



Федеральная служба по надзору в сфере образования
и науки
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических измерений»

В.С. Рохлов, Р.А. Петросова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для учителей, подготовленные
на основе анализа типичных ошибок
участников ЕГЭ 2023 года
по **БИОЛОГИИ****

Москва, 2023

В основу разработки контрольных измерительных материалов (далее – КИМ) ЕГЭ по биологии в 2023 г. был положен федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (далее – ФГОС) (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413 с изменениями 2014–2020 гг.). Также учитывались Примерная основная образовательная программа среднего общего образования (одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 28.06.2016 № 2/16з)) и содержание учебников федерального перечня Минпросвещения России.

Модернизация КИМ ЕГЭ по биологии на основе ФГОС строится в парадигме системно-деятельностного и компетентностного подходов. Предложенные модели заданий, собранные в блоки и отдельные модули, позволяют проверить не только предметные знания и умения, но и познавательные универсальные учебные действия: формулировать цель, ставить задачи; выбирать способы по поиску и работе с биологической информацией, структурировать и анализировать ее; синтезировать имеющиеся знания; устанавливать причинно-следственные связи; высказывать суждения; делать выводы; обнаруживать проблемы и находить способы их решения.

КИМ ЕГЭ 2023 г. учитывали цели и задачи учебного предмета, его специфику, сложившуюся в последние годы концентрическую структуру основного общего и среднего общего биологического образования. Объектами контроля выступали биологические знания, метапредметные и предметные умения, навыки и способы деятельности выпускников, сформированные при изучении следующих разделов учебного предмета биологии: «Растения. Бактерии. Грибы. Лишайники», «Животные», «Человек и его здоровье», «Общая биология». Такой подход позволил охватить проверкой основное содержание учебного предмета и обеспечил содержательную валидность выносимым на итоговую аттестацию КИМ. В экзаменационной работе преобладали задания по разделу «Общая биология» (базовый и углубленный уровни), поскольку в нем интегрируются и систематизируются наиболее значимые биологические знания и предметные умения, рассматриваются ключевые биологические теории, законы, закономерности, а также важнейшие научные факты биологической науки, проявляющиеся на всех уровнях организации живой природы.

К числу ключевых биологических теорий, законов и закономерностей, выносимых на итоговую аттестацию, следует отнести: клеточную, хромосомную, эволюционную теории; законы наследственности и изменчивости; экологические закономерности развития разноуровневых экосистем и биосферы.

Приоритетной при конструировании КИМ являлась необходимость проверки у выпускников важнейших теоретических и практических биологических знаний, сформированности разнообразных предметных, метапредметных навыков и умений, а также способов деятельности: усвоение понятийного аппарата учебного предмета «Биология»; овладение методологическими умениями; применение знаний и умений при объяснении биологических процессов, явлений и закономерностей, а также их практическом использовании; решение количественных и качественных биологических задач различного уровня сложности.

В содержание итоговой экзаменационной работы были включены задания, проверявшие практические знания и умения из следующих областей: генетика, молекулярная биология, селекция организмов, биотехнология, рациональное природопользование, охрана природы, физиология и здоровый образ жизни человека.

Все выносимые на аттестационную процедуру разделы учебного предмета «Биология» в КИМ собраны в семь содержательных блоков.

Блок 1 «Биология как наука. Методы научного познания» контролирует материал о достижениях биологии, методах исследования, об основных уровнях организации живой природы.

Блок 2 «Клетка как биологическая система» содержит задания, проверяющие знания о строении, жизнедеятельности, многообразии клеток и вирусах, о закономерностях наследственности и изменчивости, об онтогенезе и воспроизведении организмов, о селекции организмов и биотехнологии, а также умения устанавливать взаимосвязь строения и функций органоидов клетки, распознавать и сравнивать клетки разных организмов, процессы, протекающие в них, и, кроме того, выявляет уровень овладения умением применять биологические знания при решении задач по цитологии.

Блок 3 «Организм как биологическая система» содержит задания, проверяющие: знания о закономерностях наследственности и изменчивости, об онтогенезе и воспроизведении организмов, о селекции организмов и биотехнологии; умения устанавливать взаимосвязи между процессами воспроизведения организмов и применять биологические знания при решении задач по генетике.

Блок 4 «Система и многообразие органического мира» проверяет знания о многообразии, строении, жизнедеятельности и размножении организмов различных царств живой природы, а также умения сравнивать организмы, характеризовать и определять их принадлежность к определенному систематическому таксону.

Блок 5 «Организм человека и его здоровье» направлен на определение уровня освоения системы знаний о строении и жизнедеятельности организма человека.

Блок 6 «Эволюция живой природы» включает в себя задания, нацеленные на контроль знаний о виде, движущих силах, направлениях и результатах эволюции органического мира, а также умений объяснять основные ароморфозы в эволюции растительного и животного мира, устанавливать взаимосвязь движущих сил и результатов эволюции.

Блок 7 «Экосистемы и присущие им закономерности» содержит задания, направленные 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.

Задания экзаменационной работы проверяют усвоение существенных элементов содержания курса биологии средней школы, сформированность у выпускников научного мировоззрения и биологической компетентности, овладение разнообразными видами учебной деятельности:

- владение биологической терминологией и символикой;
- знание основных методов изучения живой природы, наиболее важных признаков биологических объектов, особенностей строения и жизнедеятельности организма человека, гигиенических норм и правил здорового образа жизни, экологических основ охраны окружающей среды;
- знание сущности биологических процессов, явлений, общебиологических закономерностей;
- понимание основных положений биологических теорий, законов, правил, гипотез, закономерностей, сущности биологических процессов и явлений;
- умения распознавать биологические объекты и процессы по их описанию, рисункам, графикам, диаграммам, а также решать простейшие биологические задачи, использовать биологические знания в практической деятельности;
- умения определять, сравнивать, классифицировать, объяснять биологические объекты, явления и процессы;
- умения устанавливать взаимосвязи организмов, процессов, явлений, а также выявлять общие и отличительные признаки, составлять схемы пищевых цепей, применять знания в измененной ситуации;
- умения самостоятельно оперировать биологическими понятиями, обосновывать и объяснять биологические процессы и явления, грамотно формулировать свой ответ;

- умения применять знания в новой ситуации, устанавливать причинно-следственные связи, анализировать, систематизировать и интегрировать знания из предметов естественно-научного цикла, формулировать выводы и делать прогнозы;
- умения решать биологические задачи, оценивать и прогнозировать биологические процессы, применять теоретические знания на практике.

Каждый вариант экзаменационной работы состоял из двух частей и включал в себя 29 заданий, различных по форме предъявления, уровню сложности и способам оценки. Задания в КИМ группировались в зависимости от проверяемых видов учебной деятельности и в соответствии с тематической принадлежностью, отраженной в спецификации КИМ и кодификаторе.

Часть 1 содержала 22 задания базового (14 заданий) и повышенного (8 заданий) уровней: с множественным выбором ответов из предложенного списка с рисунком или без него; на установление соответствия элементов с рисунком или без него; на установление последовательности систематических таксонов, биологических объектов, процессов, явлений; на решение базовых биологических задач по цитологии и генетике; на анализ рисунка и определение объекта; на дополнение недостающей информации в таблице; на анализ информации, представленной в графической или табличной форме.

Ответы на задания части 1 (краткий ответ) давались в виде соответствующей записи в виде слова (словосочетания), числа или последовательности цифр, без пробелов и разделительных символов. Оценивание правильности выполнения заданий, предусматривающих краткий ответ, осуществлялось с использованием специальных аппаратно-программных средств.

Часть 2 состояла из 7 заданий с развернутым ответом повышенного (линия 23) и высокого (линии 24–29) уровней сложности, предполагавших от трех до девяти элементов. Развернутые ответы проверялись по критериям экспертами предметных комиссий субъектов Российской Федерации и оценивались максимально в 3 балла. Задания этой части работы были нацелены на выявление и дифференциацию выпускников с хорошей и отличной биологической подготовкой.

Максимальный первичный балл за выполнение экзаменационной работы – 59.

Включение в экзаменационную работу заданий различного типа и уровня сложности позволило определить степень подготовки каждого участника ЕГЭ и дифференцировать аттестуемых по уровню их готовности к дальнейшему продолжению обучения на уровне профессионального (высшего) образования. Равноценность вариантов экзаменационной работы обеспечивалась соблюдением одинаковых количества и типов заданий, проверявших усвоение инвариантного ядра (базовый уровень) и вариативного (профильный уровень) содержания разделов школьного курса биологии среднего общего образования.

Изменения в КИМ ЕГЭ 2023 г. в сравнении с КИМ 2022 г. имели точечный характер.

Рассмотрим изменения, внесенные в часть 1 КИМ.

В эту часть КИМ была включена дополнительная линия заданий. В результате общее количество заданий части 1 увеличилось до 22, что автоматически увеличило с 28 до 29 общее количество заданий всего КИМ ЕГЭ.

Образцом для изменений выступал модуль по теме «Клетка и организм», состоявший из четырех разных по сложности и форме представления заданий (линии 5–8), апробированный в 2022 г. По аналогии в часть 1 были включены два новых модуля по блокам «Система и многообразие органического мира» и «Организм человека и его здоровье». Каждый модуль состоял из четырех заданий разных по форме и уровню сложности: задание открытой формы на анализ рисунка и определение изображенного объекта или процесса; задание на установление соответствия с рисунком; задание с множественным выбором (с рисунком или без него); задание на установление последовательности биологических объектов, процессов, явлений. В результате часть 1 КИМ стала содержательно более структурированной. Линии по блокам «Эволюция»

и «Экология» остались без изменений. Сохранились также задания линии 21 (20 в прежней модели) – заполнение таблицы – и линии 22 (21 в прежней модели) – анализ результатов эксперимента по графикам и таблицам.

Модуль блока «Система и многообразие органического мира» (линии 9–12) представлял комбинацию двух тематических разделов: «Растения. Грибы. Лишайники» (2 задания) и «Животные» (2 задания). Так, если в КИМ задания линий 9 и 10 проверяли содержание по разделу «Растения. Грибы. Лишайники», то задания линий 11 и 12 проверяли знания по разделу «Животные». И наоборот, если первые два задания проверяли знания по разделу «Животные», то два следующих задания были посвящены растениям, грибам и лишайникам.

Блок «Организм человека и его здоровье» (задания 13–16) – третий модуль части 1 экзаменационной работы; он, как и два предыдущих, состоял из 4 заданий, направленных на проверку знаний строения, функционирования организма человека, начиная с уровня тканей и заканчивая уровнем отдельных систем. Кроме того, здесь проверялись знания вопросов гигиены и приемов оказания первой медицинской помощи.

Рассмотрим изменения в части 2 КИМ.

Из части 2 работы исключена линия 24 – задания на анализ тематической биологической информации (нахождение биологических ошибок). Задания 23 и 24 были объединены в мини-модуль (единый содержательный контекст), направленный на проверку сформированности методологических умений и навыков, связанных с постановкой, проведением и анализом данных, представленных в биологическом эксперименте.

Задания 25–29 были представлены традиционными моделями и проверяли содержание, заявленное в спецификации. Как и в предыдущие годы, линии 26 и 27 были представлены заданиями поискового (эвристического) характера, требовавшими от участников экзамена проявления сложных аналитических умений и системных знаний биологии с привлечением определенных тем из химии и физики.

Экзамен по биологии востребован среди выпускников и многие годы входит в число самых популярных экзаменов по выбору.

В ЕГЭ 2023 г. по биологии приняли участие более 114 тыс. человек.

Результаты ЕГЭ по биологии 2023 г. сопоставимы с результатами ЕГЭ последних трех лет.

Средний тестовый балл в 2023 г. составил 50,8. Возросла доля участников экзамена с результатами в диапазонах 61–80 и 81–100 баллов. Также возросло число стобалльников ЕГЭ, расширилась география регионов, в образовательных организациях которых есть стобалльники ЕГЭ по биологии.

Минимальный балл в 2023 г., как и в предыдущие годы, составил 16 первичных и 36 тестовых баллов. Доля участников ЕГЭ по биологии, не набравших минимального количества баллов, в 2023 г. составила 19%, что соответствует аналогичному показателю прошлых лет.

Более 30% участников ЕГЭ 2023 г. показали результаты в диапазоне 61–100 баллов.

Экзаменационная работа предусматривала проверку знаний, а также различных видов умений и способов деятельности обучающихся.

В работе были представлены задания разных уровней сложности. На базовом уровне проверялись:

- владение биологической терминологией и символикой;
- знание основных методов изучения живой природы, наиболее важных признаков биологических объектов, особенностей организма человека, гигиенических норм и правил здорового образа жизни, экологических основ охраны окружающей среды;
- понимание основных положений биологических теорий, законов, правил, гипотез, закономерностей, сущности биологических процессов и явлений;

- умения классифицировать и распознавать биологические объекты по их описанию и рисункам, решать простейшие биологические задачи, использовать биологические знания в практической деятельности.

На повышенном уровне проверялось овладение обучающимися более сложными и разнообразными видами учебной деятельности:

- выделять существенные признаки биологических процессов, явлений; конкретизировать общебиологические закономерности;
- определять, сравнивать биологические объекты; объяснять процессы;
- устанавливать взаимосвязи организмов, процессов, явлений; выявлять общие и отличительные признаки; составлять схемы пищевых цепей; применять знания в измененной ситуации.

Задания высокого уровня предусматривали свободный развернутый ответ и были направлены на выявление сформированности умений:

- самостоятельно оперировать биологическими понятиями, обосновывать и объяснять биологические процессы и явления, грамотно формулировать свой ответ;
- применять знания в новой ситуации; устанавливать причинно-следственные связи; анализировать, систематизировать и интегрировать знания; обобщать и формулировать выводы;
- решать сложные биологические задачи, оценивать и прогнозировать биологические процессы, применять теоретические знания на практике.

Как отмечено выше, экзаменационная работа состояла из семи содержательных блоков.

Блок I «Биология как наука. Методы научного познания» контролирует материал о достижениях биологии, методах исследования, основных уровнях организации живой природы, ее основных признаках. Средний процент выполнения заданий этого блока на базовом уровне составил 73.

В заданиях линии 1 необходимо было определить методы науки, уровни организации живого и признаки живых систем.

В то же время по теме «Методы познания живой природы» затруднение вызвало задание линии 1, в котором требовалось определить частнонаучный метод, используемый для определения характера наследования дальтонизма у человека в ряду поколений (генеалогический). Выполнение составило 47,1%. Задание, проверяющее знание биотехнологии, выполнили лишь 45% участников экзамена.

Пример задания

1. Рассмотрите таблицу «Биология – комплексная наука» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

Раздел биологии	Предмет изучения
Анатомия	Строение органов, систем органов и организма в целом
?	Использование организмов в промышленном производстве продуктов питания и лекарств

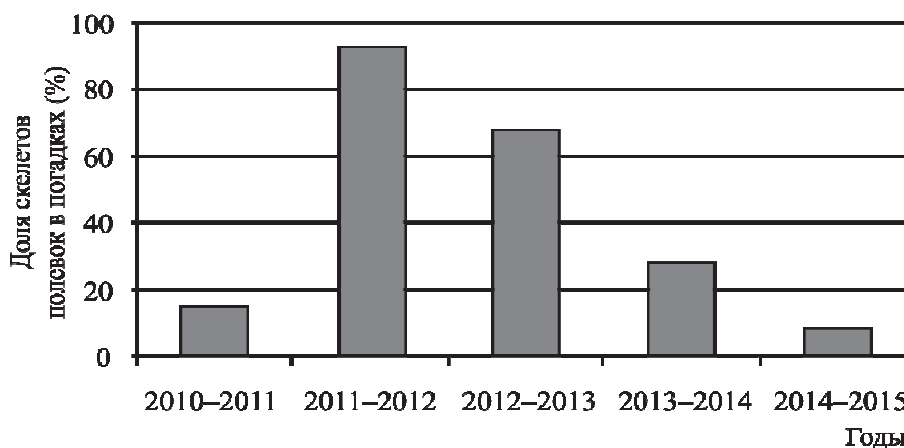
Ответ: (биотехнология)

Определенные затруднения в линии 1 вызвали также задания, проверявшие признаки живых систем.

В заданиях линии 22 участники должны были проанализировать графики, табличные результаты, диаграммы и сделать вывод. С этими заданиями справились в среднем 72% участников, что также соответствует базовому уровню. Приведем пример задания на анализ пищевого рациона ушастой совы, которое выполнили на 2 балла 48% участников экзамена.

Пример задания

22. Проанализируйте диаграмму, на которой представлена доля полёвок в зимнем рационе ушастой совы в 2010–2015 гг., определённая по найденным останкам скелетов полёвок в погадках (непереваренных остатках еды, отрыгнутых совой).



Выберите все утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа представленных данных. Запишите в ответе цифры, под которыми указаны выбранные утверждения.

- 1) Зимой 2010–2011 и 2014–2015 гг. основу рациона ушастой совы составляли не полёвки.
- 2) Популяция полёвок была минимальной зимой 2010–2011 и 2014–2015 гг.
- 3) В рационе ушастых сов число полёвок зависит от их численности в ареале (конкретной местности).
- 4) Рацион ушастой совы зависит от температурного режима зимой.
- 5) Чаще всего полёвки становились пищей ушастой совы зимой 2011–2012 гг.

Ответ: (15)

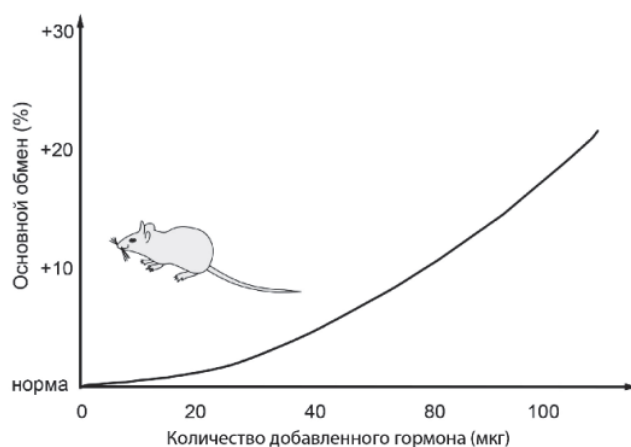
На повышенном уровне знания о методах познания живой природы и особенностях экспериментального метода проверялись в заданиях линии 23. Участники экзамена должны были определить независимую и зависимую переменные в эксперименте, сформулировать нулевую гипотезу, особенности постановки отрицательного контроля, его цель. С этими заданиями справились в среднем 46% участников, что соответствует заявленному уровню сложности.

Участники экзамена в своих развернутых ответах продемонстрировали умения анализировать результаты эксперимента, объяснять наблюдаемые явления, формулировать гипотезу и особенности отрицательного контроля. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что многие обучающиеся владеют материалом о биологических науках, методах исследования и об уровнях организации живой природы.

Однако ряд заданий этой линии вызвал определенные затруднения. Так, задание по анализу основного обмена у домашней мыши выполнили и получили 1 балл 23%, 2 балла 26%, 3 балла 9% участников.

Пример задания

23. Экспериментатор решил изучить процессы основного обмена (обмена веществ) у домашней мыши (*Mus musculus*). Для этого он вводил в брюшную полость мышам физиологический раствор с гормоном щитовидной железы в разных дозировках и кормил их фиксированным количеством корма. (В норме у мыши синтезируется в сутки 15 мкг гормона.) Результаты эксперимента представлены на графике.



Какую нулевую гипотезу* смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента? Объясните, почему для каждой дозировки гормона необходимо использовать группу мышей, а не одну особь. Почему результаты эксперимента могут быть недостоверными, если ставить эксперимент на мышах разных видов?

* **Нулевая гипотеза** – принимаемое по умолчанию предположение о том, что не существует связи между двумя наблюдаемыми событиями, феноменами.

Элементы ответа:

1) нулевая гипотеза – интенсивность основного обмена (интенсивность обмена веществ) не зависит от количества гормона (концентрации гормона);

2) использование группы мышей повышает достоверность результатов (уменьшает погрешность измерения)

ИЛИ использование группы мышей исключает влияние индивидуальной изменчивости на результат;

3) реакция разных видов мышей на гормон может различаться

ИЛИ разные виды мышей могут иметь различную скорость основного обмена;

4) зависимость между интенсивностью основного обмена (интенсивностью обмена веществ) и количеством гормона (концентрацией гормона) не удастся установить в явном виде.

Блок II «Клетка как биологическая система». В заданиях этого блока проверялись знания о строении, жизнедеятельности и многообразии клеток, а также умения устанавливать взаимосвязь строения и функций органоидов клетки, распознавать и сравнивать клетки разных организмов и процессы, протекающие в них. Эти знания проверялись заданиями на базовом, повышенном и высоком уровнях сложности в совокупности в линиях 2, 3, 5, 6, 7, 8, 21, 24, 25, 28. Однако в каждом экзаменационном варианте предлагалось не более 6 заданий по этому блоку.

Участники экзамена продемонстрировали:

- знание строения клетки и ее органоидов, сущности биологических процессов и явлений в клетке, современной биологической терминологии по цитологии (45–76%);
- умения объяснять единство живой и неживой природы и устанавливать взаимосвязи строения и функций органических молекул, органоидов клетки (77%);
- умение решать задачи различной сложности по цитологии: химическому составу клетки, генетической информации, строению хромосом, хромосомному набору соматических и половых клеток (62%);
- умение распознавать по рисунку клетки организмов разных царств, органоиды клетки (60–86%);
- умение анализировать результаты биологических экспериментов, наблюдений по их описанию (64%) и др.

В части 1 на базовом и повышенном уровнях в линиях 5, 6 предлагались задания в виде единого модуля с использованием одного рисунка. В заданиях линии 5 предлагалось определить клеточную структуру, процесс, протекающий в клетке, или химическое вещество, а в заданиях линии 6 – установить соответствие между указанными на рисунке структурами или процессами и их характеристиками. Такая компоновка заданий позволяла проверить не только умение распознавать по рисунку клеточные структуры или процессы обмена веществ, но и умение устанавливать взаимосвязь этих структур или процессов с их характерными признаками. Средние результаты выполнения этих заданий вполне соответствуют заявленному уровню: на базовом – 55–76%; на повышенном – 42–44%. Однако отдельные задания вызвали затруднения.

Приведем пример.

Рассмотрите схему и выполните задания 5 и 6.

Световая фаза

Темновая фаза

5. Каким номером на схеме обозначен источник неорганического углерода?
 Ответ: _____ (7)

6. Установите соответствие между характеристиками и веществами фотосинтеза, обозначенными на схеме выше цифрами 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ВЕЩЕСТВА ФОТОСИНТЕЗА
А) обеспечивает энергией темновую фазу	1) 1
Б) синтезируется в результате циклических реакций	2) 2
В) является побочным продуктом световых реакций	3) 3
Г) образуется в результате фотолиза	
Д) синтезируется в результате фосфорилирования	
Е) является шестиуглеродным сахаром	

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е
1	3	2	2	1	3

За выполнение задания 5 максимальный 1 балл получили 49% участников, а по заданию 6 результаты распределились следующим образом: средний процент выполнения – 36; 1 балл – 16%; 2 балла – 28%.

Низкие результаты получены за выполнение задания линии 7 с множественным выбором (с рисунком) базового уровня сложности по теме «Химический состав клетки». В задании требовалось по рисунку распознать двойную спираль ДНК и определить соответствующие ей понятия. Средний процент выполнения составил 49, при этом 1 и 2 балла получили по 33% участников.

Пример задания

7. Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие из приведенных понятий относят к изображённой на рисунке структуре?

- 1) водородные связи
- 2) пептидные связи
- 3) нуклеотиды
- 4) аминокислоты
- 5) комплементарность
- 6) дисульфидные мостики



Ответ:

--	--	--

На повышенном уровне низкие результаты получены по заданию линии 8, в котором требовалось установить последовательность процессов в ходе синтеза полипептида. Это задание выполнили только 28,3% участников экзамена, при этом 1 балл получили 13%, а 2 балла – 22%.

Пример задания

8. Установите последовательность процессов, происходящих при синтезе полипептидной цепи. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) образование пептидной связи между аминокислотами
- 2) образование комплекса из рибосомы, иРНК и тРНК с аминокислотой
- 3) поступление следующей тРНК с аминокислотой на рибосому
- 4) разъединение субъединиц рибосомы и высвобождение полипептида
- 5) попадание стоп-кодона иРНК в рибосому

Ответ:

2	3	1	5	4
---	---	---	---	---

Задания с развернутым ответом по данному блоку были представлены во всех вариантах в линии 28, а также в отдельных вариантах в линиях 24, 25, 27. Задания линии 24 входили в единый мини-модуль линий 23–24 по анализу биологического эксперимента. Результаты выполнения заданий линии 24 различаются в зависимости от темы. Так, по теме «Многообразие клеток. Прокариоты и эукариоты» средний результат составил 32%; по теме «Обмен веществ и превращения энергии – свойства живых организмов» – 22,4%, а по теме «Химический состав клетки» – 18,6%. Таким образом, можно утверждать, что задания, в которых требуется применять знания о свойствах и функциях химических компонентов клетки для объяснения результатов биологического эксперимента, вызывают наибольшие затруднения.

В линии 25 предлагалось задание с изображением клетки и ее органоидов, процессов, происходящих на клеточном уровне, делением клетки. Средний результат составил 27%.

Наиболее высокими оказались результаты выполнения заданий линии 28, в которых предлагались цитологические задачи по темам «Генетическая информация в клетке. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот», «Жизненный цикл клетки. Митоз. Мейоз. Развитие половых клеток у растений и животных». Их выполнили от 32% до 49% экзаменуемых. Участники экзамена продемонстрировали не только глубокие знания по этим темам, но и умение решать сложные цитологические задачи, включавшие как определение генотипов в процессе развития половых клеток и определение начала и конца синтеза иРНК, полипептида, так и обоснование своего ответа.

Блок III «Организм как биологическая система». Заданиями этого блока проверялось усвоение знаний о закономерностях наследственности и изменчивости, об онтогенезе и воспроизведении организмов, о селекции организмов и биотехнологии, а также выявлялся уровень овладения умением применять биологические знания при решении задач по генетике.

Этот блок, так же как и блок II, был представлен достаточно разнообразными типами заданий: задачи по генетике различного уровня сложности (линии 4, 29), задания на распознавание биологического объекта или процесса по рисунку (линия 5), задание с множественным выбором с рисунком или без него (линия 7), задание на установление соответствия (линия 6) и последовательности (линия 8), заполнение пропусков в таблице (линия 21).

По блоку III у участников экзамена в целом сформированы знания:

- о современной биологической терминологии и символики по генетике, селекции, биотехнологии, онтогенезу (63%);
- сущности закономерностей наследственности и изменчивости (57%);
- сущности процессов оплодотворения у растений и животных, размножения и индивидуального развития организмов (61–86%);
- сущности взаимодействия генов; получения гетерозиса, полиплоидов, действия искусственного отбора (41–70%).

Участники экзамена продемонстрировали сформированность следующих умений:

- решать задачи различного уровня сложности по генетике, составлять схемы скрещивания (на базовом – 60%; на высоком уровне – 30%);
- распознавать биологические объекты по их изображению (43%);
- сравнивать процесс оплодотворения у растений и животных, внешнее и внутреннее оплодотворение (51%).

Трудными для экзаменуемых оказались отдельные задания базового уровня в двух линиях по темам «Онтогенез. Эмбриональное и постэмбриональное развитие» (линия 5) и «Закономерности наследственности» (линия 4).

В заданиях линии 4 требовалось решить задачу базового уровня на дигибридное скрещивание. Средний процент выполнения – 38.

Пример задания

4. Сколько вариантов фенотипов получится у потомков при дигибридном скрещивании моногаметного по доминантному аллелю и дигаметного по доминантным аллелям организмов при полном доминировании? Ответ запишите в виде числа.

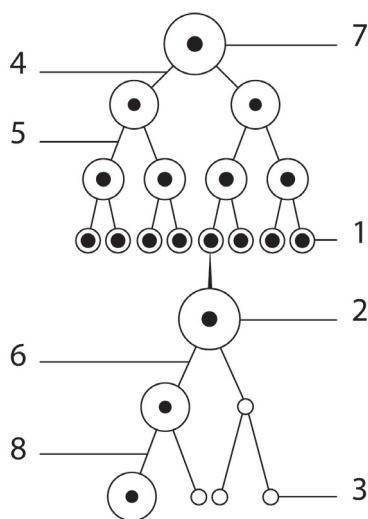
Ответ: __ (1)

В задании 7 базового уровня с множественным выбором необходимо было определить характеристики различных типов скрещивания и соответствующие законы наследственности, рисунок в них отсутствовал. Средний результат выполнения этого задания составил 47,5%.

Результаты выполнения заданий с рисунками в линиях 5 и 6 по теме «Онтогенез. Эмбриональное и постэмбриональное развитие» оказались существенно ниже, чем по другим темам генетики и онтогенезу. В задании 5 предлагался рисунок, по которому требовалось определить объект, а в задании 6 – установить соответствие между характеристиками и структурами объекта. Как и в прошлом году, наличие рисунка повлияло на результат. Это объясняется тем, что вначале необходимо было определить по рисунку структуры, а потом подобрать к ним соответствующие характеристики.

Приведем пример задания этого модуля с низким процентом выполнения.

Рассмотрите схему и выполните задания 5 и 6.



5. Каким номером на схеме обозначен мейоз I?

Ответ: _____.(6)

6. Установите соответствие между характеристиками и клетками в оогенезе, обозначенными на схеме выше цифрами 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ

КЛЕТКИ В ООГЕНЕЗЕ

- А) имеет гаплоидный набор хромосом
- Б) является результатом мейоза
- В) содержит большое количество питательных веществ
- Г) находится в зоне размножения
- Д) приступает к мейозу
- Е) содержит диплоидный набор однохроматидных хромосом

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

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е
3	3	2	1	2	1

Средний результат выполнения задания 5 составил 57%; задания 6 – 35,7%, причем 1 балл получили 14%, 2 балла – 29% участников.

В части 2 были предложены задания высокого уровня сложности в линии 29, где необходимо было решить достаточно сложную генетическую задачу. Максимальные 3 балла за выполнение этих заданий получили 26% экзаменуемых. Высокие результаты объясняются большим вниманием со стороны учителей к решению генетических задач, их систематическим использованием на уроках и освоением алгоритма решения задач обучающимися. Наиболее сложными были задачи с генами в X- и Y-хромосомах. В содержании этих задач было впервые введено понятие псевдоаутосомных участков половых хромосом, между генами которых может происходить кроссинговер. Тем не менее с задачами этого типа справилось более 20% экзаменуемых.

Блок IV «Система и многообразие органического мира». В заданиях этого блока проверялись: знания о многообразии, строении, жизнедеятельности и размножении организмов различных царств живой природы и вирусах; умения сравнивать организмы разных таксонов, характеризовать и определять их принадлежность к определенной систематической группе. В части 1 этот блок был представлен заданиями в линиях 2, 9, 10, 11, 12, 22, а в части 2 – в линиях 24, 25, 26.

С заданиями базового уровня сложности по разным темам справились от 55% до 81% участников, повышенного уровня – 28–54% участников, а высокого уровня – от 18% до 28%. Такие результаты вполне соответствуют заявленным уровням сложности.

В части 1 в этом блоке предлагалось 2 задания в виде единого модуля с рисунком: задание 9 (выполнение – 58–81%) и задание 10 на установление соответствия (выполнение – 36–54%). В этом модуле комбинировалось содержание двух тематических разделов: «Многообразие растений и грибов» и «Многообразие животных». Однако отдельные задания вызвали затруднения у участников экзамена. Приведем примеры заданий с наиболее низкими результатами: задание линии 9 – 75,2%; задание линии 10 – 25,4%, при этом 1 балл получили 7%, а 2 балла – 22% участников.

Пример задания

Рассмотрите рисунки и выполните задания 9 и 10.

9. На рисунке под каким номером обозначена ткань с устьицами?
 Ответ: _____ (5)

10. Установите соответствие между характеристиками и элементами растительных тканей, изображёнными на рисунках 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЭЛЕМЕНТЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ
А) покрывает зону молодого корня	1) 1
Б) всасывает воду из почвы за счёт большой площади поверхности	2) 2
В) является проводящим элементом древесины	3) 3
Г) откладывается камбием в направлении сердцевины стебля	
Д) осуществляет транспорт веществ от листьев	
Е) входит в состав луба	

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е
3	3	2	2	1	1

Низкие результаты свидетельствуют о том, что в школьном курсе биологии мало внимания уделяется изучению анатомического (клеточного) строения растительных тканей и органов. Поэтому при повторении раздела «Растения. Бактерии. Грибы. Лишайники» этим темам следует уделять больше учебного времени и отрабатывать их не только теоретически, но и на лабораторных и практических занятиях.

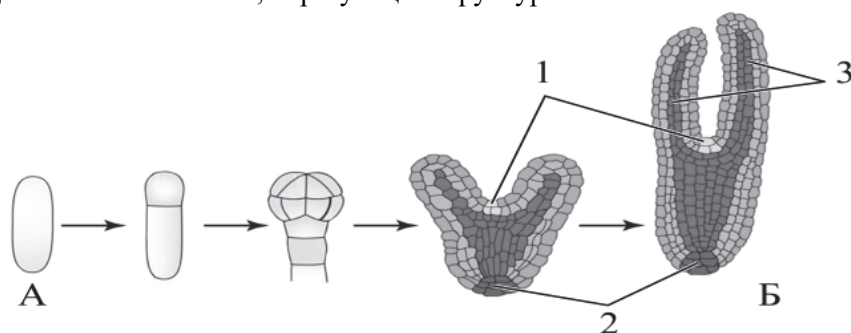
Следует отметить, что по теме «Многообразие животных» результаты значительно выше, чем по теме «Многообразие растений».

Анализ результатов выполнения заданий с кратким и развернутым ответами также позволил сделать вывод о том, что задания с рисунками выполняются, как правило, хуже, чем задания без рисунков.

Самый низкий результат получен по заданию линии 25 с рисунком по теме «Царство Растения. Строение (ткани, клетки, органы), жизнедеятельность и размножение покрытосеменных растений». Средний результат составил 7,5%. При этом 1 балл получили 6% участников, 2 балла – 5%, а 3 балла – 3%.

Пример задания

25. На схеме изображены начальные стадии развития двудольного растения с момента оплодотворения. Назовите объекты, обозначенные на рисунке буквами А и Б. Назовите структуры семени покрытосеменных растений, развивающиеся из участков 1, 2, 3. Какую функцию выполняет ткань, образующая структуры 1 и 2?



Элементы ответа:

- 1) А – зигота;
- 2) Б – зародыш (зародыш семени);
- 3) 1 – зародышевая почка (верхушечная меристема; конус нарастания);
- 4) 2 – зародышевый корешок;
- 5) 3 – семядоли (зародышевые листья);
- 6) деление клеток (дифференциация тканей).

- При выполнении заданий данного блока участники экзамена продемонстрировали:
- знание строения и признаков биологических объектов: одноклеточных и многоклеточных растений, животных, грибов и бактерий (средний процент выполнения в зависимости от уровня сложности заданий находится в диапазоне 32–53);
 - умения распознавать и описывать биологические объекты по их изображению и процессам жизнедеятельности (на базовом уровне – 67,5%; повышенном – 51%; высоком – 18,9%);
 - умения сравнивать биологические объекты (ткани, органы и системы органов, организмы растений, животных, грибов и бактерий) и делать выводы на основе сравнения (43–50%);
 - умение определять принадлежность биологических объектов к определенной систематической группе (70–77%).

Блок V «Организм человек и его здоровье». В заданиях этого блока проверялись знания о строении и функционировании организма человека, нейрогуморальной регуляции физиологических процессов, санитарно-гигиенических нормах и правилах здорового образа жизни.

В части 1 этот блок был представлен заданиями в линиях 2, 13, 14, 15, 16, 21, 22, а в части 2 – в виде отдельных заданий в линиях 24, 25, 26. Результаты выполнения заданий базового уровня распределились в интервале 51–85%, повышенного уровня – 41–65%, высокого уровня – 17–34%.

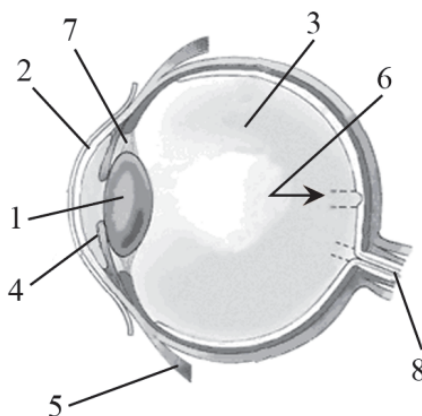
В линиях 13 и 14 предлагалось 2 задания в виде единого модуля с рисунком. Уровень выполнения задания 13 участниками ЕГЭ 2023 г. находится в диапазоне 58–81%, а задания 14 – 41–59%. В этом модуле комбинировалось содержание нескольких тем.

Кроме того, в линии 15 предлагались задания базового уровня со множественным выбором (выполнение – 51–65%), а в линии 16 – задания повышенного уровня на установление последовательности (46–57%).

Однако отдельные задания в каждой линии вызвали затруднения у участников экзамена. Так, на базовом уровне проблемным оказалось задание линии 15 со множественным выбором, в котором проверялись знания по теме «Личная и общественная гигиена, здоровый образ жизни» (38% выполнения).

Рассмотрим пример вызвавшего затруднения экзаменуемых задания.

Рассмотрите рисунок и выполните задания 13 и 14.



13. Какой цифрой на рисунке обозначен зрительный нерв?
 Ответ: _____ (8)

14. Установите соответствие между характеристиками и структурами глаза человека, обозначенными на рисунке выше цифрами 1, 2 и 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ

- А) пропускает свет к передней камере
- Б) обеспечивает аккомодацию
- В) является продолжением склеры
- Г) изменяет свою кривизну
- Д) соприкасается с сетчаткой
- Е) омывается слезной жидкостью

СТРУКТУРЫ ГЛАЗА

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

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е
2	1	2	1	3	2

Темы «Нейро-гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности организма», «Анализаторы, строение и функции, роль в организме» слабо усвоены многими обучающимися и традиционно вызывают затруднения у участников экзамена. По данным темам низкие результаты получены по заданию 21, в котором требовалось заполнение таблицы. В задании предлагалось рассмотреть рисунок с изображением сенсорной системы (зрительного анализатора) человека и определить периферический, проводниковый и центральный отделы зрительного анализатора. Средний процент выполнения задания – 33; 1 балл получили 24%, а 2 балла – 21% участников.

Низкие результаты (средний процент выполнения – 24) получены и по заданию линии 16 на установление последовательности по теме «Строение и жизнедеятельность органов и систем органов: опорно-двигательной, покровной, кровообращения, лимфооттока».

Результаты по заданиям 24, 25, 26 вполне соответствуют заявленному высокому уровню сложности (17–34%). Тем не менее одно из заданий линии 24, в котором от участников экзамена требовалось проанализировать взаимосвязь дыхания и состава крови (рН крови), вызвало наибольшие затруднения у экзаменуемых: средний процент выполнения – 2,7; при этом 1 балл получили 5% участников, 2 балла – 0,64%, а 3 балла – 0,32%.

В качестве примера приведем задание линии 26, проверявшее физиологические механизмы работы системы выделения, где максимальные 3 балла смогли получить только 3% участников экзамена.

Пример задания

26. Подавляющее большинство взрослых амфибий населяет пресные водоёмы. Однако некоторые амфибии могут обитать в солоноватых водоёмах. Например, лягушка-крабоед (*Fejervarya cancrivora*) может некоторое время находиться в морской воде. Как при переходе лягушки из морской воды в пресную у неё изменится концентрация мочевины в крови, объём мочи и интенсивность реабсорбции воды в почках? Ответ поясните.

Элементы ответа:

- 1) концентрация мочевины в крови уменьшится;
- 2) объём мочи увеличится;
- 3) интенсивность реабсорбции воды в почках уменьшится;
- 4) концентрация солей в пресной воде ниже, чем в морской (пресная вода гипотонична);
- 5) вода будет входить в тело лягушки (в результате осмоса);
- 6) при переходе в пресную среду у лягушки будет увеличиваться выделение воды (снижаться гипергидратация организма).

Анализ результатов выполнения заданий этого блока показал, что участники экзамена в целом продемонстрировали:

- знание особенностей строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности организма человека (средний процент выполнения заданий базового уровня сложности – 56, повышенного уровня – 46, высокого уровня – 25);
- умения распознавать и описывать биологические объекты по их изображению и процессам жизнедеятельности (средний процент выполнения заданий повышенного уровня сложности – 52, высокого уровня – 19);
- умения сравнивать процессы обмена веществ у человека и делать выводы (средний процент выполнения заданий высокого уровня сложности – 20);
- способность использовать приобретенные знания и умения для обоснования мер профилактики: распространения заболеваний, травматизма, стрессов, вредных привычек (курение, алкоголизм, наркомания); нарушения осанки, зрения, слуха; заражения инфекционными и простудными заболеваниями (средний процент выполнения заданий высокого уровня сложности – 26).

Блок VI «Эволюция живой природы» содержал задания, которые контролировали знания о движущих силах, направлениях и результатах эволюции органического мира, а также умение объяснять основные эволюционные процессы, взаимосвязь движущих сил и результатов эволюции. В части 1 этот блок был представлен заданиями в линиях 17, 19, 20, 21, а в части 2 – отдельными заданиями в линии 27.

В заданиях линии 17 базового уровня сложности необходимо было проанализировать текст и выделить в нем описания требуемых характеристик движущих сил эволюции, результатов видообразования и макроэволюции. Их выполнили в зависимости от варианта КИМ от 49% до 59% участников экзамена. Существенные затруднения вызвали два задания, в которых необходимо было прочитать текст и выбрать три предложения: описание географического видообразования (выполнение – 45%), описание научных взглядов Ж.-Б. Ламарка (выполнение – 43%). Относительно последнего отметим: низкие результаты связаны с тем, что при изучении эволюционного учения в школе уделяется внимание преимущественно основными положениями теории Ч. Дарвина и в недостаточной степени анализируются взгляды других ученых.

Вопросы видообразования и макроэволюции вызвали затруднения экзаменуемых при выполнении заданий всех уровней сложности. Так, задание 19 выполнили только 25% экзаменуемых.

Пример задания

19. Установите соответствие между группами животных и результатами их эволюции: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ГРУППЫ ЖИВОТНЫХ	РЕЗУЛЬТАТЫ ЭВОЛЮЦИИ
А) морские черепахи	1) первичноводные
Б) тритоны	2) вторичноводные
В) ихтиозавры	
Г) тюлени	
Д) скаты	
Е) дельфины	

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е
2	1	2	2	1	2

Из заданий части 2 затруднение вызвало задание 27, в котором проверялось знание движущих сил эволюции и особенностей синтетической теории эволюции. Средний процент выполнения – 3,7; при этом 1 балл получили 6%, 2 балла – 1%, а 3 балла – 0,74% участников.

В качестве примера приведем задание, проверяющее знание микроэволюции. На 3 балла данное задание выполнили только 5% участников экзамена.

Пример задания

27. Биологи выяснили, что у позвоночных животных в среднем 10% из всех происходящих мутаций являются вредными и могут снижать приспособленность организмов. Почему наличие вредного аллеля часто не приводит к гибели организма и отбраковыванию аллеля естественным отбором? Почему возникновение подобных мутаций эволюционисты рассматривают в качестве эволюционного фактора? В каких популяциях, больших или малых, естественный отбор выбраковывает вредные мутации наиболее эффективно?

Элементы ответа:

- 1) вредные аллели часто рецессивные;
- 2) в гетерозиготном состоянии рецессивный аллель не проявляется в фенотипе ИЛИ многие признаки обусловлены работой множества взаимозаменяемых генов (полимерное действие генов);
- 3) при изменении условий среды вредная мутация может стать полезной (может увеличить приспособленность вида к новым условиям);
- 4) в больших популяциях.

При выполнении заданий блока V участники ЕГЭ 2023 г. продемонстрировали следующее:

- знание движущего и стабилизирующего отборов, географического и экологического видообразования, влияния элементарных факторов эволюции, формирования приспособленности к среде обитания (средний процент выполнения заданий – 74);
- умение объяснять причины эволюции видов, человека, биосферы, единства человеческих рас (средний процент выполнения заданий базового и повышенного уровней сложности – 67; высокого уровня сложности – 31);

- умение устанавливать взаимосвязи движущих сил эволюции, путей и направлений эволюции (средний процент выполнения заданий высокого уровня сложности – 25);
- умение выявлять приспособления у организмов к среде обитания, ароморфозы и идиоадаптации у растений и животных (средний процент выполнения заданий базового и повышенного уровней сложности – 72; высокого уровня – 24);
- умение сравнивать формы естественного отбора, способы видообразования, макро- и микроэволюцию, пути и направления эволюции (средний процент выполнения заданий базового уровня – 58; повышенного уровня – 50; высокого уровня – 24).

Блок VII «Экосистемы и присущие им закономерности». Задания этого блока были 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.

Содержание этого блока проверялись в части 1 в заданиях 18, 19, 20, 22, а в части 2 – в виде отдельных заданий в линиях 25, 26, 27. Задания базового уровня сложности выполнили в среднем от 69ого до 87% участников, повышенного уровня – от 40ого до 82%, высокого уровня – 17–32%. Анализ результатов показал, что этот блок наиболее качественно освоен обучающимися.

На базовом уровне лишь по одному заданию линии 18 получены невысокие (48%) результаты.

Пример задания

18. Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Примерами деструктивной (разрушающей) функции живого вещества биосферы являются

- 1) поражение организма болезнетворными бактериями
- 2) распространение червей-паразитов
- 3) воздействие кислот, выделяемых лишайниками, на горную породу
- 4) минерализация органических веществ редуцентами
- 5) разложение детрита гнилостными бактериями
- 6) поедание насекомых птицами

Ответ:

3	4	5
---	---	---

Участники экзамена продемонстрировали:

- знание строения и признаков экосистем и агроэкосистем, биосферы (средний процент выполнения заданий базового и повышенного уровней – 77; высокого уровня – 27);
- знание сущности круговорота веществ и превращения энергии в экосистемах и биосфере, эволюции биосферы (результаты выполнения заданий базового и повышенного уровней – 48–60%);
- умение объяснять: взаимосвязи организмов, человека и окружающей среды; причины устойчивости, саморегуляции, саморазвития и смены экосистем; необходимость сохранения многообразия видов, защиты окружающей среды (результаты выполнения заданий базового и повышенного уровней – 64–74%; высокого уровня – 17–27%);
- умение сравнивать экосистемы и агроэкосистемы (средний процент выполнения заданий повышенного уровня – 67; высокого уровня сложности – 15);
- умение анализировать состояние окружающей среды, влияние факторов риска на здоровье человека, последствия деятельности человека в экосистемах, глобальные антропогенные изменения в биосфере (средний процент выполнения заданий высокого уровня сложности – 20).

Анализ ответов экзаменуемых по данному блоку свидетельствует об успешном освоении экологического материала подавляющим большинством экзаменуемых.

Для анализа результатов выполнения экзаменационной работы в 2023 г. участники экзамена были разделены на группы с различным уровнем подготовки (табл. 1).

Таблица 1

Описание отдельных групп участников экзамена	Описание уровня подготовки отдельных групп участников экзамена
Группа 1 Тестовый балл 0–35 Первичный балл 0–15 Доля участников 18,5% (19% в 2022 г.)	<i>Минимальный уровень подготовки.</i> Экзаменуемые имеют фрагментарные знания по курсу биологии, понимают ограниченный перечень биологической терминологией и символикой, допускают существенные биологические ошибки. Правильно выполняют только отдельные задания с множественным выбором, к выполнению заданий с развернутым ответом части 2 практически не приступают или выполняют их неверно
Группа 2 Тестовый балл 36–60 Первичный балл 16–34 Доля участников 49,8% (50,8% в 2022 г.)	<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 развернутым ответом части 2 выполняют частично. В развернутых ответах при раскрытии основного содержания отсутствуют отдельные элементы
Группа 3 Тестовый балл 61–80 Первичный балл 35–50 Доля участников 26% (25,6% в 2022 г.)	<i>Хороший уровень подготовки.</i> Экзаменуемые имеют прочные базовые знания по всем разделам курса биологии, а также 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 развернутым ответом части 2 при раскрытии основного содержания могут отсутствовать несущественные элементы, допускаются незначительные биологические ошибки
Группа 4 Тестовый балл 81–100 Первичный балл 51–59 Доля участников 5,8% (4,5% в 2022 г.)	<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 развернутые ответы; решать биологические задачи и делать выводы. У обучающихся сформированы общеучебные умения и способы деятельности по составлению развернутого ответа на задание; они могут четко излагать свои мысли, делать выводы

Основная часть участников экзамена по биологии продемонстрировала средние результаты и вошла в группы с удовлетворительной (49,8%) и хорошей подготовкой (26%).

В части 1 участникам экзамена предлагалось 22 задания с кратким ответом. В каждой группе участников элементы содержания считались освоенными, а умения – сформированными, если результат выполнения каждого задания был 50% или выше. Результаты выполнения заданий части 1 представлены на рис. 1.

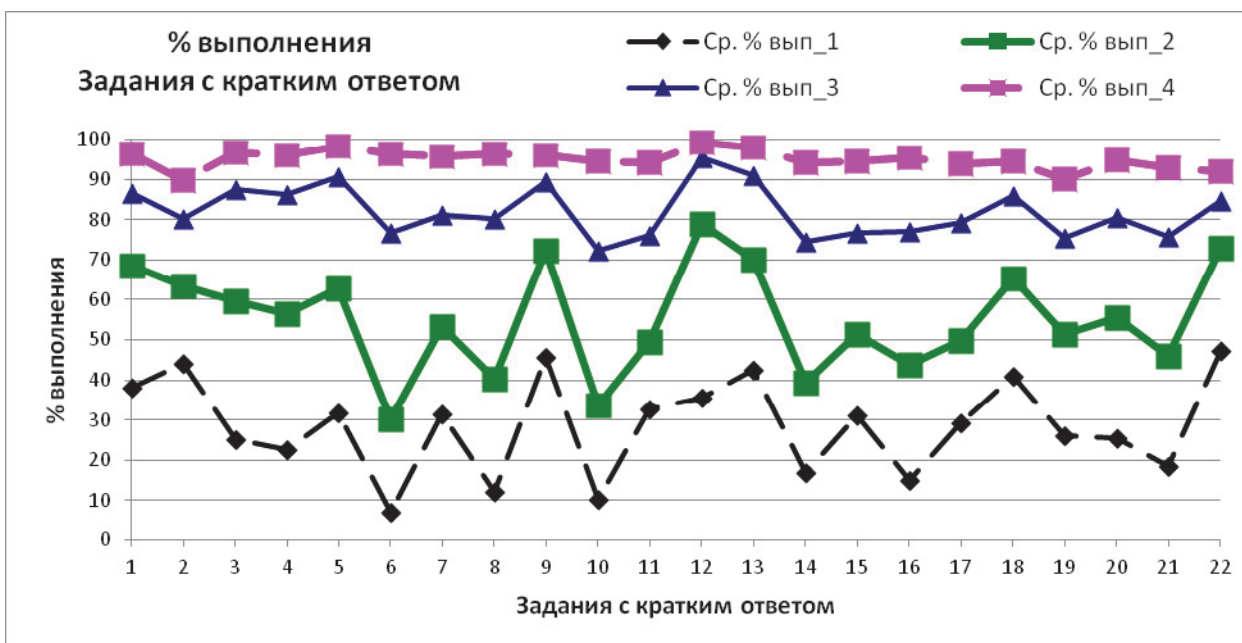


Рис. 1. Результаты выполнения заданий с кратким ответом участниками ЕГЭ 2023 г. с разными уровнями подготовки

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что содержание учебного предмета «Биология» на базовом уровне в целом освоено, а умения сформированы у экзаменуемых из групп с отличной, хорошей и удовлетворительной подготовкой. У участников из группы с минимальным уровнем подготовки практически все показатели оказались ниже 40%, что свидетельствует об отсутствии биологических знаний и недостижении даже на базовом уровне установленных ФГОС результатов.

Результаты выполнения заданий повышенного уровня сложности линий 6, 8, 10, 14, 16, 19, 20, 21 у групп 3 (хороший уровень подготовки) и 4 (отличный уровень подготовки) варьируют от 60% до 95%. Но в группе с удовлетворительной подготовкой результаты существенно ниже (30–55%).

На рис. 2 приведены результаты выполнения заданий с развернутыми ответами участниками с разными уровнями биологической подготовки.

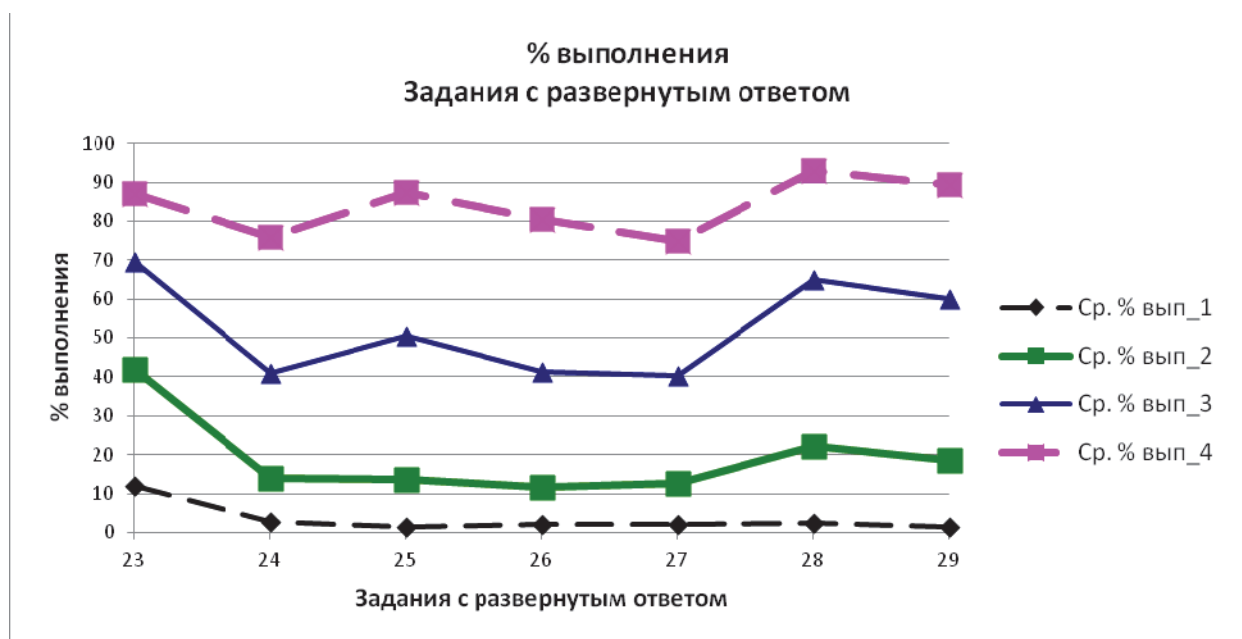
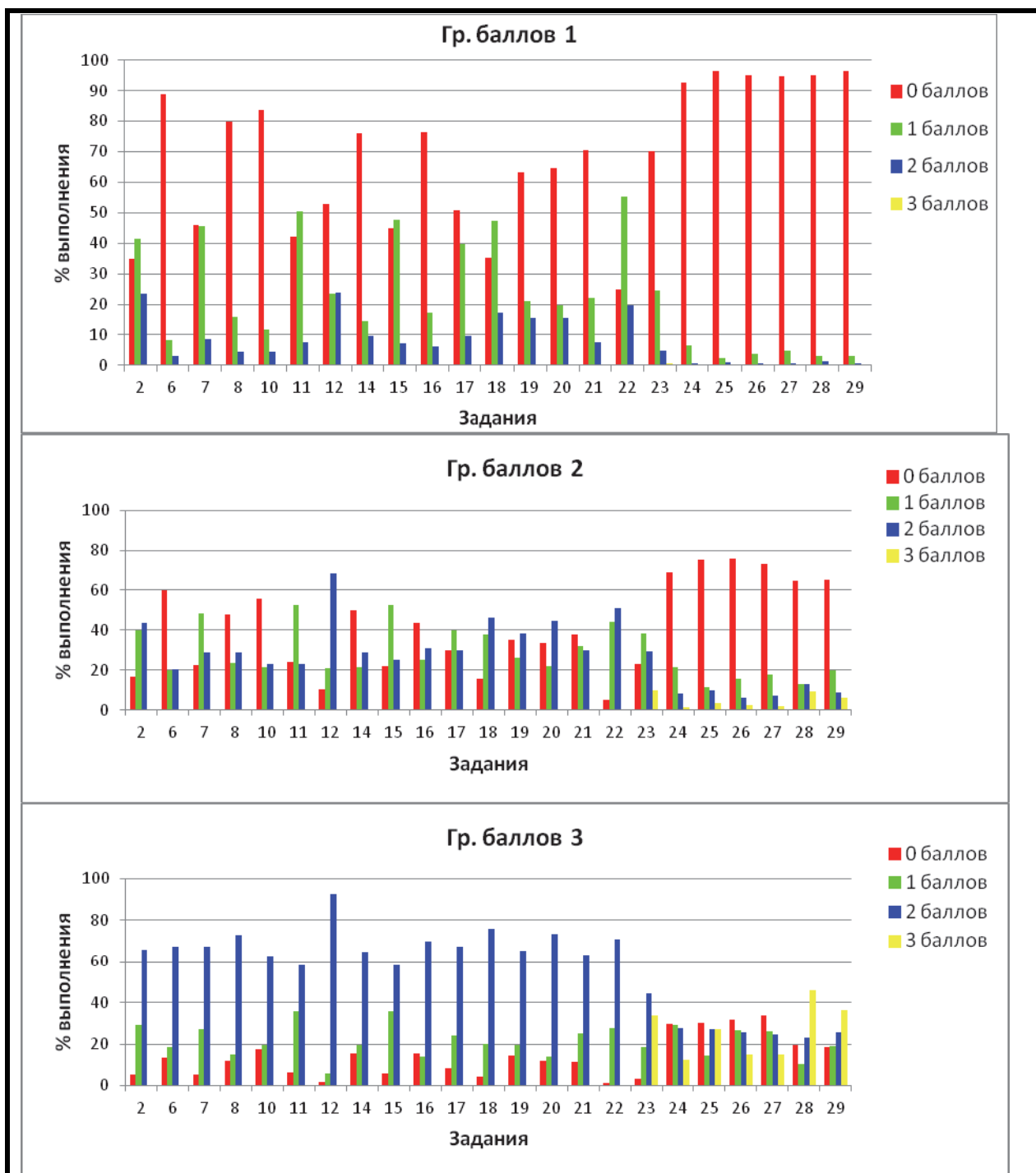


Рис. 2. Результаты выполнения заданий с развернутым ответом участниками ЕГЭ 2023 г. с разными уровнями подготовки

Высокие результаты в интервале 75–93% при выполнении заданий с развернутым ответом показали только участники ЕГЭ 2023 г. с отличной подготовкой. Участники с хорошей подготовкой только по заданиям линий 23 (анализ эксперимента), 25 (задание с рисунком), 28 (задачи по цитологии) и 29 (задачи по генетике) преодолели 50%-ный барьер и продемонстрировали освоение биологического содержания и сформированность учебных умений. Результаты выполнения заданий части 2 в этой группе распределились в интервале 40–70%.

Экзаменуемые с удовлетворительной подготовкой и минимальным уровнем подготовки не освоили сложные предметные умения.

На рис. 3 показано выполнение политомических заданий участниками экзамена с разными уровнями подготовки.



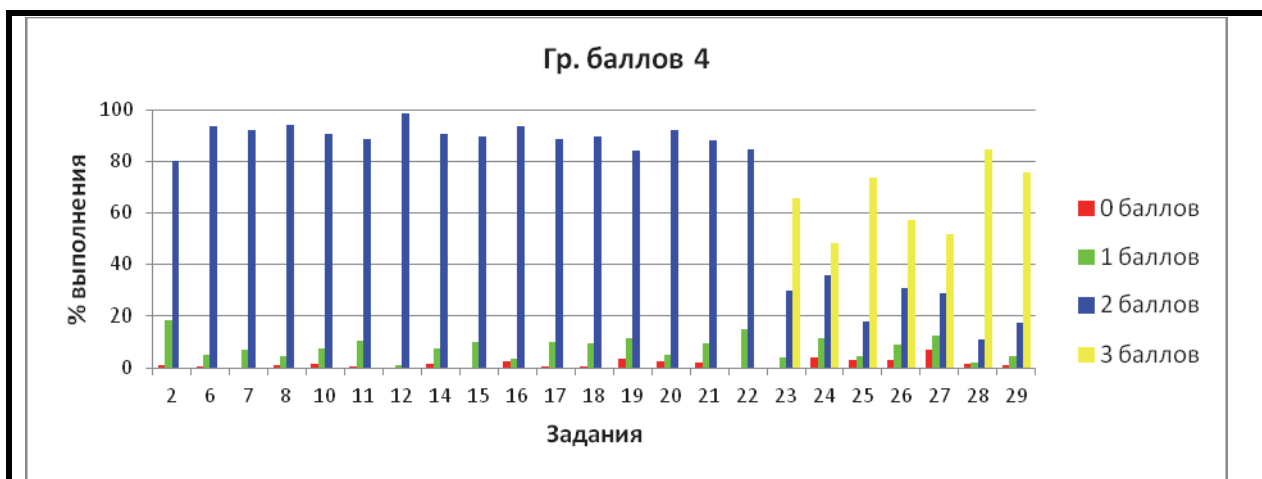


Рис. 3. Результаты выполнения политомических заданий с разными уровнями подготовки участниками ЕГЭ 2023 г.

Рис. 3 показывает значительную дифференцирующую способность заданий экзаменационной работы.

Очевидно, что получение высокого балла на экзамене – это результат успешного взаимодействия учителя и ученика. Важная задача школы – это помощь в профориентации обучающихся с последующей организацией предпрофильного и профильного обучения.

Для повышения качества подготовки обучающихся по биологии рекомендуются увеличить количество лабораторных и практических работ. Существенное внимание следует уделить и работе с изображениями биологических объектов, с раздаточными материалами, например влажными препаратами (внутреннее строение лягушки или сердце крупного млекопитающего), микропрепаратами (набор микропрепаратов по анатомии, физиологии и гигиене человека или набор микропрепаратов по ботанике), моделями (цветок гороха или строение яйца птицы), коллекциями (развитие насекомых или агроценоза). Не следует пренебрегать использованием на уроках печатных пособий.

На уроках биологии необходимо чаще предлагать обучающимся проблемные вопросы, задания поискового характера, в дискуссиях «провоцировать» учеников на поиск нелинейных решений.

Анализ результатов ЕГЭ 2023 г. по биологии выявил ряд проблемных тем, среди которых наиболее существенной, несомненно, является тема эволюции живой природы.

При изучении на уроках биологических теорий рекомендуем обязательно обращать внимание на пограничные концепции, сложившиеся в смежных научных областях, т.е. изучению клеточной, эволюционной теорий, теории антропогенеза, рефлекторной теории или теории иммунитета предпосылать предметно-методологическое введение. Изучение эволюционной теории Ч. Дарвина следует ее не ограничивать скупым изложением, а попытаться увязать с историческим контекстом XIX в., о котором обучающиеся знают из других учебных предметов (истории, географии, физики, химии, математики и т.д.). В социокультурный контекст дарвинизма хорошо встраиваются принципы историзма в геологии Ч. Лайеля, случайности и необходимости в экономических отношениях А. Смита, единого механизма разнородных явлений Дж. Гершеля или взгляды Р. Мальтуса на индивидуальную конкуренцию в обществе.

Недаром К.А. Тимирязев считал эволюционное учение философией биологии, ее путеводной звездой, «когда, открывая свой взгляд от ближайших, узких задач своего ежедневного труда, он пожелает окинуть взором всю совокупность биологического целого»¹. Как правильно отмечает Б.Д. Комиссаров, «Эволюционное учение представляет собой результат использования в биологии абстрактных объектов, конкретизации

¹ Тимирязев К.А. Ч. Дарвин и полувековые итоги дарвинизма // Собрание сочинений. – Т. VII. – М.: Сельхозгиз, 1939. – С. 213–240.

принципа историзма². Это второе после клеточной теории обобщение, ознаменовавшее рождение биологии как самостоятельной науки. Сущность эволюционизма нельзя понять без обращения к его истокам³».

Также следует принимать во внимание, что начиная с 2024 г. проверяемое содержание экзаменационных материалов будет строиться на основании федеральной образовательной программы среднего общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования») (базовый и углубленный уровни).

Сравнение фрагмента примерной основной образовательной программы с аналогичным фрагментом федеральной образовательной программы на примере содержания теории эволюции представлено в таблице 2.

Таблица 2

<p>Примерная основная образовательная программа среднего общего образования (одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 28.06.2016 № 2/163)) (углубленный уровень)</p>	<p>Федеральная образовательная программа среднего общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования») (углубленный уровень)</p>
<p>Развитие эволюционных идей. Научные взгляды К. Линнея и Ж.-Б. Ламарка. Эволюционная теория Ч. Дарвина. Синтетическая теория эволюции. Роль эволюционной теории в формировании естественно-научной картины мира</p>	<p>Идеи развития органического мира в трудах философов античности. Додарвиновский период в истории биологии. Систематика К. Линнея и ее значение для формирования идеи эволюции. Эволюционная теория Ч. Дарвина. Предпосылки возникновения дарвинизма. Жизнь и научная деятельность Ч. Дарвина. Движущие силы эволюции видов, по Ч. Дарвину (высокая интенсивность размножения организмов, наследственная изменчивость, борьба за существование, естественный и искусственный отбор). Оформление синтетической теории эволюции (СТЭ). Современная эволюционная биология. Значение эволюционной теории в формировании научной картины мира</p>
<p>Развитие представлений о виде. Вид, его критерии. Популяция как форма существования вида и элементарная единица эволюции. Микроэволюция и макроэволюция. Движущие силы эволюции, их влияние на генофонд популяции. Дрейф генов и случайные ненаправленные изменения генофонда популяции. Уравнение Харди – Вайнберга. Молекулярно-генетические механизмы эволюции. Формы естественного отбора: движущая, стабилизирующая, дизруптивная. Экологическое и географическое видообразование</p>	<p>Популяция как элементарная единица эволюции. Современные методы оценки генетического разнообразия и структуры популяций. Изменение генофонда популяции как элементарное эволюционное явление. Закон генетического равновесия Дж. Харди и В. Вайнберга. Элементарные факторы (движущие силы) эволюции. Мутационный процесс. Комбинативная изменчивость. Дрейф генов – случайные ненаправленные изменения частот аллелей в популяциях. <i>Эффект основателя. Эффект бутылочного горлышка. Снижение генетического разнообразия: причины и следствия. Проявление эффекта дрейфа генов в больших и малых популяциях. Миграции. Изоляция популяций: географическая (пространственная), биологическая (репродуктивная).</i> Естественный отбор – направляющий фактор эволюции. Формы естественного отбора: движущий, стабилизирующий,</p>

² Принцип историзма означает, что исторические факты, любые исторические явление и событие следует изучать в соответствии с исторической обстановкой в их взаимосвязи, взаимообусловленности и развитии.

³ Комиссаров Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования. – М.: Просвещение, 1991. – С. 49.

	<p>разрывающий (дизруптивный). Половой отбор. Возникновение и эволюция социального поведения животных. Творческая роль естественного отбора.</p> <p>Приспособленность организмов как результат микроэволюции. Возникновение приспособлений у организмов. Примеры приспособлений у организмов: морфологические, физиологические, биохимические, поведенческие. Относительность целесообразности приспособлений.</p> <p>Вид, его критерии и структура. Видообразование как результат микроэволюции. Изоляция – ключевой фактор видообразования. Пути и способы видообразования: аллопатрическое (географическое), симпатрическое (экологическое), «мгновенное» (полиплоидизация, гибридизация). Длительность эволюционных процессов. Механизмы формирования биологического разнообразия. Роль эволюционной биологии в разработке научных методов сохранения биоразнообразия. Микроэволюция и коэволюция паразитов и их хозяев. Механизмы формирования устойчивости к антибиотикам и способы борьбы с ней. Роль вакцинации и карантинных мер в предотвращении эволюционного роста вирулентности инфекционных агентов</p>
<p>Свидетельства эволюции живой природы: палеонтологические, сравнительно-анатомические, эмбриологические, биогеографические, молекулярно-генетические</p>	<p>Методы изучения макроэволюции. Палеонтологические методы изучения эволюции. Переходные формы и филогенетические ряды организмов. Биогеографические методы изучения эволюции. Сравнение флоры и фауны материков и островов. Биогеографические области Земли. Виды-эндемики и виды-реликты.</p> <p>Эмбриологические и сравнительно-морфологические методы изучения эволюции. Закон зародышевого сходства К. М. Бэра, биогенетический закон Э. Геккеля и Ф. Мюллера; границы их применимости. Гомологичные и аналогичные органы. Рудиментарные органы и атавизмы.</p> <p>Молекулярно-биохимические, генетические и математические методы изучения эволюции. Гомологичные гены. Современные методы построения филогенетических деревьев и реконструкции эволюции. Хромосомные мутации и эволюция геномов. Эволюция размеров генома и проблема «мусорной ДНК». Рождение и смерть генов. Роль мобильных генетических элементов в эволюции геномов</p>
<p>Направления и пути эволюции. Формы эволюции: дивергенция, конвергенция, параллелизм. Механизмы адаптаций. Коэволюция. Многообразие организмов и их приспособленность к среде обитания как результат эволюции. Методы датировки событий прошлого, геохронологическая шкала. Гипотезы происхождения жизни на Земле. Основные этапы эволюции биосферы Земли. Ключевые события в эволюции растений и животных</p>	<p>Направления и пути эволюции. Биологический прогресс и биологический регресс. Пути достижения биологического прогресса в эволюции (А.Н. Северцов, И.И. Шмальгаузен): морфофизиологический прогресс (ароморфоз), идиоадаптация, морфофизиологический регресс (общая дегенерация). Соотношение и чередование направлений эволюции.</p> <p>Формы эволюции: филетическая, дивергентная, конвергентная, параллельная. Общие закономерности (правила) эволюции. Принцип смены функций. Принцип преадаптации. Необратимость эволюции. Происхождение от неспециализированных предков. Прогрессирующая специализация. Адаптивная радиация. Неравномерность эволюции. Ускорение темпов эволюции</p>

Новая федеральная образовательная программа позволит глубже, логичнее и, главное, системнее подойти к организации изучения эволюционного учения на уроках биологии.

Остановимся также на некоторых аспектах организации изучения наиболее существенных понятий эволюционного учения.

Анализ результатов ЕГЭ 2023 г. установил, что к слабо освоенным вопросам блока 6 «Эволюция живой природы» относят следующие биологические теории:

- учение об эволюции живой природы Ж.-Б. Ламарка;
- эволюционное учение Ч. Дарвина;
- синтетическая теория эволюции (микрорэволюция).

Если применительно к теории Ламарка обучающиеся не владеют умением применять ее в измененной и новой ситуациях, то относительно двух следующих можно выделить ряд очевидных методологических проблем в их понимании. Во-первых, некоторые участники экзамена путают взгляды Ламарка и Дарвина в части появления новых признаков. Во-вторых, они не видят внутренних противоречий и заблуждений в учении Дарвина, которые и привели к кризису в теории эволюции в конце XIX – начале XX в. В-третьих, и это самое главное, обучающиеся не владеют умением на конкретных примерах демонстрировать механизмы действия естественного отбора в разных популяциях (не привлекают закон Харди – Вайнберга). Поэтому ответы участников экзамена часто неконкретны, изложены разговорной речью.

В связи с появлением в программе акцента на предпосылки дарвинизма, а также на научную деятельность Ч. Дарвина и его теорию целесообразно ознакомить учеников с научными течениями в биологии, сложившимися во второй половине XIX в.

Для более глубокого понимания эволюционных идей и теорий обучающимся стоит показать процесс их оформления во взглядах самого Дарвина. Большое количество научных трудов и сохранившаяся переписка с учеными из Европы и Северной Америки дает такую возможность (табл. 3). Особенно познавательно это будет в случае, если идеи ученого в разные годы его жизни будут сравниваться с представлениями о развитии органического мира в трудах философов античности и ученых-биологов додарвиновского периода, например Бюффона, Ламарка.

Таблица 3

Год	Основная идея	Обоснование идеи
1831	Ортодоксальный креационизм	«Виды сотворены на определенный срок». Принцип историзма в геологии. Интерпретация палеонтологических и биогеографических данных по Южной Америке: различия размеров совместно обитающих видов страусов, вымерших и современных млекопитающих, аналогии между видами
1837	Скачкообразная эволюция	Мысли о географической изоляции: виды изолированных территорий меняются в результате действия различных условий (галапагосские черепахи, лисицы с Фолклендских островов и острова Чилоэ и др.)
1838	Постепенная эволюция	Медленное изменение среды ведет к смене приспособлений в условиях географической изоляции. Переход к «популяционному» мышлению в результате влияния работ специалистов по политической экономике (А. Смит, случайность и необходимость в экономических отношениях), статистике (А. Кетле, количественные закономерности роста), селекции (Дж. Себрайт, аналогия результатов искусственного отбора с гибелью животных в природе), социологии (Р. Мальтус, индивидуальная конкуренция в условиях популяционного давления)
1859	Теория естественного отбора	Ненаправленная индивидуальная изменчивость, борьба за существование, отбор, смена приспособлений, видообразование. Обоснование принципа дивергентной эволюции. «Кошмар Дженкина» (1867), «Страшное видение» (У. Кельвин, 1861)
1872	Развитие теории естественного отбора	Возрастание роли удельного веса массовой определенной изменчивости (изложено в 6-м издании «Происхождение видов...» Ч. Дарвина, 6-е изд.)

В процессе изучения эволюционного учения обучающихся сразу следует знакомить с противоречиями, которые обязательно встречаются в научном поиске. Ярчайшим примером такой многолетней научной дискуссии в нашем случае, несомненно, является кризис эволюционной теории, который объективно стал возникать практически сразу после опубликования Дарвином своего учения, однако в полной мере проявился в первой четверти XX в.

Рассмотрение данной проблемы на уроках по теме «Эволюционное учение» не только поможет обучающимся понять несовершенство любой попытки объяснить окружающие явления, но и, самое главное, научит их приводить собственные аргументы, анализировать чужие, критически оценивать вклад каждого исследователя в становление той или иной научной теории. Подобное знакомство следует всегда начинать с ученых, не принявших новых взглядов, а затем останавливаться на тех, кто своей критикой способствовал развитию научной мысли.

Несмотря на признание учения Ч. Дарвина большинством биологов, многие ведущие ученые того времени либо не приняли (Р. Оуэн, К. Бэр) учение об эволюции путем естественного отбора, либо принимали его с оговорками, выдвигая серьезные возражения (А. Келликер, К. Негели и др.). Этому в большой степени способствовало то, что взгляды Ч. Дарвина на всемогущество отбора и особенности возникновения новых видов встретились с рядом трудностей.

Так, в природе крайне редко можно встретить переходные формы, присутствие которых постулировал Дарвин. У ученого возникли проблемы с объяснением возникновения органов сложного строения (например, глаз у позвоночных), не менее проблемным для него оказалось объяснение сложных форм поведения. Например, он не мог объяснить образование рабочих муравьев, которые чрезвычайно отличаются от своих родителей, но при этом являются бесплодными, а значит, не могут передавать приобретенные модификации из поколения в поколение, что явно не согласовывалось с теорией эволюции. Так же трудно было объяснить появление признаков посредством аккумуляции мелких изменений, недостаточным казался принцип отбора и для объяснения первых стадий развития полезных уклонений, неясным оставалось возникновение общего плана строения в крупных группах организмов и т.п.

Вскоре после выхода труда «Происхождение видов...» шотландский инженер Ф. Дженкин (1833–1885) выдвинул серьезное возражение против предполагаемой Ч. Дарвином возможности действия отбора как эволюционного фактора в природе. Механизм его рассуждений был следующим. Допустим, у одного из организмов появляется новый полезный признак, например А – красный цвет венчика, который чаще посещают опылители. Будучи представленным в одном экземпляре, такое растение может скрещиваться только с бесцветными формами. Результат – появление розовых форм (А/2). В следующем поколении розовоцветковые формы преимущественно будут размножаться снова с белыми, ибо их розовые сородичи слишком малочисленны. В новом поколении от прежнего признака останется лишь «четвертая часть» (А/4). В последующем признак будет убывать в геометрической прогрессии: А/8, А/16, А/32, А/64, А/128 и т.д.

Вывод: признак исчезнет так быстро, что естественный отбор не успеет его подхватить в ряду поколений. Ознакомившись с возражениями Дженкина, Дарвин счел, что их правильность «едва ли может быть подвергнута сомнению», и называл их «кошмаром Дженкина». В письме своему другу ботанику Д. Гукеру Дарвин писал о статье Дженкина: «Знаете, я почувствовал себя очень приниженным, закончив чтение статьи»⁴.

Причина такого конфуза ученого была в том, что в своей теории Дарвин рассматривал наследственность и изменчивость как постулаты (исходные положения), принимаемые без доказательств. Возможно, он подспудно предполагал, что органический мир представлен в форме дискретных видов и корпускулярностью единиц наследственности. Однако во время Дарвина в биологии была распространена и принята

⁴ Тахтаджан А. Дарвин и современная теория эволюции // Цит. по: Дарвин. Происхождение видов. СПб.: Наука, 2001. С. 519.

модель «сливной наследственности»: считалось, что наследственные признаки сливаются, смешиваются и «загрязняются» при скрещивании. Теория «сливной наследственности» подтверждалась случаями наследования множества количественных признаков, которые наблюдались повсеместно.

Этой модели противоречили не только известные факты стойкого сохранения признаков из поколения в поколение, как, например, губа Габсбургов или характерная горбинка на носу Бурбонов, сохранившаяся даже в восьмом поколении (по расчетам Ф. Дженкина, признак должен был уменьшиться в 128 раз), но и научные труды древнегреческих философов Левкиппа и Демокрита, а также складывавшаяся к XIX в. атомно-молекулярная и клеточная теории.

Однако данные факты не влияли на устоявшиеся воззрения среди подавляющего большинства ученых-биологов, среди которых был Ч. Дарвин. Потребовался научный подвиг Г. Менделя (1822–1864), построившего корпускулярную модель наследственности.

Еще одним вызовом для Дарвина стала критика со стороны знаменитого английского физика У. Кельвина (1824–1907), утверждавшего, что Земля недостаточно стара, чтобы позволить естественному отбору создать такое разнообразие жизни. По законам физики XIX в. ученый был абсолютно прав!

К 1870-м гг. сложилось две концепции о возрасте мира: Дарвина, биологически-геологическая, и Кельвина, чисто физическая. Согласно расчетам последнего возраст Земли с учетом теории происхождения планет составляет всего 40 млн лет. Для эволюции живого, очевидно, требуются гораздо большие сроки (минимум 100–400 млн лет, по мнению Дарвина), чтобы жизнь из простейших организмов достигла того многообразия, какое мы наблюдаем в настоящее время.

Аргументы Кельвина были неоспоримыми по канонам науки того времени. Физика считалась самой точной из естественных наук и строгой по методологии. А значит, ее данные ставились во главу угла. Недаром Дарвин писал: «Многие физики и философы еще не готовы признать, что мы недостаточно знаем о строении Вселенной и об устройстве ядра земного шара, чтобы безопасно строить предположения о времени его существования⁵».

Было понятно, что кто-то где-то ошибается, но никто не хотел признавать свои ошибки. Взаимные уступки со стороны Дарвина и Кельвина в виде сокращения времени эволюции и увеличения возраста Земли ни к чему не привели: все равно геологическая картина никак не умещалась в 100–400 млн лет. В 1895 г. физики окончательно сошлись во мнении, что возраст Земли составляет 20–40 млн лет. Теория естественного отбора выглядела обреченной.

Однако Дарвин оказался прав. В 1903 г. Беккерель вместе с Пьером и Марией Кюри получил Нобелевскую премию за открытие радиоактивности. А далее лавинообразно совершались открытия в области ядерной физики. Радиоактивность предоставила в распоряжение человечеству принципиально новый метод измерения возраста древних объектов. Уже в 1911 г. возраст Земли был увеличен до 1,7 млрд лет. А в 1953 г. он был определен на уровне 4,5 млрд лет. Это и стало общепризнанным возрастом планеты до настоящего времени.

Чтобы показать, что этим не ограничивалась критика классического дарвинизма, учащихся стоит познакомить с опытами датского биолога В. Йогансена (1857–1927), который показал неэффективность отбора в чистых линиях (в потомстве одной самооплодотворяющейся особи, гомозиготной по большинству признаков) растений. Хотя таких гомозиготных групп особей в природе не встречается, веру в могущество отбора эти эксперименты подрывали.

Ученый избрал объектом исследования популяции самоопылителей, которые можно было легко распределить по группам потомков отдельных самоопыляющихся

⁵ <<https://dzen.ru/a/YT8RjPTEhVOOOfwj>>.

растений, т.е. произвести выделение чистых линий. Анализу была подвергнута масса (размеры) семян фасоли *Phaseolus vulgaris* (в настоящее время известно, что масса семян определяется полигенно и в сильной степени подвержена влиянию факторов внешней среды).

Иогансен взвешивал семян одного сорта фасоли и построил вариационный ряд по этому показателю. Масса варьировала в пределах от 150 до 750 мг. В дальнейшем семена массой 250...350 и 550...650 мг были высеяны отдельно. С каждого выросшего растения семена были вновь взвешены. Тяжелые (550...650 мг) и легкие (250...350 мг) семена, выбранные из сорта, представляющего популяцию, дали растения, семена которых различались по массе: средняя масса семян растений, выросших из тяжелых семян, составила 518,7 мг, а из легких – 443,4 мг. Этим было доказано, что сорт – популяция фасоли состоит из генетически различных растений, каждое из которых может стать родоначальником чистой линии.

На протяжении шести-семи поколений Иогансен отбирал тяжелые и легкие семена с каждого растения в отдельности. Ни в одной линии не произошло изменение массы семян. Изменчивость размеров семян внутри чистой линии была ненаследственной, модификационной. Таким образом, В. Иогансен генетически неоднородные (гетерогенные) популяции противопоставлял однородным чистым линиям (или клонам), в которых невозможен отбор, так как нет выбора.

Знакомство с этими фактами позволит глубже погрузить обучающихся в понимание эволюционного учения, а самое главное, неформально познакомить с величайшим открытием в области биологии, что несколько позже даст возможность более осмысленно перейти к изучению основ синтетической теории эволюции.

Анализ работ участников экзамена и вопросов на форуме показал еще одну серьезную проблему понимания механизма действия естественного отбора в рамках синтетической теории эволюции. Зачастую изучение эволюционного учения останавливается на понимании механизмов действия естественного отбора, однако это далеко не единственный фактор эволюции, действующий в популяциях. Не менее важным фактором является дрейф генов – случайное колебание частот аллелей в популяциях.

Рассмотрим ситуацию, когда в популяции возник аллель, который никак не изменяет приспособленность, т.е. невидим для естественного отбора (рис. 4, 1.А). В этом случае, если численность популяции будет мала, можно заметить, что данный аллель может исчезнуть из популяции (элиминироваться), а может быть зафиксирован (все особи приобретут данный аллель). Происходит это благодаря действию дрейфа генов, который является случайным процессом. Также заметим, что при высокой численности популяции частота аллеля не изменяется (рис. 4, 1.А, N = 100 000). Данный факт является следствием закона Харди – Вайнберга.

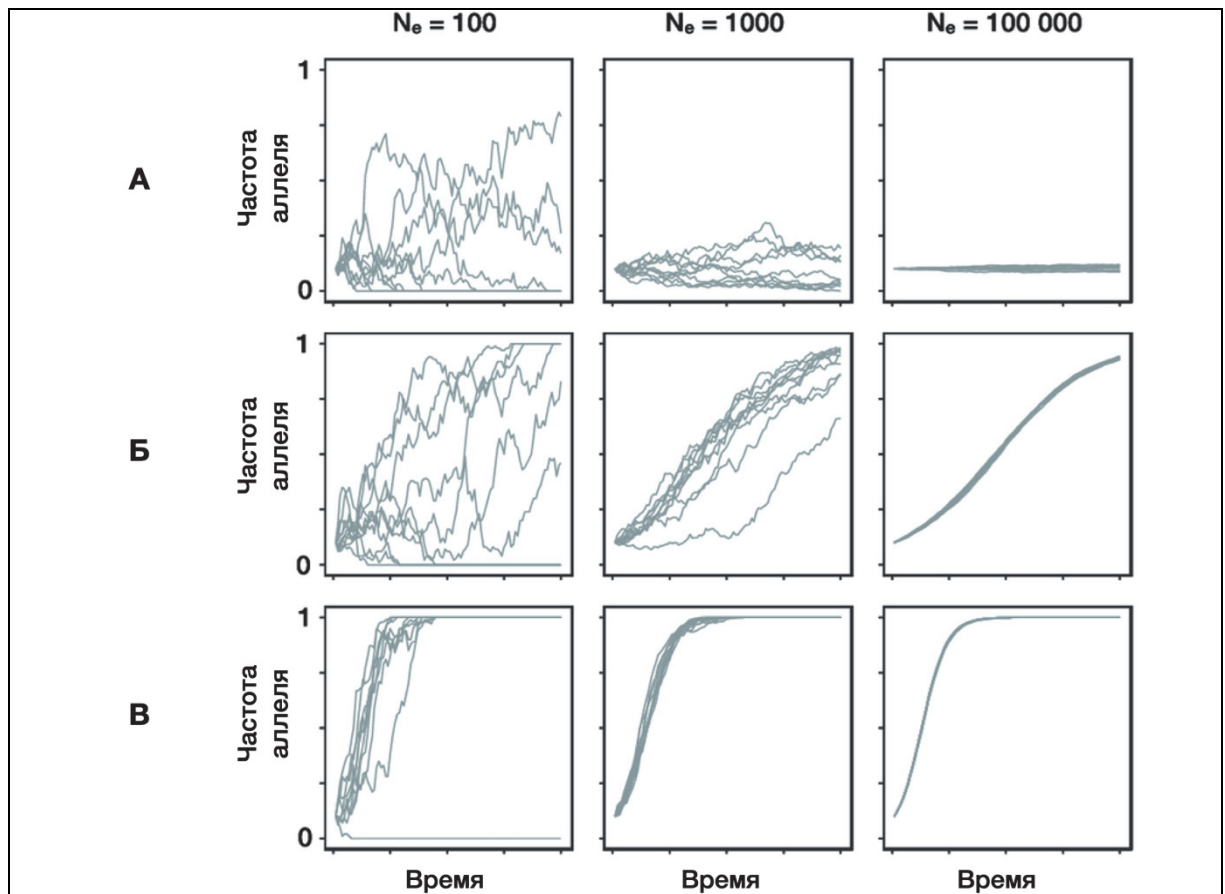


Рис. 4. Действие дрейфа генов и естественного отбора в популяциях различной численности

А. Аллель не повышает приспособленность (нейтральный).

Б. Аллель слабо повышает приспособленность.

В. Аллель сильно повышает приспособленность.

Графики показывают изменение частоты генотипа в гаплоидной популяции во времени (в поколениях). Кривые означают разные популяции (разные симуляции эксперимента). Если кривая достигает 1, значит, у всех особей в популяциях имеется данный аллель. Если – 0, значит, не существует особей с данным аллелем.

N – численность популяции.

В каких популяциях более эффективен естественный отбор – больших или в малых? Для ответа на этот вопрос надо понимать, в чем выражается эффективность отбора. Отбор позволяет элиминировать из популяции вредные аллели и фиксировать полезные. Соответственно, дрейф генов, наоборот, позволяет фиксировать как вредные, так и полезные аллели. Также дрейф может элиминировать как вредные, так и полезные аллели.

Если посмотреть на симуляции популяций с различной численностью и включить в них полезный аллель, то можно заметить, что при низкой численности популяции существует высокая вероятность того, что даже полезный аллель полностью пропадает (рис. 5, 1.Б, $N = 100$). Наоборот, в популяциях с высокой численностью в любом случае аллель будет зафиксирован.

Таким образом, становится ясно, что именно в популяциях с высокой численностью отбор наиболее эффективен. Данное утверждение можно легко проиллюстрировать графиками, на которых видно, что, несмотря на то что аллель повышает приспособленность особи и должен быть поддержан естественным отбором в малых популяциях, он может быть исключен из популяции за счет действия дрейфа генов (рис. 5, 1.Б, $N = 100$). Следовательно, необходимо понимать, что эффективность действия естественного отбора повышается с ростом численности популяции и ростом величины коэффициента селекции аллеля (тем, насколько сильно аллель повышает приспособленность особи).

В обновленном ФГОС среднего общего образования на углубленном уровне имеется следующее требование к результатам обучения: владеть системой биологических знаний, которая включает в себя законы (единообразия потомков первого поколения, расщепления признаков, независимого наследования признаков Г. Менделя, сцепленного наследования признаков и нарушения сцепления генов Т. Моргана, гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова, *генетического равновесия Дж. Харди и В. Вайнберга*, зародышевого сходства К. Бэра, биогенетического закона Э. Геккеля, Ф. Мюллера).

В федеральную программу в 11 классе в тему 2 «Микроэволюция и ее результаты» в целях повышения доказательной базы микроэволюционных механизмов включено изучение *закона генетического равновесия Дж. Харди и В. Вайнберга*. Знакомство с этим законом можно реализовать, например, на уроке по теме «Популяция – элементарная единица эволюции». Использование данного биологического закона подразумевает использование математического аппарата, а точнее, решение уравнения квадрата суммы (программа 7 класса по математике).

Предлагаем один из возможных вариантов содержания данной темы.

В 1900 г. законы Менделя были переоткрыты и понимание о генах как дискретных единицах наследственности постепенно стало проникать в биологическую науку. Однако некоторые противники теории наследственности Менделя утверждали, что если у признака имеется два аллеля, то их соотношение в популяции должно быть непременно 3:1 из-за явления доминирования. Как разрешить данное заблуждение? Для того чтобы понимать закономерности распределения аллелей в популяции, необходимо было разработать модель, которая удовлетворит все правила менделевского наследования. Такая модель была создана независимо друг от друга английским математиком Годфри Харолдом Харди (1877–1947) и немецким врачом Вильгельмом Вайнбергом (1862–1937).

Представим себе популяцию, в которой скрещивания между любыми особями равнозначны. Пусть известно, что определенный ген имеет два аллеля: A и a . Обозначим частоту доминантного аллеля как p , а частоту рецессивного аллеля как q . Очевидно, что все организмы имеют либо аллель A , либо аллель a , либо их комбинацию, а значит, $p + q = 1$. Зная частоты аллелей, попробуем рассчитать частоты генотипов. Формирование потомков по закону чистоты гамет Менделя можно представить себе как выбор двух гамет из общего пула всех половых клеток (так как все скрещивания равновероятны). Тогда вероятность получения гомозиготной особи по доминантному аллелю означает вероятность двух независимых выборов гаметы с аллелем A , а именно $f(AA) = p \cdot p = p^2$. Аналогично частота рецессивных гомозигот составит: $f(aa) = q \cdot q = q^2$. Более сложной является ситуация с гетерозиготами. Для получения гетерозиготной особи на первую позицию можно выбрать доминантный аллель (вероятность p), а на вторую позицию можно выбрать рецессивный аллель (вероятность q). И наоборот, на первую позицию можно выбрать рецессивный аллель, а на вторую – доминантный. Последние два события несовместимы. Таким образом, частота гетерозигот составит: $f(Aa) = p \cdot q + q \cdot p = 2pq$. Зная частоты аллелей в популяции, можно рассчитать равновесные частоты генотипов, по формуле квадрата суммы:

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2.$$

Графически закон Харди – Вайнберга может быть представлен следующим образом (рис. 5).

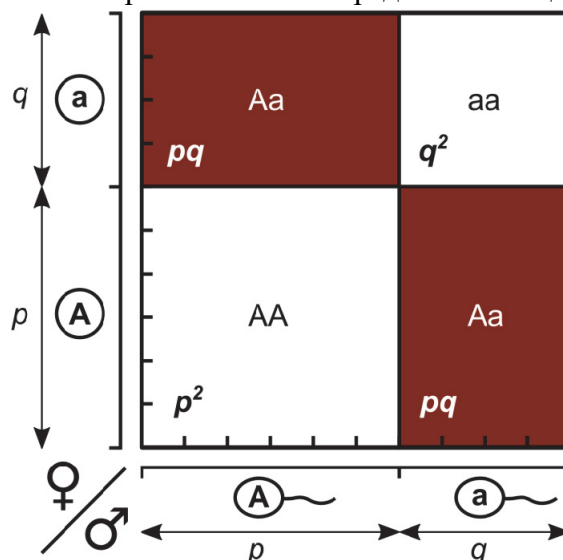


Рис. 5. Графическое представление закона Харди – Вайнберга

Если известно, что частота гетерозигот в идеальной популяции $f(Aa) = 2pq$, причем сумма частот аллелей равна 1, то, задавая значения лишь одного аллеля (например, p), можно однозначно определить частоту гетерозигот (рис. 6).

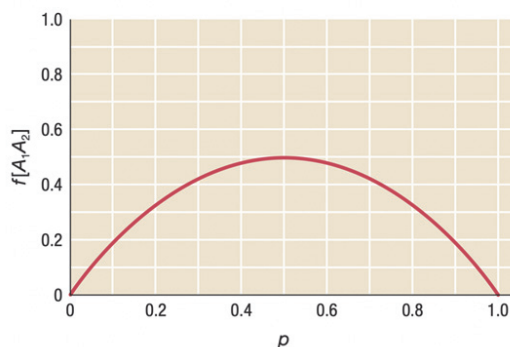


Рис. 6. Определение частот генов в популяции

Попробуем проиллюстрировать описанные закономерности на примере. Представим себе, что в популяции человека частота аутосомно-рецессивного заболевания пигментного ретинита составляет 0,0025. Как, опираясь только на эти данные, можно рассчитать частоту всех генотипов в популяции, считая, что она находится в равновесии Харди – Вайнберга?

Мы знаем, что частота рецессивных гомозигот составляет q^2 , значит, частота рецессивного аллеля составит: $q = \sqrt{0,0025} = 0,05$. Тогда частота доминантного аллеля составит: $p = 1 - q = 1 - 0,05 = 0,95$. Теперь, пользуясь полученными данными, можно рассчитать частоту доминантных гомозигот ($p^2 = 0,9025$) и частоту гетерозигот ($2pq = 2 \cdot 0,05 \cdot 0,95 = 0,095$). Можно проверить себя, сложив все частоты генотипов и получить в сумме единицу.

Из закона Харди – Вайнберга следует три важных заключения.

1. Частоты аллелей не изменяются из поколения в поколение без внешнего воздействия на них.
2. Зная частоты аллелей и предполагая их случайные скрещивания, можно предсказать равновесные частоты генотипов (при условии, что на них не действуют факторы эволюции).
3. Если на ген не действуют какие-либо факторы эволюции и при этом частоты генотипов не находятся в соотношении, определенном уравнением Харди – Вайнберга, то они достигнут равновесия за одно поколение.

Последнее заключение легко проиллюстрировать на следующем примере. Представим себе, что популяция состоит исключительно из гомозигот в соотношении 1:1. Тогда частоты аллелей будут равны и составят по 0,5. Закон Харди – Вайнберга определяет, что частоты генотипов должны составить: $f(AA) = 0,25$; $f(Aa) = 0,5$; $f(aa) = 0,25$. Однако в данный момент этого не наблюдается, т.е. популяция не находится в равновесии. Допустим в этой популяции возможность скрещивания. Естественно, возможно только три варианта: $AA \times AA$, $AA \times aa$ и $aa \times aa$. Выписав возможное потомство в трех скрещиваниях и выразив частоты полученных генотипов через p и q , легко увидеть, что равенство выполняется. Таким образом, за одно поколение популяция пришла к равновесным частотам.

В целях закрепления материала обучающимся на уроках можно предложить выполнить представленные ниже задания (или подобные им).

Задание 1

Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания **научных взглядов Ж.-Б. Ламарка**. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) Учёный является создателем первой эволюционной теории, в которой излагались взгляды об историческом развитии видов. (2) Ж.-Б. Ламарк первым выдвинул гипотезу самопроизвольного зарождения жизни на Земле. (3) Историческое развитие живой природы учёный представлял как непрерывное поступательное движение от низших форм жизни к высшим. (4) Он считал наследственную изменчивость, борьбу за существование и естественный отбор движущими силами эволюции. (5) Он был убеждён в изначально заложенном в каждом живом организме стремлении к совершенству и прогрессивному развитию. (6) Учёный выделил три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую, борьбу с неблагоприятными условиями среды.

Ответ:

1	3	5
---	---	---

Задание 2

Установите последовательность биологических явлений в эволюции хордовых животных. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) появление рычажных конечностей наземного типа
- 2) развитие зародыша в яйце со скорлуповой или с кожистой оболочкой
- 3) формирование двухкамерного сердца
- 4) формирование осевого скелета
- 5) развитие плаценты в матке

Ответ:

4	3	1	2	5
---	---	---	---	---

Задание 3

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

СТРУКТУРЫ ОРГАНИЗМОВ

- А) многососковость у человека
- Б) «лёгкое» латимерии
- В) копчик человека
- Г) развитые задние конечности китообразных
- Д) густой волосяной покров дельфина
- Е) зубы мудрости человека

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ

- 1) атавизмы
- 2) рудименты

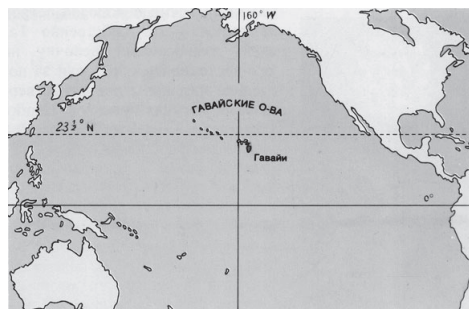
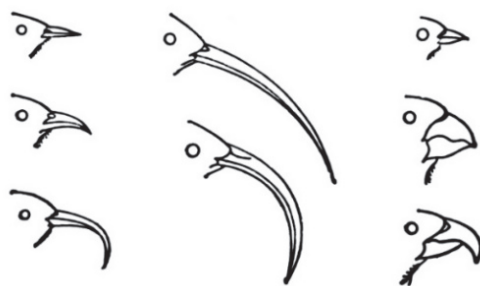
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е
1	2	2	1	1	2

Задание 4

На рисунке изображены формы клюва у представителей разных видов семейства цветочниц, обитающих на Гавайских островах.



Укажите последовательность процессов, которые привели к формированию многообразия форм клюва с позиции современной синтетической теории эволюции. Как называется такая форма направленной эволюции? Чем она характеризуется?

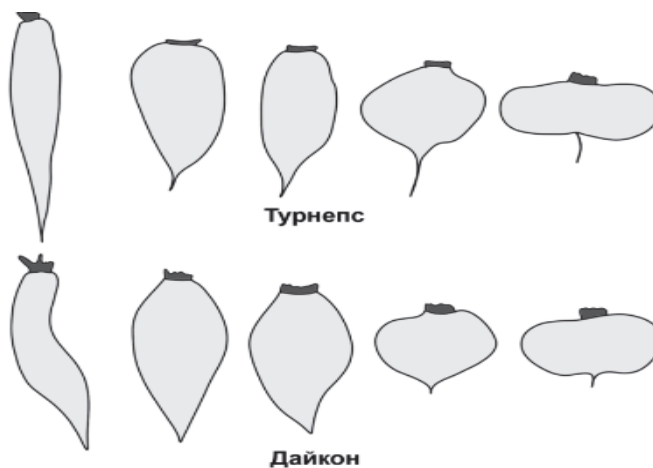
Элементы ответа:

- 1) особи исходного вида, попавшие на острова, оказались в разных экологических нишах (разных условиях питания);
- 2) в каждой популяции возникали мутации;
- 3) разные мутации поддерживались естественным отбором;
- 4) накопление мутаций привело к репродуктивной изоляции;
- 5) дивергентная форма эволюции (дивергенция);
- 6) новые виды при такой форме образуются путём расхождения от одного общего предка.

Задание 5

У дайкона и турнепса (семейство Капустные) корнеплоды характеризуются сходной наследственной изменчивостью в строении – от удлинённой формы до уплощённой. Какой биологический закон иллюстрирует данная закономерность? Сформулируйте этот закон на примере изображённых корнеплодов.

К какой форме эволюционного процесса можно отнести данный пример? Почему сравнение между вариантами корнеплода турнепса и подобными вариантами клубня картофеля нельзя рассматривать в качестве проявления проиллюстрированного закона?



Элементы ответа:

- 1) закон гомологических рядов в наследственной изменчивости (закон гомологических рядов Н.И. Вавилова; закон Вавилова);
- 2) родственные виды турнепса и дайкона обладают сходными рядами наследственной изменчивости (у родственных видов турнепса и дайкона возникали схожие по проявлению мутации);
- 3) форма эволюционного процесса – параллелизм (параллельная эволюция; конвергенция);
- 4) данный закон применим только к родственным организмам, а турнепс и картофель относятся к разным семействам (группам; Капустным и Паслёновым соответственно);
- 5) данный закон применим только к гомологичным структурам организмов (клубень картофеля – видоизменённый побег, а корнеплод турнепса – видоизменённый корень).

Экзаменационная работа по биологии в 2024 г. в целом сохранит свою структуру по частям, уровням сложности и проверяемому содержанию. Однако в ней предполагается ряд незначительных изменений и точечных дополнений.

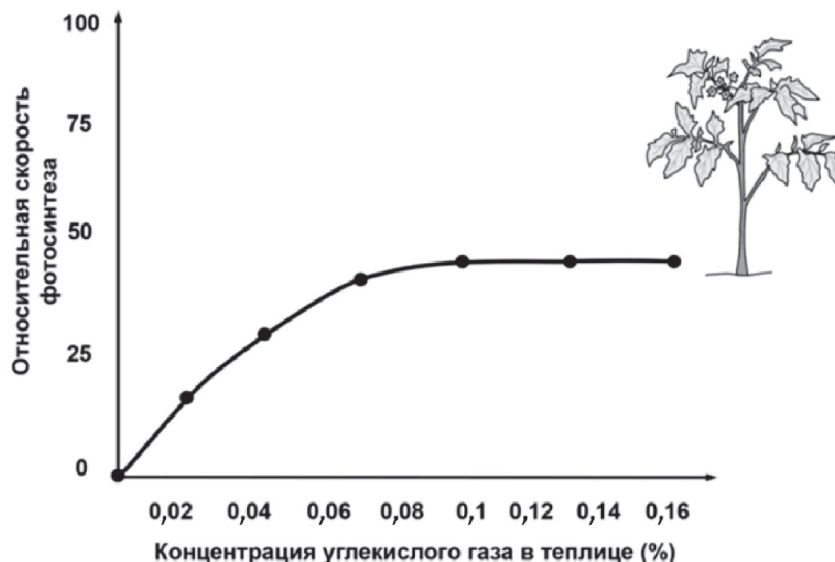
В следующем году планируется сокращение количества заданий в части 1. Так, в КИМ 2024 г. будет отсутствовать линия 20 (КИМ 2023 г.) на установление последовательности процессов и явлений, протекающих в процессе эволюции живой природы и происхождении человека, а также в экосистемах и биосфере.

Начиная с 2023 г. обучение в профильных классах старшей школы будет осуществляться по федеральной образовательной программе среднего общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования»), в которой произошли детализация предметного содержания и расширение понятийного аппарата исследовательских умений, в частности «Изучение живых систем. Фундаментальные, прикладные и поисковые научные исследования в биологии. Методы биологической науки. Наблюдение, измерение, эксперимент. Понятие о зависимой и независимой переменной. Планирование эксперимента. Постановка и проверка гипотез. Нулевая гипотеза. Понятие выборки и ее достоверность. Разброс в биологических данных. Оценка достоверности полученных результатов. Причины искажения результатов эксперимента. Понятие статистического теста». Разработчиками КИМ ЕГЭ по биологии предложены новые сюжеты, позволяющие учитывать содержание федеральной образовательной программы, в заданиях с развернутыми ответами. Примеры заданий представлены далее.

Примеры заданий мини-модуля 22–23 (задания 23 и 24 по нумерации 2023 г.)

Учёный изучал влияние различных экологических факторов на процесс фотосинтеза. Свой эксперимент исследователь проводил в специальной теплице, где было высажено 300 растений томата сорта Шапка Мономаха.

В герметичную теплицу с определённой периодичностью закачивался воздух с различным количеством углекислого газа. С помощью датчиков учёный фиксировал показатели скорости фотосинтеза, которые приведены на графике ниже.



22. Учёный повторил эксперимент, внося в него некоторые изменения. В качестве отрицательного контроля он использовал 300 растений сорта Крепыш, выращивая их в той же теплице, но в другом отсеке с постоянной физиологически оптимальной концентрацией углекислого газа. Можно ли считать такой контроль адекватным и почему? Предложите свой вариант отрицательного контроля.

* **Отрицательный контроль** – это экспериментальный контроль (опыт), при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию при сохранении всех остальных условий.

Элементы ответа:

- 1) нет, так как использован другой сорт растения;
- 2) растения разных сортов могут по-разному реагировать на изменения углекислого газа;
- 3) зависимость не удастся установить в явном виде;
- 4) отрицательный контроль – 300 растений сорта Шапка Мономаха, выращиваемых в другом отсеке при физиологически оптимальной концентрации углекислого газа.

23. Почему при увеличении концентрации углекислого газа свыше 0,1% скорость фотосинтеза не растёт? Как изменится скорость фотосинтеза, если значительно повысить температуру в теплице, например до 40 °С? Объясните причину изменения. Какую роль играет углекислый газ в процессе фотосинтеза?

Элементы ответа:

- 1) скорость фотосинтеза лимитируется другими факторами (освещённостью, скоростью накопления АТФ, количеством ферментов световой и темновой фаз и др.)

ИЛИ

- 1) в клетке ограничено количество ферментов (хлоропластов, хлорофилла)

ИЛИ

- 1) это результат проявления закона лимитирующего (ограничивающего) фактора;

- 2) скорость фотосинтеза снизится;

- 3) при повышении температуры до 40 °С происходит потеря активности хлоропластов

ИЛИ

- 3) закрытие устьичных щелей

ИЛИ

- 3) снижение активности ферментов;

- 4) углекислый газ фиксируется в темновой фазе фотосинтеза (цикле Кальвина) и составляет основу для формирования углеводов

ИЛИ

- 4) углекислый газ используется для синтеза глюкозы

ИЛИ

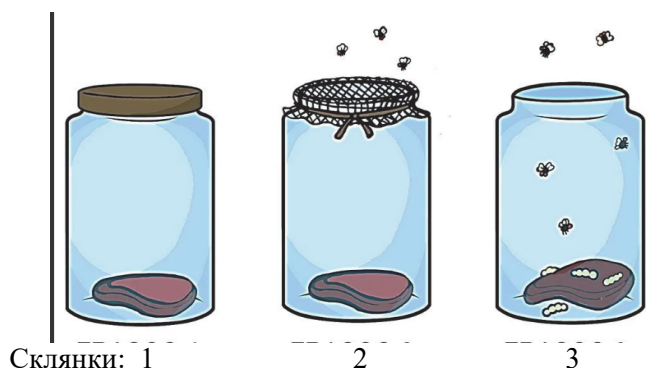
- 4) углекислый газ – источник углерода для синтеза органических веществ (глюкозы).

В линии 26 проверяемыми элементами содержания выступают знания по общей биологии (методы биологической науки, клетка, организм, эволюция органического мира и экологические закономерности).

Пример задания

26. В 17 веке подавляющее большинство учёных было уверено, что мелкие организмы появляются из навоза, кучи мусора, грязного белья и т.д. Итальянский учёный Ф. Реди поставил следующий опыт: разрезал кусок мяса на две части и каждую поместил в кувшин. Первый кувшин учёный обвязал сверху тонкой марлей, второй оставил открытым. Через некоторое время Ф. Реди обнаружил, что во втором кувшине появились личинки мух, потом оттуда стали вылетать мухи. А в первом кувшине ни личинок, ни мух не появилось. Какую гипотезу проверял эксперимент Ф. Реди? Как в эксперименте называют сосуд, который Ф. Реди оставил открытым? Какой вывод можно сделать из опыта Ф. Реди? Почему результаты опыта не были абсолютно убедительными для части учёных 18 в. и особенно 19 в.?

* **Гипотеза** – предположение или догадка, утверждение, которое, в отличие от аксиом, постулатов, требует доказательства.



Элементы ответа:

- 1) гипотезу самозарождения ИЛИ гипотезу самозарождения мух;
- 2) контрольный;
- 3) самозарождения мух в мясе не происходит;
- 4) опыт проводился на хорошо заметных насекомых, а не на микроорганизмах ИЛИ
- 4) опыт не учитывал наличия микроорганизмов.

Линия 27 в КИМ 2024 г. будет представлена тремя сюжетами.

Сюжет 1 (существует несколько лет)

Пример задания

27. Для соматической клетки животного характерен диплоидный набор хромосом. Определите хромосомный набор (n) и число молекул ДНК (c) в клетке при гаметогенезе в метафазе II мейоза и анафазе II мейоза. Объясните полученные результаты.

Сюжет 2 (обновленный вариант задания)

Пример задания

27. Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу в одной цепи соответствует 3' конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу.

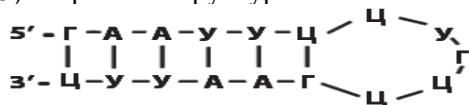
Все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. В цепи РНК и ДНК могут иметься специальные комплементарные участки – палиндромы, благодаря которым у молекулы может возникать вторичная структура. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов (нижняя цепь матричная):



Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, которая синтезируется на данном фрагменте. Найдите на данном участке палиндром и установите вторичную структуру центральной петли тРНК. Определите аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если антикодон равноудалён от концов палиндрома. Объясните последовательность решения задачи. Для решения используйте таблицу генетического кода (см. учебник). При написании нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Схема решения задачи включает в себя:

- 1) нуклеотидная последовательность участка тРНК: 5'-ГААУУЦУГЦЦГААУУЦ-3';
- 2) палиндром в последовательности: 5'-ГААУУЦ-3' (3'-ЦУУААГ-5');
- 3) вторичная структура тРНК:



- 4) нуклеотидная последовательность антикодона в тРНК 5'-УГЦ-3' (УГЦ) соответствует кодону на иРНК 3'-АЦГ-5' (5'-ГЦА-3', ГЦА);
- 5) по таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота ала (аланин), которую будет переносить данная тРНК.

Сюжет 3 (новый вариант с использованием законом Харди – Вайнберга)

Пример задания

27. В популяции растений ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*) 96 растений имеют ярко-красную окраску венчика, а 54 – белую. Рассчитайте частоты аллелей красной и белой окрасок в популяции. Какими были бы частоты генотипов всех генотипов, если бы популяция находилась в равновесии? Если представить, что все условия равновесной популяции начнут выполняться, то за сколько поколений популяция придёт в равновесие?

Элементы ответа:

- 1) частота растений с ярко-красной окраской венчика (генотип AA) составляет: $96/150 = 0,64$;
- 2) частота растений с белой окраской венчика (генотип aa) составляет: $54/150 = 0,36$;
- 3) аллель A в популяции представлен только в красных растениях, а аллель a – только в белых;
- 4) частота аллеля $A = p = 0,64$;
- 5) частота аллеля $a = q = 0,36$;
- 6) равновесные частоты генотипов: $f(AA) = p^2 = 0,4096$, $f(aa) = q^2 = 0,1296$, $f(Aa) = 2pq = 0,4608$;
- 7) за одно поколение.

Методическую помощь учителям и обучающимся при подготовке к ЕГЭ могут оказать материалы с сайта ФИПИ (www.fipi.ru):

- документы, определяющие структуру и содержание КИМ ЕГЭ 2024 г.;
- открытый банк заданий ЕГЭ;
- [Навигатор самостоятельной подготовки к ЕГЭ \(fipi.ru\)](http://fipi.ru);
- Учебно-методические материалы для председателей и членов региональных предметных комиссий по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ;
- Методические рекомендации на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ прошлых лет (2015–2022 гг.);
- Методические рекомендации для учителей по преподаванию учебных предметов в образовательных организациях с высокой долей обучающихся с рисками учебной неуспешности. Биология;
- журнал «Педагогические измерения»;
- Youtube-канал Рособрнадзора (видеоконсультации по подготовке к ЕГЭ 2016–2023 гг.).

Основные характеристики экзаменационной работы ЕГЭ 2023 г. по БИОЛОГИИ

Анализ надежности экзаменационных вариантов по биологии подтверждает, что качество разработанных КИМ соответствует требованиям, предъявляемым к стандартизированным тестам учебных достижений. Средняя надежность (коэффициент альфа Кронбаха)⁶ КИМ по биологии – 0,92.

№	Проверяемые требования (умения)	Коды проверяемых требований (умений)	Коды проверяемых элементов содержания	Уровень сложности задания	Максимальный балл за выполнение задания	Примерное время выполнения задания (мин.)	Средний процент выполнения
1	Знать и понимать методы научного познания, признаки живых систем, уровни организации живой материи	1.1, 1.3, 2.1, 2.7	1.1, 1.2	Б	1	3	69,1
2	Анализировать результаты биологических экспериментов, наблюдений по их описанию	2.6, 2.7	1.1, 2.1–2.5, 3.1–3.3, 4.1–4.7, 5.1–5.6	Б	2	4	65,6
3	Решать задачи различной сложности по цитологии	2.3	2.3, 2.6, 2.7	Б	1	3	62,5
4	Решать задачи различной сложности по генетике (составлять схемы скрещивания)	2.3	3.5	Б	1	3	60,2
Блок заданий 5–8: «Клетка и организм»							
5	Знать и понимать основные положения клеточной теории. Сущность биологических процессов и явлений: обмен веществ и превращение энергии в клетке и организме, фотосинтез, пластический и энергетический обмен, питание, дыхание, брожение, хемосинтез, выделение, транспорт веществ, раздражимость, рост, митоз, мейоз, развитие гамет у цветковых растений и позвоночных животных. Распознавать биологические объекты по их изображению и процессам их жизнедеятельности	1.2–1.4, 2.2, 2.5–2.7	2.1–2.7, 3.1–3.9	Б	1	3	66,4
6	Знать и понимать основные положения клеточной теории. Сущность биологических процессов и явлений: обмен веществ и превращение энергии в клетке и организме, фотосинтез, пластический и энергетический обмен, питание, дыхание, брожение, хемосинтез, выделение, транспорт веществ, раздражимость, рост, митоз, мейоз, развитие гамет у цветковых растений и позвоночных животных. Распознавать биологические объекты по их изображению и процессам их жизнедеятельности	1.2–1.4, 2.2, 2.5–2.7	2.1–2.7, 3.1–3.9	П	2	5	41,8

⁶ Минимально допустимое значение надежности теста для его использования в системе государственных экзаменов равно 0,8.

7	Знать и понимать основные положения клеточной теории. Сущность биологических процессов и явлений: обмен веществ и превращение энергии в клетке и организме, фотосинтез, пластический и энергетический обмен, питание, дыхание, брожение, хемосинтез, выделение, транспорт веществ, раздражимость, рост, митоз, мейоз, развитие гамет у цветковых растений и позвоночных животных. Распознавать биологические объекты по их изображению и процессам их жизнедеятельности	1.1, 1.3, 1.4, 2.1, 2.3, 2.6, 2.7	2.1–2.7, 3.1–3.9	Б	2	4	58,9
8	Знать и понимать основные положения клеточной теории. Сущность биологических процессов и явлений: обмен веществ и превращение энергии в клетке и организме, фотосинтез, пластический и энергетический обмен, питание, дыхание, брожение, хемосинтез, выделение, транспорт веществ, раздражимость, рост, митоз, мейоз, развитие гамет у цветковых растений и позвоночных животных. Распознавать биологические объекты по их изображению и процессам их жизнедеятельности	1.1, 1.3, 1.4, 2.1, 2.3, 2.6, 2.7	2.1–2.7, 3.1–3.9	П	2	5	48,8
Модуль заданий 9–12: «Многообразие органического мира»							
9	Знать и понимать строение и признаки биологических объектов. Знать и понимать сущность биологических процессов и явлений. Распознавать, описывать, выявлять, сравнивать биологические объекты	1.1–1.4, 2.1–2.3, 2.5–2.7	4.3–4.7	Б	2	4	73,2
10	Знать и понимать строение и признаки биологических объектов. Знать и понимать сущность биологических процессов и явлений. Распознавать, описывать, выявлять, сравнивать биологические объекты	1.2–1.4, 2.1, 2.3, 2.6, 2.7	4.3–4.7	П	2	5	43,0
11	Знать и понимать строение и признаки биологических объектов. Знать и понимать сущность биологических процессов и явлений. Распознавать, описывать, выявлять, сравнивать биологические объекты	1.2–1.4, 2.2, 2.5–2.7	4.3–4.7	Б	2	4	55,8
12	Определять принадлежность биологических объектов к определенной систематической группе (классификация)	2.8	4.1	Б	2	4	76,4
Блок заданий 13–16: «Человек и его здоровье»							
13	Знать и понимать особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения. Объяснять отрицательное влияние алкоголя, никотина, наркотических веществ на развитие зародыша человека, влияние мутагенов на организм человека. Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни	1.2–1.4, 2.1, 2.3, 2.6, 2.7, 3.1	5.1–5.6	Б	1	3	72,0

14	Знать и понимать особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения. Объяснять отрицательное влияние алкоголя, никотина, наркотических веществ на развитие зародыша человека, влияние мутагенов на организм человека. Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни	1.2–1.4, 2.1, 2.3, 2.6, 2.7, 3.1	5.1–5.6	П	2	5	47,6
15	Знать и понимать особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения. Объяснять отрицательное влияние алкоголя, никотина, наркотических веществ на развитие зародыша человека, влияние мутагенов на организм человека. Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни	1.2–1.4, 2.2, 2.5–2.7, 3.1	5.1–5.6	Б	2	4	56,7
16	Знать и понимать особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения. Объяснять отрицательное влияние алкоголя, никотина, наркотических веществ на развитие зародыша человека, влияние мутагенов на организм человека. Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни	1.5, 2.1, 2.5, 3.1	5.1–5.6	П	2	5	50,1
Блок заданий 17–20: «Эволюция и экология»							
17	Знать и понимать основные положения синтетической теории эволюции, антропогенеза. Объяснять строение и признаки биологических объектов: вида, популяций, движущих сил эволюции, путей и направлений эволюции. Выявлять приспособления у организмов к среде обитания, ароморфозы и идиоадаптации у растений и животных. Сравнить формы естественного отбора, искусственный и естественный отбор, способы видообразования, макро- и микроэволюцию, пути и направления эволюции	1.1, 1.2, 2.2, 2.5–2.7, 2.9	6.1–6.5	Б	2	4	56,3
18	Знать и понимать основные положения учений Н.И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений, В.И. Вернадского о биосфере. Составлять схемы переноса веществ и энергии в экосистемах (цепи питания, пищевые сети). Распознавать экосистемы и агроэкосистемы. Выявлять абиотические и биотические компоненты экосистем, взаимосвязи организмов в экосистеме, антропогенные изменения в экосистемах. Сравнить экосистемы и агроэкосистемы. Анализировать состояние окружающей среды, влияние факторов риска на здоровье человека, последствия деятельности человека в экосистемах, глобальные антропогенные изменения в биосфере	1.1–1.3, 2.1, 2.3–2.7, 2.9, 3.1	7.1–7.5	Б	2	4	67,8

19	<p>Знать и понимать основные положения учений Н.И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений, В.И. Вернадского о биосфере. Составлять схемы переноса веществ и энергии в экосистемах (цепи питания, пищевые сети). Распознавать экосистемы и агроэкосистемы. Выявлять абиотические и биотические компоненты экосистем, взаимосвязи организмов в экосистеме, антропогенные изменения в экосистемах. Сравнить экосистемы и агроэкосистемы. Анализировать состояние окружающей среды, влияние факторов риска на здоровье человека, последствия деятельности человека в экосистемах, глобальные антропогенные изменения в биосфере</p>	1.1–1.3, 2.1, 2.2, 2.5–2.7, 2.9, 3.1	6.1–6.5, 7.1–7.5	П	2	5	55,2
20	<p>Знать и понимать основные положения синтетической теории эволюции, антропогенеза. Объяснять строение и признаки биологических объектов: вида, популяций, движущих сил эволюции, путей и направлений эволюции. Выявлять приспособления у организмов к среде обитания, ароморфозы и идиоадаптации у растений и животных. Сравнить формы естественного отбора, искусственный и естественный отбор, способы видообразования, макро- и микроэволюцию, пути и направления эволюции. Знать и понимать основные положения учений Н.И. Вавилова о центрах многообразия и происхождения культурных растений, В.И. Вернадского о биосфере. Объяснять строение и признаки биологических объектов: вида, популяций, экосистем и агроэкосистем, биосферы. Составлять схемы переноса веществ и энергии в экосистемах (цепи питания, пищевые сети). Распознавать экосистемы и агроэкосистемы. Выявлять абиотические и биотические компоненты экосистем, взаимосвязи организмов в экосистеме, антропогенные изменения в экосистемах. Сравнить экосистемы и агроэкосистемы. Анализировать состояние окружающей среды, влияние факторов риска на здоровье человека, последствия деятельности человека в экосистемах, глобальные антропогенные изменения в биосфере</p>	1.2–1.4, 2.1, 2.2, 2.5, 2.7, 2.9	4.3–4.7, 6.1–6.5, 7.1–7.5	П	2	5	58,7

21	Знать и понимать: сущность биологических процессов и явлений; особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения. Объяснять единство живой и неживой природы, родство, общность происхождения живых организмов, эволюцию растений и животных, используя биологические теории, законы и правила. Устанавливать взаимосвязи: строения и функций молекул, органоидов клетки; пластического и энергетического обмена; световых и темновых реакций фотосинтеза; движущих сил эволюции, путей и направлений эволюции. Распознавать биологические объекты по их изображению и процессам их жизнедеятельности. Выявлять отличительные признаки отдельных организмов. Сравнивать (и делать выводы на основе сравнения) биологические объекты (клетки, ткани, органы и системы органов, организмы растений, животных, грибов и бактерий, экосистемы и агроэкосистемы)	1.3, 1.5, 2.1, 2.2, 2.5–2.7	2.2–2.7, 3.1–3.6, 5.1–5.5, 6.1–6.5, 7.1–7.5	П	2	5	51,3
22	Уметь объяснять: роль биологических теорий, законов, принципов, гипотез в формировании современной естественно-научной картины мира; единство живой и неживой природы, родство и общность происхождения живых организмов, эволюцию растений и животных, используя биологические теории, законы и правила. Уметь различать признаки отдельных организмов, выявлять отличительные признаки отдельных организмов, анализировать результаты биологических экспериментов и наблюдений по их описанию	2.1, 2.2, 2.6, 2.7, 2.9	2.1–2.7, 4.2–4.7, 5.1–5.6, 6.1–6.5, 7.1–7.5	Б	2	4	72,4
Часть 2							
Модуль заданий 23 и 24: «Биологический эксперимент»							
23	Знать методы научного познания, признаки живых систем, уровни организации живой материи. Знать сущность биологических процессов и явлений. Анализировать результаты биологических экспериментов, наблюдений по их описанию	1.1, 1.3, 2.1, 2.4, 2.9, 3.1	2.1–6.5	П	3	15	46,3
24	Знать методы научного познания, признаки живых систем, уровни организации живой материи. Знать сущность биологических процессов и явлений. Анализировать результаты биологических экспериментов, наблюдений по их описанию	1.1, 1.3, 2.1, 2.4, 2.9, 3.1	2.1–6.5	В	3	20	22,5
25	Устанавливать взаимосвязи живых объектов. Выявлять отличительные признаки отдельных организмов. Сравнивать биологические объекты (клетки, ткани, органы и системы органов, организмы растений, животных, грибов и бактерий, экосистемы и агроэкосистемы). Определять принадлежность биологических объектов к определенной систематической группе (классификация)	2.2, 2.5–2.8	2.1–6.5	В	3	20	25,3

26	Знать и понимать особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения. Уметь объяснять единство живой и неживой природы, родство и общность происхождения живых организмов, эволюцию растений и животных, используя биологические теории, законы и правила. Выявлять отличительные признаки отдельных организмов. Сравнить процессы и явления (обмен веществ у растений, животных, человека, пластический и энергетический обмен, фотосинтез и хемосинтез). Определять принадлежность биологических объектов к определенной систематической группе (классификация)	1.5, 2.1, 2.6–2.9	4.1–4.7, 5.1–5.6	В	3	20	21,6
27	Объяснять роль биологических теорий, законов, принципов, гипотез в формировании современной естественно-научной картины мира, единство живой и неживой природы, родство и общность происхождения живых организмов, эволюцию растений и животных, используя биологические теории, законы и правила. Устанавливать взаимосвязи движущих сил эволюции, путей и направлений эволюции. Выявлять приспособления у организмов к среде обитания, ароморфозы и идиоадаптации у растений и животных, абиотические и биотические компоненты экосистем, взаимосвязи организмов в экосистеме, антропогенные изменения в экосистемах. Сравнить (и делать выводы на основе сравнения) формы естественного отбора, искусственный и естественный отбор, способы видообразования, макро- и микроэволюцию, пути и направления эволюции, биологические объекты (экосистемы и агроэкосистемы). Анализировать различные гипотезы сущности жизни, происхождения жизни, разных групп организмов и человека, человеческих рас, эволюцию организмов	2.1, 2.2, 2.6–2.9	2.1–2.7, 3.1–3.9, 6.1–6.5, 7.1–7.5	В	3	20	21,5
28	Решать задачи различной сложности по цитологии	2.3	2.2–2.7	В	3	20	33,8
29	Решать задачи различной сложности по генетике	2.3	3.5	В	3	20	30,3