменная, или содержательно интерпретировать числовой коэффициент, стоящий перед этой переменной.

Задание 15. Для подсчёта стоимости печати фотографий используют формулу

$$A = 2n + 3,$$

где A — общая стоимость заказа в рублях,

n — число заказанных фотографий.

Эта формула показывает, что при увеличении заказа на печать каждой дополнительной

фотографии стоимость заказа увеличивается на

А. 3 р.; В. 2 р.; С. 5 р.; D. n р.; [Процент верных ответов — 44].

Результаты выполнения этих заданий находятся в пределах от 44 до 67% и близки к международным средним.

7. Чтение и построение графиков реальных зависимостей

В группу включено 4 задания (5 вопросов). В двух из них требуется по графику определить значение одной из переменных, распознать график, отвечающий ситуации, рассмотренной в условии задачи, и, наконец, построить график роста человека. Ниже приведены примеры этих заданий.

Задание 16. Кэтрин поехала покататься на машине. Внезапно на дороге перед её машиной выбежала кошка. Кэтрин нажала на тормоз и сумела объехать кошку. Потрясённая этим происшествием, Кэтрин решила ехать домой. Ниже на графике показано изменение скорости машины в течение всей поездки (См.рис.).

а) Какова была наибольшая скорость машины во время поездки?

[Процент верных ответов— 61].

б) В какое время Кэтрин нажала на тормоз, чтобы не переехать кошку? [Процент верных ответов — 46].

Задание 17. На координатной плоскости изобразите график зависимости между ростом человека и его возрастом от рождения до 30 лет. Обозначьте оси координат и выберите на них разумные единицы измерения. (На рис. изображена координатная плоскость.)

[Процент верных ответов — 11].

Результаты наших учащихся находятся в пределах от 11 до 76% и по 4 вопросам на 9–12% ниже международного среднего. Самые низкие результаты у наших учащихся по явно нестандартному для них заданию 17. Ответ на это задание считался верным, если были соблюдены 5 условий, в которые входило: правильное определение максимально возможного роста взрослого человека; роста новорождённого; правильное определение срока прекращения роста человека и др. Отметим, что по этому заданию невысокие результаты показаны и всеми другими странами (20%), а самый высокий результат: 25–27% — во Франции и Швейцарии.

С двумя текстовыми задачами, одну из которых можно было решить разными способами (задание 3), справилось около 50% наших учащихся, показав результаты, близкие к международным средним. Лучшие результаты 65–67% в Голландии.

Общие результаты тестирования

Математические задания проверяли знание материала, который наши выпускники изучали в 5–6-х классах. В то же время учащиеся ряда других стран к моменту проведения исследования всё ещё изучали отдельные вопросы, относящиеся к данному материалу.

Ниже в таблицах (11 и 12) представлены результаты выполнения 45 математических заданий выпускниками средних школ России и учащимися 21 страны, участвовавшей в международном тестировании.

В сравнении со средним международным результатом выполнения задания (процент верных ответов учащихся всех стран) результаты наших учащихся распределились следующим образом:

ниже среднего (более чем на 5 %) — 30 заданий;

существенно не отличаются от среднего — 14 заданий;

выше среднего — 1 задание.

Таким образом, на фоне общих результатов всех стран-участниц проверки наши учащиеся показали низкие результаты.

Очевидно, что подготовка наших выпускников не отвечает ряду требований «математической грамотности», определённых в данном исследовании.

Попарное сравнение результатов тестирования стран позволило определить положение

России среди участников международного исследования. По отношению к нашей стране 20 других стран можно распределить на 3 группы, представленные в таблице 13.

Самые высокие результаты показали учащиеся трёх стран: Нидерландов, Швеции, Дании. К ним примыкает Швейцария, результаты которой несколько ниже, и с неё начинается вторая группа из 9 стран с близкими между собой результатами: Швейцария, Исландия, Норвегия, Франция, Австралия, Новая Зеландия, Канада, Австрия, Словения. Страны, входящие в эти две группы, выполнили тесты существенно выше международного среднего результата по всему тесту. Несколько ниже, чем учащиеся этих стран, но на уровне международного среднего выполнили тест школьники Германии и Чешской Республики.

Семь стран, в которые входит и Россия (Венгрия, Россия, Литва, Италия, Кипр, США, Южная Африка), показали результат существенно ниже международного среднего.

В таблицах 14 а и 14 б представлено распределение стран по результатам выполнения теста для учащихся 8-го класса и теста на математическую грамотность для учащихся 11-го класса.

Группа 1 — страны, которые показали результаты существенно выше международного среднего результата по данному тесту.

Группа 2 — страны, которые показали результат на уровне международного среднего.

Группа 3 — страны, которые показали результат существенно ниже международного среднего.

Обращает на себя внимание изменение позиций стран (относительно среднего международного результата) по результатам теста на математическую грамотность и результатам тестирования учащихся 8-го класса. Так, например, три страны, включая Россию, из самой сильной группы 1 по результатам теста 8-го класса (Чешская Республика, Венгрия, Россия) попали в более слабые группы: 2-ю (Чешская Республика) и 3-ю (Россия, Венгрия) по результатам теста на математическую грамотность. В то же время две страны (Норвегия, Исландия) из самой слабой группы 3 и три страны из средней группы 2 (Швеция, Дания, Новая Зеландия) по тесту 8-го класса, переместились в самую сильную группу 1 по тесту на математическую грамотность. Вероятно, содержание теста на математическую грамотность отвечает приоритетам, определяющим требования и, соответственно, состояние математической подготовки выпускников средней школы в этих пяти странах. Обращают на себя внимание страны, показавшие высокие результаты по обоим тестам: Швейцария; Нидерланды, Франция, Канада.

В заключение отметим, что, несмотря на крайне неблагоприятные для российских школьников содержание и форму проверочных заданий, значительная их часть (50–70%) верно выполнила больше половины заданий (24 из 45), продемонстрировав тем самым положительные качества общего математического развития, которые обеспечиваются нашей системой обучения. Очень низкие результаты (менее трети учащихся ответили верно) были показаны только по 7 заданиям, из которых 5 учащимися большинства стран выполнены на таком же уровне.

При выполнении теста на математическую грамотность выпускники средних школ России показали далеко не блестящие результаты на фоне других стран. Отметим, что они близки к итогам проверки учащихся Венгрии и Чешской Республики, которые считаются, как и Россия, странами с высоким уровнем математического образования.

Очевидно, что цель, поставленная перед нашей школой, — подготовить выпускников к свободному использованию математики в повседневной жизни — не достигнута, это можно объяснить и отсутствием реализации этой цели в учебниках для основной и средней школы.

Необходимо заметить, что на уровне ряда требований международного теста эта цель не достигается и в других странах, принимавших участие в исследовании, хотя они и уделяют значительное внимание реализации практической направленности обучения математике в течение всех лет обучения в школе (по ряду проверочных заданий их результаты, хотя и выше российских, но явно не могут считаться удовлетворительными).

Содержание и результаты изучения естественнонаучной грамотности выпускников средней школы

Разработка концепции естественнонаучной грамотности

Существенным результатом исследования TIMSS для развития системы оценки качества образования стало определение понятия естественнонаучной грамотности и разработка заданий, позволяющих оценить уровень её сформированности. При разработке концепции естественнонаучной грамотности было выделено пять компонентов грамотности:

1. Овладение основной естественнонаучной терминологией, фактами и понятиями, составляющими основу всех естественнонаучных дисциплин: биологии, химии, физики и географии, способствующее их интеграции. Например, понятия энергии, равновесия, разнообразия, структуры атомов, структуры клетки и т.д.

2. Понимание влияния естествознания (научных знаний и технологий) на развитие общества, взаимодействия между естествознанием, технологией и обществом.

3. Понимание методов получения и подтверждения научных знаний: например, основ экспериментального метода, формулирования проблемы и проверки гипотезы; и овладение этими методами.

4. Понимание социально-исторического процесса развития естествознания: эволюционного процесса развития научного знания, вклада отдельных учёных и научных групп в развитие естествознания, особенностей естественнонаучных теорий в историческом контексте.

5. Формирование системы отношений к естествознанию, например, формирование положительного отношения к естествознанию как к науке, с помощью которой можно решить проблемы окружающей среды, развитие интереса к естественнонаучной области знания; критическое осмысление получаемой информации на основе научного анализа; терпимость к различным точкам зрения.

Использование понятия грамотности как овладения естественнонаучными знаниями и умениями предполагает рассмотрение подготовки выпускников средней школы в трёх измерениях (с трёх точек зрения): овладения основным понятийным аппаратом, применения знаний в контексте повседневной жизни и развития интеллектуальных умений, позволяющих осмыслить реальные ситуации, объяснить их или найти необходимое решение.

Таким образом, выделяются три основные области, проверяемые при оценке естественнонаучной грамотности:

1. Содержательная. Какой понятийный аппарат освоил выпускник за годы обучения в школе? Проверяется не воспроизведение отдельных фактических знаний и понятий, а освоение фундаментальных понятий, принципов и законов, таких, как энергия, закон сохранения энергии в реальных процессах, и др.

2. Контекстуальная. Может ли выпускник школы использовать знания, полученные в школе при решении повседневных задач, в контексте реальных жизненных ситуаций? Или изучив курсы естественнонаучных предметов, ученик при объяснении наблюдаемых явлений не использует то, чему его обучали в школе, а опирается на псевдонаучные, бытовые представления, сформированные у него за пределами школы?

3. Процессуальная. Сформированы ли интеллектуальные умения, позволяющие проводить логические мыслительные операции и устанавливать причинно-следственные связи при решении повседневных задач?

Все три выделенные области связаны между собой, поэтому характерной особенностью проверочных заданий стала их трёхмерность: содержание — основные понятия и законы; контекст — реальная ситуация из повседневной жизни; процесс решения — логические мыслительные операции, анализ, синтез, установление причинно-следственных связей и др.

Для разработки тестов были выделены основные элементы содержания и основные ин-

теллектуальные умения, которыми, по мнению специалистов, разрабатывающих концепцию естественнонаучной грамотности в исследовании TIMSS, должны овладеть выпускники школы. Кроме того, были предложены основные примеры, иллюстрирующие взаимодействие между естествознанием, технологией и обществом, на основе которых должны разрабатываться ситуации, предлагаемые учащимся для интерпретации и решения.

Приведём основные элементы содержания:

1. Биология человека (клетки, процессы жизнедеятельности, эволюция, генетика, здоровье человека (бактерии/вирусы)).

2. География/Астрономия (погода и климат, геологические теории, вращение Земли, Солнечная система, Солнце — звезда, эволюция Вселенной).

3. Энергия (виды энергии, источники энергии, сохранение энергии, тепловая энергия, свет и электромагнитное излучение, электричество и магнетизм, звук).

4. Физические науки (материя и вещество, структура вещества, образование молекул, химические реакции, физические и химические изменения, равновесие).

К основным интеллектуальным умениям, которые должны быть сформированы у всех грамотных выпускников, относятся следующие:

1. Логические рассуждения (дедуктивные рассуждения; умозаключения — выводы; понимание типичных ошибок, допускаемых в рассуждениях; использование статистических данных, понимание и выявление фальсификации (искажения и неправильного толкования данных)).

2. Использование и представление данных, включая статистические данные, для иллюстрации высказанной точки зрения, проведения обоснования, заключительного вывода и др.

3. Словесное описание информации, представленной в графическом (количественном) виде и наоборот, представление информации, заданной в словесной форме, в виде графиков, диаграмм и таблиц.

4. Выявление проблемы.

5. Естественнонаучный способ получения знаний.

Перечислим также основные примеры, иллюстрирующие взаимодействие между естествознанием, технологией и обществом, на основе которых предполагалась разработка ситуаций, предлагаемых учащимся для интерпретации и решения: загрязнение окружающей среды; сохранение земных, водных и морских ресурсов; сельское хозяйство; народонаселение мира и проблемы здоровья; энерготехнологии; информационные технологии; биотехнологии.

Характеристика заданий

На основе вышеприведённых подходов были разработаны задания для оценки уровня естественнонаучной грамотности. Спецификация данной группы заданий приведена в табл.15.

Как видно из таблицы, большая часть заданий включает материал, связанный с биологией и физикой, направленный на проверку понимания основного содержания предметов и умения использовать свои знания для объяснения и решения проблем в социальном или личностно-значимом контексте. Приведём несколько примеров заданий с результатами их выполнения выпускниками всех стран, участвовавших в тестировании. Данные задания выбраны Международным координационным центром для иллюстрации подходов к оценке естественнонаучной грамотности. Анализ результатов выполнения этих заданий будет приведён ниже.

Первые два примера относятся к заданиям на проверку понимания простой информации в связи с проблемой разрушения озонового слоя и получения ядерной энергии (См.табл.).

Третье задание было отнесено к группе заданий, проверяющих понимание сложной

информации (См.табл.).

Пример 4 включает задание на применение научных принципов для решения количественных задач (См.табл.).

Следующие два задания проверяют умения применять научные знания для объяснения физических явлений (См.табл.).

Задание, представленное в примере 7, относится к заданиям методологического содержания (См.табл.). Оно проверяет сформированность отдельных элементов комплексного умения проводить исследования.

Структура теста разрабатывалась таким образом, чтобы можно было сравнивать результаты учащихся, выполнявших различные варианты теста, пересчитывая их по единой международной шкале. Данная шкала позволяла вычислить для каждого учащегося определённую величину — балл за выполнение теста, характеризующий способность данного ученика выполнить задания двух вариантов на основе анализа результатов выполнения только одного. Международная шкала также позволяла получить средний балл для учащихся всей выборки страны, который с определённой степенью вероятности (65%) характеризует способность учащихся данной страны выполнять все задания, включённые в тесты TIMSS. По сравнению со шкалой, в основе которой лежат проценты верных ответов, международная измерительная шкала позволяет с большей точностью сравнить результаты стран-участниц.

При построении международной шкалы учитывались результаты выполнения каждого отдельного задания учащимися всех стран. Для всех заданий была определена балловая оценка задания, характеризующая индекс трудности задания.

На рис. 2 показана часть международной карты трудности заданий по естественнонаучной грамотности, которую составляют примеры, приведённые выше. Следует пояснить, что карта трудности заданий является графическим изображением значений параметра трудности отдельных заданий на международной шкале баллов (среднее значение шкалы — 500, стандартное отклонение — 100). Использование карты трудности заданий даёт возможность интерпретировать результаты каждой страны по международной шкале в связи с конкретными знаниями и умениями, овладение которыми продемонстрировали школьники данной страны.

Результаты выполнения тестов учащимися России

Сравнение результатов выполнения естественнонаучной части теста выпускниками российских школ с результатами выпускников других стран показывает, что российские школьники имеют достаточно низкий уровень естественнонаучной грамотности по международной шкале — 481, ниже среднего международного значения — 500, равного среднему арифметическому результату всех участвовавших в тестировании стран. Результаты, сравнимые с Россией, имеют семь стран: Германия (497), Франция (487), Чешская Республика (487), США (480), Италия (475), Венгрия (471) и Литва (461). Только две страны имеют результаты существенно ниже российских. Это — Кипр (448) и Южная Африка (349).

В чём же выпускники российских школ уступают выпускникам лучшей десятки стран: Швеции (559), Швейцарии (523), Новой Зеландии (529), Канады (532), Австрии (527), Исландии (549), Норвегии (544), Дании (509), Нидерландов и Австралии (527)? И почему?

Как уже отмечалось, трудность сравнения и интерпретации результатов связана с тем, что страны имеют существенные различия в структуре, учебных планах и программах среднего образования. Варьирует и возраст выпускников средней школы. К сожалению, период обучения в средней школе для российских школьников (10–11 лет) значительно ниже, чем в большинстве стран мира (12–13 лет).

Не забывая об особенностях сравнения, проанализируем результаты выполнения отдельных заданий теста и покажем сильные и слабые стороны естественнонаучной подготовки российских школьников.

Результаты выполнения заданий, проверяющих уровень естественнонаучных знаний, представлены на диаграмме (рис. 3). Для каждого задания естественнонаучной части теста по вертикали показаны четыре значения:

- процент правильного выполнения данного задания российскими школьниками;
- процент правильного выполнения данного задания школьниками страны, имеющей самые высокие результаты;
- процент правильного выполнения данного задания школьниками страны, имеющей самые низкие результаты;
- средний международный результат выполнения данного задания.

Последовательность заданий на рисунке определяется результатами российских школьников. Первым идёт задание, которое выполнило наименьшее число российских школьников.

Самые высокие результаты (правильно выполнило задание около 70% учащихся и более) продемонстрировали наши выпускники по следующим вопросам (11 заданиям или 1/3 части теста): разрушение фреонами озонового слоя (66%, пример 1), зачем нужно красить железный мост (70%), последовательность изменения энергии в реальных процессах (76%), зачем включают фрукты и листовые овощи в диету здорового человека (93%), способ передачи признаков из поколения в поколение (88%), почему в жаркий день люди испытывают жажду и вынуждены много пить (75%), как по срезу пня определить возраст дерева (69%), какой вид солнечного излучения вызывает загар (68%), почему в жаркий день люди чувствуют себя более прохладно в светлой одежде (76%), как выяснить, что варёные овощи менее питательны (88%, пример 7), способ передачи гриппа (76%, пример 3).

Задания средней трудности (40–60% правильного выполнения) составили также около трети теста. К ним можно отнести задания на проверку следующих вопросов: почему термоядерная реакция ещё не используется в реакторах (50%, пример 2), функции белых кровяных клеток (49%), меняется ли вес гири при её опускании в воду (57%), что такое экосистема (57%), причина парникового эффекта (63%), почему Луна, имея меньшие размеры, загораживает Солнце во время солнечного затмения (51%), схематическое изображение круговорота воды в природе (58%), положительные и негативные стороны размещения фермы в горной долине (63% и 40% соответственно).

Самыми трудными для российских выпускников оказались вопросы: биологический контроль и его последствия (37%), выбор группы крови при переливании крови (13,5%), причина кислотных дождей (37%), объяснение удара о стекло (упругий и неупругий удар) (35%), почему каблуки могут повредить пол (31%, пример 5), изменение полной энергии системы (36%), постоянство температуры кипения при нагревании воды (30%), модель электрического тока (24%), преобразование электрической энергии в световую в реальной лампе (18%), период полураспада вещества (34%), анализ и интерпретация данных (18%).

На рис. 3 показана небольшая группа заданий (всего пять), по которым результаты российских школьников выше средних международных. В основном это задания на понимание простой информации: последовательность изменения энергии в реальных процессах (76%), зачем включают фрукты и листовые овощи в диету здорового человека (93%), причина парникового эффекта (63%), способ передачи гриппа (76%, пример 3) и на схематическое изображение круговорота воды в природе (58%).

По большинству заданий результаты российских школьников сравнимы со средними международными.

Однако по ряду заданий, составляющих почти треть теста, результаты российских школьников ниже среднего международного балла. К ним относятся некоторые вопросы биологического и экологического содержания: функции белых кровяных клеток (средний результат по России 49%, средний международный — 59%), разрушение фреонами озонового слоя (66%/78%), причина кислотных дождей (37%/56%), что такое экосистема (57%/70%). Вопросы на объяснение ряда физических явлений и моделей: объяснение уда-

ра о стекло (упругий и неупругий удар) (35%/56%), почему каблучки могут повредить пол (31%/40%), модель электрического тока (25/33%), преобразование электрической энергии в световую в реальной лампе (18%/22%), а также задания на анализ и интерпретацию данных (18%/33%).

Анализируя результаты российских школьников, следует иметь в виду, что вопросам, выделенным для контроля, не уделяется должного внимания в основной, а тем более в старшей школе. Поэтому неудивительно, что результаты, показанные нашими учащимися, явно невысокие.

Отдельно следует рассмотреть вопрос о выполнении всех вышеперечисленных заданий юношами и девушками. Результаты выполнения теста показали, что уровень естественно-научной грамотности юношей значительно выше, чем у девушек. Почти половину заданий юноши выполнили с результатами, превышающими результаты девушек на 10% и более. Нет ни одного задания, по которому результаты девушек были бы выше.

К несомненным достоинствам теста можно отнести наличие в нём заданий со свободными ответами, которые позволяют более объективно оценить уровень сформированности интеллектуальных умений. Таких заданий в тесте было 14 из 31, т.е. 45%. Результаты выполнения этих заданий различные: от 75-76% правильного выполнения заданий на понимание простой информации (почему в жаркий день люди испытывают жажду и вынуждены много пить; способ передачи гриппа) до 18–20% — на объяснение различных явлений (объяснение удара о стекло) и интерпретацию данных. В среднем задания со свободными ответами правильно выполнили меньше учащихся всех стран, чем задания с выбором ответа. Некоторые задания почти 50% учащихся пропускали, не приступая к выполнению. Следует отметить, что максимальный процент пропуска заданий с выбором ответа для российских школьников составляет всего 9%. Подобное явление наблюдается также в следующих странах: Чешской Республике, Венгрии, Израиле, Литве, на Кипре и в Южной Африке.

Проблема невыполнения (пропуска) заданий требует серьёзного рассмотрения при создании методики оценки учебных достижений. Именно использование заданий с открытыми ответами позволяет более адекватно оценить многие важные умения. В связи с чем следует обратить особое внимание на разработку специальной методики мотивации учащихся при выполнении заданий с открытыми ответами.

Остановимся на выполнении отдельных заданий, представляющих интерес с точки зрения диагностики учебных достижений в контексте естественнонаучной грамотности.

Рассмотрим пример из биологии (пример 3). От учащихся требовалось объяснить, почему мальчик заболел гриппом. Несмотря на то, что почти все страны имеют высокие результаты по данному заданию, истинно грамотный с естественнонаучной точки зрения ответ дала небольшая группа выпускников (в России — 19%, США — 12%, Австрия — 45%, Исландия — 39%, ср. международный — 21,4%). В ответах этих учащихся непосредственно говорится о передаче вирусов как причине гриппа. Остальная же часть учащихся неявно указала на передачу вирусов при чихании, кашле или близком контакте.

Более 20% наших учащихся к причине заболевания гриппом относят переохлаждение (например, он заболел, так как был на улице в холод; он заболел, так как промок или замёрз).

Анализ ответов показал, что страны, входящие в «лучшую пятёрку», имеют больший процент выпускников, способных давать объяснения с использованием научной терминологии.

Анализ результатов выполнения задания, приведённого в примере 5, показывает, что только 31% российских школьников дал полный правильный ответ, используя научную терминологию, например, они указали, что давление на пол увеличивается, так как уменьшается площадь каблучков, или что вес или сила действуют на меньшую площадь или размер каблучка. Эта группа учащихся продемонстрировала умение применять полученные в школе научные знания для объяснения предложенного явления, т.е. они продемонстриро-

вали грамотность в единстве трёх её составляющих: содержательную (знание понятия давления), контекстуальную (смогли применить знания в предложенном контексте) и процессуальную (умение анализировать и объяснять предложенное явление).

Частично правильный ответ на этот вопрос дали всего 22% учащихся. К ним можно отнести ответы, в которых отмечается большее давление, но не упоминается площадь каблучков; говорится об увеличивающейся «силе» вместо «давления» при уменьшении площади каблучков (например: «При уменьшении площади каблучков сила увеличивается») или неправильно используется понятие «давление» вместо «силы» (например: «Давление распределяется на меньшую площадь». «Высокие каблучки с меньшей площадью действуют с большим давлением, в то время как обычные каблучки оказывают давление на пол, которое распространено на большую площадь и не так сконцентрировано»). «Данная группа учащихся продемонстрировала способность понять предложенную ситуацию и объяснить её. Но для объяснения они не использовали научные понятия, так как ими не владели.

Неправильный ответ дали 26% выпускников. При объяснении они приводили доводы о твёрдости материала или об остроте каблучка: «Каблучки сделаны из такого твёрдого материала, как сталь», «Так как каблучки острые, они повреждают пол». Или они повторяли содержание задания: «Каблучки имеют меньшую площадь и поэтому повреждают пол». Пропустили данное задание, не выполнив его, 21% выпускников средней школы.

На рис. 4 приводится графическая интерпретация результатов выполнения данного задания учащимися отдельных стран. Как видно из таблицы примера 5 и данного рисунка, в странах, входящих в «лучшую пятёрку», около 50% тестируемых выпускников продемонстрировали естественнонаучную грамотность при выполнении данного задания. Для сравнения, только 9% выпускников Южной Африки дали полный правильный ответ.

Ярким примером, иллюстрирующим различный уровень сформированности научных представлений, является задание, в котором учащимся предлагают различные словесные и графические модели электрической цепи, состоящей из лампочки, подсоединённой к батарейке. Учащиеся должны выбрать модель, которая соответствует предложенной ситуации. Правильный ответ включал два элемента: наличие замкнутой электрической цепи и указание на то, что сила тока (ток) в цепи по величине не изменяется.

Правильный ответ (ток идёт к лампе по одному проводу и вызывает свечение нити накала. Тот же ток возвращается в батарейку по другому проводу) выбрали только 24% российских выпускников средней школы.

Большинство учащихся (33%) выбрали модель, которую можно назвать лабораторной: «Ток идёт к лампе по двум проводам (в одном направлении), соединяется в лампе, и лампа загорается». Вспомним типичную электрическую цепь, которую собирают школьники при проведении лабораторных работ, — они с помощью двух проводов соединяют батарейку и лампочку на подставке, т.е. наблюдают именно данную модель. Направление же тока они не учитывают. У группы учащихся, выбравших данный ответ, возможно, преобладает образная модель, сформированная при проведении лабораторных работ.

Достаточно большая группа учащихся (22%) выбрала модель, в которой «ток идёт к лампе по одному проводу и вызывает свечение нити накала. Меньший по величине ток возвращается к батарейке». Данная модель включает один верный элемент (замкнутая цепь) и один неверный (ток уменьшается). По данным многих исследований, у достаточно большого числа учащихся наблюдаются представления о том, что величина электрического тока в цепи, состоящей из последовательно соединённых элементов, уменьшается по мере его прохождения по цепи. Данные представления являются типичной, широко распространённой ошибкой учащихся различных возрастных групп.

Меньше всего учащихся (17%), выбрали модель, которую можно назвать бытовой: токи от обоих полюсов батарейки соединяются и идут по одному проводу к лампе, зажигая её. Именно такую картину наблюдает ученик в повседневной жизни: вилка от настольной лампы двумя концами подсоединяется к источнику напряжения, далее ток идёт по одному проводу и «зажигает лампу». Из наблюдений ученик не может получить никакой другой

информации.

Детальное описание выполнения данного задания приводится не случайно. Необходимо иметь в виду, что все российские школьники, участвовавшие в тестировании, изучали раздел «Электрические явления» в 8-м классе (10 час.) и раздел «Электродинамика» темы «Законы постоянного тока» и «Электрический ток в различных средах» (21 час.) в 10–11-х классах, который включал большое число практических работ. Однако изучение данного материала не способствовало, как показывают результаты выполнения задания, формированию научной модели электрической цепи.

Задание, приведённое в примере 4, правильно выполнили и объяснили ответ всего 18% наших выпускников. Они указали, что количество энергии, превращённой лампочкой в свет, меньше количества энергии, потребляемой лампочкой за счёт того, что часть энергии превращается в тепло.

18% учащихся указали, что энергии равны, так как энергия сохраняется. Вероятно, этот ответ обусловлен тем, что на уроках физики при решении задач часто рассматриваются идеализированные ситуации, когда потерей в проводах пренебрегают, сопротивление не учитывается и т.д. В данном случае у значительной группы учащихся наблюдается перенос сформированного алгоритма решения задачи без учёта контекста реального процесса, в котором даётся задание.

Следует отметить аналогичные результаты выполнения данного задания учащимися других стран: от 5 до 31% дают правильный ответ и до 40% делают те же ошибки, что и российские школьники.

Интересно также сравнить выполнения данного задания выпускниками школы и учащимися 8-го класса. Всего 14% наших восьмиклассников дали правильный ответ и 31% указали о равенстве энергии. Сравнение показывает, что результаты восьмиклассников и одиннадцатиклассников практически одинаковые. Дополнительное изучение физики в течение трёх лет улучшило результаты учащихся.

Заключение

Подводя итоги проведённого исследования, следует ещё раз напомнить о значительных проблемах представленного анализа, о которых неоднократно шла речь выше. Многие из них связаны с существенными различиями в системах образования стран-участниц. Кроме того, система оценки естественнонаучной грамотности ещё недостаточно разработана, хотя проведённое исследование продемонстрировало её большие потенциальные возможности.

Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Результаты выполнения международного теста выявили недостаточный уровень естественнонаучной грамотности российских выпускников, их умений применять знания, полученные при изучении естественнонаучных предметов в реальных ситуациях.

2. Сравнение результатов выпускников средних школ России с результатами выпускников других стран показывает, что по большинству заданий, разработанных для оценки уровня естественнонаучной грамотности, результаты российских школьников сравнимы со средними международными результатами. Однако по трети заданий результаты российских школьников значительно ниже средних международных и только по пяти заданиям, в основном на понимание простой информации, выше.

Это свидетельствует о необходимости усиления внимания к формированию основных естественнонаучных понятий, умению их использовать при описании и объяснении реальных ситуаций. Особые усилия должны быть направлены на развитие интеллектуальных умений, способствующих критическому анализу предложенных ситуаций, объяснению и решению поставленных проблем.

3. При выполнении международного теста юноши продемонстрировали более высокий уровень естественнонаучной грамотности. Данный результат свидетельствует о необходимости разработки специальной методики, учитывающей особые интересы девушек при

изучении естественнонаучных предметов и создающей равные возможности для юношей и девушек в овладении естественнонаучными знаниями.

4. Анализ результатов выполнения отдельных заданий теста позволил выявить типичные ошибки учащихся, преобладание одной из сторон грамотности, а также проблемы, связанные с изучением некоторых основных вопросов естествознания. Результаты проведённого исследования необходимо учитывать при разработке системы диагностики формирования основных понятий естественнонаучных предметов, их применения в ситуациях повседневной жизни.

5. Учитывая, что задания со свободными ответами играют существенную роль при оценке учебных достижений школьников по естественнонаучным предметам, необходимо обратить особое внимание на разработку методики мотивации учащихся при их выполнении, с целью уменьшения потери информации за счёт того, что большое число учащихся их пропускает.

6. Представляется очень важным продолжение работы в области оценки естественнонаучной грамотности в России: дальнейшей доработки концептуальных подходов, учитывающих традиции естественнонаучного образования в нашей стране, создания банка заданий для оценки грамотности, а также проведения регулярных срезовых и лонгитюдных исследований в стране.