

## Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности

Оценивание естественнонаучной грамотности учащихся в исследовании PISA основывается на следующем определении этого понятия:

*Естественнонаучная грамотность – это способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с развитием естественных наук и применением их достижений, его готовность интересоваться естественнонаучными идеями. Естественнонаучно грамотный человек стремится участвовать в аргументированном обсуждении проблем, имеющим отношение к естественным наукам и технологиям, что требует от него следующих компетенций:*

- научно объяснять явления;
- понимать особенности естественнонаучного исследования;
- научно интерпретировать данные и использовать доказательства для получения выводов.

Из этого определения вытекают требования к заданиям по оцениванию естественнонаучной грамотности. Они должны быть направлены на проверку перечисленных выше компетенций и при этом основываться на реальных жизненных ситуациях. Именно такие задания, объединенные в тематические блоки, составляют измерительный инструментарий исследования PISA. Блок заданий включают в себя описание реальной ситуации, представленное, как правило, в проблемном ключе, и ряд вопросов-заданий, относящихся к этой ситуации. При этом каждый из вопросов-заданий классифицируется по следующим категориям:

- компетенция, на оценивание которой направлено задание;
- тип естественнонаучного знания, затрагиваемый в задании;
- контекст;
- познавательный уровень (или степень трудности) задания.

### КОМПЕТЕНЦИИ И УМЕНИЯ

Каждая из трех компетенций, характеризующих естественнонаучную грамотность, включает в себя набор конкретных умений, на проверку которых может быть непосредственно направлен вопрос задания. Эти умения можно рассматривать как базовый набор действий, которые способен выполнять научно грамотный человек. Ниже приводится детализация тех компетенций, которые оцениваются в исследовании PISA.

#### 1. Научное объяснение явлений

Распознавание, выдвижение и оценка объяснений для природных и техногенных явлений, что включает способности:

- Вспомнить и применить соответствующие естественнонаучные знания;
- Распознавать, использовать и создавать объяснительные модели и представления;
- Сделать и подтвердить соответствующие прогнозы;
- Предложить объяснительные гипотезы;
- Объяснить потенциальные применения естественнонаучного знания для общества.

## 2. Понимание особенностей естественнонаучного исследования

Описание и оценка научных исследований, предложение научных способов решения вопросов, что включает способности:

- Распознавать вопрос, исследуемый в данной естественнонаучной работе;
- Различать вопросы, которые возможно естественнонаучно исследовать;
- Предложить способ научного исследования данного вопроса;
- Оценить с научной точки зрения предлагаемые способы изучения данного вопроса;
- Описать и оценить способы, которые используют учёные, чтобы обеспечить надёжность данных и достоверность объяснений.

## 3. Интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов

Анализ и оценка научной информации, утверждений и аргументов и получение выводов, что включает способности:

- Преобразовать одну форму представления данных в другую;
- Анализировать, интерпретировать данные и делать соответствующие выводы;
- Распознавать допущения, доказательства и рассуждения в научных текстах;
- Отличать аргументы, которые основаны на научных доказательствах, от аргументов, основанных на других соображениях;
- Оценивать научные аргументы и доказательства из различных источников (например, газета, интернет, журналы).

## ТИПЫ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Каждая из компетенций, оцениваемых в задании, может демонстрироваться на материале научного знания следующих типов:

- **Содержательное знание**, знание научного содержания, относящегося к следующим областям: «Физические системы», «Живые системы» и «Науки о Земле и Вселенной».
- **Процедурное знание**, знание разнообразных методов, используемых для получения научного знания, а также стандартных исследовательских процедур.

Содержательные области формально можно соотнести с предметными знаниями. Так, «Физические системы» – это преимущественно материал физики и химии, «Живые системы» – биология, «Науки о Земле и Вселенной» – география, геология, астрономия. Однако с точки зрения содержания задания PISA часто имеют межпредметный характер.

Что касается *процедурного знания*, то оно в равной мере относится ко всем естественнонаучным предметам, что, в первую очередь, и позволяет объединять их в одну группу и говорить именно о *естественнонаучной*, а не о какой-то узко предметной, грамотности. В нашей практике комплекс знаний, умений, компетенций, относящихся к типу процедурного знания, чаще принято объединять под рубрикой «Методы научного познания».

## КОНТЕКСТЫ

Контекстом можно назвать тематическую область, к которой относится описанная в вопросе (задании) проблемная ситуация. В исследовании PISA-2015 эти ситуации группируются по следующим контекстам:

- здоровье;
- природные ресурсы;
- окружающая среда;
- опасности и риски;
- связь науки и технологий.

При этом каждая из ситуаций может рассматриваться на одном из трех уровней: *личностном* (связанном с самим учащимся, его семьей, друзьями), *местном/национальном* или *глобальном* (в котором рассматриваются явления, происходящие в различных уголках мира). Посмотрим, например, как выглядит на разных уровнях ситуация, относящаяся к контексту «связь науки и технологий» и содержательному типу знания («Физические системы»). На личностном уровне она может быть связана с работой бытовых электрических приборов, принципом действия плавкого предохранителя или солевой грелки. На местном/национальном уровне – с принципом действия ветряного электрогенератора или использованием энергосберегающих крыш домов. На глобальном уровне – с использованием в технике реактивного принципа движения (или закона сохранения импульса) или способом получения энергии в результате расщепления атомного ядра.

Контекст – очень важное условие того, чтобы данное учебное задание можно было считать заданием на естественнонаучную грамотность. Ведь естественнонаучная грамотность (как и другие виды функциональной грамотности) как раз и предполагает способность применить знания в реальной ситуации, а не в рафинированных абстрактных условиях. На последнее рассчитаны задания (задачи) другого типа. Другое дело, что сам перечень контекстов может быть иным или более широким, чем предлагаемый в исследовании PISA.

Именно наличие контекста, в который помещена проблемная ситуация, дает ответ на вопрос, *зачем* может понадобиться то или иное естественнонаучное знание. Задания (задачи) вне контекста – с тележками, блоками, последовательным и параллельным соединением проводников, тонкими линзами и т.д. – оставляют этот вопрос открытым, что делает бессмысленным для многих учеников приложение усилий к таким задачам.

Между тем преобразовать типовое, *бесконтекстное*, задание в *контекстное* иногда не составляет труда. Приведем пример. Вот одно из типичных заданий по физике, предлагаемое на ОГЭ:

Два сплошных шара одинакового объема, алюминиевый (1) и медный (2), падают с одинаковой высоты из состояния покоя. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Сравните кинетические энергии  $E_1$  и  $E_2$  и скорости шаров  $u_1$  и  $u_2$  непосредственно перед ударом о землю.

1)  $E_1 = E_2; u_1 = u_2$

2)  $E_1 = E_2; u_1 < u_2$

3)  $E_1 < E_2; u_1 = u_2$

4)  $E_1 < E_2; u_1 < u_2$

В контекстной форме это же по смыслу задание может выглядеть следующим образом:

Вообразите, что космонавтам, находящимся на Луне, с зависшего над поверхностью летательного аппарата одновременно сбрасывают два контейнера с необходимым оборудованием. Контейнер 1 больше по массе, чем контейнер 2. Сравните время, которое понадобится обоим контейнерам для достижения поверхности Луны, и их скорости непосредственно перед ударом о поверхность.

*Для простоты оценивания здесь могут быть даны варианты ответа.*

Инженеры также рассчитывают кинетическую энергию, которую будет иметь контейнер при ударе о поверхность. Объясните, для чего они это делают/

*Здесь должно быть дано объяснение.*

Сравните кинетические энергии обоих контейнеров непосредственно перед ударом о поверхность.

*Даются варианты ответа.*

В этом виде задание можно отнести, например, к контексту «связь науки и технологий» (поскольку речь идет об использовании технических устройств), глобальному уровню (поскольку космонавтика – дело всей планеты). Тип знания здесь – содержательное знание (физика, механика). Проверяемые умения относятся к компетенции «научное объяснение явлений». При этом для объяснения требуется не просто применить соответствующие знания по физике, но фактически и воспользоваться некоторыми модельными представлениями: мысленно заменить контейнеры просто на физические тела, понять, что в ситуации Луны не требуется специально оговаривать отсутствие сопротивления воздуха, а далее уже, наоборот, абстрагироваться от того, на какой планете все происходит и перейти к идеальному случаю свободного падения тела под действием силы тяжести. При выполнении подобного задания в рамках текущего или итогового контроля эти модельные представления могут, конечно, использоваться учащимися интуитивно, неосознанно. Но если задание обсуждается в классе, то на них безусловно следует акцентировать внимание, поскольку на самом деле именно сведение ситуации к модели позволяет решить задачу.

### **ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЕ УРОВНИ**

Для заданий по естественнонаучной грамотности в исследовании PISA определяются также уровни познавательных действий, которые должен выполнить ученик для выполнения задания. Трудность любого задания – это сочетание его собственной интеллектуальной сложности (т.е. сложности требуемых мыслительных процедур) и объема знаний и умений, необходимых для выполнения задания. Выделяются следующие познавательные уровни:

- **Низкий**

Выполнять одношаговую процедуру, например, распознавать факты, термины, принципы или понятия, или найти единственную точку, содержащую информацию, на графике или в таблице.

- **Средний**

Использовать и применять понятийное знание для описания или объяснения явлений, выбирать соответствующие процедуры, предполагающие два шага или более, интерпретировать или использовать простые наборы данных в виде таблиц или графиков.

- **Высокий**

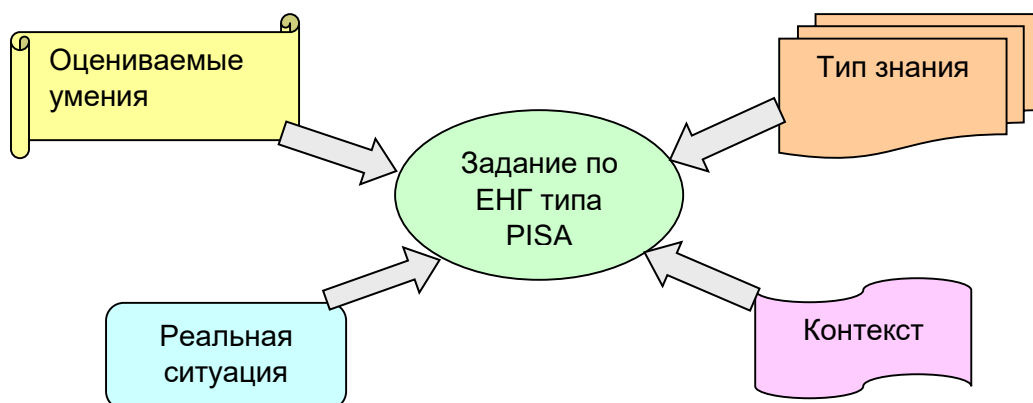
Анализировать сложную информацию или данные, обобщать или оценивать доказательства, обосновывать, формулировать выводы, учитывая разные источники

информации, разрабатывать план или последовательность шагов, ведущих к решению проблемы.

Определение познавательного уровня, или степени трудности, задания в соответствии с этими критериями – порой само по себе нелегкая задача. Чаще всего мы оцениваем эту трудность интуитивно, «на глазок», или она определяется эмпирически, в зависимости от того, какой процент ребят на той или иной выборке выполняет данное задание. Далее оценка познавательного уровня задания будет продемонстрирована на конкретных примерах.

### МОДЕЛЬ ЗАДАНИЙ ПО ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ В ФОРМАТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ PISA

В наиболее общем виде модель задания по оценке естественнонаучной грамотности (ЕНГ) в формате исследования PISA можно представить в виде следующей схемы:



При этом трудность задания (познавательные уровни) может зависеть от сложности описания самой реальной ситуации, необходимого объема содержательного знания и того, на каком уровне должно быть продемонстрировано то или иное умение. Например, если предлагается дать научное объяснение какого-то явления, то, во-первых, само явление может быть проще или сложнее, а во-вторых, объяснять его можно поверхностно, на качественном уровне или, например, с использованием математического аппарата.

Чтобы более наглядно представить способы построения заданий в соответствии с этой моделью, а также смысл каждой из категорий, по которым можно характеризовать задания, рассмотрим одно из так называемых *открытых* заданий по естественнонаучной грамотности из PISA-2015.

#### **Задание: *Синдром гибели пчелиных семей***

В этом задании рассматривается явление, которое называется «синдром гибели пчелиных семей». Вводные материалы включают короткий текст, описывающий это явление, и график, представляющий результаты исследования, в котором изучалась связь между использованием инсектицида имидаклоприда и гибелью пчелиных семей.

## Вопрос №1

PISA 2015

**Синдром гибели пчелиных семей**  
Вопрос 1 / 5


Прочитайте текст "Синдром гибели пчелиных семей", расположенный справа. Запишите свой ответ на вопрос.

Людам, которые разводят и изучают пчёл, очень важно понимать, что такое синдром гибели пчелиных семей, однако этот синдром может оказывать влияние не только на пчёл. Люди, изучающие птиц, также заметили его влияние. Подсолнух служит источником пищи и для пчёл, и для некоторых видов птиц. Пчёлы питаются нектаром подсолнуха, а птицы – его семенами.

Учитывая эту связь, объясните, почему исчезновение пчёл может привести к сокращению популяции птиц.

СИНДРОМ ГИБЕЛИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ

Пчелиным семьям по всему миру угрожает опасное явление. Оно называется «синдром гибели пчелиных семей». Оно состоит в том, что пчёлы покидают свой улей. Отделившись от улья, пчёлы погибают, и таким образом синдром гибели пчелиных семей уже вызвал гибель десятков миллиардов пчёл. Учёные считают, что существует несколько причин гибели пчелиных семей.



Для правильного ответа на этот вопрос учащиеся должны дать объяснение, в котором говорится о том, что цветы не смогут образовывать семена без опыления. Умение, которое требуется для ответа на этот вопрос, относится к группе «научное объяснение явлений», а именно, учащимся надо вспомнить и применить соответствующие естественнонаучные знания.

Номер вопроса	1
Компетенция	Научное объяснение явлений
Тип знания	Содержательное знание: живые системы
Контекст	Окружающая среда; местный/национальный
Познавательный уровень	Средний
Формат вопроса	С открытым ответом

## Вопрос №2

PISA 2015

**Синдром гибели пчелиных семей**  
Вопрос 2 / 5

Прочитайте текст "Воздействие имидаклоприда", расположенный справа. Выберите в выпадающих меню правильное завершение предложения.

Опишите проведённый учёными эксперимент, дополнив следующее предложение.

Учёные изучили влияние

Выберите

на

Выберите

**СИНДРОМ ГИБЕЛИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ**  
**Воздействие имидаклоприда**

Учёные считают, что существует несколько причин гибели пчелиных семей. Одна из возможных причин – инсектицид под названием имидаклоприд, из-за которого пчёлы могут потерять способность ориентироваться вне улья.

Учёные провели эксперименты, чтобы выяснить, приводит ли воздействие имидаклоприда к гибели семей. В некоторых ульях они в течение трёх недель добавляли в пищу пчёл инсектицид. Разные ульи подвергались воздействию разных концентраций инсектицида, измеряемых в микрограммах инсектицида на килограмм пищи (мкг/кг). Некоторые ульи совсем не подвергались воздействию инсектицида.

Ни одна из семей не погибла сразу же после воздействия инсектицида. Тем не менее, к 14-й неделе некоторые ульи опустели. Результаты экспериментов отражены на следующем графике:

Число недель после воздействия инсектицида	0 мкг/кг	20 мкг/кг	400 мкг/кг
10	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%
14	0%	25%	50%
16	0%	25%	50%
18	0%	25%	100%
20	25%	75%	100%
22	25%	100%	100%

Учащимся предлагается выбрать один из трех вариантов в каждом выпадающем меню, чтобы продемонстрировать понимание того, какой вопрос исследуется в данном эксперименте. Таким образом, для выполнения этого задания надо применить умение, относящееся к компетенции «применение методов естественнонаучного исследования». В каждом выпадающем меню предлагаются три следующих варианта:

- гибель пчелиных семей;
- концентрация имидаклоприда в пище;
- невосприимчивость пчёл к имидаклоприду.

Правильный ответ состоит в том, что ученые изучали влияние *концентрации имидаклоприда в пище* на *гибель пчелиных семей*, и такой ответ указывает на то, что учащийся правильно идентифицирует независимые и зависимые переменные в данном эксперименте.

Номер вопроса	2
Компетенция	Понимание особенностей естественнонаучного исследования
Тип знания	Процедурное знание
Контекст	Окружающая среда; местный/национальный
Познавательный уровень	Средний
Формат вопроса	Со сложным множественным выбором ответа

## Вопрос №3

PISA 2015

**Синдром гибели пчелиных семей**  
Вопрос 3 / 5

Прочитайте текст "Воздействие имидаклоприда", расположенный справа. Для ответа на вопрос отметьте нужный вариант ответа.

Какой из приведённых ниже выводов соответствует результатам, показанным на графике?

- Семьи, подвергшиеся воздействию большего количества имидаклоприда, обычно гибнут быстрее.
- Семьи, подвергшиеся воздействию имидаклоприда, гибнут в течение 10 недель после воздействия.
- Воздействие имидаклоприда в количестве, меньшем 20 мкг/кг, не вредит семьям.
- Семьи, подвергшиеся воздействию имидаклоприда, не проживают дольше 14 недель.

**СИНДРОМ ГИБЕЛИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ**  
**Воздействие имидаклоприда**

Учёные считают, что существует несколько причин гибели пчелиных семей. Одна из возможных причин – инсектицид под названием имидаклоприд, из-за которого пчёлы могут потерять способность ориентироваться вне улья.

Учёные провели эксперименты, чтобы выяснить, приводит ли воздействие имидаклоприда к гибели семей. В некоторых ульях они в течение трёх недель добавляли в пищу пчёл инсектицид. Разные ульи подвергались воздействию разных концентраций инсектицида, измеряемых в микрограммах инсектицида на килограмм пищи (мкг/кг). Некоторые ульи совсем не подвергались воздействию инсектицида.

Ни одна из семей не погибла сразу же после воздействия инсектицида. Тем не менее, к 14-й неделе некоторые ульи опустели. Результаты экспериментов отражены на следующем графике:

Число недель после воздействия инсектицида	0 мкг/кг	20 мкг/кг	400 мкг/кг
10	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%
14	0%	25%	50%
16	0%	25%	50%
18	0%	25%	100%
20	25%	75%	100%
22	25%	100%	100%

Этот вопрос требует интерпретации графика с данными о взаимосвязи между концентрацией применяемого инсектицида и временем, через которое погибают пчелиные семьи. Таким образом, этот вопрос направлен на оценивание умения, относящегося к компетенции «интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов».

Правильный ответ – это первый вариант: «Семьи, подвергшиеся воздействию большего количества имидаклоприда, обычно гибнут быстрее». Этот вывод следует из анализа графика, показывающего, что в период с 14-й по 20-ю неделю проведения эксперимента процент гибели пчелиных семей выше при концентрации инсектицида 400 мг/кг в сравнении с 20 мг/кг.

Номер вопроса	3
Компетенция	Интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов
Тип знания	Процедурное
Контекст	Окружающая среда; местный/национальный
Познавательный уровень	Средний
Формат вопроса	С простым множественным выбором ответа



## Вопрос №4

PISA 2015

**Синдром гибели пчелиных семей**  
Вопрос 4 / 5

Прочитайте текст "Воздействие имидаклоприда", расположенный справа. Запишите свой ответ на вопрос.

Посмотрите на результаты 20-ти недель эксперимента для ульев, которые учёные не подвергали воздействию имидаклоприда (0 мкг/кг). Что эти результаты говорят о причинах гибели исследуемых семей?

**СИНДРОМ ГИБЕЛИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ**  
Воздействие имидаклоприда

Учёные считают, что существует несколько причин гибели пчелиных семей. Одна из возможных причин – инсектицид под названием имидаклоприд, из-за которого пчёлы могут потерять способность ориентироваться вне улья.

Учёные провели эксперименты, чтобы выяснить, приводит ли воздействие имидаклоприда к гибели семей. В некоторых ульях они в течение трёх недель добавляли в пищу пчёл инсектицид. Разные ульи подвергались воздействию разных концентраций инсектицида, измеряемых в микрограммах инсектицида на килограмм пищи (мкг/кг). Некоторые ульи совсем не подвергались воздействию инсектицида.

Ни одна из семей не погибла сразу же после воздействия инсектицида. Тем не менее, к 14-й неделе некоторые ульи опустели. Результаты экспериментов отражены на следующем графике:

Число недель после воздействия инсектицида	0 мкг/кг	20 мкг/кг	400 мкг/кг
10	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%
14	0%	25%	50%
16	0%	25%	50%
18	0%	25%	100%
20	25%	75%	100%
22	25%	100%	100%

Учащиеся должны предложить гипотезу для объяснения гибели пчелиных семей в контрольной группе, то есть здесь проверяется одно из умений, относящихся к компетенции «научное объяснение явлений». В правильном ответе указывается, что должна существовать какая-то другая естественная причина для гибели изучаемых пчелиных семей, или что ульи в контрольной группе не были надежно защищены от воздействия инсектицида.

Номер вопроса	4
Компетенция	Научное объяснение явлений
Тип знания	Содержательное знание: живые системы
Контекст	Окружающая среда; местный/национальный
Познавательный уровень	Средний
Формат вопроса	С открытым ответом

## Вопрос №5

PISA 2015

Синдром гибели пчелиных семей  
Вопрос 5 / 5

Для ответа на вопрос отметьте нужный вариант ответа.

Учёные предлагают две дополнительные причины гибели семей:

- Вирус, поражающий и убивающий пчёл.
- Муха-паразит, которая откладывает яйца в телах пчёл.

Какой из приведенных ниже результатов исследования поддерживает предположение, что пчёлы погибают из-за вируса?

В ульях были обнаружены яйца другого организма.

В клетках пчёл были обнаружены инсектициды.

В клетках пчёл была обнаружена ДНК, не принадлежащая пчёлам.

В ульях были обнаружены мёртвые пчёлы.

Учащиеся должны использовать соответствующие научные знания о вирусных инфекциях, чтобы объяснить явление, описанное в вопросе, а именно, присутствие чужеродной ДНК в клетках пчел. То есть данный вопрос проверяет умение, относящееся к компетенции «научное объяснение явлений». Здесь третий вариант является правильным выбором: «В клетках пчёл была обнаружена ДНК, не принадлежащая пчёлам».

Номер вопроса	5
Компетенция	Научное объяснение явлений
Тип знания	Содержательное знание: живые системы
Контекст	Окружающая среда; местный/национальный
Познавательный уровень	Средний
Формат вопроса	С простым множественным выбором ответа

В качестве необходимого дополнительного комментария к этому заданию следует сказать, что сама описанная ситуация представляет собой незнакомый учащимся материал, и именно на этом новом материале им предлагается продемонстрировать свои знания и умения. Это можно считать типичными условиями для демонстрации естественнонаучной грамотности.

В соответствии с этой же моделью могут разрабатываться новые задания: как опирающиеся в основном на содержание какого-то одного предмета, так и межпредметные.