

# Естественно-научная подготовка школьников: по результатам международного исследования PISA

*М.Ю. Демидова,  
Г.С. Ковалёва*

**Изменения приоритетов в школьном естественно-научном образовании (переориентация на компетентностный подход, непрерывное самообразование, овладение новыми информационными технологиями, умение сотрудничать и работать в группах) нашли отражение в программе международных исследований PISA, которое проводит Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Одна из основных целей исследования — оценить способность учащихся 15-летнего возраста активно участвовать в жизни общества. Оценивается, насколько учащиеся овладели различными стратегиями обучения, их умение использовать свои знания в разнообразных жизненных ситуациях, межпредметная компетентность (использование знаний, полученных при изучении отдельных учебных предметов или из других источников информации, для решения поставленной задачи).**

## **Естественно-научная грамотность**

Объект оценки в исследовании PISA — естественно-научная грамотность, под которой понимается способность использовать естественно-научные знания, ставить вопросы и делать обоснованные заключения с целью понять окружающий мир и изменения, которые в нём происходят.

В естественно-научной грамотности можно выделить составляющие: узнавание жизненных ситуаций, имеющих отношение к науке и технологии (эта составляющая определяет отбор контекста заданий); понимание материального мира на основе научных знаний, что предполагает как владение знаниями об окружающем мире, так и знаниями о естественных науках (тем самым определяется знаниевый компонент исследования); обладание компетенцией, которая включает умение поставить научные вопросы, обра-

тяться к имеющимся научным знаниям и использовать их, сделать выводы на основе доказанных фактов; интерес к естественно-научному знанию, включение естественно-научной деятельности в систему собственных ценностей, сложившаяся мотивация действовать ответственно по отношению к природным ресурсам и окружающей среде.

Использование жизненных ситуаций в заданиях тестов PISA накладывает существенные ограничения на отбор рассматриваемых в заданиях проблем. Здесь предлагается не привычный набор тем по физике или биологии, а группы таких проблем, как здоровье, природные ресурсы, окружающая среда, источники опасности и риски, связь естествознания и технологии.

Предложенные ситуации рассматриваются в трёх контекстах: личном, социальном (связанном с местным окружением) и глобальном (рассматриваются явления в разных уголках мира). Например, для ситуаций «здоровье» распределение выглядит таким образом: личный контекст — сохранение здоровья, предохранение от травм, правильное питание; социальный контекст — контроль над заболеваемостью, выбор пищи, общественное здоровье; глобальный контекст — эпидемии, распространение инфекционных заболеваний.

### **Результаты юношей и девушек**

Этап 2009 г. продемонстрировал *отсутствие каких-либо изменений в естественно-научной подготовке российских учащихся* по сравнению с предыдущим этапом 2006 года (рейтинг в пределах 33–38 места).

В исследовании PISA 2009 г. выявлялись различия результатов по гендерному признаку. Так, для 21 страны зафиксирован более высокий уровень естественно-научной грамотности у юношей по сравнению с девушками. В 11 странах девушки продемонстрировали более высокий уровень подготовки. Для участников из России статистически значимых различий между результатами юношей и девушек не выявлено: эти данные справедливы не только для среднего балла, но и для распределения юношей и девушек по уровням естественно-научной подготовки.

Однако различия в выполнении отдельных заданий между юношами и девушками прослеживаются и для наших учащихся: как правило, девушки немного лучше выполняют задания, связанные с вопросами биологии и проблемами сохранения здоровья; юноши чуть лучше отвечают на вопросы, связанные с материалом физики и использованием различных технических устройств.

Возможно, контекст этих групп заданий оказал положительное влияние на мотивацию и тем самым несколько улучшил результаты их выполнения. Кроме того известно, что среди естественно-научных предметов при выборе экзамена за курс основной школы девушки отдают предпочтение биологии, а юноши — физике. Тем самым на этом этапе обучения проявляется несколько разный уровень предметной подготовки по биологии и физике для юношей и девушек в основной школе.

### «Знаниевые» задания

Подавляющее большинство заданий исследования PISA выполнено российскими школьниками ниже средних международных показателей, однако есть несколько заданий, результаты выполнения которых оказались выше, чем в среднем по всем странам-участникам исследования. Как правило, в этих заданиях необходимо было продемонстрировать знания по различным естественно-научным предметам либо способность применять эти знания в типовых для российских программ учебных ситуациях.

Примером здесь может быть вопрос из группы «Эпоха пластика», в котором необходимо было сравнить плотности твёрдого тела и жидкости и сделать вывод о том, будет ли это тело плавать или тонуть в данной жидкости.

#### Пример 1

Материалы из пластика имеют различную плотность. Чтобы их различить, кусочки различных материалов можно поместить в жидкости различной плотности.

В пустых ячейках таблицы поставьте «+», если вы считаете, что кусочек пластика всплывёт, или «-», если вы думаете, что он утонет.

Пластик	Использование	Плотность	Жидкость 1	Жидкость 2	Жидкость 3
			Плотность 1,33 г/см <sup>3</sup>	Плотность 1,00 г/см <sup>3</sup>	Плотность 1,18 г/см <sup>3</sup>
Полистирол	Вешалка для пальто	1,06 г/см <sup>3</sup>			
Поликарбонат	Абажур для лампы	1,28 г/см <sup>3</sup>			

По содержанию это типовая учебная ситуация, которая рассматривается в курсе физики основной школы. С этим заданием успешно справились 43,1% российских учащихся при среднем международном показателе 39,7%.

В качестве другого примера можно привести задание 4 из группы «Разные климаты», в котором необходимо было выбрать ответ, объясняющий, какое влияние оказывает близость океана на климат побережий. Результаты российских учащихся оказались немного выше средних международных показателей: 41,7% и 36,2% соответственно.

Однако и для «знаниевых» заданий были и явные «провалы». Так, в той же группе «Разные климаты» предлагалось задание, в котором необходимо было выбрать ответ, объясняющий причину смены времён года (положение земной оси по отношению к Солнцу в июне — июле и декабре — январе). К сожалению, лишь 44,5% наших учащихся указали верный ответ, при этом средний международный показатель составил 60,4%. Печально, что вопрос, который в советские времена изучался ещё в начальной школе, сейчас непосилен для выпускников основной школы.

При анализе результатов выполнения российскими учащимися заданий исследования PISA прослеживается влияние контекста, на основе которого строится группа вопросов (сравнение осуществляется с нашими общими результатами). При этом среди заданий, проверяющих одни и те же умения, лучше всего выполняются задания на биологическом материале: это понятно, если сравнить учебное время в начальной и основной школе на изучение биологического материала с временем, отводимым на физику или химию.

Самые низкие показатели выполнения у заданий, в которых приведены ситуации, связанные с использованием различных технических устройств и технологий. К сожалению, это вполне объяснимо изменениями в преподавании физики: сокращение учебного времени на изучение предмета и введение в курс основной школы новых содержательных единиц привело к интенсификации учебного процесса. «Экономить» время учителя предпочитают, урезая вопросы, связанные с применением изученных физических явлений и законов, а также число практических работ. Тем самым из предмета «вымываются» важные прикладные вопросы.

### **Влияние внешкольной информации**

В результатах российских учащихся в явном виде прослеживается и влияние внешкольной информации. Так, в двух группах заданий «Антибиотики» и «Бактерии в молоке» затрагивался вопрос о действии антибиотиков. При ответе на вопрос «*На что непосредственно воздействуют антибиотики?*» проценты выполнения распределились по разным ответам следующим образом: *на кашель — 16,8%, на боль — 16,1%, на бактерии — 37,2%, на вирусы — 31,8%* (средний международный показатель — 42,9%). Очевидно, наши учащиеся знают, что антибиотики воздействуют на микроорганизмы, но не понимают, на какие именно, поскольку при изучении биологии этому вопросу внимания не уделяется. Вызывает удивление тот факт, что при достаточно больших временных затратах у биологов так и не находится времени на объяснение вопросов, столь важных для сохранения здоровья.

Однако отсутствие предметных знаний не помешало нашим школьникам успешно отвечать на вопросы о том, как влияют антибиотики на микроорганизмы: 71,5% учащихся (при среднем международном показателе 69,1%) смогли правильно выбрать аргументы, подтверждающие опасность приёма антибиотиков без необходимости.

### **Умения письменной речи**

Анализ выполнения заданий PISA-2009, представленных в различной форме, показывает, что при выполнении заданий с выбором ответа наблюдаются минимальные расхождения со средними международными результатами, однако для заданий с развёрнутым ответом эти расхождения становятся более существенными. Помимо содержательных проблем российские школьники испытывают трудности при самостоятельной формулировке описаний, объяснений и выводов: это свидетельствует о слабой сформированности умений письменной речи с использованием естественно-научной терминологии.

### **Типы заданий**

В рамках исследования PISA-2009 все включённые в тестирование задания можно распределить на три группы в соответствии с проверяемыми естественно-научными компетенциями: распознавание и постановка научных вопросов; научное объяснение явлений; использование научных доказательств.

В заданиях на распознавание и постановку научных вопросов требовалось проявить умения выделять проблемы, которые могут исследоваться научными методами, определять источники и выделять ключевые слова, необходимые для поиска информации, различать основные приёмы естественно-научных исследований.

К сожалению, в отечественных измерительных материалах не встречается заданий на определение ключевых слов при поиске необходимой информации. Мы до сих пор не осознали важность формирования умений эффективного поиска информации в Интернете. Как следствие, с соответствующим заданием такого типа у нас справились лишь 55,9% учащихся при среднем международном показателе 68,3%.

### **Пример 2**

*Учёные обнаружили, что есть некоторые различия в степени выживания детёнышей пингвинов в зависимости от того, где родители выбрали место для откладывания яиц. Учёные хотят проверить результаты предыдущего исследования, касающегося мест расположения гнёзд пингвинов.*

*Какое из следующих сочетаний ключевых слов лучше для поиска информации в библиотеке или Интернете?*

- 1) *Различие, выживание, пингвины, исследование.*
- 2) *Пингвины, расположение в гнезде, выживание, яйца.*
- 3) *Расположение гнезда, выживание, яйца, исследование.*
- 4) *Пингвины, норы, кустарники, корни деревьев.*

Для сравнения можно привести результаты учащихся лидирующих стран: в Японии — 85%, а в Южной Корее — 80% учащихся не испытывают затруднений с формулировкой информационного запроса.

Различные типы заданий проверяли понимание отдельных приёмов наблюдений и опытов: формулировка гипотезы опыта, выбор экспериментальной установки, понимание назначения оборудования, анализ хода опыта.

Наименьшие затруднения российские школьники испытывали при формулировке цели исследования: выбрать верную проверяемую гипотезу по описанию опыта смогли 56% наших учащихся при среднем международном показателе 42%, а самостоятельно сформулировать цель опыта по его описанию — лишь 17% (средний международный результат 19,2%).

Несколько хуже средних международных показателей наши школьники справляются с анализом результатов опытов. Наибольшее затруднение вызвал вопрос из группы «Зелёные парки», в котором необходимо было объяснить, почему при испытании различных видов удобрений одно и то же удобрение вносили на несколько участков в разных местах опытного участка. Выделить дополнительные факторы, влияющие на проведение эксперимента, смогли лишь 23% российских школьников (39% по среднему международному показателю).

Сформированность компетенции «Научное объяснение явлений» определялась при помощи заданий, требующих применения естественно-научных знаний в различных жизненных ситуациях, распознавания научных описаний, объяснений и прогнозов, понимания характера явлений и прогнозирование возможных изменений.

Здесь российские учащиеся на уровне средних международных результатов справлялись с заданиями на применение знаний в ситуациях, обсуждаемых на уроках различных естественно-научных предметов. Так, например, 89,1% наших школьников (средний международный

результат 88,6%) выбирают металлическую ложку (как обладающую самой высокой теплопроводностью) при сравнении скорости нагревания ложек из разных материалов.

Наибольшие трудности возникают в ситуациях прогнозирования возможных изменений. Приведём два примера выполнения таких заданий:

- В вопросе группы «Остров пингвинов» необходимо было на основе текста объяснить, почему на острове могла снизиться численность пингвинов. При этом в тексте указывалось, что остров находится в заливе вблизи города, население которого росло быстрыми темпами. Лишь 36,1% российских школьников смогли установить эту достаточно простую причинно-следственную связь.
- В задании из группы «Температура воздуха на земле» необходимо было привести причину, по которой уменьшение количества лесов может привести к увеличению количества углекислого газа в атмосфере. Лишь 27,7% наших учащихся смогли указать на уменьшение фотосинтеза (средний международный процент выполнения этого задания составил 34,5%)

При проверке уровня сформированности компетенции «Использование научных доказательств» предлагались модели заданий, при выполнении которых необходимо было продемонстрировать умения интерпретировать научные факты и данные исследований; формулировать выводы; выявлять предположения, факты или данные исследований, лежащие в основе доказательств или выводов; оценивать последствия применения достижений науки и технологии.

Остановимся на результатах выполнения заданий, в которых требовалось проанализировать данные наблюдений и опытов, представленных в виде графиков и диаграмм. Несмотря на то, что в последнее время пониманию графической информации стало уделяться больше внимания (об этом свидетельствует анализ контрольных измерительных материалов для итоговой аттестации за курс основной школы по физике, биологии и географии), результаты наших школьников остаются пока немного ниже средних международных показателей.

При анализе графиков этот разрыв не столь заметен. Так, например, выбрать правильный вывод на основании одного графика о выработке электроэнергии солнечной батареей в течение суток смогли 72% наших учащихся (средний международный показатель — 77%); выбрать вывод на основании сравнения трёх графиков (рост числа бактерий для разных температурах) сумели 71% школьников (средний международный показатель — 73%), построить объяснение на основании сравнения двух графиков о действии ремней безопасности и комбинированной системы защиты сумели 23,3% учащихся (средний международный показатель — 27%, задание с развёрнутым ответом).

Однако задание, в котором для формулировки вывода необходимо было одновременно проанализировать данные графика средних температур и диаграмму осадков, российские школьники выполнили существенно хуже, чем их зарубежные сверстники (соответственно 34% и 47% выполнения).

Несколько из предложенных в исследовании заданий требовали использования оценочных расчётов при анализе данных. Эти задания российские учащиеся выполнялись хуже, чем аналогичные по деятельности, но без применения мате-

матики. Так, например, на основании данных таблицы необходимо было оценить процент выживших молодых пингвинов (по числу отложенных яиц и числу выживших птенцов) и на основании полученных данных сравнить защищённость мест для гнездования. Лишь 37% российских школьников справились с этим заданием (средний международный результат — 47%). Анализ выбора ответов показывает, что треть учащихся не смогли сравнить два близких значения: оценить разницу в процентах для 25 от 30 и для 80 от 120.

Отметим ещё один тип заданий, аналогов которым в отечественной практике, как правило, не встречается. В таких заданиях предлагаются данные наблюдения или опыта и спрашивается, достаточно ли имеющихся данных для того, чтобы сделать указанный вывод. Для успешного выполнения необходимо уметь выделять дополнительные внешние факторы, которые могли влиять на результаты наблюдения или опыта, и оценивать их влияние.

Примером такого задания может служить вопрос из группы «Остров пингвинов», в котором на основании данных о числе отложенных яиц и выживших птенцов необходимо было сделать вывод о недостатке информации для обоснованной формулировки тенденции о росте численности птиц. Лишь 25% наших учащихся смогли дать ответ на этот вопрос. Очевидно, имеет смысл внедрить в отечественную практику упражнения такого типа, поскольку при их выполнении формируется достаточно важное умение — одно из основополагающих при критическом осмыслении данных научных исследований.

Приведённый выше обзор результатов показывает, что наибольшее отставание от средних международных показателей российские учащиеся демонстрируют при выполнении заданий на интерпретацию научных фактов и данных исследований, выявлении научных фактов и данных исследований, лежащих в основе доказательств и выводов, т.е. наибольшие дефициты наблюдаются при формировании методологических умений.

### **Методические умения**

Этот факт не остаётся незамеченным педагогическим сообществом, и сегодня всё больше внимания уделяется формированию представлений о способах получения научных знаний, т.е. знаний о методологии научного познания. Необходимость знакомить школьников с методологией науки осознаётся всеми участниками образовательного процесса, содержательно закреплена в нормативных документах.

В проектах документов стандартов второго поколения сделан существенный шаг вперёд: в примерных программах расширены блоки, посвящённые вопросам методологии науки, предлагается (для основной школы) интегрированная программа «Основы учебно-исследовательской и проектной деятельности». В отличие от предыдущего поколения стандартов, где вопросы методологии представлены фрагментарно, в новых стандартах указывается на необходимость формировать некоторую систему знаний о методах естественных наук. В частности, предполагается, что выпускники основной школы научатся «распознавать и ставить вопросы, ответы на которые могут быть получены путём научного исследования; использовать такие естественно-научные методы и приёмы, как наблюдение, постановка проблемы, выдвижение «хорошей гипотезы», эксперимент, моделирование, использование математических моделей, теоретическое обоснование, установление границ применимости модели/теории». Кроме того, введены новые для отечественной школы идеи о достоверности и ценности научного знания.

Знакомство с методологией научного познания формирует у учащихся инструментарий для оценки достоверности научной информации, а значит, становится основой для развития крити-

ческого мышления. Для того чтобы определить, насколько достоверны предложенные факты, учащиеся должны научиться отвечать на два основных вопроса: «Каким образом были получены имеющиеся факты?» и «Кем они были представлены?».

Для ответа на первый вопрос необходимо представлять себе ход научных исследований, уметь различать, как используются различные методы познания, оценивать адекватность предложенных выводов полученным результатам. Во втором случае речь идёт о степени доверия тем или иным лицам или тем или иным источникам информации, которыми были предложены новые научные данные.

В практике преподавания естественно-научных предметов обучение вопросам методологии науки разбивается на две части:

- усвоение теоретических знаний о методах научного познания, которое реализуется в теоретическом материале учебников;
- освоение экспериментальных умений (проводить наблюдения, опыты, измерения и т.п.) в лабораторных и практических работах.

Методологические умения наиболее эффективно формируются в исследовательской деятельности учащихся с использованием лабораторного оборудования. Однако для промежуточного и тематического контроля можно использовать и задания теоретического плана. В отечественной методике преподавания физики, химии и биологии такого рода задания пока ещё не нашли своего применения, хотя их актуальность не вызывает сомнений.

### **Задания с выбором ответа**

Процесс создания новых типов заданий всегда трудоёмок и, как правило, базируется на разработке моделей заданий. Под моделью задания понимают описание содержательных характеристик и структуры заданий, т.е. описание того, что проверяет данное задание, что должно содержаться в его тексте, как должен быть сформулирован вопрос, каким образом оценивается задание. При наличии такого описания можно выстроить целую группу подобных заданий на различном материале. Приведём примеры нескольких моделей заданий с выбором ответа, проверяющих отдельные методологические умения. В таблице перед каждым заданием приведено краткое описание модели задания: текста задания («Что дано в задании») и текста верного ответа и дистракторов («Что нужно определить»).

#### **Пример 1**

Что дано в задании	Что нужно определить
<b>Умение: распознавать проблемы, которые можно исследовать естественно-научными методами</b>	
Описание проблемы, решение которой разбивается на проблемы естественно-научного характера, решаемые другими способами	Из предложенных вопросов выбрать те, в которых сформулированы проблемы, решить которые можно с использованием естественно-научных методов

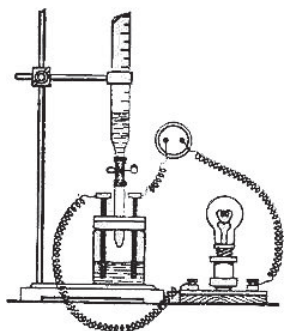


Андрей и Руслан готовились к соревнованию радиоуправляемых моделей самолётов. Ребятам очень хотелось победить, и они сформулировали проблемы, которые необходимо было решить до соревнований. На какие из указанных ниже вопросов ребята смогут ответить, используя естественно-научные методы исследования?

- А. Какой вид топлива лучше использовать для достижения наибольшей дальности полёта?
- Б. В какой цвет покрасить крылья самолёта, чтобы он понравился членам жюри?
- В. Где разместить антенну приёмного устройства, чтобы обеспечить наилучшую управляемость модели с земли?
- Г. Как правильно оформить заявку на участие в соревнованиях?

### Пример 2

Что дано в задании	Что нужно определить
<b>Умение: понимание назначения отдельных частей экспериментальной установки или отдельных процедур в проведении опыта</b>	
Описание опыта, в котором формулируется проверяемая гипотеза и описывается экспериментальная установка или отдельные процедуры опыта	Выбрать правильное назначение отдельной части экспериментальной установки или отдельной процедуры опыта из предложенных ответов



На уроке химии при помощи прибора, изображённого на рисунке, изучали электропроводность растворов. В стакан опустили два стальных стержня, которые через электрическую лампочку подсоединены к источнику тока. Из бюретки можно добавлять в стакан растворы исследуемых веществ. Из бюретки в стакан налили раствор соляной кислоты, при замыкании цепи лампочка загорелась.

В этой экспериментальной установке лампочка:

- 1) освещает установку для лучшей видимости;
- 2) своим светом увеличивает скорость химической реакции в стакане;
- 3) служит индикатором протекания электрического тока через раствор;
- 4) служит источником тока.

### Пример 3

Что дано в задании	Что нужно определить
<b>Умение: понимание гипотезы, проверяемой данным опытом</b>	
Описание опыта, в котором без указания проверяемой гипотезы описывается экспериментальная установка или отдельные процедуры опыта	Выбрать из предложенных ответов правильную формулировку гипотезы, проверяемую данным опытом

В XVII веке подавляющее большинство учёных было уверено, что мелкие организмы появляются из навоза, кучи мусора, грязного белья и т.д. Доказательством этого служил, например, тот факт, что в куске оставленного на столе мяса через некоторое время появлялись белые «червячки» — личинки мух. Итальянский учёный Ф. Реди поставил такой опыт: разрезал кусок мяса на две части и поместил их в два одинаковых кувшина. Первый кувшин учёный обвязал сверху тонкой марлей, второй оставил открытым. Во время опыта он следил за тем, появляются ли в кусках мяса белые «червячки».

Какую гипотезу проверял Ф. Реди своим экспериментом?

- 1) Личинки мух появляются в мясе не в результате самозарождения, мухи откладывают в мясо яйца.
- 2) Личинки мух появляются в мясе в связи с тем, что для мух характерно половое размножение.
- 3) Марля пропускает очищенный воздух, что способствует более быстрому размножению мух.
- 4) Чем качественнее взятый для опыта кусок мяса, тем больше времени необходимо для появления личинок мух.

\* \* \*

Приведённые примеры, разумеется, не исчерпывают всего разнообразия возможных моделей заданий, диагностирующих сформированность методологических умений. Создание достаточно большой совокупности такого рода моделей обеспечит не только эффективную диагностику планируемых результатов, касающихся овладения методологическими умениями, но и единство требований во всех естественно-научных предметах.

Введение в практику преподавания естественно-научных предметов такого рода заданий позволит сдвинуть с мёртвой точки ситуацию с формированием методологических умений. Может быть тогда и результаты наших школьников — участников международного исследования PISA, наконец улучшатся.

---

**Марина Юрьевна Демидова,**  
заведующая отделом естествознания Московского института  
открытого образования

**Галина Сергеевна Ковалёва,**  
руководитель Центра оценки качества образования Института  
содержания и методов обучения РАО, кандидат педагогических наук