

Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2022 года по биологии

**Рохлов
Валерьян Сергеевич**

ведущий научный сотрудник Федерального института педагогических измерений, руководитель комиссии по разработке КИМ для ГИА по биологии, кандидат педагогических наук, rohlov@fipi.ru

**Петросова
Рената Арминаковна**

профессор кафедры естественно-научного образования и коммуникативных технологий Московского педагогического государственного университета, член комиссии по разработке КИМ для ГИА по биологии, кандидат педагогических наук, renatapetr@yandex.ru

Ключевые слова: КИМ ЕГЭ по биологии, основные результаты ЕГЭ по биологии в 2022 г., анализ результатов по блокам содержания, анализ результатов по группам учебной подготовки

В ЕГЭ 2022 г. по биологии приняли участие более 118 тыс. человек. Средний тестовый балл, распределение первичных и тестовых баллов участников, доля не преодолевших минимального балла сопоставимы с аналогичными показателями ЕГЭ 2021 г.

Для получения представления об уровне биологической подготовки участников ЕГЭ 2022 г. по всем проверяемым разделам биологии были проанализированы результаты выполнения заданий по каждому содержательному блоку, представленному в кодификаторе. Анализ ответов экзаменуемых позволил определить круг проблем, связанных с освоением определённых элементов содержания разными группами экзаменуемых, выявлением затруднений и типичных ошибок, некоторые из которых повторяются из года в год.

Блок I «Биология как наука. Методы научного познания»

Содержание этого блока в части 1 проверялось заданиями 1, 2, 21 базового уровня, которые оценивались в 1 (линия 1) и 2 (линии 2, 21) балла, а также в части 2 заданием 22 высокого уровня, которое оценивалось в 3 балла. Задания блока контролировали материал о структуре биологической науки, уровнях организации живого, методах научного познания в биологических исследованиях, а также владение умениями прогнозировать результаты биологического эксперимента, проводить анализ данных, полученных в табличной или графической форме и применять биологические знания в практических ситуациях (анализ биологического эксперимента).

В линии 1 предлагались задания на работу с таблицей, в которой необходимо было определить научный метод, название биологической науки, признак живых систем и уровень их организации. Задания линии 1 выполнило в среднем около 58 %, что несколько ниже заявленного уровня (60–90 %).

Однако результаты существенно различаются в зависимости от проверяемого содержания. По теме «Методы познания живой природы» выполнение составило в среднем 51,7 %, а по темам «Основные уровни организации живой природы», «Общие признаки биологических систем» — 63,5 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что участники ЕГЭ

владеют материалом о биологических науках, уровнях организации живой природы. Затруднения вызывали задания, направленные на установление методов биологических исследований, т. е. связанные с методологией научного познания.

Самый низкий результат получен за задание, в котором требовалось определить гибридологический метод по описанию области его применения (32 % выполнения).

Пример 1

Рассмотрите таблицу «Методы биологических исследований». Запишите в ответе пропущенный термин, обозначенный в таблице вопросительным знаком.

Методы	Применение методов
Микроскопия	Изучение особенностей фаз митоза
?	Скрещивание представителей чистых линий для определения доминантных признаков

Ответ: _____.

Низкий результат (36 %) получен также по заданию, в котором требовалось определить метод, с помощью которого возможно определение нуклеотидной последовательности ДНК или РНК (один из широко применяемых методов в молекулярной биологии). Ответ «секвенирование» дали только 13 %, и это при том, что участникам экзамена засчитывались ответы: биохимический, молекулярно-генетический, цитогенетический методы.

Умение анализировать результаты эксперимента проверялось на базовом уровне в заданиях линии 2. Их результаты были выше заданий линии 1 и составили в среднем 68 % (58–78 %). Только несколько заданий вызвали затруднения. Например, задание, в котором требовалось определить наличие активного фермента каталазы, разлагающего пероксид водорода в варёном и сыром мясе, выполнили только 51 % экзаменуемых, примерно столько же смогли определить химический состав костей.

Пример 2

Экспериментатор поместил куриную кость на несколько дней в 3 %-ный раствор соляной кислоты. Как изменилось количество белков и солей кальция в кости за это время? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество белков	Количество солей кальция

Ответ: _____.

Задания базового уровня сложности на умение проводить анализ данных, полученных в табличной или графической форме, традиционно были представлены в линии заданий 21. Большинство участников экзамена успешно справилось с ними (в среднем 76,1 % выполнения).

Задания высокого уровня сложности были представлены в части 2 линии заданий 22. С ними справились от 28 до 52 % экзаменуемых (в среднем 40 %). Участники экзамена в своих развёрнутых ответах продемонстрировали умения выделять независимую и зависимую переменные, объяснять наблюдаемые явления, анализировать результаты эксперимента, делать выводы. Максимальные 3 балла получили за выполнение этого задания от 7 до 15 % участников.

Блок II «Клетка как биологическая система»

Заданиями данного блока проверяют знания экзаменуемых о строении, жизнедеятельности и многообразии клеток, а также умения устанавливать взаимосвязь строения и функций органоидов клетки, распознавать и сравнивать клетки разных организмов, процессы, протекающие в них. Эти знания и умения проверялись заданиями на базовом, повышенном

и высоком уровнях. Данный блок в каждом варианте был представлен 5–6 заданиями:

- базового уровня — два задания (линия 3 — решение биологической задачи, линия 5 — анализ рисунка (схемы) или линия 7 — множественный выбор);

- повышенного уровня — два задания (линия 6 — установление соответствия (с рисунком) или линия 8 — установление последовательности, или линия 20 — работа с таблицей);

- высокого уровня сложности — одно-два задания (линия 23 — задание с рисунком или линия 24 — анализ текста и линия 27 — решение задачи по цитологии).

На базовом и повышенном уровнях большинство испытуемых продемонстрировало:

- умение решать задачи по установлению химического состава клетки, генетической информации, строению хромосом, хромосомному набору соматических и половых клеток (выполнение 62–70 %);

- знания и понимание строения клеток прокариот и эукариот (68 %);

- умение устанавливать взаимосвязь строения и функций отдельных органоидов клетки (58 %);

- умение сравнивать процессы обмена веществ, энергетический и пластический обмен, этапы фотосинтеза, энергетического обмена (58–70 %);

- умение распознавать по рисунку тип и отдельные фазы деления клетки (67 %).

В части 1 в линиях 5 и 6 предлагались задания нового типа (мини-тест), в которых проверялись умения работать с рисунком. Один рисунок использовался одновременно в заданиях 5 и 6. В задании 5 требовалось определить по рисунку клеточную структуру, процесс или вещество и записать в ответе соответствующий термин, а в задании 6 необходимо было установить соответствие между указанными на изображении структурами или процессами и их характеристиками. Результаты выполнения заданий оказались ниже заявленного уровня: на базовом уровне от 46 до 54 % (задания линии 5), а на повышенном уровне — 24–40 % (задания линии 6). Вызвали затруднения и отдельные задания линии 3, где проверялось умение решать биологические задачи по цитологии.

Приведём конкретные примеры заданий с низкими результатами.

Пример 3

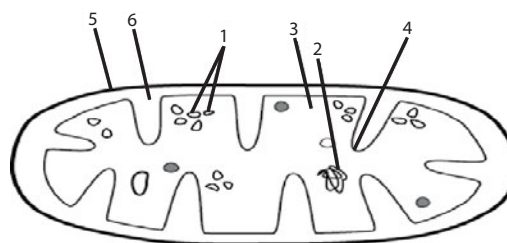
Сколько аутосом содержит соматическая клетка птицы, если в её кариотипе содержится 16 хромосом? В ответе запишите только соответствующее число.

Ответ: 14.

Выполнить задание смогли только 35,5 % участников экзамена. Большинство участников экзамена не различает аутосомы и половые хромосомы.

Пример 4

Укажите номер, которым на рисунке обозначена структура, отделяющая митохондрию от цитоплазмы?



Ответ: ____.

В данном задании от участников экзамена требовалось определить по схематическому изображению границы митохондрии. С этим справились только 37,5 % участников.

Низкие результаты получены и по отдельным заданиям повышенного уровня в линии 6 (пример 5).

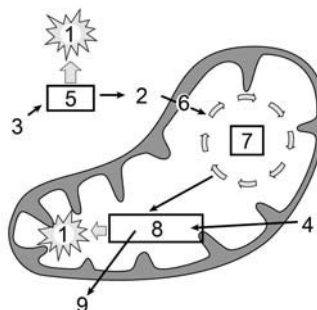
Полностью справиться с заданием смогли только 21,9 % участников.

Сложными оказались задания, в которых по рисунку с изображением тилакоида необходимо было определить этапы фотосинтеза и вещества, которые образуются на этих этапах (выполнение — 25 %). В то же время задание, в котором требовалось определить клеточные органоиды и соотнести с их характеристиками, выполнили 68 % участников.

Самые высокие результаты среди заданий базового уровня сложности получены по заданиям линии 7 — 58–69 %. Следует отметить, что задания такого типа ежегодно дают примерно одинаковые результаты.

Пример 5

Установите соответствие между характеристиками и веществами, участвующими в клеточном дыхании, обозначенными цифрами на схеме: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

- А) окислитель в дыхательной цепи
- Б) продукт гликолиза
- В) макроэргическое соединение
- Г) исходный субстрат для гликолиза
- Д) шестиуглеродный моносахарид
- Е) содержит три остатка фосфорной кислоты

Ответ: _____

Задания линии 8 на установление последовательности выполнили от 35 до 70 % участников. Однако результат одного задания оказался ниже заявленного уровня сложности и составил 29 % (пример 6).

Пример 6

Установите последовательность процессов при транскрипции. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) соединение РНК-полимеразы с промотором гена
- 2) разрушение водородных связей между цепями ДНК
- 3) отделение РНК-полимеразы от ДНК
- 4) синтез РНК по принципу комплементарности
- 5) созревание иРНК
- 6) выход РНК из ядра

Ответ: _____.

С заданиями линии 20 на дополнение таблицы в среднем справились 54 % участников. Они продемонстрировали не только знание учебного материала, но и умения анализировать процессы, протекающие на клеточном уровне, дополнять недостающую информацию в таблице с использованием предложенного перечня терминов и понятий.

ВЕЩЕСТВА, УЧАСТВУЮЩИЕ В КЛЕТОЧНОМ ДЫХАНИИ

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Анализ результатов выполнения заданий 3, 5, 6, 7, 8 базового и повышенного уровней позволяет сделать вывод, что задания, в которых проверяются не только знания по цитологии, но и умения работать с рисунком и определять по изображению клеточные структуры или процессы, протекающие в них, вызывают наибольшие затруднения у участников экзамена. Полученные результаты на 15–20 % ниже, чем результаты по заданиям без рисунков по тому же содержанию. К числу слабо сформированных у участников знаний и умений (выполнение — менее 30 %) следует отнести традиционно обмен веществ и превращение энергии в клетке.

В части 2 содержание блока проверялось отдельными заданиями в линии 23 или 24, а также во всех заданиях линии 27. Задания успешно выполнялись только участниками с хорошей и отличной подготовкой.

В линии 23 предлагались задания с изображением органоидов клетки, клеток организмов разных царств, фаз деления клетки. Их выполнение составило 23–32 %, а максимальные 3 балла получили 8–13 % участников, что вполне соответствует заявленному уровню сложности.

В линии 24 были предложены задания на анализ текста по темам «Нуклеиновые

кислоты», «Развитие половых клеток», «Функции органических веществ в клетке». Задания выполнили в среднем 22–36 % экзаменуемых, что свидетельствует о системной подготовке участников с хорошей и отличной подготовкой.

Линия 27 традиционно была посвящена проверке умений применять знания по цитологии в новой ситуации при решении задач с использованием таблицы генетического кода, а также определять хромосомный набор клеток гаметофита и спорофита растений, число хромосом и ДНК в разных фазах деления клетки. Выполнение заданий в среднем составило 21–36 %, что свидетельствует о сформированности у подготовленных испытуемых умений решать задачи по темам «Матричные реакции», «Хромосомный набор клеток. Деление клетки». Однако выполнение некоторых заданий вызвало затруднения. Например, трудности вызвала модель заданий с открытой рамкой считывания от стоп-кодона. Только 6 % участников экзамена смогли с этим разобратся и выполнить задания.

В целом по блоку «Клетка как биологическая система» у участников экзамена оказались слабо сформированы следующие умения:

- 1) определять хромосомный набор соматических и половых клеток, число аутосом и половых хромосом в кариотипе;
- 2) работать с изображением клеточных структур и устанавливать взаимосвязи между структурами клетки и процессами, которые в них протекают;
- 3) устанавливать последовательность процессов обмена веществ, матричных реакций в клетке;
- 4) определять стоп-кодон с открытой рамкой считывания.

Блок III «Организм как биологическая система»

Задания этого блока контролируют усвоение знаний о закономерностях наследственности и изменчивости, онтогенезе и воспроизведении организмов, селекции организмов и биотехнологии, а также выявляют уровень овладения умениями применять биологические знания при решении задач по генетике. Данный

блок в экзаменационной работе представлен пятью-шестью заданиями: на базовом уровне — в линии 4 (решение генетической задачи), линии 5 (анализ рисунка или схемы), линии 7 (множественный выбор); на повышенном уровне — в линии 6 (установление соответствия), линии 8 (установление последовательности), линии 20 (работа с таблицей); на высоком уровне — в линиях 23 или 24, 28.

Большинство участников продемонстрировало умения решать генетические задачи на моно- и дигибридное скрещивание, определять соотношение генотипов потомства (53–68 %), что свидетельствует о сформированности базовых генетических понятий и умения применять эти знания при решении простых генетических задач. Однако задачи на анализ родословных вызвали затруднения, их выполнение составило только 38–42 %.

Средний процент выполнения заданий базового уровня по темам «Воспроизведение организмов. Способы размножения», «Онтогенез и присущие ему закономерности» составил 68 % (60–72 %). При выполнении заданий экзаменуемые продемонстрировали умения сравнивать и устанавливать соответствие между организмами и типами их размножения, характеристиками и способами размножения, зародышевыми листками и органами, которые из них формируются, а также устанавливать последовательность процессов эмбрионального развития.

Однако наличие рисунка в заданиях значительно снизило результаты выполнения по сравнению с аналогичными заданиями без рисунков. Например, задание базового уровня на множественный выбор без рисунка в среднем выполнили 66 %, а с рисунком — 36 %. Это объясняется тем, что вначале требуется определить по рисунку структуры, а потом подобрать к ним соответствующие характеристики (пример 7).

С данным заданием справились только 37 % участников экзамена.

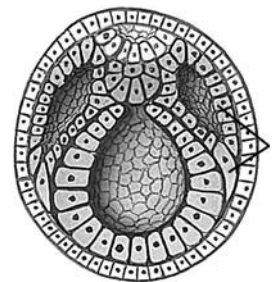
Аналогичная ситуация наблюдается и при выполнении заданий повышенного уровня на установление соответствия. В то же время выполнение заданий по этим темам существенно различалось

Пример 7

Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие из приведённых ниже структур развиваются из зародышевого листка, обозначенного на рисунке цифрой 1?

- 1) альвеолы лёгких
- 2) почки
- 3) поджелудочная железа
- 4) бедренная кость
- 5) миокард сердца
- 6) эпителий тонкого кишечника

Ответ: ____.



в зависимости от типа задания. Так, задания на установление соответствия выполняли в среднем 64 % участников, а задания на установление последовательности процессов — только 30 %. Затруднение вызвало задание, в котором требовалось установить последовательность процессов в жизненном цикле сосны. Следует отметить, что задания, проверяющие знания жизненных циклов растений на повышенном и высоком уровнях, уже многие годы плохо выполняются большинством участников экзамена.

При выполнении заданий по теме «Закономерности наследственности и изменчивости» участники ЕГЭ продемонстрировали знание законов Менделя, характеристик типов изменчивости. Задания по этой теме не вызвали затруднений, их выполнение на базовом уровне составило 62 %, а на повышенном — 48 %.

В отличие от предыдущих лет, положительные результаты получены по темам «Селекция, её задачи и практическое значение», «Биотехнология, её направления» как на базовом уровне (67 %), так и на повышенном (48 %).

В части 2 по данному блоку были предложены задания в линии 23, 24 и 28 высокого уровня сложности.

В линии 23 было представлено только одно задание, результат которого составил 16,4 %, а максимальные 3 балла получили 5 % участников, что соответствует высокому уровню сложности.

Задания линии 24 на исправление ошибок в тексте в среднем выполнили 35 % (27–42 %) участников. Это говорит о том, они не вызвали особых затруднений у хорошо и отлично подготовленных участников.

В линии 28 традиционно предлагались генетические задачи на сцепленное дигибридное скрещивание и наследование признаков, сцепленных с полом. Средний результат выполнения составил 30,2 %, что свидетельствует о сформированности у хорошо подготовленных участников умений решать сложные генетические задачи. В целом можно отметить, что решению генетических задач уделяется большое внимание при подготовке к ЕГЭ: обучающиеся знакомы с алгоритмом решения большинства предложенных на экзамене моделей, умеют анализировать условие задания и делать выводы, что приводит к высоким результатам.

Блок IV «Система и многообразие органического мира»

Задания этого блока проверяли знания о многообразии, строении, жизнедеятельности и размножении организмов различных царств живой природы и вирусах, а также умения сравнивать организмы, характеризовать и определять их принадлежность к определённому систематическому таксону. В части 1 этот блок был представлен тремя заданиями, а в части 2 — двумя-тремя заданиями.

Данный блок в каждом варианте состоял из четырех-пяти заданий: базового уровня линий 9, 11, повышенного уровня (линия 10), высокого уровня (23 или 24, или 25).

В части 1 средний результат выполнения заданий базового уровня составил 67 % (52–82 %). Участники экзамена продемонстрировали знание характеристик организмов царств бактерий, грибов, растений и животных, а также умение устанавливать

Пример 8

В зависимости от строения своей молекулы дыхательный белок гемоглобин может иметь различную степень сродства к кислороду, то есть различную способность присоединять кислород к железосодержащему гему. Чем меньше сродство гемоглобина к кислороду, тем медленнее кровь связывает кислород из внешней среды. Как различается сродство гемоглобина к кислороду у придонных рыб, обитающих в стоячих водоёмах, и рыб, обитающих в толще воды проточных водоёмов? Ответ поясните. Какие особенности строения жабр костных рыб обеспечивают эффективное насыщение крови кислородом?

Элементы ответа:

- 1) сродство гемоглобина к кислороду больше у придонных рыб, обитающих в стоячих водоёмах (меньше у рыб, обитающих в толще воды);
- 2) концентрация кислорода в придонном слое стоячих водоёмов существенно ниже, чем в толще воды проточных водоёмов (концентрация кислорода в толще воды проточных водоёмов выше, чем в придонном слое);
- 3) большая площадь поверхности жабр (жаберных лепестков);
- 4) близкое расположение жаберных капилляров к поверхности (тонкий эпителий).

последовательность таксонов биологических объектов. В частности, знание основных систематических категорий и их соподчинённость продемонстрировали 72–78 % участников экзамена.

Затруднение вызвало задание с множественным выбором, в котором требовалось сравнить голосеменные и покрытосеменные растения. В среднем их выполнили только 50 % участников, а максимальные 2 балла получили всего 28 % участников экзамена.

В заданиях повышенного уровня проверялось не только знание основных царств типов, отделов, классов живой природы, но и умение сравнивать биологические объекты между собой. Их выполнение составило от 36 до 62 %. Лишь отдельные задания вызвали затруднения у экзаменуемых, например задания на установление соответствия видоизменений вегетативных органов растений и их характеристик (26 % выполнения), сопоставление на рисунке клеток гидры с их характеристиками (15 % выполнения).

В части 2 задания высокого уровня сложности по этому блоку были представлены в линиях 23, 24, 25. С ними справились от 11 до 32 % экзаменуемых, что соответствует уровню сложности. Участники экзамена продемонстрировали умения распознавать биологические объекты и их части, приводя характеристики, анализировать текст и исправлять ошибочные суждения, отвечать на вопросы проблемного характера. Лишь отдельные задания имели низкие результаты.

Приведём пример одного такого задания, где выполнение составило 13,6 %, а максимальные 3 балла получили только 3 % участников экзамена (пример 8).

Блок V «Человек и его здоровье»

В заданиях этого блока проверялось знание строения и функционирования отдельных органов и систем органов организма человека, нейрогуморальной регуляции физиологических процессов, санитарно-гигиенических норм и правил здорового образа жизни.

Данный блок представлен в каждом варианте четырьмя-пятью заданиями: базового уровня (линия 12), повышенного уровня (линии 13, 14, 20), высокого уровня сложности (линия 23 или 24, или 25).

Анализ результатов выполнения заданий блока позволил установить усвоение выпускниками знаний об организме человека, о профилактике инфекционных заболеваний и гигиене. Результаты выполнения заданий базового уровня распределились в интервале 56–82 %, а повышенного уровня — 36–61 %. В то же время самые низкие результаты получены по следующим темам: «Нервная и эндокринная системы. Нейрогуморальная регуляция процессов жизнедеятельности организма», «Анализаторы, строение и функции, роль в организме», «Высшая нервная деятельность».

Так, например, затруднение вызвало задание, в котором требовалось установить

Пример 9

Установите соответствие между симптомами и заболеваниями человека: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

СИМПТОМЫ

- А) снижение частоты сердечных сокращений
- Б) замедление окислительных процессов в организме, увеличение веса
- В) появление отёчности, ломкость ногтей, выпадение волос
- Г) снижение иммунитета
- Д) выделение большого количества мочи и постоянное ощущение жажды
- Е) нарушение синтеза инсулина в клетках поджелудочной железы

ЗАБОЛЕВАНИЯ

- 1) сахарный диабет
- 2) микседема

Ответ: _____.

соответствие между симптомами и заболеваниями (сахарный диабет и микседема), их влиянием на процессы в организме. Его выполнили только 31 % участников, а максимальные 2 балла получили 10 % участников (пример 9).

Результаты по теме «Нейрогуморальная регуляция» являются самыми низкими многие годы. Это связано не только со сложностью содержания самой темы, но и со слабой сформированностью умений проводить системный анализ и объяснять физиологические процессы, происходящие в организме человека.

По данному блоку в части 2 в каждом варианте предлагалось одно-два задания высокого уровня сложности (линии 24 и 25). Задания на работу с текстом в линии 24 не вызвали особых затруднений, их выполнение составило в среднем 32 %. Результаты по линии 25 существенно ниже (5–21 %). Самые низкие результаты получены по заданию, в котором требовалось оценить влияние щитовидной железы, мышц, промежуточного мозга на изменение концентрации глюкозы в крови. При выполнении этого задания требовалось использовать знания о функциях данных органов и их влиянии на изменение обмена веществ в организме.

Блок VI «Эволюция живой природы»

Задания этого блока контролировали знания о движущих силах, направлениях и результатах эволюции органического мира, а также умение объяснять основные эволюционные процессы, взаимосвязь движущих сил и результатов эволю-

ции. По этому блоку в каждом варианте было в среднем пять заданий: одно задание базового уровня (линия 15), два — повышенного уровня (линии 16, 19), одно-два задания высокого уровня (линии 23 или 24, 26).

При выполнении этих заданий участники продемонстрировали: знания о виде и его критериях, современных положениях синтетической теории эволюции, путях и направлениях эволюционного процесса; умения анализировать текст и определять по описанию соответствующий критерий вида или направление эволюции, исправлять неверные суждения, объяснять основные ароморфозы и идиоадаптации в эволюции растительного мира и животного мира, устанавливать взаимосвязь движущих сил и результатов эволюции.

На базовом уровне с заданиями справились 61–78 % участников, а на повышенном — 34–64 %. Такие результаты свидетельствуют о достаточно хороших знаниях содержания этого блока. Результаты лишь одного задания оказались ниже заявленного уровня. Это задание на установление соответствия по теме «Доказательства эволюции живой природы». Его выполнили только 26,8 % участников, а максимальные 2 балла получили менее 20 % участников. Очевидно, что большинство участников экзамена не различают атавизмы и рудименты (пример 10).

В части 2 вопросы эволюции были представлены в отдельных заданиях линий 23, 24 и 26. Выполнение заданий 23 и 24 составило 32–36 %.

Пример 10

Установите соответствие между структурами организмов и эволюционными явлениями: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗМОВ

- А) зубы у птиц
- Б) третье веко у человека
- В) появление шерсти у китообразных
- Г) хвост у человека
- Д) тазовый пояс у змей
- Е) закладка зубов мудрости в эмбриогенезе у человека

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

- 1) атавизмы
- 2) рудименты

Ответ: _____.

В заданиях с рисунком требовалось определить изображённый ископаемый объект, период его жизни по геохронологической таблице, класс, тип или отдел, к которому можно отнести этот организм, и указать признаки принадлежности объекта к данному таксону. Их выполнение составило в среднем 36 %. Такие результаты свидетельствуют о сформированности у участников знания палеонтологических доказательств эволюции, признаков таксонов растений и животных, умений определять ископаемые объекты с использованием геохронологической таблицы и характеризовать их.

Задания на работу с текстом, нахождение и исправление ошибочных суждений (линия 24) также не вызвали затруднений. В среднем их выполнили 37 % экзаменуемых, что объясняется хорошо усвоенным подготовленными участниками содержанием.

Более низкие результаты получены по заданиям линии 26: в среднем 15,5 % (11–20 %) выполнения, а 3 балла получили около 4 % экзаменуемых.

Блок VII «Экосистемы и присущие им закономерности»

Линии заданий этого блока направлены на проверку знаний об экологических закономерностях, о круговороте веществ в биосфере, а также умений устанавливать взаимосвязи организмов в экосистемах, выявлять причины устойчивости, саморазвития и смены экосистем.

В части 1 предлагалось три задания: одно задание базового уровня (линия 17), два задания повышенного уровня (ли-

нии 18, 19 или 20). В части 2 присутствовало одно задание высокого уровня сложности (линия 24 или 26).

На базовом уровне их выполнили в среднем 75 %, а на повышенном — 55 %. Участники экзамена продемонстрировали знания об экологических факторах, о компонентах экосистем, трофических уровнях, сукцессиях экосистем, круговороте веществ в биосфере. Кроме того, они показали умения: устанавливать взаимосвязи организмов в экосистемах; выявлять причины устойчивости, саморазвития и смены экосистем; сравнивать естественные и искусственные экосистемы; устанавливать последовательность смены экосистем; определять последствия деятельности человека в биосфере. Большинство заданий повышенного уровня на установление соответствия, последовательности и на работу с таблицей выполнено выше заявленного уровня.

Задания части 2 высокого уровня сложности у участников экзамена также не вызвали особых затруднений. Результаты их выполнения составили 10–37 %.

В целом можно констатировать, что важнейшие экологические понятия и большинство знаний и умений по блоку «Экосистемы и присущие им закономерности» сформированы у основной части участников экзамена.

Для анализа результатов выполнения экзаменационной работы в 2022 г. было выделено четыре группы участников экзамена с различным уровнем подготовки (рис. 1 и табл.).

Описание уровня подготовки этих групп экзаменуемых приведено в таблице.

Биология. ЕГЭ 2022
Распределение групп баллов

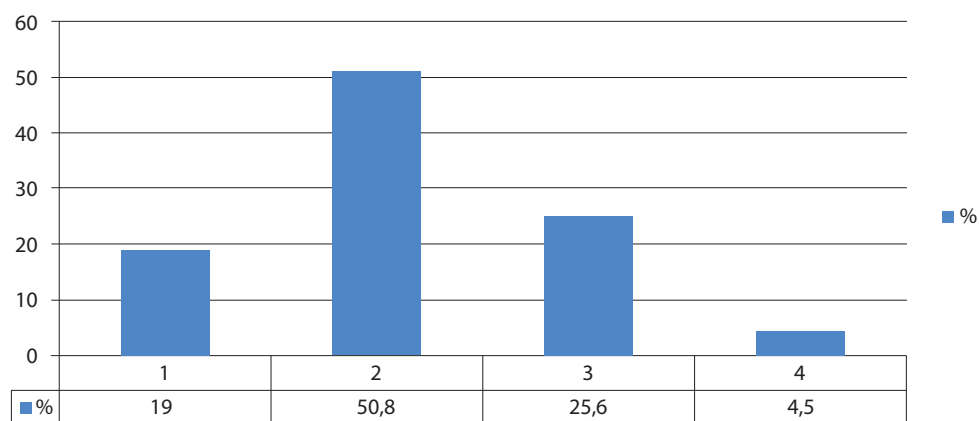


Рис. 1

Таблица

Группы участников экзамена	Описание уровня подготовки отдельных групп участников экзамена
Группа 1 Тестовый балл 0–35 Первичный балл 0–15	<i>Минимальный уровень подготовки.</i> Экзаменуемые имеют фрагментарные знания по курсу биологии, понимают ограниченный перечень биологической терминологии и символики, допускают существенные биологические ошибки. Правильно выполняют только отдельные задания с множественным выбором, к выполнению заданий с развёрнутым ответом части 2 практически не приступают или выполняют их неверно.
Группа 2 Тестовый балл 36–60 Первичный балл 16–34	<i>Удовлетворительный уровень подготовки.</i> Экзаменуемые имеют базовые знания и владеют набором основных умений по всем разделам курса биологии, умеют оперировать большинством биологических понятий. Однако допускают биологические ошибки. Задания с развёрнутым ответом части 2 выполняют частично. В развёрнутых ответах при раскрытии основного содержания могут отсутствовать отдельные элементы.
Группа 3 Тестовый балл 61–80 Первичный балл 35–49	<i>Хороший уровень подготовки.</i> Экзаменуемые имеют прочные базовые знания по всем разделам курса биологии, а именно умеют: оперировать биологическими понятиями; применять знания в новых ситуациях; сравнивать биологические объекты, процессы, явления; анализировать различные гипотезы сущности жизни; составлять схемы скрещивания, цепи питания; решать биологические задачи различной степени сложности. В ответах на задания с развёрнутым ответом части 2 при раскрытии основного содержания могут отсутствовать несущественные элементы, допускаются незначительные биологические ошибки.
Группа 4 Тестовый балл 81–100 Первичный балл 50–59	<i>Отличный уровень подготовки.</i> Экзаменуемые имеют системные знания по курсу биологии, могут применять их в новой (нестандартной) ситуации. Они владеют умениями: сравнивать; обобщать; анализировать; устанавливать последовательность процессов и явлений, взаимосвязь строения и функций биологических объектов; давать полные развёрнутые ответы; решать биологические задачи и делать выводы. У экзаменуемых сформированы общеучебные умения и способы деятельности по составлению развёрнутого ответа на задание, чётко излагать свои мысли, делать выводы.

При анализе результатов выполнения заданий 121 части 1 с кратким ответом по каждой группе участников учитывалось, что элементы содержания считаются освоенными, а умения — сформиро-

рованными, если процент выполнения задания, проверяющего данный элемент, равен или выше 50 %. Результаты выполнения заданий части 1 представлены на рисунке 2.

Проведённый анализ показал, что содержание учебного предмета «Биология» на базовом уровне освоено, а умения сформированы только у экзаменуемых из групп с отличной и хорошей подготовкой. Участниками из группы с удовлетворительной подготовкой базовые биологические знания в целом освоены, но наблюдаются существенные пробелы в знаниях и недостатки в развитии умений. Участниками экзамена с минимальным уровнем подготовки биологическое содержание практически не освоено, а умения не сформированы.

Высокие результаты во всех группах получены за выполнение заданий базового уровня линий 2 (средний результат — 68,1 %) и 21 (76,1 %), где требовалось проанализировать результаты эксперимента по описаниям, данным в графической или табличной форме.

Линии заданий с множественным выбором 7 (61,1 %), 9 (61,8 %), 12 (65,3 %), 15 (72,6 %), 17 (71,9 %) и линия заданий 11 (73,4 %) на установление последовательности биологических таксонов также имеют высокие результаты выполнения участниками из групп 2, 3, 4.

Участники из групп с отличной и хорошей подготовкой продемонстрировали умение решать биологические задачи по генетике и цитологии (задания 3, 4 — 97 и 84 % соответственно), в то время как участники групп 1 и 2 показали низкие результаты (15–27, 46–56 % соответственно).

К числу проблемных заданий базового уровня относятся задания линии 1 по теме «Методы научного познания. Уровни организации и признаки живого». В этих заданиях требовалось по предложенным примерам определить уровень организации или признак живого, установить метод биологического исследования. Средний результат составил 59 %. Во всех группах результаты выполнения этого задания оказались ниже результатов по другим заданиям.

Трудными оказались и задания линии 5, где по рисунку требовалось установить биологический объект или процесс на клеточном и организменном уровнях. Средний результат составил 54,8 %, а в группе с удовлетворительной подготовкой — только 50 %.

Задания повышенного уровня сложности на установление соответствия и последовательности биологических объектов, процессов, явлений выполнили в среднем 39–49 % участников. Умения сравнивать биологические объекты, процессы, явления и устанавливать их последовательность сформированы только у участников экзамена с хорошей и отличной подготовкой. У участников с удовлетворительной и минимальной подготовкой эти умения сформированы плохо.

Практически во всех группах вызвали затруднения задания линий 6 и 10 на установление соответствия между изображёнными на рисунке объектами или процессами и их

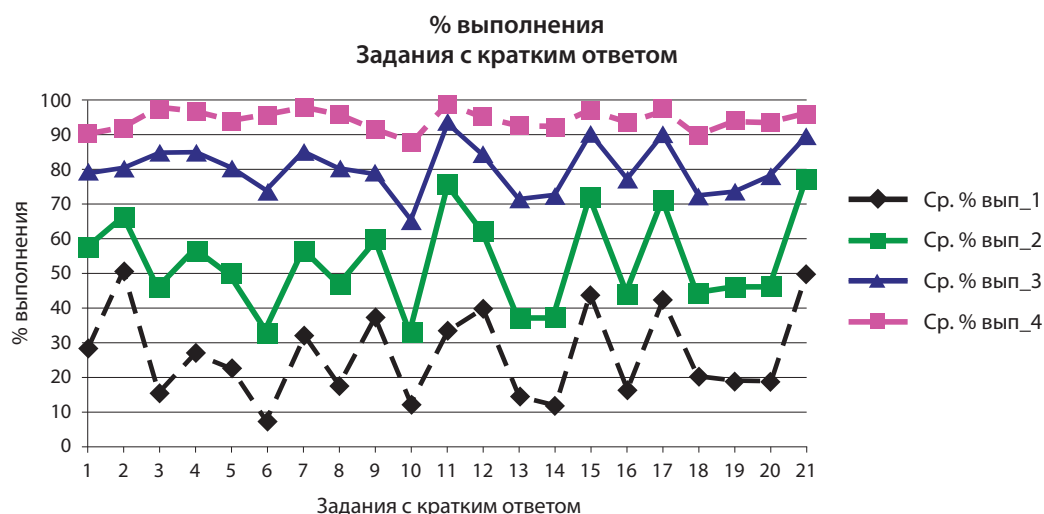


Рис. 2

характеристиками (средний результат — 41 и 39 % соответственно).

Результаты выполнения заданий части 1 базового и повышенного уровней у участников из группы 4 распределились в диапазоне 88–98 %, а у участников из группы 3 — в диапазоне 65–90 %. Это объясняется как глубиной и системностью знаний по биологии этих участников экзамена по сравнению с остальными, так и высокой дифференцирующей способностью заданий с кратким ответом.

Участники из группы 2 достигли заявленного уровня и показали сформированность знаний и предметных умений (выше 50 %) при выполнении заданий базового уровня и частично повышенного уровня. Интервал выполнения заданий части 1 в этой группе составил 36–69 %. Вместе с тем они показали низкие результаты за выполнение заданий линий 5, 8, 10, 13, 19, 20.

У участников из групп 1 и 2 оказались более низкие результаты, и они в большей степени зависели от содержания, типа задания и наличия рисунка. Участники из группы 1 продемонстрировали фрагментарные знания при выполнении заданий как базового, так и повышенного уровней сложности.

Анализ результатов заданий части 1 позволяет сделать вывод, что выполнение заданий участниками экзамена существенно зависит от формы его предъявления. Как и в предыдущие годы,

наибольшие трудности вызвали задания на установление соответствия и последовательности биологических объектов и процессов. Кроме того, задания базового уровня, в которых требовалось решить задачу, самостоятельно сформулировать ответ, записать число или термин, выполнены с более низкими результатами, чем задания с множественным выбором.

В части 2, как и в предыдущие годы, предлагалось семь заданий высокого уровня сложности (линии 22–28). На рисунке 3 показаны результаты выполнения заданий с развёрнутым ответом участниками экзамена с различным уровнем подготовки.

Показали высокие результаты в интервале 70–94 % только участники из группы 4. Участники из группы 3 только по заданиям 22, 23, 24, 27, 28 продемонстрировали освоение биологического содержания и сформированность умений. Результаты выполнения заданий части 2 в этой группе распределились в интервале 37–63 %. Самые высокие результаты в этих группах получены за задания 24 — анализ биологического текста и 28 — решение генетических задач.

Экзаменуемые из группы 2 ни по одной линии заданий не приблизились к заявленному уровню освоения соответствующего учебного содержания и овладению соответствующими умениями: средние результаты выполнения заданий у этой группы оказались в интервале 12–33 %.

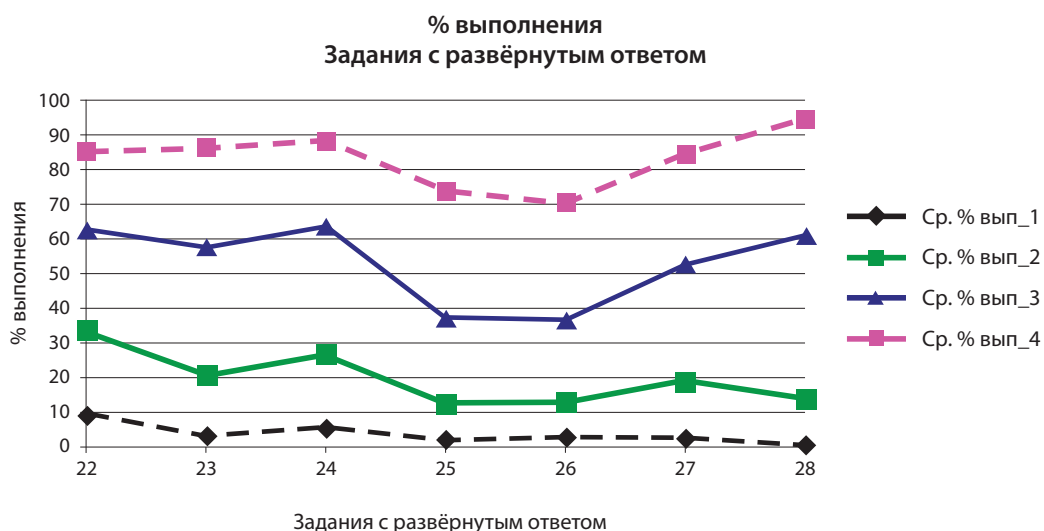


Рис. 3

Участники из группы 1 показали самые низкие результаты по всем заданиям части 2. Их выполнение составило в среднем менее 9 % независимо от типа задания. В этой группе большинство участников не приступало к выполнению заданий с развёрнутым ответом.

Наибольшие затруднения во всех группах вызвали эвристические задания в линиях 25 и 26, где требовалось дать развёрнутый, аргументированный ответ, применить теоретические знания для объяснения биологических процессов и явлений по блокам «Многообразие организмов», «Человек и его здоровье» (линия заданий 25), «Эволюционное учение» и «Экология» (линия заданий 26).

Выполнение этих заданий у участников из группы 4 составило 70–74 %, а из груп-

пы 3 — в интервале 37–64 %. Умения анализировать и объяснять биологические процессы и явления, аргументировать и приводить доказательства (линии 25, 26) оказались менее сформированными, чем умения анализировать текст и исправлять ошибки (линия 24), распознавать на рисунках объекты и приводить их характеристики (линия 23), решать сложные задачи по цитологии и генетике (линии 27 и 28), освоив определённый алгоритм.

Интерес для анализа представляют результаты выполнения политомических заданий различного уровня сложности. В части 1 таких заданий было 17, а в части 2 — все 7 заданий. Их выполнение существенно зависит от уровня подготовки выпускников и различается во всех четырёх группах (рис. 4).

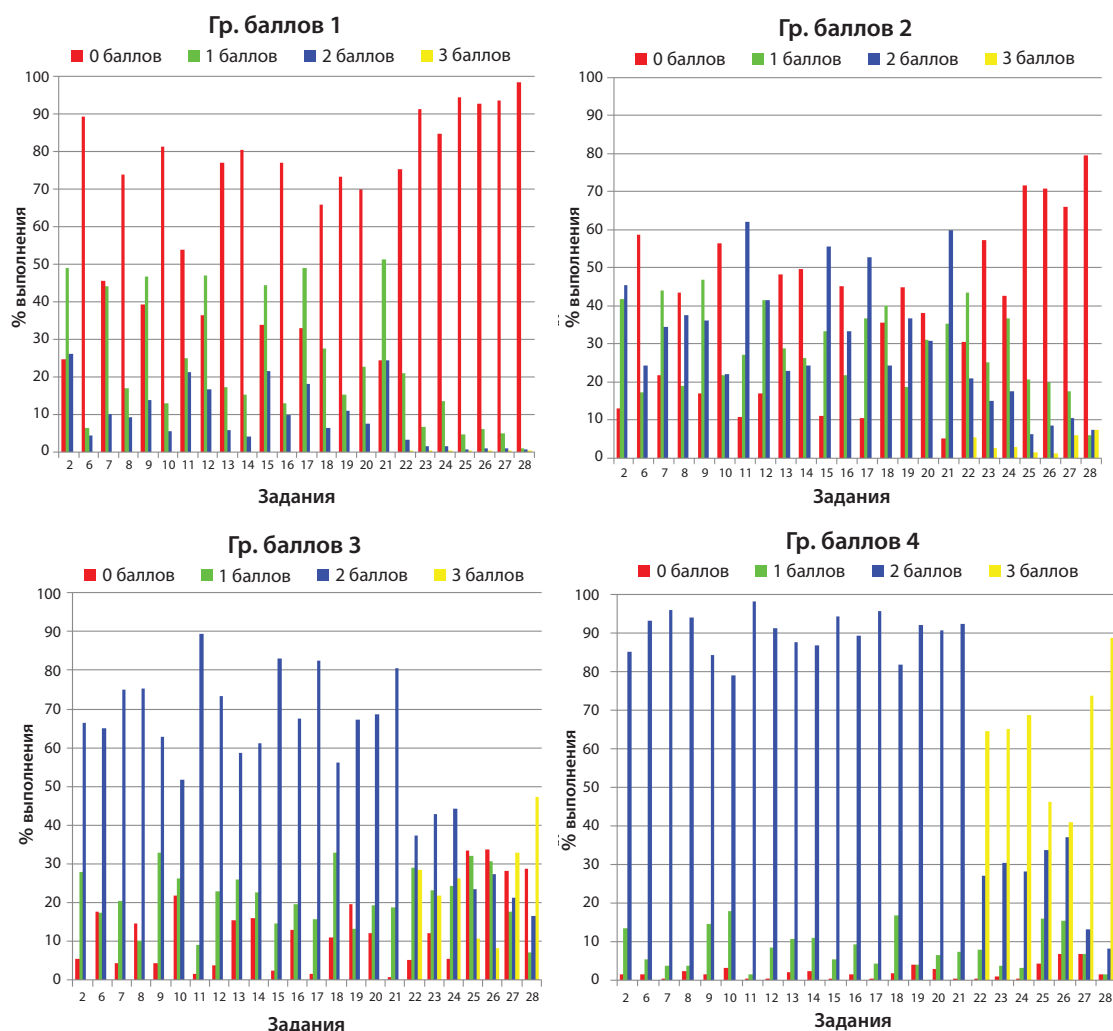


Рис. 4

Участники из группы 1 выполняли эти задания части 1 чаще всего на 1 балл (15–50 %), а максимальные 2 балла получили в среднем менее 20 % участников. Не выполнили задания и получили 0 баллов 30–80 % участников. За задания части 2 с развернутым ответом максимальные 3 балла получило менее 0,1 % участников, 2 балла — менее 2 %, а 1 балл — около 5 %. Не выполнили задания части 2 более 87 % участников.

В группе 2 за задания части 1 максимальное количество баллов 2 получили менее 25–55 % участников, 1 балл получили в среднем 20–40 % экзаменуемых. В этой группе выполнение существенно зависело от проверяемого содержания и типа задания. Результаты по заданиям части 2 значительно ниже. Так, максимальные 3 балла получили около 4 % экзаменуемых, а 2 балла — в среднем 15 % участников, а 1 балл — 34 %.

В группе 3 максимальное количество баллов 2 за задания части 1 получили 60–80 % участников, 1 балл — в среднем 25 % (20–30 %). Разница результатов выполнения заданий разных типов составила в среднем не более 5 %. За задания части 2 с развернутым ответом максимальные 3 балла получили в среднем около 30 % (20–40 %) участников, причём в основном максимальные баллы получены за задания 22 (анализ эксперимента), 27 (задача по цитологии), 28 (задача по генетике). 2 балла получили 20–40 % экзаменуемых, а 1 балл — 23 %. Наиболее трудными оказались контекстные, поисковые задания линий 25 и 26. За задания линии 25 максимальные 3 балла получили 10,8 % участников, линии 26 — 8,4 % участников и 0 баллов за эти задания в среднем — 34 %.

Наиболее высокие результаты по всем заданиям работы получены участниками из группы 4. За задания с кратким ответом части 1 максимальные 2 балла получили более 73 % экзаменуемых, а 0 баллов — менее 1 % участников. Результаты выполнения подавляющего большинства заданий этой части имеют приблизительно одинаковые статистические данные. У участников с отличной подготовкой в одинаковой степени хорошо сформированы разнообразные знания и учебные умения, поэтому тематика и форма предъявления заданий в данном

случае не имели существенного значения. В этой группе получены самые высокие результаты и по заданиям части 2. Максимальные 3 балла получили 64 % экзаменуемых, а 0 баллов — около 3 %.

Для преодоления минимального порога рекомендуется более тщательно прорабатывать учебный материал по разделу «Общая биология», используя для этой цели учебники базового уровня, так как основной материал КИМ ЕГЭ части 1 направлен на проверку именно этого содержания (12–13 заданий из 21). Кроме того, следует обратить внимание на изображение биологических объектов и процессов. На уроках биологии при опросе обучающихся можно рекомендовать использовать рассказ по рисунку.

При подготовке к экзамену для получения более высоких результатов необходимо использовать учебники только углублённого уровня, а также организовать повторение учебного материала за курс основной школы. Этот учебный материал может быть включён в урок при изучении таких тем общей биологии, как «Эволюционное учение. Эволюция органического мира», «Основы экологии». При изучении вопросов антропогенеза можно организовать повторение материала по анатомии и физиологии человека.

На уроках биологии необходимо чаще использовать активные методы обучения, ставить перед обучающимися проблемные вопросы, предлагать задания поискового характера. При выполнении лабораторных опытов необходимо предлагать анализировать результаты эксперимента, находить зависимые и независимые переменные. Учителю необходимо чаще включать в урок такие виды самостоятельной работы, как работа с учебником и научно-популярной литературой, анализ биологических текстов, ответы на проблемные вопросы.

Как было отмечено выше, модернизация КИМ ЕГЭ по биологии в 2022 г. вызвана переходом на контроль достижения ФГОС. В соответствии с ФГОС акцент в обучении на уровне метапредметных требований к результатам сделан на овладении обучающимися навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем, способностями и готовностью

к самостоятельному поиску способов решения практических задач, применению различных методов познания. Данное требование в предметной области реализуется на базовом и углублённом уровнях следующим образом.

Требования к предметным результатам освоения биологии на базовом уровне включают в себя владение основными методами научного познания, используемыми при биологических исследованиях живых объектов и экосистем: описание, измерение, проведение наблюдений; выявление и оценка антропогенных изменений в природе; сформированность умений объяснять результаты биологических экспериментов, решать элементарные биологические задачи.

Требования к предметным результатам освоения биологии на углублённом уровне включают в себя сформированность умений: исследовать и анализировать биологические объекты и системы; объяснять закономерности биологических процессов и явлений; прогнозировать последствия значимых биологических исследований; выдвигать гипотезы на основе знаний об основополагающих биологических закономерностях и законах, о происхождении и сущности жизни, глобальных изменениях в биосфере; проверять выдвинутые гипотезы экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; владеть методами самостоятельной постановки биологических экспериментов, описания, анализа и оценки достоверности полученного результата.

Проверка овладения участниками экзамена познавательных учебных действий (в федеральном компоненте государственных образовательных стандартов они были представлены в разделе общеучебных умений) в КИМ ЕГЭ по биологии проводится с 2017 г., когда была предложена новая модель экзаменационной работы, исключавшая задания на выбор одного правильного ответа, что позволило изменить акценты выносимого на проверку предметного и метапредметного содержания. Дальнейшее совершенствование модели, продолженное в 2021 г., в связи с поэтапным переходом на ФГОС, и ставшее хорошо заметным в структуре КИМ в 2022 г., расширило возможности по про-

верке познавательных видов универсальных учебных действий.

Традиционно системное знакомство с методологией научного познания в учебном курсе «Биология» происходит на первых уроках биологии в 10-м классе, при представлении структуры научного метода познания. Это позволяет, во-первых, закрепить знания обучающихся, полученные в основной школе, об общенаучных эмпирических методах (наблюдение, измерение, эксперимент), во-вторых, ознакомить с новой системой теоретических методов (анализ, синтез, абстрагирование, моделирование и др.). На этапе первоначального ознакомления важно структурировать представления о каждом из приведённых методов, а также научить обучающихся пользоваться понятийным аппаратом, который обеспечит их понимание, например, таких понятий, как: «гипотеза», «проблема», «факт», «контроль», «результат», «зависимая переменная», «независимая переменная» и т. д.

Углубление, расширение и конкретизация методологических понятий далее продолжаются при изучении отдельных тем раздела «Общая биология». Например, при изучении главы «Цитология — наука о клетке» ученики знакомятся с частными научными методами, которые используются непосредственно при изучении клетки. К таким методам в первую очередь относят хорошо знакомый учащимся ещё с основной школы метод микропирования. Однако ограничиваться этим не стоит. Обучающихся следует знакомить с современными физико-химическими методами: хроматография, электрофорез, меченных атомов, центрифугирования, а также культуры клеток и рекомбинантных ДНК. Отдельно следует обратить внимание на физико-химические методы. Знакомство с ними не должно быть поверхностным. Учителю следует не ограничиваться обычным перечислением упомянутых методов, а познакомить учащихся с физическими и химическими принципами, на которых основан тот или иной метод. Таким образом, удастся задействовать содержание смежных естественно-научных предметов и продемонстрировать межпредметные связи, что будет способствовать осознанному пониманию жизнедеятельности клетки, в основе

которой лежат физические и химические процессы.

Дальнейшее полноценное обращение к научным методам в процессе обучения происходит при изучении темы «Генетика — наука о наследственности и изменчивости организмов». В частности, преподавателю следует подробно остановиться на гибридологическом методе (именно как научном методе), который в истории биологии стал по-настоящему первым, полноценным, классическим экспериментом по изучению тел живой природы. Важность такого подробного изучения метода объясняется тем, что он позволяет анализировать генетические признаки организмов, проводить количественный учёт, получать статистически достоверные результаты, анализировать их, выводить закономерности, формулировать биологические законы и научные теории. В целях расширения знаний о возможностях современной генетики обучающихся следует ознакомить с другими методами науки, например цитологическими (для анализа кариотипов, количества и качества хромосом), а также с группой молекулярно-генетических методов на примере одного из них. Наиболее эффективными способами знакомства могут выступать небольшие видеофрагменты с хорошим методическим комментарием. Большое познавательное значение для понимания роли научного метода в биологии имеет ознакомление с разнообразными методами изучения генетики человека, так как они наглядно и убедительно демонстрируют практическое значение роли научного метода в познании всего живого.

В 11-м классе углубление и расширение знаний о научных методах будут продолжены в темах «Макроэволюция» и «Возникновение и развитие жизни на Земле». В современной биологии, занимающейся проблемами изучения эволюции живой природы, широко применяются не только традиционные — палеонтологические, эмбриологические, сравнительно-морфологические, но и современные — молекулярно-биохимические, генетические и математические методы изучения эволюционных процессов. При знакомстве с этим многообразием методов учителю необходимо не только дать определение каждого из них, но и показать их практическое применение, определить границы

использования, преимущества и недостатки каждого метода при формулировании окончательных выводов. Подобная детализация поможет глубже погрузиться в проблемы познания эволюции живой природы, чётче понять причины и закономерности развития жизни на Земле.

Заключительная тема, в которой развиваются представления о научных методах, — «Основы экологии». В современной экологии учёные используют множество эмпирических и теоретических научных методов. Такое их разнообразие позволит на уроках не только закрепить уже известные методы, например полевое наблюдение или биологический эксперимент, но и подробно остановиться на рассмотрении метода моделирования. Формирование представлений об этом методе наиболее удобно показать на уроках при изучении экологии популяций, сообществ и целых экосистем.

Для лучшего понимания особенностей рассматриваемых научных методов, используемых в биологической науке, при изучении упомянутых выше тем учащимся на уроках можно предложить разнообразные поисковые вопросы и отдельные задания. Например, при изучении химического состава клетки можно предложить ответить на вопросы: «Какими методами было определено содержание того или иного элемента в клетке, содержание белка в клетке?», «Каков аминокислотный состав белка?». Для ответа на эти и подобные вопросы ученики должны будут привлечь знания, полученные при знакомстве с методами на предыдущих уроках биологии, а возможно, и уроках химии и физики.

В целях отработки большинства методологических понятий, а также разнообразных исследовательских умений, связанных с ними, преподаватели биологии могут воспользоваться открытым банком заданий, представленных на сайте ФГБНУ «ФИПИ». В открытом банке встречаются как отдельные вопросы, так и целые задания из разных линий, проверяющие знание как частнонаучных, так и общебиологических методов и приёмов.

Например, задания линии 1 с кратким ответом части 1 представлены в открытом банке и могут использоваться в учебном процессе старшей школы и при активной подготовке к ГИА.

Здесь имеется три типа заданий: на выбор одного ответа из четырёх, на множественный выбор (два ответа из пяти), на дополнение таблицы (вписывание недостающего термина по описанию). Все эти типы заданий можно использовать при изучении каждой темы. На первом этапе предлагается использование самых простых заданий на выбор одного ответа из четырёх. На выполнение таких заданий затрачивается минимальное время, их можно рекомендовать в качестве тренировочных заданий. После изучения конкретной темы или главы можно использовать задания на множественный выбор, а после для контроля всей темы предложить задания на заполнение таблицы. В целом эти задания проверяют знание научных методов всех разделов биологической науки, признаков живого, уровней организации жизни.

В отличие от заданий линии 1, все задания линий 2 и 21 проверяют умение анализировать результаты биологического эксперимента или наблюдения. В заданиях линии 2 описано условие проведения эксперимента, а от обучающихся требуется их проанализировать и определить, какие результаты можно ожидать при изменении тех или иных условий.

В заданиях линии 21 представлены результаты эксперимента или наблюдения в графической (графики и диаграммы) и табличной формах. От обучающихся требуется определить два правильных вывода, которые можно сделать по представленным данным. За шесть лет (линейка заданий используется с 2017 г.) наработана методика их составления, а преподаватели отработали методику подготовки к подобным заданиям. К настоящему времени задания этой линии выполняют в среднем около 76 % участников; это свидетельствует о том, что большинство участников экзамена владеет умениями проводить анализ результатов, полученных в результате эксперимента или наблюдения, и делать на этом основании правильные выводы.

Проверка усвоения исследовательских знаний и умений осуществляется с помощью заданий части 2 экзаменационной работы. За последние годы разработчиками ЕГЭ были созданы задания по проверке владения экзаменуемыми приёмами ис-

следовательской деятельности на примере классических экспериментов из истории биологии.

Пример 11

В 1958 г. учёными в процессе эксперимента был установлен полуконсервативный принцип репликации ДНК. В качестве объекта эксперимента использовали бактерию — кишечную палочку *Escherichia coli*. Бактерии длительное время выращивали на питательной среде, содержащей нуклеотиды с тяжёлым изотопом азота ^{15}N , а затем перевели на среду с лёгким изотопом ^{14}N . Как называется используемый в эксперименте метод? Какие изотопы азота (N) содержали цепи новых молекул ДНК после первого деления клетки на новой питательной среде?

Элементы ответа:

1) каждая новая молекула ДНК состоит из одной исходной (^{15}N) и одной новой (^{14}N) цепи ДНК, синтезированной по принципу комплементарности (на каждой цепи исходной молекулы ДНК (^{15}N) синтезируется другая (^{14}N), недостающая цепь);

2) использовался метод меченных атомов.

Пример 12

В истории развития биологии рассматривают разные гипотезы возникновения жизни на Земле. Какие основные вещества и структуры, по гипотезам А. И. Опарина и Д. Холдейна, образовались в результате химической эволюции в процессе возникновения жизни на Земле? Какие условия способствовали этому процессу?

Элементы ответа:

Вещества и структуры:

1) абиогенный синтез органических веществ (мономеров) из неорганических соединений;

2) абиогенный синтез биополимеров из мономеров;

3) образование коацерватных капель, или коацерватов, из биополимеров;

4) формирование липидно-белковых мембран на границе разных сред (воды, суши, воздуха);

5) образование пробионтов.

Условия:

6) электрические разряды;

7) солнечная радиация;

8) водная среда.

Ответы на эти или подобные задания позволяют проверить понимание участниками экзамена понятий, образующих систему методологических знаний и умений, включающих в себя контроль, объяснение результатов эксперимента, гипотезу, переменные, законы, правила, теории и др.

Начиная с 2019 г. в КИМ ЕГЭ по биологии использовалась линейка заданий на проверку умения применять один из цитологических методов в генетике и цитологии. В настоящее время задания активно не используются, однако они могут быть предложены учащимся в учебном процессе при изучении конкретных тем. Это даст возможность закрепить знания и умения о методах биологических исследований, что повлияет на результаты выполнения заданий 1 и 2 (пример 13).

В 2022 г. в часть 2 КИМ ЕГЭ по биологии была введена линейка заданий по методологии эксперимента (задания линии 22) (пример 14).

Все приведённые задания, а также множество других, как было указано выше, можно найти в открытом банке заданий

ЕГЭ и использовать в учебном процессе при организации текущей, промежуточной и итоговой проверок у обучающихся.

Приведённые примеры заданий по модернизации КИМ ЕГЭ по биологии напрямую связаны с поэтапным переходом системы образования Российской Федерации на ФГОС.

В 2023 г. планируется расширить задания на эксперимент до двух линий — 22 и 23 (см. демонстрационный вариант КИМ ЕГЭ 2023 г.).

Понимая актуальность проблемы, преподавателям биологии предлагается ряд методических рекомендаций по формированию в учебном процессе у обучающихся ведущих исследовательских компетенций.

Современная наука держится на определённой методологии — совокупности используемых методов и учения о методе. «Метод» (от греч. методос — путь к чему-либо) означает совокупность приёмов и операций практического и теоретического действия, направленного на достижение какой-либо цели, решение конкретной научной задачи,

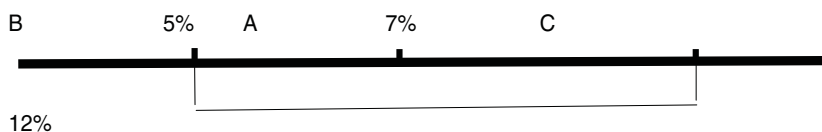
Пример 13

Анализ результатов нарушения сцепленного наследования генов позволяет определить последовательность расположения генов в хромосоме и составить генетические карты. Результаты многочисленных скрещиваний мух дрозофил показали, что частота нарушения сцепления в X-хромосоме между генами *A* и *B* составляет 5 %, между генами *A* и *C* — 7 %, между генами *C* и *B* — 12 %. Перерисуйте предложенную схему хромосомы на лист ответа, отметьте на ней взаимное расположение генов *A*, *B*, *C* и укажите расстояние между ними. Будет ли происходить с равной вероятностью нарушение сцепления этих генов у самцов и самок? Ответ поясните.

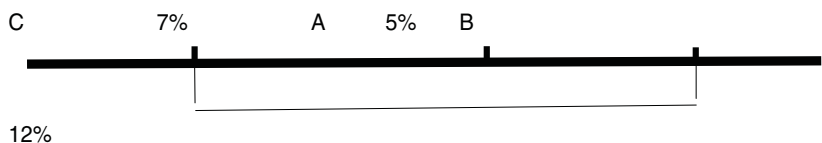
Схема X-хромосомы

Элементы ответа:

1)



ИЛИ



2) нарушение сцепления у самцов и самок происходит с неравной вероятностью, так как у самцов кроссинговер между X- и Y-хромосомами не происходит, а у самок между двумя X-хромосомами происходит.

Пример 14

Учёный провёл эксперимент со спортсменами-добровольцами, осуществлявшими подъём в гору в два этапа. У группы спортсменов трижды осуществляли забор крови: первый раз на высоте 300 м — до подъёма в горную деревню на высоту 2135 м над уровнем моря; второй раз — через три недели проживания там; третий раз — после второго этапа — восхождения на высоту 4050 м. В анализах оценивали количество эритроцитов во всех образцах крови (см. таблицу).

Забор крови	Количество эритроцитов, млн/мм ³
Первый	5,5
Второй	7,2
Третий	8,1

Какой параметр был задан экспериментатором (независимая переменная), а какой параметр менялся в зависимости от заданного (зависимая переменная)? Исходя из функции эритроцитов в крови, объясните наблюдаемое изменение параметра крови.

Элементы ответа:

- 1) независимая (задаваемая экспериментатором) переменная — высота над уровнем моря; зависимая (изменяющаяся в зависимости от заданной) переменная — количество эритроцитов в крови (*должны быть указаны обе переменные*);
- 2) эритроциты транспортируют кислород к клеткам;
- 3) с увеличением высоты над уровнем моря парциальное давление кислорода (концентрация кислорода) в воздухе уменьшается;
- 4) для компенсации кислородного голодания (гипоксии) количество эритроцитов в крови увеличивается.

т. е. основной способ, с помощью которого проводится исследование (метод направлен на овладение объектом).

В наиболее полном и «рафинированном» виде научный метод представлен в современном естествознании (физика, химия, биология, астрономия, геология, физическая география).

К характерным чертам современного научного метода относят:

- 1) стремление к чёткости и однозначности формулирования понятий при описании метода и результатов описания явления;
- 2) основой научного метода были и остаются наблюдение и эксперимент, т. е. эмпирическая основа научных знаний;
- 3) большинство научных методов получения первичной информации об изучаемых явлениях природы инструментально (поэтому унифицировано и объективно в определённом смысле);
- 4) современные методы стремятся к количественным характеристикам явлений и, соответственно, к математическим методам обработки информации;
- 5) в основе современных методов широко применяется математическое моделирование природных явлений, в частности

использование вычислительного эксперимента;

6) для современных методов характерна логическая (рациональная) основа и хорошо отработанная методика построения теорий;

7) современные методы стремятся к концептуальному единству теоретического описания природы.

Среди большого многообразия научных методов особое место занимают эмпирические методы: наблюдение, описание, измерение, эксперимент. Наиболее сложным методом эмпирического познания, в сравнении со всеми остальными, является *эксперимент* (от лат. *experimentum* — проба, опыт) — метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности. Эксперимент вбирает в себя другие методы эмпирического исследования (наблюдение, измерение, описание).

Вместе с тем эксперимент обладает рядом важных, присущих только ему особенностей.

Во-первых, эксперимент позволяет изучить объект в «очищенном» виде, т. е. устранять всякого рода побочные факты,

наслоения, затрудняющие процесс исследования. Такое упрощение способствует более глубокому пониманию сути явлений и процессов и даёт возможность контролировать немногие важные для данного эксперимента факторы и величины. В этом смысле эксперимент может быть уподоблен процедуре абстрагирования.

Во-вторых, в ходе эксперимента объект может быть поставлен в некоторые искусственные, в частности экспериментальные, условия.

В-третьих, изучая какой-либо процесс, экспериментатор может вмешиваться в естественный ход процесса, преобразовывать объект исследования, помещать его в искусственные условия, активно влиять на его протекание.

В-четвёртых, важным достоинством многих экспериментов является их воспроизводимость. Это означает, что условия эксперимента, а соответственно, и проводимые при этом наблюдения, измерения могут быть повторены столько раз, сколько это необходимо для получения достоверных результатов.

Разрабатывая эксперимент, исследователь должен руководствоваться условиями его проведения, а именно:

- иметь чётко сформулированную цель исследования;
- базироваться на каких-либо исходных теоретических положениях;
- иметь предварительно намеченные пути его проведения;
- иметь соответствующие технические средства, необходимые для реализации эксперимента;
- иметь достаточно высокую квалификацию исследователя.

Эксперименту обязательно предшествует гипотеза; она считается научной, если в соответствии с научным методом объясняет факты, охватываемые этой гипотезой, не является логически противоречивой, принципиально опровергаема, т. е. потенциально может быть проверена критическим экспериментом, а также не противоречит ранее установленным законам.

У учёных особым доверием пользуются гипотезы, которые не только объясняют уже известные факты, но и позволяют прогнозировать новые, в особенности неожиданные.

Тем не менее каждая гипотеза верна только при определённых условиях. Во-первых, данной группе фактов может соответствовать несколько гипотез. Во-вторых, никогда не может быть уверенности, что известны все факты, имеющие отношение к тому или другому явлению. Когда накапливаются новые знания, даже в хорошо обоснованную гипотезу приходится иногда вносить поправки. Но старая гипотеза разрушается только в ограниченном смысле этого слова, так как на самом деле она включается в новую, и эта новая гипотеза должна объяснять также и факты, которые охватывала старая гипотеза.

В современной науке сложилось несколько классификаций экспериментов по разным основаниям. Так, по предмету исследования различают физические, химические, биологические и другие подобные эксперименты. При этом чем сложнее объект исследования, который изучает данная наука, тем более специфический характер приобретает в ней эксперимент. Например, в живой природе эксперимент обычно сводится к исследованию двух групп организмов, одна из которых подвергается экспериментальному воздействию, а другая (контрольная) не подвергается и используется для сравнения с первой.

В зависимости от характера проблем, решаемых в ходе исследования, эксперименты обычно подразделяют на исследовательские и проверочные. Первые дают возможность обнаружить у объекта новые свойства. При этом могут быть получены выводы, не предполагаемые существующими гипотезами или теориями. Проверочные эксперименты используются для подтверждения существующих гипотез или теорий. Исходя из методики приведения и получения результатов, эксперименты можно разделить на качественные и количественные. Качественный эксперимент, являясь поисковым, имеет целью установить наличие или отсутствие предполагаемого теорией явления. Более сложен количественный (измерительный) эксперимент, выявляет количественную определённость какого-либо свойства объекта.

В зависимости от области применения эксперименты бывают естественнонаучные, прикладные и социально-экономические. Первые ставят перед собой

задачу подтверждения каких-то теоретических положений, поиска новых фактов. Вторые имеют целью поиск практического применения уже известных фактов и теорий. Третьи непосредственно касаются жизни человека и общества и связаны с проверкой различных новаций в общественной жизни (в рамках биологии не рассматриваются).

Ещё один тип эксперимента, находящий широкое применение в фундаментальных исследованиях, — так называемый мысленный эксперимент. Относясь к области теоретического знания, он представляет собой систему мысленных, практически не осуществимых процедур, проводимых над идеальными объектами.

Поскольку существующие в науке эксперименты отличаются большим разнообразием как по своим целям, так и по конкретному содержанию, то при рассмотрении их структуры возникает немало трудностей, связанных с выделением их общих признаков. Поэтому, анализируя общую структуру эксперимента при его планировании, ограничиваются обычно выявлением наиболее общих, характерных стадий построения эксперимента.

На первой стадии устанавливают цель эксперимента, которая может состоять либо в проверке определённой гипотезы или теории, либо в поиске некоторой эмпирической зависимости между величинами, описывающими определённый процесс. В основном эксперимент используется для проверки научных гипотез, поэтому при постановке цели:

- указывают следствия из гипотез, подлежащих проверке;
- устанавливают, в какой форме — качественной или количественной — эти следствия необходимо представить;
- определяют факторы, от которых зависит результат эксперимента;
- выявляют факторы, которые поддерживаются постоянными при эксперименте, так как предполагается, что они не могут оказывать существенного влияния на ход процесса.

Все эти задачи подробно формулируются при планировании эксперимента.

Вторая стадия эксперимента состоит в контроле над его проведением, который заключается в обеспечении его «чистоты»,

связанной с изоляцией от влияния таких факторов, которые могут заметно изменить результат.

Третья стадия эксперимента связана с интерпретацией полученных данных и статистической обработкой результатов измерения соответствующих величин. Уже в процессе научного наблюдения исследователь руководствуется определёнными теоретическими представлениями о наблюдаемых фактах (эксперимент в гораздо большей степени зависит от теории). Прежде чем поставить эксперимент, надо не только располагать общим его замыслом, но и тщательно продумать план его проведения, т. е. теоретическую схему построения отдельных его стадий.

Выбор типа эксперимента, как и конкретный план его построения, определяется в первую очередь той научной проблемой, которую предстоит решать с его помощью. Одно дело, когда эксперимент предназначен для качественной оценки и проверки гипотезы, т. е. простого установления зависимости между факторами исследуемого явления. Совсем другое дело, когда ставится задача определения количественной зависимости между этими факторами в математической форме, т. е. поиска функций, уравнений и других математических структур, которые бы адекватно отображали количественные отношения между факторами. Всё это свидетельствует о том, что план проведения каждого конкретного эксперимента обладает своими специфическими особенностями. Поэтому не существует какого-либо общего шаблона или схемы, с помощью которых можно было бы построить эксперимент для решения проблемы в каждой экспериментальной науке, тем более биологии. Самое большее, что можно здесь сделать, — это наметить стратегию исследования и дать некоторые общие рекомендации по построению и планированию эксперимента.

После того как будет точно сформулирована цель эксперимента, необходимо выделить те факторы, которые оказывают существенное влияние на его проведение. Выявление таких факторов зависит от степени теоретической зрелости соответствующей науки, а особенно от интуиции и опыта исследователя. Когда имеется достаточно разработанная теория, тогда

выявить существенные факторы планируемого эксперимента не очень трудно. Если же исследование только начинается, а область изучаемых явлений совсем новая, тогда отделение существенных факторов от несущественных представляет проблему. Любой фактор в принципе может оказаться существенным, и поэтому заранее, без предварительного исследования и проверки, его исключить нельзя. Однако проверить, являются ли все факторы существенными, также невозможно. Следовательно, перед исследователем возникает проблема выбора: если он сделает правильный выбор, то эксперимент даст ему возможность успешно решить научную проблему.

Важнейшим этапом проведения эксперимента является изучение зависимостей между существенными факторами при сохранении несущественных факторов неизменными или постоянными. При планировании эксперимента и оценке его результатов приходится учитывать также характер величин, измеряемых в ходе опыта. В этом отношении более сложными являются эксперименты, в которых исследуемые величины заданы статистическим образом. К чисто экспериментальным трудностям здесь добавляются трудности математического характера.

Однако, как бы эксперимент ни планировался, при его проведении обязателен точный учёт тех изменений, которые эксперимент вносит в изучаемый процесс. А это требует тщательного контроля как объекта исследования, так и средств наблюдения и измерения.

Зависимость эксперимента от теории проявляется не только при его планировании, но и при истолковании (интерпретации) его результатов. При интерпретации данных эксперимента для исследователя возможно два пути.

Во-первых, он может объяснить эти результаты в терминах уже известных теорий или гипотез. Поскольку такая проверка состоит в сопоставлении утверждений, выражающих данные эксперимента, с выводами теории, то возникает необходимость в получении таких логических следствий из теории, которые допускают эмпирическую проверку. Это требует интерпретации, по крайней мере, некоторых понятий и утверждений теории.

Во-вторых, в ряде случаев учёный не располагает готовой теорией или гипотезой, с помощью которых он смог бы объяснить результаты своего эксперимента.

Иногда такие эксперименты даже противоречат теоретическим представлениям, доминирующим в той или иной отрасли науки. Разумеется, не всякая интерпретация экспериментальных данных приводит к революционным изменениям в науке. Однако любая интерпретация предъявляет определённые требования к существующим теориям, начиная от пересмотра некоторых их элементов и заканчивая модификацией исходных допущений и принципов.

Всё изложенное выше рассмотрим на конкретном примере постановки эксперимента в области биологии. В отличие от специалистов из других естественных наук, исследователи сталкиваются с чрезвычайно сложными биологическими системами. Исследователи физики могут изучать поведение электрона в вакууме, изолируя его от других частиц. Большинство биологических экспериментов не может быть проведено в «вакууме». Данное условие накладывает существенные ограничения на любой биологический эксперимент. Из-за сложности биологических систем и условий, в которых они обитают, отношение между зависимой и независимой переменными в явном виде не удаётся установить. Факторы, влияющие на зависимую переменную, но при этом не заданные экспериментатором, называют помехами или смещающими факторами. Как можно проиллюстрировать данные факторы? Представим себе, что исследователь проводит классический эксперимент по выявлению явления плазмолиза и исследует зависимость между объёмом живой части клетки (протопластом) и концентрацией раствора соли, в котором находятся клетки. В самом простом варианте эксперимента он постепенно увеличивает осмолярность внешнего раствора, заменяя раствор с меньшей концентрации соли на раствор с большей (рис. 5).

Несмотря на то, что в данном эксперименте учёный может в явном виде выделить зависимую и независимую переменные, также есть и другие параметры, которые влияют на изучаемую систему. Например, по мере смены растворов вокруг клеток

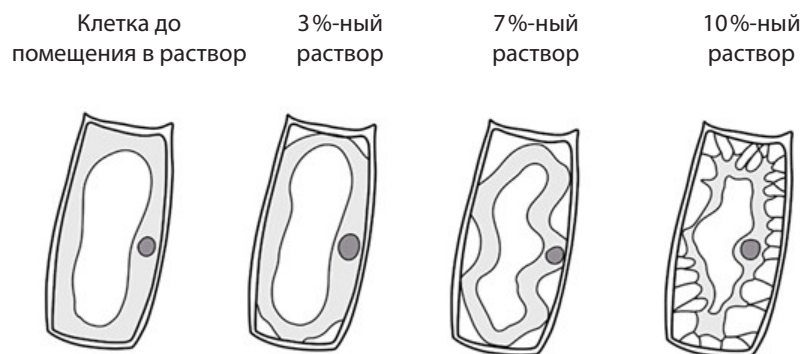


Рис. 5. Явление плазмолиза в растительной клетке

растения проходило определённое время. Соответственно, чем концентрированнее раствор (в рамках нашего эксперимента), тем дольше времени клетки суммарно провели под экспериментальным воздействием. В данном случае время и есть помеха или смещающий фактор. Учёный не контролировал его в эксперименте, но, возможно, время внесло существенный вклад в полученный результат. Помимо времени, существует множество других факторов, которые исследователь может не учитывать при постановке, казалось бы, простого эксперимента. Зачастую полностью избавиться от таких факторов не получается, но при этом исследовать предполагаемую зависимость необходимо. В таких случаях используются контрольные опыты, или контроли эксперимента.

В случае эксперимента с плазмолизом в клетке растения можно поставить отрицательный контроль, при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию. Клетки растения при этом надо разделить на две группы. Одну группу будут последовательно помещать в растворы с восходящей концентрацией солей, а вторую группу будут выдерживать в изначальном растворе. При этом если в клетках, которые были выдержаны в изначальном растворе, произойдут такие же изменения, как и в клетках, которые были пропущены через восходящие по концентрации растворы соли, то нельзя говорить о зависимости между переменными. В нашем эксперименте такого не произойдёт, и зависимость будет установлена. Методическая разница при планировании эксперимента с контролем очевидна. Раскрывается суть научного ме-

тода, при котором исследователь старается однозначно установить зависимость и исключить сторонние помехи.

Другая проблема, которая связана со сложностью биологических систем, заключается в их разнообразии. У большинства признаков, которые можно наблюдать, например в пределах одного вида, у каждого организма есть своя норма реакции. Так, например, всхожесть семян, собранных с одного растения подсолнуха со сходными генотипами, может варьировать на десятки процентов. В этом случае при однократном проведении эксперимента исследователь может обнаружить зависимость, которая будет характерна не для вида в целом, а для конкретных особей данного вида.

Чтобы избежать неточностей, связанных с вариацией в проявлениях признаков обычно один и тот же эксперимент проводится многократно. Если проводить эксперимент с плазмолизом, то вместо одной группы клеток, которые подвергались экспериментальному воздействию, можно использовать несколько. Для каждой группы отдельно необходимо измерить изменение объёма в зависимости от концентрации раствора соли, а полученные значения затем усреднить. Такая постановка эксперимента позволяет получить взвешенную оценку. В действительности, какие-то группы клеток будут более интенсивно реагировать на изменение концентрации окружающего раствора, а другие — менее интенсивно. Проведение эксперимента с одинаковым экспериментальным воздействием называется повторностью. В зависимости от сложности эксперимента и его дороговизны количество повторностей может существенно различаться.

Наконец, экспериментатору необходимо чётко понимать, какую зависимость необходимо изучать. Такому пониманию способствует правильная формулировка нулевой гипотезы. Нулевая гипотеза, по умолчанию, предполагает отсутствие зависимости между переменными или наблюдаемыми событиями. Исходя из формулировки нулевой гипотезы, планируется эксперимент. Если в результате эксперимента становится понятно, что зависимость есть, то нулевая гипотеза отвергается, и принимается альтернативная гипотеза. Альтернативная гипотеза, в отличие от нулевой, предполагает наличие связи между двумя переменными. В случае эксперимента с плазмолизом нулевая гипотеза может быть следующей: не существует зависимости между концентрацией соли в окружающем растворе и объёмом протопласта растительной клетки. Другой вариант формулировки нулевой гипотезы: объём протопласта не зависит от концентрации соли в окружающем растворе.

Таким примером можно обосновать сложное многоступенчатое планирование эксперимента в биологии.

Общеизвестно большое учебно-воспитательное значение учебного эксперимента в обучении основам естественных наук, так как он относится к числу наиболее эффективных методов изучения явлений и процессов живой природы. Как отмечал К. А. Тимирязев, «люди, научившиеся... наблюдениям и опытам, приобретают способность сами ставить вопросы и получать на них фактические ответы, оказываясь на более высоком умственном и нравственном уровне в сравнении с теми, кто такой школы не проделал».

Анализ методической литературы по предмету, различных образовательных программ, знакомство с обширным практическим опытом позволяет учителям биологии воспользоваться этим опытом в целях формирования исследовательских умений: владение научными методами исследования несложных реальных связей и зависимостей; организация и проведение исследовательских работ; самостоятельное создание алгоритмов познавательной деятельности для решения задач творческого и поискового характера; формирование полученных результатов.

Однако дидактические возможности эксперимента могут быть реализованы полнее, если расширить тематику учебных экспериментов, увеличить (сверх программы) количество демонстрационных опытов и разнообразить их темы.

Семилетний курс биологии достаточен для того, чтобы сформировать у обучающихся основные исследовательские умения: наблюдать и изучать явления и свойства организмов (отдельных частей), ставить эксперимент, выдвигать гипотезы, отбирать необходимые для проведения экспериментов приборы, выполнять измерения, описывать результаты наблюдений, интерпретировать и обсуждать результаты, делать выводы и участвовать в дискуссии. Чтобы обучающиеся овладели этими умениями, учитель должен сформировать у них понятие о специальных и общеупотребимых терминах: «эксперимент», «опыт», «контроль», «вариант опыта», «цель опыта», «зависимая (изменяющаяся) переменная», «независимая (задаваемая) переменная», «сравнение», «анализ в эксперименте», «результат опыта», «вывод из опыта» и др. Следовательно, готовя опыт, надо планировать и работу с учащимися по формированию у них этих понятий. С этой целью понятия следует собрать в логические группы и продумать этапы их введения в учебный процесс для формирования у учащихся исследовательских умений.

Например, в следующей последовательности:

- 1) анализ фактов или теоретических изысканий, на базе которых формулируется проблема;
- 2) составление гипотез, решающих её в форме предположений;
- 3) выявление следствий, которые бы помогли спланировать эксперимент для проверки правильности гипотезы;
- 4) разработка техники опыта;
- 5) его реальное проведение;
- 6) вывод, подтверждающий или опровергающий гипотезу.

В условиях школы довольно трудно сразу отработать эту систему в целом, однако отдельные стадии эксперимента можно начать формировать с 5-го класса на примере решения разнообразных экспериментальных задач, где учитель осознанно отрабатывает модель организации учебного эксперимента.

Так, один эксперимент представляет интерес для формирования умения отбирать факты, другой будет интересен для изучения выдвижения гипотезы и т. д.

Наблюдение — необходимый компонент эксперимента. В связи с этим у обучающихся следует формировать правильное умение проведения наблюдения и начинать это следует ещё до знакомства с экспериментом. В частности, в него следует включить следующие правила:

- *осмысли цель наблюдения, уточни предмет наблюдения;*
- *разработай план наблюдения, определи форму записи наблюдаемых явлений (в процессе наблюдения или сразу после его окончания);*
- *при описании наблюдаемых явлений обрати внимание на то, как они протекали во времени и при каких условиях;*
- *помни, что цель описания явлений — выявить наиболее точно и полно их признаки;*
- *при описании результатов наблюдений обрати внимание на то, что существенно новое было обнаружено и что общего с ранее известным;*
- *полученные результаты оформи в виде письменного ответа или графически (рисунок, схема).*

Формирование умения наблюдать за объектами или процессами в живой природе следует начинать с первых уроков биологии, постепенно знакомя обучающихся со школьным экспериментом.

Знакомство с последним следует ограничить определёнными условиями: целесообразностью, доступностью, постепенным усложнением опытов для понимания; особенно это важно на начальном этапе. Эксперименты должны быть подходящими для условий работы в конкретном классе и школе, а их тематика — определяться содержанием изучаемого материала (учебной программой). Не следует забывать и о том, что он должен быть убедительным и доказательным, а при постановке эксперимента должно работать правило одного различия. Демонстрируя эксперимент учащимся или проводя его самостоятельно, ученики должны понимать цель самого эксперимента и назначение оборудования, используемого при его проведении. Наличие всех перечисленных условий позволит говорить

об осмысленных действиях со стороны обучающихся и добиться сути, а не видимости проведения эксперимента.

Знакомить обучающихся с биологическими экспериментами можно по разным источникам. Во-первых, это учебники биологии; в них можно найти описание классических экспериментов, которые будут хорошим примером для формирования исследовательских умений, например классические опыты Ф. Реди, Л. Спалланцани, Л. Пастера, Г. Менделя, Р. Коха, И. П. Павлова и многих других учёных, о которых идёт повествование в текстах некоторых рекомендованных к использованию учебников. В учебных программах и рекомендованных учебниках обязательно приводится список лабораторных и практических работ. При определённых методических доработках (см. стадии эксперимента) часть таких работ может стать интересным учебным исследованием непосредственно на уроке.

Во-вторых, хорошим подспорьем для поиска интересных учебных экспериментов являются методические пособия, например: Бинас А. В. и др. Биологический эксперимент в школе. — М.: Просвещение, 1990; Верзилин Н. М., Корсунская В. М. Общая методика преподавания биологии. — М.: Просвещение, 1983.

В целях создания собственного банка учитель может использовать сайты Интернета, на которых специалисты знакомят обучающихся и учителей с организацией и проведением эксперимента, например: <http://unisait.blogspot.com/>, <https://life-students.ru/zanimatelnye-opyty-po-biologii/>, <https://studopedia.net>. В конечном счёте педагог может создать собственный банк учебных экспериментов, который будет включать в себя не только организацию и проведение эксперимента, но и его методическое сопровождение, позволяющее максимально эффективно использовать результаты эксперимента в учебном процессе.

Организуя собственный банк, следует обращать внимание на ряд свойств учебных экспериментов. Так, они различаются по продолжительности — выделяют кратковременные и длительные эксперименты. Кратковременные эксперименты проводятся в течение одного учебного занятия или его части. В учебном процессе

используются и длительные эксперименты, время которых может составлять до двух и более месяцев. Исходя из этого, можно рекомендовать тематические опыты, демонстрирующие:

1) непосредственное изучаемое явление (например, изучение рефлекторных реакций человека на примере мигательного рефлекса);

2) изучение условий протекания явления, выявление основных закономерностей его в тех случаях, когда опыт имеет большое познавательное или практическое значение (например, выделение кислорода листьями только на свету, незаменимость элементов минерального питания);

3) изучение влияния различных внешних условий (выяснение продолжительности переваривания гидрой пищи различного вида).

Желательно предлагать учащимся опыты, показывающие применение знаний об изучаемом явлении в производстве (например, гидропонное выращивание растений, укоренение черенков с помощью ростовых веществ).

Анализ учебного процесса в школе показывает, что отсутствие у обучающихся правильно сформированных понятий нередко является причиной низкой педагогической эффективности учебного эксперимента. Ученики часто путают результат опыта с выводом, по-своему, неправильно понимают действие «сравнить» в смысле приравнивать, считать равными по какому-либо одному признаку. Они должны уяснить, что сравнить — значит установить, найти общее, одинаковое у рассматриваемых (сравниваемых) объектов (вариантов опыта) и то, что у них разное, чем они отличаются друг от друга.

Обязательно в словарный багаж обучающихся должны быть включены следующие методологические понятия:

■ *гипотеза* — предположение или догадка, утверждение, которое, в отличие от аксиом, постулатов, требует доказательства;

■ *нулевая гипотеза* — принимаемое по умолчанию предположение о том, что не существует связи между двумя наблюдаемыми событиями, феноменами;

■ *цель опыта* — это то, что намечено для исследования (установления нового,

подтверждения известного), например выяснить, необходим ли свет для образования крахмала в листьях;

■ *зависимая (изменяющаяся) переменная* — в эксперименте измеряемая переменная, изменения которой связывают с изменениями независимой переменной;

■ *независимая (задаваемая) переменная* — в эксперименте переменная, которая намеренно манипулируется или выбирается экспериментатором с целью выяснить её влияние на зависимую переменную;

■ *отрицательный контроль* — экспериментальный контроль, при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию;

■ *результат опыта* — это то фактическое, что получилось в опыте, наблюдается в конце его, например крахмал имеется только в той части листа, которая находилась на свету;

■ *вывод из опыта* — умозаключение по постановке и результатам опыта, сделанное в соответствии с целью данного опыта, например: свет — необходимое условие образования крахмала в листьях.

Учебные опыты не однотипны по методике их организации. Для многих из них необходим контроль в виде второго объекта (его части), прибора. В таком эксперименте две составные части — опыт и контроль. Опытные объекты в эксперименте — те, на которые оказывается определённое действие, чтобы узнать, к чему это приведёт; контрольные находятся в тех же общих условиях, что и опытные, но не подвергаются каким-либо воздействиям. То, что произойдёт с контрольными объектом в учебном эксперименте, заранее известно — как то, что должно быть (например, семена, имеющие в достатке воду, доступ воздуха и тепло, прорастут). И тем не менее контроль необходим в любом эксперименте как методе науки, чтобы убедиться в том, что ожидаемое действительно происходит, и исключить возможные недоразумения и ошибки в эксперименте. Так, например, семена могут не прорасти из-за потери всхожести; в опыте по изучению дыхания семян зажжённая свеча (лучинка) может гаснуть в контрольном сосуде из-за того только, что его объём или размер входного отверстия слишком малы, поэтому горение невозможно.

Обучающимся надо дать понять, что только при наличии контроля в эксперименте можно быть уверенным, что изменения, полученные в опыте, вызваны нашим воздействием на растение, а не чем-либо иным, случайным, неизвестным. Контроль необходим для того, чтобы опыт был убедительным, доказательным. Сравнение результатов, полученных в опыте и контроле, сопоставление их с исходными условиями в эксперименте приводят к выводу — решению поставленной задачи — достижению цели опыта.

В некоторых учебных опытах нет контроля в виде второго живого объекта — им служит обычное, или очевидное, его состояние до (вне) эксперимента, например ветка дерева до постановки её в подкрашенную воду — в опыте по проведению воды и растворённых в ней веществ по стеблю. Результат в таком опыте сравнивается с тем, что было с данным (или аналогичным) объектом до опыта или обычно бывает.

В опытах по выяснению условий, необходимых для того или иного явления, а также по изучению влияния различных условий на тот или иной процесс (прорастания семян, испарения воды листьями и т. п.) может быть несколько вариантов — несколько растений, поставленных в разные условия. Например, одним предоставлены вода, воздух, тепло, а другие лишены одного из этих условий: одни — воды, другие — тепла, третьи — доступа воздуха. Вывод из такого опыта делается на основе анализа, сравнения условий в каждом варианте и результатов, полученных в них.

Следует постоянно обращать внимание обучающихся на то, что в эксперименте применяется «правило единственного различия». Оно требует, чтобы различие между опытом и контролем, между вариантами сложного (комплексного) опыта и контрольными растениями в нём всегда было только по одному условию — тому, необходимость или действие которого выясняется в конкретном эксперименте, например по тому, есть или нет доступ воздуха к семенам, освещается или нет лист растения. Все другие условия должны быть одинаковыми. Только при этом условии вывод из опыта является единственно верным и доказательным. Следовательно, в опытах

с несколькими вариантами — по выяснению условий, необходимых для того или иного явления, — надо поочерёдно сравнивать растения каждого варианта с контрольными — в соответствии с «правилом единственного различия». Учащимся надо понять, что сравнение вариантов друг с другом (а не с контролем в данном опыте) не может дать достоверные знания, так как эти варианты различаются между собой более чем по одному условию.

Если комплексная постановка опыта с вариантами представляется сложной, её можно заменить несколькими элементарными опытами со схемой: контроль — опыт (например: «есть: вода, воздух, тепло» — «есть: вода, воздух, нет тепла» или «есть: вода, воздух, тепло» — «есть: вода, тепло, нет воздуха»). Специальные исследования показали, что усложнённая схема опыта является педагогически более эффективной при условии основательной работы с учащимися над опытом.

Максимальный образовательный эффект обучения предмету через экспериментальную деятельность может быть достигнут только в том случае, когда он активно включён в учебный процесс, где основным остаётся урок. Как показывает многолетняя педагогическая практика, место эксперимента на уроке определяется целью и задачами, сформулированными педагогом, и зависит от типа и вида урока. Как методический приём эксперимент широко применяется на уроках, когда учитель демонстрирует опыт в процессе учебной лекции, короткого рассказа, фронтальной беседы. Это даёт хороший результат, если предлагаемый опыт служит источником новых знаний и умений, а не иллюстрирует то, что сказал учитель в своём рассказе. Например, в процессе рассказа о поступлении воды в клетку учитель демонстрирует «искусственную клеточку» Траубе и ставит вопрос: за счёт чего увеличивается объём «клеточки». Ученики приходят к выводу о поступлении в «клеточку» воды из окружающей среды. Затем учитель сравнивает свойства этой модели и мембраны живой клетки и пропускает воду до тех пор, пока не выровняется концентрация растворов снаружи и внутри.

Эксперимент может быть использован и на других этапах урока, например

во время выполнения лабораторной (например, исследование химического состава кости) или практической работы (исследование реакции простейших на действие различных раздражителей). При такой организации учебного процесса ученики-экспериментаторы становятся активными помощниками учителя, так как, активно выполняя работу, они приобретают новые знания и умения, делясь ими с одноклассниками.

Гораздо чаще экспериментальные работы по биологии ученики проводят в порядке внеурочных занятий (индивидуальных или групповых) в уголке живой природы или на учебно-опытном участке школы. Наиболее многообразны эксперименты на учебно-опытном участке. Они особенно длительны и занимают весь вегетационный период, т. е. целое лето. Перед обучающимися ставят вопросы или задачи, которые решают путём сравнения результатов опыта и контроля.

Тематика учебных опытов определяется содержанием рабочей программы (базовый и углублённый уровни), охватывающим следующие разделы: «Растения. Бактерии. Грибы. Лишайники», «Животные», «Человек и его здоровье», «Общая биология».

Под каждый раздел учебного предмета в методике обучения биологии разработано большое количество разнообразных учебных экспериментов, в которых учитываются психолого-педагогические возможности обучающихся, биологические особенности объектов, с которыми проводятся опыты (эксперименты), содержание программ и ряд других дидактических принципов, обеспечивающих эффективное обучение предмету. Методические рекомендации по организации работы с использованием учебного эксперимента будут рассмотрены в следующем году.

Другой проблемой, которая требует пристального внимания со стороны педагога при изучении биологии, является работа с рисунками, схемами, фотографиями биологических объектов и явлений. Как показал анализ работ, задания одного типа, в которых имелся рисунок, выполнялись хуже, чем задания аналогичного типа, но без рисунка. В процессе изучения на уроках биологии необходимо ча-

ще практиковать работу с изображением биологических объектов, имеющихся в школьных учебниках. Из банка открытых заданий ФИПИ рекомендуется использовать задания различного типа с рисунками как при тренировке, повторении, так и при проверке знаний. Рекомендуется для проработки учебного материала не пренебрегать заданиями на выбор одного ответа из четырёх с рисунка.

В КИМ ЕГЭ 2023 г. по биологии будет продолжено структурное и содержательное обновление действующей экзаменационной модели. Плавный поэтапный переход на новую модель под ФГОС СОО проводится с учётом полученных результатов, с последующей коррекцией как отдельных линий заданий, так и целых модулей.

В сравнении с КИМ ЕГЭ 2022 г., в новую модель внесены следующие изменения.

1. В части 1 КИМ ЕГЭ появится новая линия заданий. В результате общее количество заданий в экзаменационном варианте будет составлять 29 (в 2022 г. было 28).

2. Блок «Система и многообразие органического мира» в части 1 экзаменационной работы будет представлен единым вариативным модулем (задания 9–12), состоящим из комбинации двух тематических разделов: «Многообразие растений и грибов» (два задания), «Многообразие животных» (два задания).

3. Блок «Организм человека и его здоровье» в части 1 экзаменационной работы собран в единый модуль из четырёх тематических заданий (задания 13–16).

4. Знание бактерий и вирусов будет проверяться заданиями блока «Клетка и организм — биологические системы» (задания 5–8). В предыдущие годы они традиционно были представлены в блоке «Система и многообразие органического мира».

5. В части 2 появится модуль из двух линий (задания 23 и 24), направленных на проверку сформированности методологических умений и навыков. Причём одни задания линии 23 проверяют зависимую и независимую переменные с включением в этот вариант отрицательного контроля, другие — нулевую гипотезу и достоверность полученных в результате эксперимента данных. В общей сложности данный

модуль оценивается в 6 баллов, причём задание 23 (3 балла) стало повышенного уровня сложности (в 2022 г. все задания части 2 были высокого уровня сложности), а задания 24 (3 балла) — высокого.

6. Из КИМ ЕГЭ 2023 г. исключена линия заданий 24 на анализ биологической информации, представленной в виде короткого биологического текста.

В связи с планируемыми изменениями КИМ ЕГЭ 2023 г. рекомендуем: во-первых, усилить акцент на работу с изображениями отдельных типичных объектов или их частей (фрагментов), а также процессов, протекающих в живых системах (в КИМ возросло количество рисунков); во-вторых, уделить больше внимание системному повторению разделов «Растения. Бактерии. Грибы. Ли-

шайники», «Животные», в контексте адаптаций к окружающей среде в разделе «Человек и его здоровье» основной акцент сделать на рассмотрение организма не в системе строение — функция, а наоборот, функция — строение; в-третьих, обратить внимание на формирование средствами предмета биологии метапредметных результатов, в частности базовых исследовательских действий, например формирование научного типа мышления, владение исследовательской терминологией, а также ключевыми понятиями и важнейшими научными методами. Последние являются важными ввиду относительно низких результатов, полученных при выполнении заданий, проверяющих знания частнонаучных методов в области современной биологии.