

Некоторые результаты участия Республики Беларусь в исследовании PISA-2018 по математической грамотности

Горбунова Мария Борисовна,
заведующий сектором сопровождения международных исследований
качества образования Национального института образования,
кандидат педагогических наук

В 2018 году Республика Беларусь впервые приняла участие в международном сравнительном исследовании качества образования PISA (The Programme for International Student Assessment), цель которого заключается в предоставлении объективной информации об уровне подготовки 15-летних учащихся, эффективности национальных образовательных систем. Полученные результаты, как правило, влияют на принятие решений о необходимости некоторых изменений или даже реформ, позволяющих повысить качество образования в стране и конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

Исследование PISA проводится с 2000 года с периодичностью раз в три года. Предметом изучения выступают образовательные достижения учащихся по различным направлениям функциональной грамотности: читательской, математической, естественнонаучной, финансовой, а также навыкам глобальной компетентности. В каждом цикле PISA ведущим является одно из направлений — ему уделяется основное внимание при тестировании. В 2018 году

основным направлением исследования для всех стран являлась читательская грамотность, в следующем цикле главным направлением будет математическая¹ [1; 2].

В 2018 году в исследовании PISA приняли участие 79 стран и административно-экономических территорий. Впервые в данном международном проекте приняли участие Беларусь, Босния и Герцеговина, Бруней, Марокко, Саудовская Аравия, Украина и Филиппины. Следует отметить, что белорусские учащиеся продемонстрировали хорошие результаты: по читательской грамотности результаты превысили средний международный показатель на 20 баллов, по математической и естественнонаучной — на 13. В то же время в сравнении со средними значениями по странам Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) результат оказался несколько ниже: отставание по читательской грамотности составило 13 баллов, по математической — 17, по естественнонаучной — 18 [1; 2].

Как подчёркивают идеологи и разработчики PISA, целью исследования яв-

¹ Согласно периодичности исследования PISA проведение 8-го цикла было запланировано на 2021 год, однако ввиду пандемии COVID-19 очередной цикл исследования отложен.

ляется не рейтингование стран и образовательных систем, а выводы, которые может сделать сама страна и мировое сообщество на основании полученной фактологической и контекстной информации для совершенствования образовательной и экономической политики. Вместе с тем, очевидно, что каждое государство стремится улучшить (либо сохранить) свои позиции в рейтинге, участвуя в исследовании многократно.

Ценность информации, полученной в ходе участия Беларуси в исследовании PISA состоит в том, что:

во-первых, белорусские специалисты смогли глубже узнать о проекте PISA: о методологии, процедуре и инструментарию оценивания, которые признаются международным сообществом и используются для повышения качества образования в мире;

во-вторых, оценивание образовательных достижений учащихся в рамках международных проектов — это своего рода «взгляд со стороны», позволяющий продиагностировать ситуацию в стране, проверить (получив внешнюю объективную оценку) достоверность и адекватность внутреннего контроля качества образования, осуществляемого в рамках мониторинговых и иных национальных исследований;

в-третьих, в ходе исследования PISA были получены конкретные количественные и качественные результаты участия белорусских учащихся в диагностических процедурах (тестировании и анкетировании), что служит основанием для принятия мер с целью повышения качества образовательного процесса, для оценки степени его соответствия международным стандартам, доступности широким слоям населения;

в-четвёртых, информация, которую предоставляет банк открытых заданий PISA [3], может быть проанализирована

на учёными, методистами и педагогами (а также любыми заинтересованными лицами) для повышения качества образования на всех его уровнях.

Учитывая тот факт, что основное внимание в следующем цикле PISA будет уделено математической грамотности, необходимо уже сегодня обратить на неё пристальное внимание.

Математическая грамотность и суть этого понятия с учётом методологии PISA

Под математической грамотностью (mathematical literacy) понимается способность человека рассуждать математически, формулировать, применять и интерпретировать предметное математическое содержание для решения задач в различных контекстах реального мира.

PISA указывает на необходимость развития способностей учащихся использовать математику в разных жизненных ситуациях. При этом методологией исследования подчёркивается, что в условиях быстро меняющегося мира человеку не только важно владеть навыками выполнения базовых расчётов, но и необходимо использовать математическое мышление.

Математическая грамотность включает в себя понятия, процедуры, факты и инструменты для описания, объяснения и прогнозирования явлений; грамотность помогает человеку понять, какую роль играет математика в мире, а также позволяет принимать обоснованные решения [1; 4].

Анализ данных PISA-2018 по математической грамотности свидетельствует о том, что более 70 % белорусских учащихся достигли и превысили пороговый уровень. При этом около 48 % участников продемонстрировала навыки, соответствующие второму и третьему уровням (из шести возможных)² [1; 2].

² В соответствии с методологией PISA пороговым уровнем шкалы оценивания каждого вида грамотности считается второй. Он соответствует навыкам, обеспечивающим адекватное функционирование молодых людей в современной социокультурной среде. Высококомпетентными по любому виду грамотности считаются участники исследования, достигшие пятого и шестого уровней.

Как показало исследование, белорусские учащиеся испытывают затруднения при работе с разными (в том числе комбинированными) источниками информации; у них недостаточно сформированы навыки критического оценивания информации, выявления взаимосвязи между факторами, обнаружения математического содержания в проблемной (жизненной) ситуации с дальнейшим переводом этого содержания в математическую задачу.

Полученные в ходе исследования PISA данные необходимо учитывать при определении стратегии совершенствования образовательного процесса по математике [2]. Вместе с тем, при анализе и интерпретации результатов белорусских учащихся важен, на наш взгляд, учёт сопутствующих факторов, связанных с качеством выполнения тестовой работы.

Первый фактор — комплексный характер исследования.

Для 15-летних учащихся двухчасовая комплексная тестовая работа является серьёзным интеллектуальным и эмоциональным испытанием. Несмотря на то, что тестовые задания PISA выполняются с пятиминутным перерывом, выполнение заданий по двум или трём видам грамотностей в ограниченный период времени требует от подростков высокой мыслительной концентрации. Такая выносливость предполагает наличие соответствующей натренированности.

Второй фактор — внутренние установки и культурные (ментальные) особенности участников исследования.

Следует принять во внимание, что результат выполнения тестовых заданий зависит не только от уровня знаний, но и от личностных качеств учащихся

(внимательности, собранности, аккуратности) и внутренней мотивации. Надо признать, что они у белорусских учащихся не всегда сформированы на должном уровне.

Выявить некоторую связь между внутренней настроенностью, нацеленностью учащихся на тестирование и получаемыми результатами можно, если проанализировать культурные (ментальные) особенности стран, устойчиво демонстрирующих самые высокие результаты в исследовании PISA³.

Согласно результатам анализа выполнения белорусскими учащимися республиканских контрольных и других диагностических работ одной из распространённых причин невыполнения заданий (особенно более низких уровней) является совершение «глупых» ошибок. Такие ошибки допускаются при оформлении ответа (предоставлении не той информации, которая требуется по условию задания, не в тех единицах измерения и т. д.), переводе одних единиц измерения в другие, выполнении вычислений, использовании числовых данных (представленных в диаграммах, графиках, таблицах) и др. Можно с уверенностью сказать, что в случае внимательного и ответственного выполнения работы учащимися, результат всегда будет выше.

Третий фактор — это непривычный формат самих заданий.

1. Первое, что является нетипичным для нашей системы преподавания математики, это то, что в заданиях PISA активно используются формы графического представления числовых данных, в частности, таблиц и диаграмм. Данный графический материал выполняет не сопроводительную (иллюстративную) функцию, а основную — дидактиче-

³ По данным PISA-2018 абсолютными лидерами по трём направлениям грамотностей являются принявшие участие в исследовании регионы Китая и Сингапур. В этих странах у детей с начальных классов формируется интеллектуальная выносливость; они приучены к системе тестирования и перераспределению по классам с учётом полученных баллов. Сказываются на образовательных достижениях и социокультурные особенности: высокая степень конкуренции в коллективе/стране, боязнь оказаться отстающими, чувство долга.

скую. Диаграммы, графики, таблицы предполагают разноплановую работу с ними. От учащихся требуются навыки чтения, сопоставления и интерпретации данных, выполнения вычислений, формулирования предположений и выводов на основе представленного материала. Необходимо отметить, что умению читать и интерпретировать данные, представленные в табличной форме и в виде графиков, в международных программах оценки образовательных достижений учащихся по математике уделяется очень большое внимание.

Изучение открытых тестовых заданий позволяет установить, что для работы учащимся предлагаются диаграммы самых разных видов: столбчатые, линейные, круговые, «диаграмма-улитка» и др. Отсутствие навыков работы с такой формой предъявления математической

информации, несомненно, затрудняет ход выполнения тестового задания.

Одной из разновидностей форм работы с графиками (диаграммами) является прогнозирование развития ситуации с учётом сохранения существующей тенденции. Например, в задании «Продажа музыкальных дисков» есть вопрос, согласно которому учащимся нужно спрогнозировать объёмы продаж, если продолжится отрицательная тенденция (рисунки 1, 2) [3, с. 107].

Следует согласиться, что такой вид задания имеет значительный дидактический потенциал и ярко выраженную практическую (жизненную) направленность.

2. Широко используются в инструментарии PISA задания на пространственное мышление. Учащимся предлагается работа с развёртками, планами,

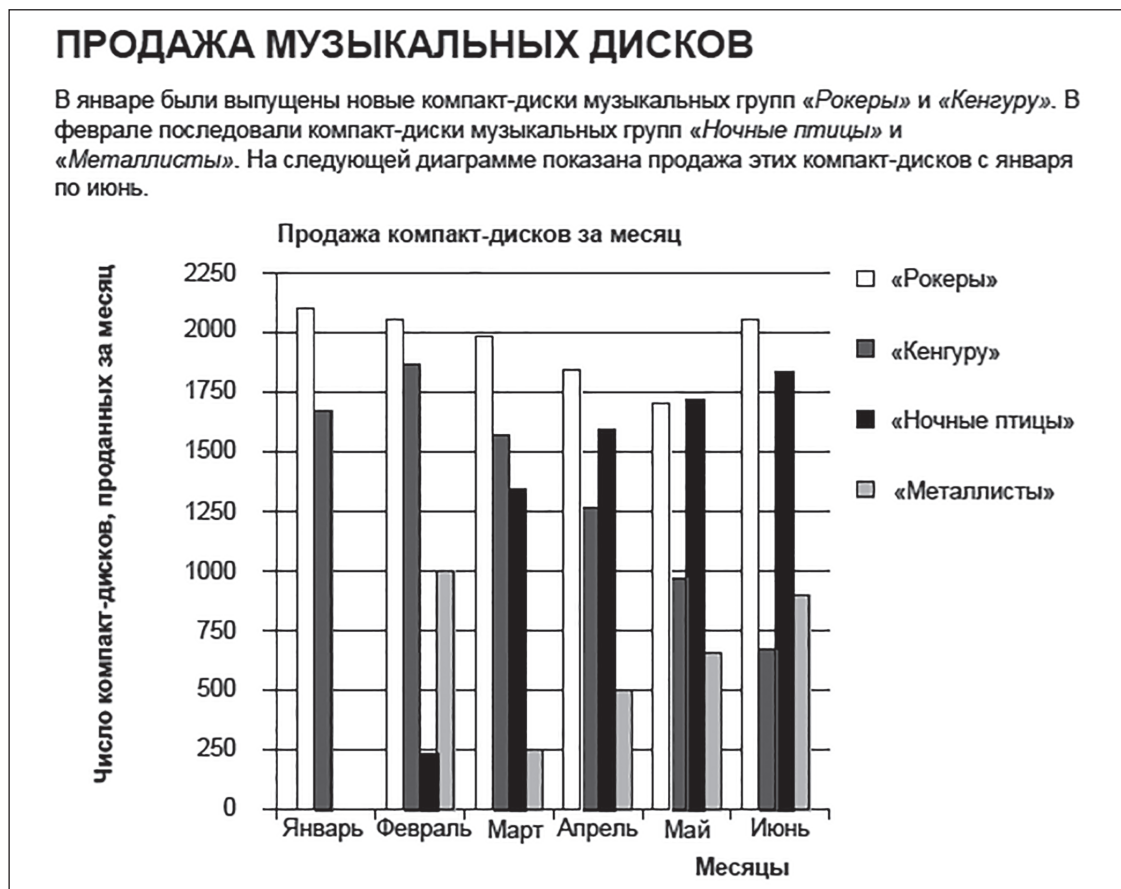


Рисунок 1

Вопрос 3: ПРОДАЖА МУЗЫКАЛЬНЫХ ДИСКОВ

Менеджер группы «Кенгуру» обеспокоен тем, что количество проданных компакт-дисков уменьшилось с февраля по июнь.

Каков прогноз объема продаж в июле, если продолжится такая же отрицательная тенденция?

- A. 70 компакт-дисков.
- B. 370 компакт-дисков.
- C. 670 компакт-дисков.
- D. 1340 компакт-дисков.

Рисунок 2

видами на объект с разных точек обзора и т. д. Для выполнения таких заданий требуются умения читать и строить чертёж объекта, работать с планом, соотносить/сравнивать модели, мысленно разворачивать и перемещать объект, преобразовывать формы и др. Приведём примеры иллюстраций к заданиям, требующим задействования пространственного мышления (рисунки 3—6).

Задание «Вращающаяся дверь» [3, с. 123]

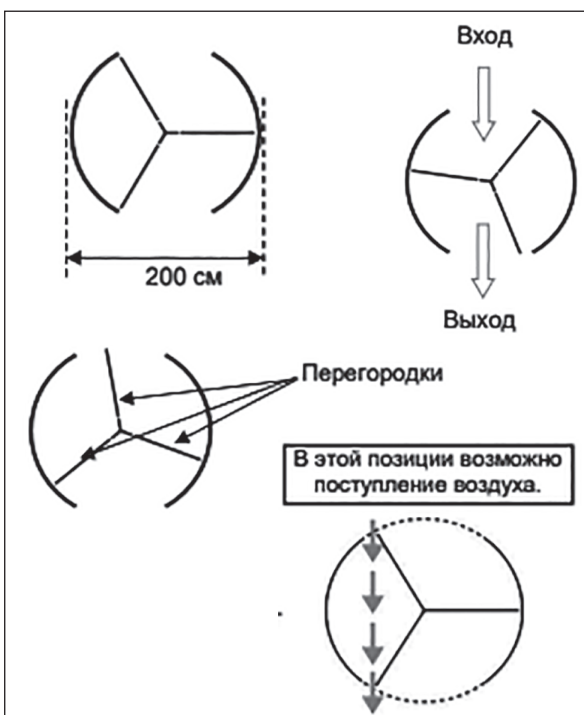


Рисунок 3

Задание «Игральные кубики» [3, с. 92]

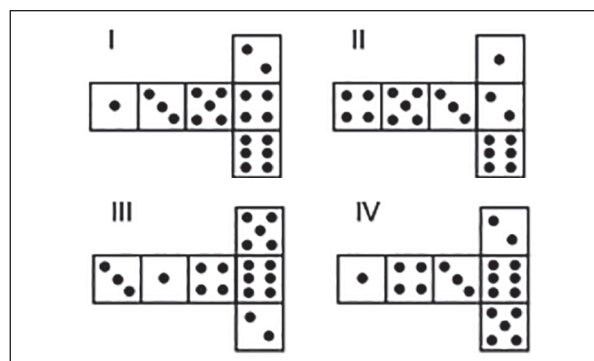


Рисунок 4

Отсутствие системной работы по развитию пространственного мышления серьезно затрудняет выполнение задач подобного типа.

3. Обращает на себя внимание наличие заданий, в которых могут отсутствовать числовые данные, при этом ответ учащимся необходимо представить в виде числового выражения.

К примеру, в одном из вопросов задания «Закрученное здание» учащимся нужно определить высоту здания в метрах, объяснив своё решение; при этом практически никаких числовых данных не даётся — учащиеся производят расчёты, опираясь на жизненный опыт и понимание того, что в здании по условию задачи 21 этаж [3, с. 83].

В задании «Рок-концерт» учащимся нужно, зная только размер выделенного для аудитории пола, определить правдопо-

ЗАКРУЧЕННОЕ ЗДАНИЕ

Согласно современным архитектурным тенденциям, многие здания часто имеют необычную форму. На рисунке, представленном ниже, можно увидеть компьютерную модель «закрученного здания» и план первого этажа. Стрелки компаса указывают на ориентацию здания.

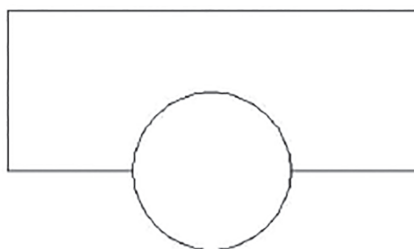
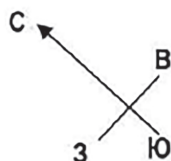
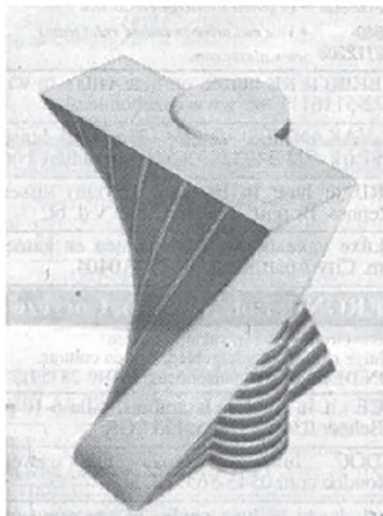
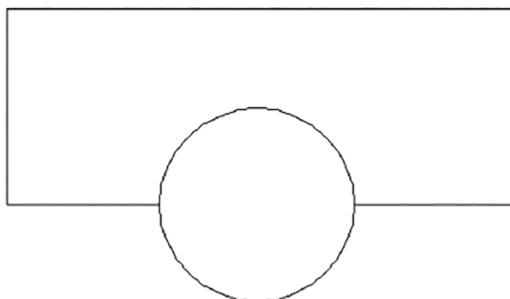


Рисунок 5 [3, с. 83]

Вопрос 4: ЗАКРУЧЕННОЕ ЗДАНИЕ

Каждый этаж с квартирами немного повернут по сравнению с первым этажом. Верхний этаж (20 по счету над первым) находится под прямым углом к первому этажу.

На представленном ниже рисунке изображена схема первого этажа.



Нарисуйте на этой схеме план 10 этажа над первым, демонстрируя расположение 10 этажа относительно первого.

Рисунок 6

РОК-КОНЦЕРТ**Вопрос 1: РОК-КОНЦЕРТ**

На рок-концерте для аудитории было выделено прямоугольное поле размером 100 м на 50 м. Все билеты на концерт были проданы, и поле было заполнено. Все зрители стояли.

Какой из предложенных ответов соответствует наиболее правдоподобному количеству посетителей концерта?

- A. 2 000
- B. 5 000
- C. 20 000
- D. 50 000
- E. 100 000

Рисунок 7

добное количество посетителей концерта, при условии, что все посетители концерта будут стоять (рисунок 7) [3, с. 91].

Для белорусских учащихся задания такого формата являются непривычными и поэтому могут вызвать затруднения. Вместе с тем, привлечение для решения математических задач собственного жизненного опыта является нормой в мировой практике обучения математике и отражает одну из ключевых идей методологии PISA (математика — ключ для решения жизненных задач).

4. Важной чертой тестового инструментария PISA является достаточно широкое использование заданий, включающих утверждения относительно какой-то математической проблемы (учащимся нужно согласиться либо не согласиться с утверждениями). Помимо самой формы заданий, которая нечасто используется на уроках математики в белорусских учреждениях образования, непривычным является также набор ответов: например, по всем приведённым в задании утверждениям, правильными могут быть ответы «нет». Для наших учащихся более привычной является форма чередования ответов «да»/«нет», а потому, сам факт однотипных ответов может вызвать у них сомнение в правильности выполнения работы.

5. Анализ открытых заданий PISA даёт основание утверждать, что самые

востребованные формулы, знание которых необходимо для выполнения заданий, — это формулы вычисления сторон прямоугольного треугольника (теорема Пифагора), площадей и периметров фигур, длин окружностей. От учащихся требуется знание примерного значения числа π , навыки работы с квадратными корнями. От привычных для белорусских учащихся заданий задания PISA отличается то, что в них часто предусмотрена работа с конкретными формулами, требующими не знания и запоминания, а понимания для решения конкретной задачи.

Например, в задании «Лишайники» [3, с. 10] используется формула, выражающая взаимосвязь между диаметром круга-лишайника и возрастом «растения»:

$$d = 7.0 \times \sqrt{(t - 12)} \text{ для } t \geq 12,$$

где d — это диаметр лишайника в миллиметрах, а t — количество прошедших лет после исчезновения льда.

Используя формулу, учащиеся проводят необходимые вычисления (рисунок 8).

В задании «Сердцебиение» [3, с. 87] учащимся предлагаются две формулы, с которыми организуется работа:

Рекомендуемая максимальная частота сердцебиения = 220 — возраст.

Рекомендуемая максимальная частота сердцебиения = 208 — 0,7 × возраст.

ЛИШАЙНИКИ

В результате глобального потепления некоторые ледники начинают таять. Спустя двенадцать лет после исчезновения льда, на камнях начинают расти крошечные растения, лишайники.

По форме каждый лишайник напоминает круг.

Взаимосвязь между диаметром данного круга и возрастом лишайника можно представить в виде формулы:

$$d = 7.0 \times \sqrt{(t - 12)} \text{ для } t \geq 12$$

где d - это диаметр лишайника в миллиметрах, а t - количество прошедших лет после исчезновения льда.

Вопрос 1: ЛИШАЙНИКИ

Используя данную формулу, вычислите диаметр лишайника спустя 16 лет после исчезновения льда. Запишите свои вычисления.

Вопрос 2: ЛИШАЙНИКИ

Анна измерила диаметр одного лишайника, он равен 35 миллиметрам.

Сколько лет назад на этом месте исчез лед?

Запишите свои вычисления.

Рисунок 8

В задании «Скорость падения капель» [3, с. 102] приводится формула для вычисления скорости внутривенного капельного вливания (D), которую используют медицинские сестры при введении жидкости и лекарств пациентам:

$$D = \frac{k \cdot V}{60n},$$

где: D — скорость падения капель (в каплях в минуту); k — показатель «число капель в единице объёма» (в каплях в миллилитре (мл)); V — объём вливания (в мл); n — время (в часах), за которое требуется сделать вливание.

Работа с формулами предполагает их верное прочтение, истолкование, использование и преобразование (изменение с учётом условия задачи). Следует признать, что наша система обучения в большей степени направлена на применение известных формул в знакомой или незнакомой ситуации, нежели на работу с новыми формулами или

трансформацией уже известных. Вместе с тем, данная идея заслуживает внимания, поскольку работа с новыми формулами более активно формирует у учащихся навык выявления зависимостей между величинами, а также позволяет «отработать» навык применения и преобразования формул.

Не достаточно привычной для белорусских учащихся является работа по определению примерных площадей разных фигур и областей с учётом заданного масштаба. Примеры таких заданий — «Площадь континента» (учащимся необходимо, пользуясь масштабом карты, определить площадь Антарктики), «Нефтяное пятно» (используя масштаб карты, нужно определить размер нефтяного пятна в квадратных километрах (км²) (рисунки 9, 10)).

Новизной отличается как само математическое содержание заданий, требующее выхода за пределы знакомых способов вычисления площадей (по формуле,

«Площадь континента» [3, с. 23]

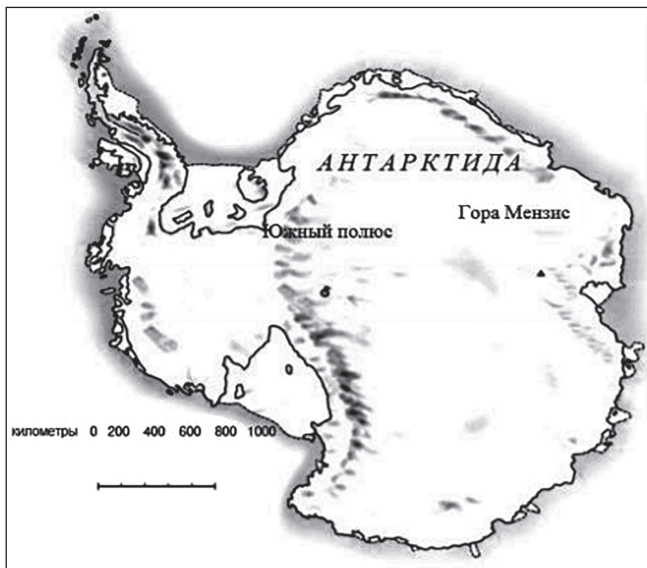


Рисунок 9

по сетке, на основании принципа аддитивности), так и форма предъявления ответа, предусматривающая достаточно большой диапазон значений правильного ответа (о чём учащиеся, выполняющие тестирование, могут и не знать). Например, в задании «Площадь континента» ответ принимается полностью, если он получен через правильный метод вычисления и соответствует числовому диапазону: 12 000 000 — 18 000 000 км². В задании «Нефтяное пятно» ответ принимается, если он лежит в промежутке от 2200 до 3000 км².

6. Нетрадиционный тип математической задачи представляют задания, предусматривающие несколько вариантов правильных ответов с учётом принципа относительности. К примеру, в задании «Снижение уровня CO₂» [3, с. 81] учащимся предлагается привести два возможных «верных» ответа на основе анализа диаграммы. Задача, требующая оценки ситуации по увеличению выбросов углекислого газа, предполагает (допускает) два ответа: указание самого большого *абсолютного* увеличения и указание самого большого *относительного* увеличения. Данный тип работы форми-

«Нефтяное пятно» [3, с. 145]



Рисунок 10

рует навык интерпретации информации, а также гибкость мышления учащихся.

7. Особым типом задания являются задачи на определение вероятности. Например, в задании «Разноцветные конфеты» [3, с. 50] учащимся нужно определить, с какой вероятностью можно достать из пакета конфету определённого цвета (количество конфет каждого цвета в пакете отображено на графике). Решая задание «Весенняя ярмарка» [3, с. 52], учащимся предстоит выяснить вероятность получения приза. В задании «Землетрясение» [3, с. 59] содержание математических действий связано с расчётами возможного повторения стихийного бедствия.

8. В мировой практике по формированию и диагностике математической грамотности большое внимание уделяется навыкам аргументации собственной позиции при решении задач с использованием математического языка. Открытые задания PISA свидетельствуют о широкой представленности заданий, требующих от учащихся объяснения собственной позиции, показа логики рассуждения. Установки на аргументацию находят выражение в следующих формулировках:

«Вычислите. Запишите ход своих рассуждений», «Изложите ход своих мыслей», «Изложите ход своих мыслей и объясните, как вы пришли к полученному ответу», «Аргументируйте своё решение», «Опишите метод определения площади фигуры», «Опишите способ определения периметра фигуры», «Объясните свой ответ», «Приведите одну причину, по которой столбцовая диаграмма не подходит для демонстрации данных результатов», «Ответ объясните, используя информацию, представленную на графике» и др.

Перечисленные особенности инструментария PISA по математической грамотности могут послужить основанием для оптимизации существующей системы работы на уроках математики в учреждениях образования Беларуси, создания её качественной надстройки. Возможные нововведения, на наш взгляд, отнюдь не требуют расширения содержания учебной программы или кардинальной переработки учебных пособий. Скорее, они требуют более глубокого погружения в математическое содержание, более детальной проработки жизненных и математических проблем с помощью математики.

Если попытаться кратко выразить идею формирования математической грамотности на имеющемся предметном содержании, то данное выражение может иметь вид:

«многое на малом»
либо **«меньше значит больше»**.

Таким образом, данные исследования PISA-2018 по математической грамотности свидетельствуют, что более 70 % бе-

лорусских учащихся достигли и превысили второй (пороговый) уровень владения навыками, что обеспечивает адекватное функционирование молодых людей в современной социокультурной среде.

Среди сопутствующих факторов, которые оказывают влияние на качество выполнения тестовых работ по математике, можно назвать следующие: а) комплексный характер исследования PISA; б) внутренние установки и культурные (ментальные) особенности участников исследования; в) непривычный формат тестовых заданий по математике.

Специфика предъявления учебного содержания в концепции математического образования PISA находит непосредственное отражение в тестовых заданиях, которым присущи следующие черты: организация активной работы с формами графического предъявления числовых данных (таблицами и диаграммами); активизация пространственного мышления через работу с разнообразными схемами, развёртками, компьютерными моделями объектов; привлечение жизненного опыта учащихся для решения вычислительных задач; широкое использование формул, актуальных для решения конкретных (единичных) задач; формирование опыта вычисления площадей различных фигур и областей; возможность нескольких правильных ответов на один вопрос (на основании принципа относительности); определение степени вероятности события; аргументация решений и полученных ответов с использованием математического языка.

Литература

1. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do / OECD 2019 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>. — Дата доступа : 17.02.2021.
2. Основные результаты международного сравнительного исследования PISA-2018. — Минск : РИКЗ, 2019. — 240 с.
3. PISA: математическая грамотность. — Минск : РИКЗ, 2020. — 252 с.
4. PISA 2021 Mathematics Framework (Draft) / OECD 2019 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2021-mathematics-framework.pdf/>. — Дата доступа : 16.02.2021.

Материал поступил в редакцию 07.06.2021.