

## РЕЗУЛЬТАТЫ КРАЕВОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ

### Введение

Современный человек должен уметь определять, какие данные являются научными, уметь выявлять их искажения и оценивать степень достоверности. Эти умения лежат в основе естественнонаучной грамотности (ЕНГ), которая предполагает владение такими компетенциями, как способность научно объяснять природные явления, понимать особенности естественнонаучного исследования, интерпретировать данные и использовать научные доказательства. Они также определяют способность человека участвовать в аргументированном обсуждении проблем, относящихся к естественным наукам и технологиям, и в целом его способность занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками, готовность интересоваться естественнонаучными идеями [1,2].

Оценка уровня естественнонаучной грамотности школьников в мировой практике осуществляется в рамках Международной программы по оценке образовательных достижений учащихся (*Programme for International Student Assessment, PISA*) [3], в которой принимает участие и Российская Федерация. PISA – исследование с трехлетним циклом, в котором сравниваются системы образования нескольких десятков стран. Участвуют в нем 15-летние учащиеся, которые выполняют задания по нескольким направлениям, в числе которых и ЕНГ. При этом в центре внимания находится не оценка академических знаний и элементов содержания того или иного учебного предмета, а умение с их помощью действовать, осмысливать факты, делать выводы и принимать решения в ситуациях, максимально приближенных к реальным [4,5].

Президентом РФ в Указе от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» была поставлена задача – обеспечение глобальной конкурентоспособности российского образования, вхождение Российской Федерации в число 10 ведущих стран мира по качеству общего образования [6]. Предполагается, что одним из ключевых показателей успешного решения данной задачи будет вхождение России в топ-10 как раз по результатам PISA [7]. Однако России пока не удается войти даже в двадцатку стран – лидеров в области естественнонаучного образования. По результатам PISA 2018 года позиция Российской Федерации в рейтинге стран практически не изменилась по сравнению с предыдущими циклами тестирования. Результаты российских учащихся статистически значимо не отличаются от результатов учащихся 7 стран (Испании, Литвы, Венгрии, Люксембурга, Исландии, Хорватии, Беларуси), статистически ниже результатов 29 стран и выше результатов 33 стран [1]. Средний балл нашей страны даже на 9 ниже, чем в PISA 2015 года [8], хотя это снижение не считается значимым [1].

Задания по естественнонаучной грамотности объединяются в группы по разным критериям, в числе которых познавательные уровни, тематические области, а также проверяемые умения. Выделяют три основные группы умений:

- 1) описание и объяснение естественнонаучных явлений на основе имеющихся научных знаний;
- 2) распознавание научных вопросов и применение методов естественнонаучного исследования;
- 3) интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов [1].

Наибольшие сложности российские ученики, как правило, испытывают при выполнении заданий второй группы. Это связано в том числе с особенностями отечественных учебных программ, в которых не очень много внимания уделяется пониманию того, как получать достоверные научные знания. Основной акцент в нашей школе традиционно делается на умении объяснять явления окружающего мира [2,5]. При этом следует отметить, что в соответствии с требованиями ФГОС основного общего образования (ООО) одним из результатов обучения школьников должны быть сформированная целостная научная картина мира и общий научный подход к решению задач [9]. Исследователями неоднократно отмечалась корреляция между умениями, заложенными в стандарте, и умениями, проверяемыми PISA [2,10,11]. Но российские школьники, принимавшие участие в тестировании в 2018 году, обучались еще в соответствии с требованиями предыдущего образовательного стандарта 2004 года. Это может объяснять отсутствие положительной динамики при сравнении результатов PISA-2015 и PISA-2018 по естественнонаучной грамотности. В следующих циклах PISA примут участие школьники, которые обучаются по ФГОС ООО. Однако есть опасения, что результат если и улучшится, то незначительно. Дело в том, что в России естественнонаучное знание традиционно разделено по предметам (химия, физика, биология), которые не всегда скоординированы друг с другом. В результате у многих учеников не формируется целостная научная картина мира и общий научный подход к решению задач. Учебники, программы, методики и традиции ориентированы в первую очередь на предметные результаты. Хотя формирование метапредметных умений, общих для всей естественнонаучной области, входит в требования ФГОС ООО, не всегда понятно, как их достигать.

В этих условиях работу по развитию естественнонаучной грамотности школьников целесообразно начинать с понимания модели ее оценки, новой для российской школы, и детального анализа трудностей, возникающих в освоении основных умений. Именно с этой целью была разработана диагностическая работа для учащихся 8-х классов Красноярского края (КДР8) [12].

Основные задачи КДР8 – оценка естественнонаучной грамотности учеников 8 класса, у которых уже ведутся все предметы естественнонаучного цикла, но их освоение еще может быть скорректировано; а также оценка состояния дел в региональной системе естественнонаучного образования. При этом работа призвана решать и другие задачи: знакомить учителей, администрации школ, муниципальные методические службы с подходами к оценке естественнонаучной грамотности на примере конкретных заданий; содействовать интеграции учителей, ведущих разные предметы естественнонаучного цикла, чтобы они видели области пересечения своей работы и области, где нужно действовать в сотрудничестве. В задачу КДР8 не входит дифференцированная оценка освоения программы по физике, химии, биологии или физической географии.

Конечно, на региональном уровне невозможно воспроизвести модель PISA – огромного международного исследования, модель и задания для которого создают экспертные команды множества стран. Невозможно и проверить столь же широкий спектр результатов. Задача региональной команды разработчиков – предложить те задания, которые будут измерять естественнонаучную грамотность, а не что-либо другое. Для этого изучаются задания открытого банка PISA, материалы федерального мониторинга функциональной грамотности, используется опыт краевой контрольной работы по физике.

### **Характеристики уровней достижений учащихся**

Результаты учащихся 8-х классов Красноярского края, выполнявших КДР8 в феврале 2021 года, являются достаточно низкими – средний балл составляет 28,64% от максимальных 28 баллов.

По основным группам проверяемых умений средний процент успешности выполнения заданий составил:

- 1) описание и объяснение естественнонаучных явлений на основе имеющихся научных знаний – 23,13%,
- 2) распознавание научных вопросов и применение методов естественнонаучного исследования – 30,72%,
- 3) интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов – 29,58%.

Это указывает на проблемы прежде всего в умении описывать и объяснять естественнонаучные явления на основе имеющихся научных знаний. Это согласуется с результатами PISA 2018 года, когда российские учащиеся продемонстрировали в сравнении с предыдущими циклами более низкие результаты именно по первой группе умений [1].

По результатам КДР8 учащиеся были разделены на три группы по уровню естественнонаучной грамотности: показавшие повышенный уровень (3,23%), базовый уровень (50,35%) и уровень ниже базового (46,62%).

Повышенный уровень присваивался, если ученик набрал за работу не менее 17 баллов (выполнил более 60% работы) и при этом получил не менее 2 баллов по каждой из трех групп проверяемых умений.

Базовый уровень присваивался, если ученик набрал за работу не менее 7 баллов (выполнил хотя 25% работы) и при этом хотя бы по 1 баллу по каждой из трех групп проверяемых умений.

В остальных случаях присваивался уровень ниже базового, который говорит о том, что ученик не продемонстрировал естественнонаучную грамотность.

Если в качестве порога принять решаемость каждого задания, равную 50%, предположив, что при большем значении учащиеся скорее могут его выполнить, а при меньшем – скорее не могут, то учащиеся с повышенным уровнем способны выполнить преобладающую часть заданий за исключением заданий 2, 9 и 13 (см. Рисунок 1).

Ученики с повышенным уровнем естественнонаучной грамотности демонстрируют высокую самостоятельность мышления, способны связывать новые данные и ситуации с уже известными из школьного курса (например, данные об осмосе и диффузии), анализировать новые ситуации, но при этом не всегда корректно делают выводы и интерпретируют данные.

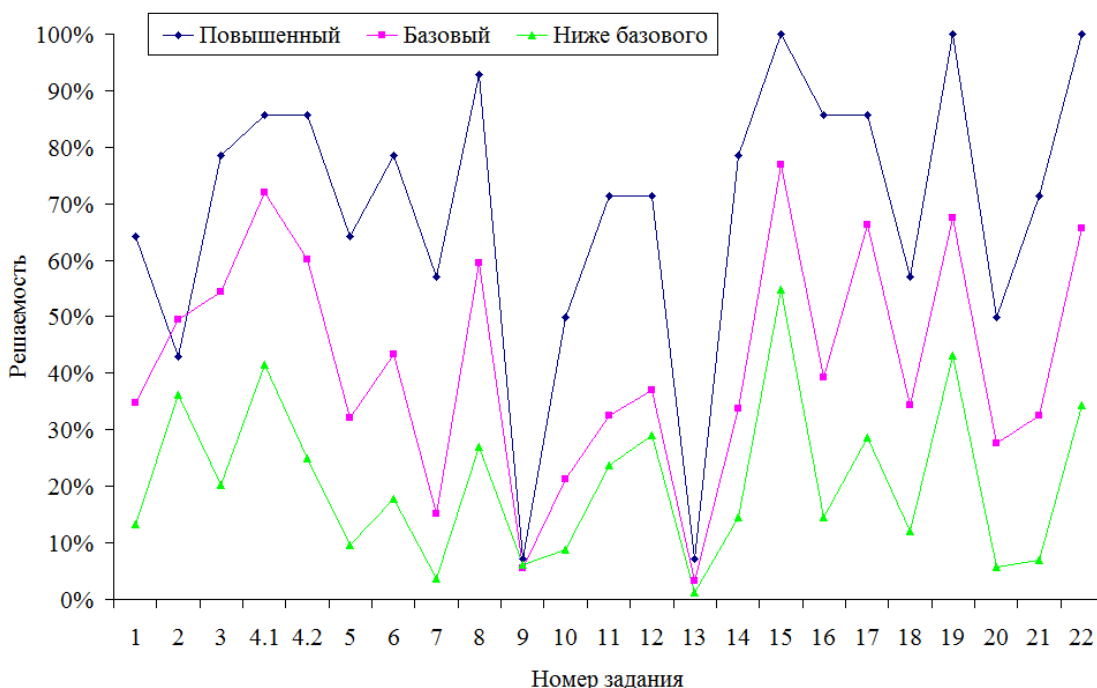


Рисунок 1. Доля учащихся с разным уровнем естественнонаучной грамотности, получивших за задания КДР8 хотя бы 1 балл

Ученики, показавшие базовый (пороговый) уровень естественнонаучной грамотности, как правило, более чем в 50% случаев справились с заданиями 3, 4.1 и 4.2, 8, 15, 17, 19, 22. Они

- понимают, какие способы организации эксперимента уменьшает вероятность ошибки и повышает достоверность получаемых данных (задание 3);

- могут найти ошибку в измерениях и скорректировать способ расчета средней массы (задание 4);

- понимают, на какой исследовательский вопрос можно получить ответ, имея в своем распоряжении то или иное оборудование и возможности (задание 8);

- могут выполнять несложную интерпретацию экспериментальных данных, например, определить наиболее изученный объект (задание 15);

- могут, проанализировав схему и описание экспериментальной методики лечения, выделить недостающие данные, необходимые для оценки возможностей ее применения (задание 17); понять, что происходит в тканях организма при описанном воздействии на них (задание 19) и какова основная функция тех или иных элементов эксперимента (задание 22).

Таким образом, можно говорить, что ученики, показавшие базовый уровень, могут делать несложные выводы, интерпретировать и анализировать данные в достаточно простых ситуациях, не боятся рассматривать новые ситуации, с которыми они не сталкивались в рамках учебных курсов физики, биологии или химии, но при этом почти не применяют полученные на уроках предметные знания и умения, испытывают сложности в самостоятельных рассуждениях, планировании экспериментов, как правило, плохо понимают принципы организации исследовательской деятельности (не понимают до конца, что такое зависимость, не различают зависимые, независимые и контролируемые параметры), не видят ограничения используемого метода, а поэтому затрудняются в прогнозировании трудностей, которые могут возникнуть при изменении условий, объекта воздействия.

Учащиеся, не достигшие базового уровня, более чем в половине случаев успешно выполнили только задание 15 с выбором ответа – самое легкое в работе. Приходится констатировать, что ученики этой группы не владеют в достаточной степени ни одним из рассматриваемых умений: не могут ни описывать и объяснять естественнонаучные явления, ни распознавать научные вопросы и применять методы естественнонаучного исследования, ни интерпретировать данные и использовать научные доказательства для получения выводов.

### **Характеристика результатов выполнения заданий**

Рассмотрим основные трудности учеников в освоении умений разных групп на примере конкретных заданий.

#### **Первая группа умений**

Одним из самых сложных оказалось задание 7 (Рисунок 2).

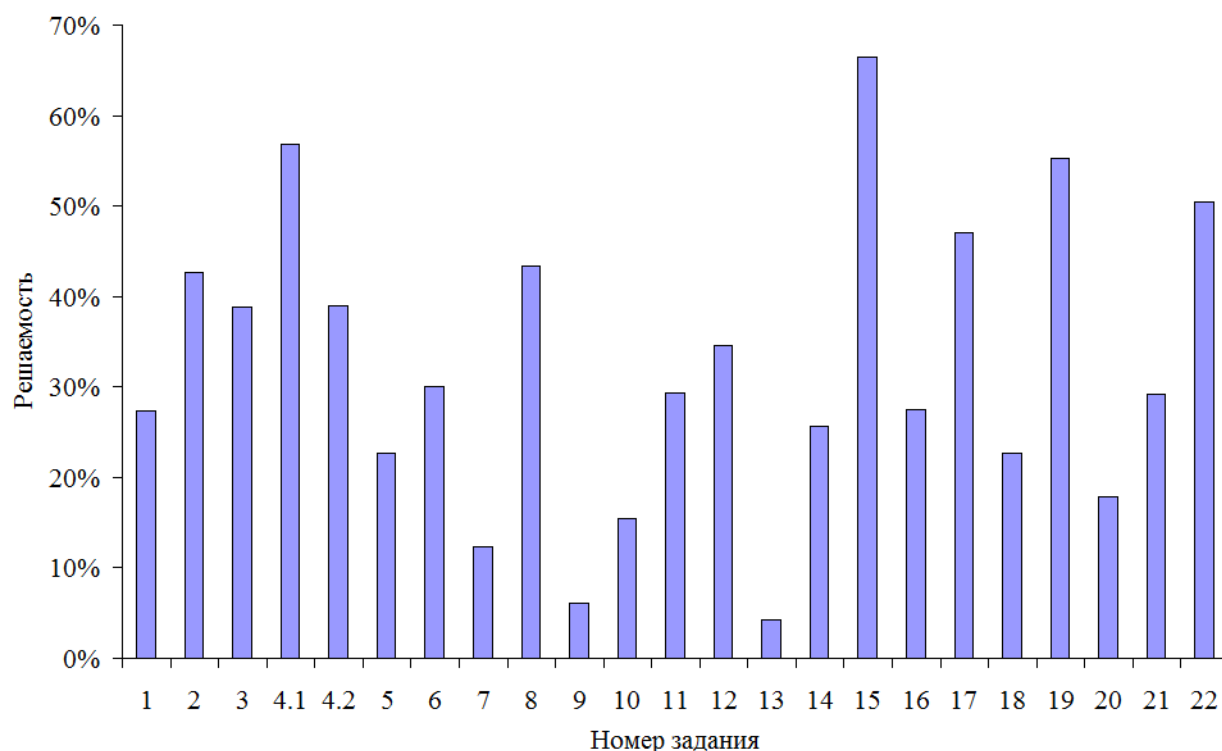


Рисунок 2. Средняя решаемость отдельных заданий, когда за выполнение задания получен, по крайней мере, 1 балл

В данном задании необходимо было объяснить, почему для превращения графита в алмаз или алмаза в графит (в зависимости от варианта) требуется сильное нагревание. Ответ предполагал указание на то, что строение этих веществ разное и его изменение требует затрат энергии, необходимое для разрыва имеющихся химических связей. Поскольку изучение химии в 8-м классе только началось, в качестве верного обоснования принималось и просто указание на то, что изменение структуры (кристаллического строения, кристаллической решетки) требует затрат энергии.

Задание имеет хорошую дифференцирующую способность ( $R_{pb}=0,3$ ), то есть позволяет разделять сильных и слабых учащихся. В данном случае оно достаточно четко выделило учеников с повышенным уровнем естественнонаучной грамотности: в этой группе с ним справились 57%. В группах учеников с базовым уровнем ЕНГ и уровнем ниже базового – 15% и 4% соответственно (см. Рисунок 1). Неверные ответы чаще всего сводились к цитированию задания («чтобы возникли центры кристаллизации», «чтобы образовывался графит/алмаз» и т.п.), естественнонаучные знания ученики из этих групп, как правило, не использовали.

Теперь рассмотрим задание 10.

**Задание 10** (вариант 2). Каким свойством активированного угля объясняется его способность поглощать органические молекулы? *Обведите букву верного ответа.*

- (А) большой пористостью      (Б) черным цветом  
 (В) наличием примесей азота    (Г) низкой плотностью

Ответ: А.

Справились 15%

Комментарий. В группе учеников с повышенным уровнем естественнонаучной грамотности каждый второй (50%) понял, что высокая сорбционная способность связана с пористой структурой активированного угля, увеличивающей площадь поверхности, которая поглощает органические вещества.

Среди учеников с базовым уровнем ЕНГ и уровнем ниже базового верный ответ дали 21% и 9% соответственно (Рисунок 1). В этих группах чаще всего выбирали ответ «низкой плотностью», называющий осязаемое, связанное с пористостью, но не существенное в данном случае свойство.

### Вторая группа умений

Среди заданий второй группы стоит выделить задания 5 и 14. Первое направлено на проверку умения выдвигать объяснительные гипотезы, планировать проведение экспериментальной работы, второе – на проверку умения выбирать рациональный метод, направленный на получение нужного экспериментального или практического результата. Оба задания относятся к базовому уровню трудности, но три четверти участников КДР8 с ними не справились.

В Задании 5 необходимо было выбрать и подчеркнуть фразы, которые позволяли составить описание эксперимента по определению концентрации сахара в водном растворе (Вариант 1) или соли в крови (Вариант 2).

**Задание 5** (вариант 1). Сахар присутствует во всех овощах. К овощам с высоким содержанием сахара (более 4,1 г на 100 г) относят, например, кукурузу, морковь и свёклу.

Как экспериментально определить концентрацию сахара в моркови, если у вас есть дистиллированная вода, сахар и морковь?

*Подчеркните в тексте, данном ниже, один из предлагаемых в скобках вариантов, чтобы получилось верное описание эксперимента.*

В несколько пробирок с одинаковым количеством (*дистиллированной воды / раствора сахара одинаковой концентрации / раствора сахара разной концентрации*) нужно положить по кусочку моркови одинаковой массы на несколько часов. Далее извлечь их и измерить массу при помощи (*лабораторных весов с точностью измерений 0,1 мг / цифрового динамометра с точностью измерений 1 г*). Концентрация сахара в моркови равна концентрации сахара в пробирке, где масса кусочка моркови (*увеличилась / не изменилась / уменьшилась*).

Правильный ответ подчеркнут. Его дали 23%.

Комментарий. Фактически перед учеником был конструктор ответа, и нужно было лишь порассуждать, проведя аналогию с описанной выше серией опытов с картошкой. Ключевой вопрос – есть ли на уроках естественнонаучного цикла место для рассуждений, а не просто изучения и воспроизведения материала по теме?

В Задании 14 необходимо было определить, кто из двух ребят правильно организовал эксперимент по оценке фильтров для очистки проточной воды – тот, кто разлил через фильтры воду сразу из-под крана, или тот, кто дал ей предварительно отстояться? – и объяснить свой выбор. С этой задачей справились 26%.

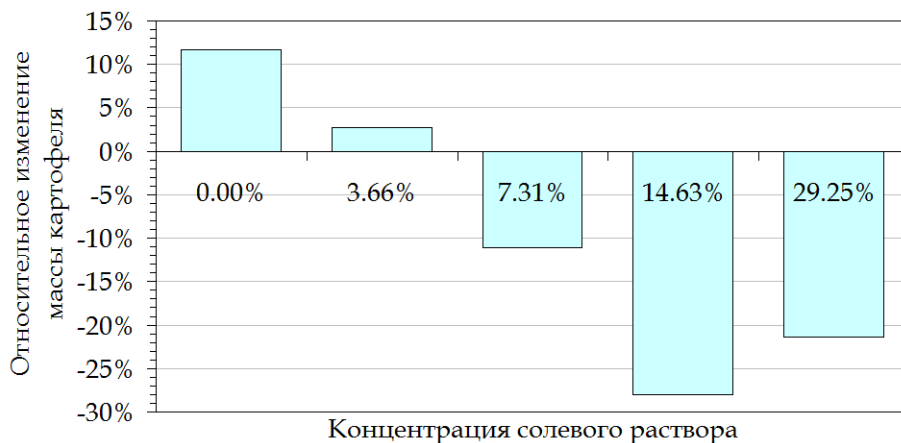
Оба задания фактически проверяют умение планировать и организовывать эксперимент, и именно оно, судя по результатам PISA, традиционно является проблемным для российских школьников.

Тот же дефицит выявляет задание 16, которое правильно выполнили 28% восьмиклассников. Ученикам предстояло выбрать три параметра из четырёх, которые не должны меняться в ходе проведения эксперимента, изучающего зависимость от четвёртого параметра, указанного в исследовательском вопросе. Дополнительные сложности создавала незнакомая ситуация (получение фуллеренов при сжигании графитовых электродов), ко-

тую многие восприняли как то, что они «не помнят/не выучили/не проходили», тогда как здесь требовалось применить базовые представления о зависимых, независимых и контролируемых параметрах, лежащие в основе планирования любой экспериментальной работы. В новой ситуации их смогли применить только 28% восьмиклассников.

Особо следует остановиться на решении задания 1.

**Задание 1** (вариант 1). На диаграмме ниже представлены результаты, полученные учениками. Как вы поняли, какова была цель их исследования? *Впишите в ответ пропущенные величины.*



Цель работы – определить зависимость \_\_\_\_\_  
от \_\_\_\_\_

**Комментарий.** Такой тип заданий включается в КДР8 не первый год.

Задание направлено на проверку умения определять цель естественнонаучного исследования, но одновременно это контрольная, пороговая точка, позволяющая определить, умеет ли ученик видеть зависимости в простейшей ситуации и понимать саму структуру данных, представленных в виде таблицы, диаграммы или графика.

Само по себе задание является очень простым: в поле ответа достаточно в нужном порядке переписать названия осей (столбцов таблицы). Тем не менее с ним справились всего 27% участников КДР8, и даже в группе учеников с повышенным уровнем ЕНГ это задание не выполнил каждый третий (справились 64%).

С чем это связано? С неумением читать таблицы, диаграммы и графики? Результаты задания 4 говорят, что это не совсем так. Большинству учеников непонятно, что такое зависимость, это понятие еще не прожито, не присвоено ими. На уроках математики, алгебры они, как правило, имеют дело с абстрактными  $x$  и  $y$ , связь между которыми часто формальна, может не иметь физического смысла. И естественные науки – это как раз та область, где школьников можно и нужно научить соединять зависимости с реальностью.

Без этого не приходится рассчитывать на то, что ученики смогут работать с более сложными графиками и таблицами, как, например, в задании 20 (см. пример ниже).

### Третья группа умений

Задание 20 относится к заданиям повышенного уровня сложности. Оно проверяет умение анализировать и интерпретировать экспериментальные данные, делать соответствующие выводы.

**Задание 20** (вариант 1). В 2017 году красноярские ученые рассказали об успешных результатах своего исследования по применению наночастиц золота для уничтожения раковых опухолей у мышей. В этой работе наночастицы золота с помощью специальных молекул-аптамеров доставлялись в раковые клетки. Аптамеры обладают способностью связываться только с белками раковых клеток. Когда участок, в котором возникла опухоль, облучался лазером с длиной волны 532 нм, наночастицы золота нагревались и вызывали некроз тканей опухоли, не затрагивая при этом здоровые ткани.

На Рисунке 8 представлены характерные спектры поглощения наночастиц золота и серебра, имеющих размер от 2 до 40 нм.

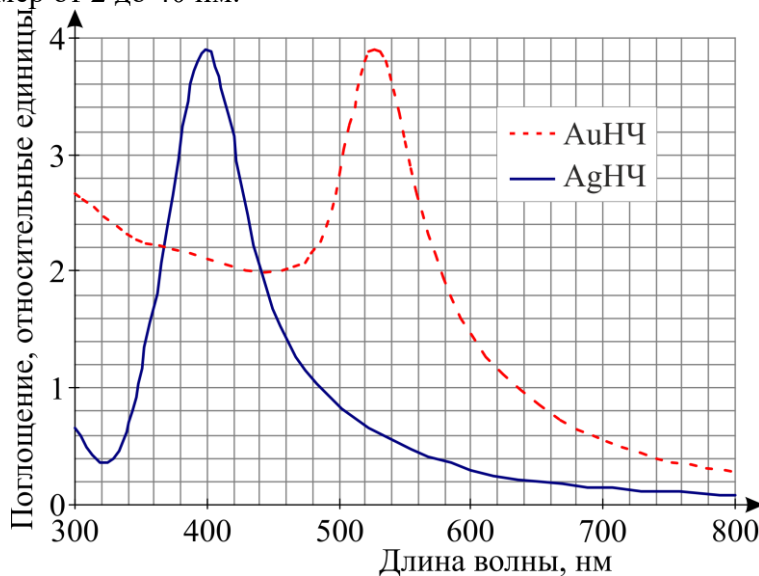


Рисунок 8 – Спектры поглощения наночастиц золота (AuНЧ) и серебра (AgНЧ)

Если в эксперименте красноярских ученых заменить наночастицы золота наночастицами серебра, а остальные параметры не менять, можно ли будет получить те же результаты? *Обведите букву верного ответа и обоснуйте его.*

А) Да    Б) Нет

Справились 18%

**Комментарий.** Суть задания сводится к сравнению спектров поглощения наночастиц золота и наночастиц меди или серебра (в разных вариантах). Учитывая, что использовался лазер с длиной волны 532 нм, на которую как раз приходится максимум в спектре поглощения наночастиц золота, а наночастицы серебра/меди волны такой длины поглощают значительно хуже, те же результаты получить будет нельзя. Очевидно, что эффект будет значительно меньше, если вообще будет.

Учащиеся не пытались анализировать данную информацию, а ограничивались лишь общими словами о том, что раз природа материала наночастиц другая, то и результаты будут другими. Именно здесь как раз прослеживается неумение или нежелание извлекать и сопоставлять информацию, представленную не только в текстовой форме, но и в графическом виде. В итоге решаемость Задания 20 в группе ребят с повышенным уровнем ЕНГ 50%, достаточно низкой в группах базового и ниже базового уровней – 28% и 6%, соответственно.

То же умение проверялось заданием 21.



**Задание 21** (вариант 1). В Таблице 2 указано, до какой глубины проникает в ткани организма свет, имеющий определённую длину волны, пока его интенсивность не станет близкой к нулю.

Таблица 2. Глубина проникновения света определённой длины волны в ткани организма

Длина волны, нм	400	500	600	700	800	900	1000
Глубина проникновения, мм	2,5	6,2	8,6	11,4	12,6	14,5	15,5

С какой сложностью могут столкнуться ученые, переходя от экспериментов на мышах к исследованиям на людях? *Объясните, используя данные Таблицы 2.*

Выполнили задание частично (1 балл) – 28%, полностью (2 балла) – 1%

**Комментарий.** Для ответа ученики должны, посмотрев на данные таблицы и единицы измерения (мм), понять, что глубина проникновения лазерного луча с длиной волны 532 нм в ткани крайне мала – максимум 1,5 см. Органы человека, а значит, и опухоли, могут располагаться на большей глубине, по крайней мере, явно больше, чем у мышей, куда лазерный луч может просто не дойти.

Среди учеников с повышенным уровнем ЕГН хотя бы 1 балл за это задание получил 71%, среди учеников с базовым уровнем – 33%, с уровнем ниже базового – 7%. Полностью верных ответов – на 2 балла – еще меньше: в самой многочисленной группе, с базовым уровнем ЕНГ, их только 1%.

При этом многие неправильные ответы указывают на то, что, в целом, проблема была ясна учащимся. В частности, в них отмечалось, что надо использовать свет с большей длиной волны, поскольку, очевидно, у него выше проникающая способность. Однако вопрос был не о том, как добиться аналогичного эффекта при переходе от экспериментов на мышах к исследованию на людях, а про то, какие сложности возникнут, если ничего не менять кроме объекта исследования.

### **Выводы и рекомендации**

Результаты проведения КДР8 в текущем году показали, что существуют проблемы в освоении учащимися умений всех трёх групп. Однако наибольшие опасения традиционно вызывают вторая и третья группа. В их число входят умение выбирать метод проведения экспериментальной работы, опираясь на представления об его преимуществах и недостатках; умение анализировать и применять численные данные для объяснения и прогнозирования естественнонаучного явления.

Чтобы они формировались, обучение должно быть направлено не только на овладение специфическими предметными знаниями и умениями. Существуют и метапредметные умения, определенные ФГОС ООО, и каждый конкретный предмет отвечает и за их развитие. Поэтому внутри каждого из предметов естественнонаучного цикла должны отрабатываться такие универсальные умения, как:

- умение формулировать задачу исследования, выдвигать научные гипотезы и предлагать способы их проверки;
- умение определять план исследования и интерпретировать его результаты, использовать при этом приемы, повышающие надежность получаемых данных;
- умение объяснить реальное явление на основе имеющихся знаний, аргументированно прогнозировать развитие какого-либо процесса;
- умение формулировать выводы на основе анализа данных, представленных в форме графиков, таблиц или диаграмм.

Хороший результат дают мероприятия, развивающие межпредметные связи: интегрированные уроки по темам, которые изучаются на разных предметах (например, «осмос», «энергия» и т.д.), выполнение проектных или исследовательских работ, позволяющих рассмотреть одно и то же явление или один и тот же объект с позиции разных наук. Учитывая, что изучение биологии, физики и химии начинается в разное время, можно создавать разновозрастную команду, привлекая ребят из разных параллелей.

После проведения диагностической работы, даже в пробном варианте, важно:

- обсудить с учениками, какие термины и формулировки непонятны или понимаются по-разному, вместе прояснить их смысл; в частности, обязательно поговорить о том, что такое зависимость, на конкретных примерах, поучиться различать, какая величина / параметр в заданиях КДР8 или подобных им зависят от других (от каких?);

- ученикам нужно дать возможность попробовать самостоятельно построить графики, диаграммы, использованные в КИМ или сопоставимые по сложности, на предложенных данных, изменять, перестраивать их, если какой-то параметр меняется, чтобы принцип их построения и изменения был понятным, наглядным, их легче было читать и интерпретировать.

Очень важно включать в работу на уроке данные по актуальным темам, современным достижениям науки, чтобы ученики пробовали переводить язык научного или научно-популярного описания на свой собственный, обсуждали свое понимание сути научных проблем, гипотез, исследовательских методов и результатов, учились оценивать их значение и достоверность, отличать науку и псевдонауку.

#### **Список источников**

1. OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
2. Пентин А.Ю., Никифоров Г.Г., Никишова Е.А. Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1, №4(61). С. 80-97.
3. OECD (2000), Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264181564-en>.
4. OECD (2001), Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264195905-en>.
5. Пентин А.Ю. Что нам делать с PISA? // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. 2008. №4. С. 35-40.
6. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
7. Рособрназор: российское образование должно войти в топ-10 к 2024 году. <https://tass.ru/obschestvo/5301919>.
8. OECD (2016), «PISA 2015 Results in Focus», PISA in Focus, No. 67, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/aa9237e6-en>.
9. Приказ от 17 декабря 2010 г. №1897 «Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».
10. Пентин А.Ю., Заграничная Н.А., Паршутина Л.А. Комплексные межпредметные задания с химической составляющей как инструмент формирования и диагностики естественно-научной грамотности учащихся // Школьные технологии. 2016. №6. С. 120-128.

11. Заграничная Н.А., Паршутина Л.А. Методы формирования естественнонаучной грамотности учащихся основной школы: интегративный подход // Школьные технологии. 2017. №3. С. 20-25.
12. Описание инструментария и процедуры проведения оценки естественнонаучной грамотности в 8 классе (КДР8). URL: <https://coko24.ru/wp-content/uploads/2021/01/Описание-КДР8-1.pdf>, дата обращения: 12.04.2021.