

**Задания олимпиады школьников «Физтех» по биологии  
2023/24 уч. год  
Заключительный этап**



**ЗАДАНИЯ ДЛЯ 11 КЛАССА**

**Задания олимпиады были разделены на две части**

**Время выполнения заданий каждой части - 120 минут**

**Перерыв между частями - 1 час**

**Максимум за всю олимпиаду: 210 баллов**

## Оглавление

<b>Часть 1</b> .....	<b>4</b>
<b>Тип заданий А. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)</b> .....	<b>5</b>
Задание ID 2 – 3 балла.....	6
Задание ID 3 – 3 балла.....	8
Задание ID 8 – 3 балла.....	10
Задание ID 9 – 3 балла.....	12
Задание ID 14 – 3 балла.....	14
Задание ID 15 – 3 балла.....	16
Задание ID 19 – 3 балла.....	17
Задание ID 20 – 3 балла.....	18
Задание ID 21 – 3 балла.....	19
Задание ID 25 – 3 балла.....	21
Задание ID 26 – 3 балла.....	23
Задание ID 27 – 3 балла.....	25
Задание ID 31 – 3 балла.....	28
Задание ID 32 – 3 балла.....	30
Задание ID 33 – 3 балла.....	31
<b>Тип заданий В. Задания на сопоставление элементов</b> .....	<b>33</b>
Задание ID 37 – 5 баллов (Вариант 1).....	34
Задание ID 37 – 5 баллов (Вариант 2).....	36
Задание ID 37 – 5 баллов (Вариант 3).....	38
Задание ID 39 – 5 баллов (Вариант 1).....	40
Задание ID 39 – 5 баллов (Вариант 2).....	41
Задание ID 39 – 5 баллов (Вариант 3).....	42
Задание ID 41 – 5 баллов (Вариант 1).....	43
Задание ID 41 – 5 баллов (Вариант 2).....	45
Задание ID 41 – 5 баллов (Вариант 3).....	47
Задание ID 43 – 5 баллов (Вариант 1).....	49
Задание ID 43 – 5 баллов (Вариант 2).....	50
Задание ID 43 – 5 баллов (Вариант 3).....	51
Задание ID 45 – 5 баллов (Вариант 1).....	52
Задание ID 45 – 5 баллов (Вариант 2).....	53
Задание ID 45 – 5 баллов (Вариант 3).....	55
Задание ID 47 – 5 баллов (Вариант 1).....	56
Задание ID 47 – 5 баллов (Вариант 2).....	58
Задание ID 47 – 5 баллов (Вариант 3).....	60
<b>Тип заданий С. Задачи со свободным ответом</b> .....	<b>62</b>
Задание ID 55 – Максимум 15 баллов.....	63
Задание ID 59 – Максимум 15 баллов.....	66
<b>Часть 2</b> .....	<b>67</b>
<b>Тип заданий А. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)</b> .....	<b>68</b>
Задание ID 5 – 3 балла.....	69
Задание ID 6 – 3 балла.....	71
Задание ID 11 – 3 балла.....	73
Задание ID 12 – 3 балла.....	76
Задание ID 17 – 3 балла.....	79
Задание ID 18 – 3 балла.....	81
Задание ID 22 – 3 балла.....	83
Задание ID 23 – 3 балла.....	85

Задание ID 24 – 3 балла .....	87
Задание ID 28 – 3 балла .....	89
Задание ID 29 – 3 балла .....	90
Задание ID 30 – 3 балла .....	91
Задание ID 34 – 3 балла .....	92
Задание ID 35 – 3 балла .....	94
Задание ID 36 – 3 балла .....	96
<b>Тип заданий В. Задания на сопоставление элементов.....</b>	<b>98</b>
Задание ID 38 – 5 баллов (Вариант 1) .....	99
Задание ID 38 – 5 баллов (Вариант 2) .....	100
Задание ID 38 – 5 баллов (Вариант 3) .....	101
Задание ID 40 – 5 баллов (Вариант 1) .....	102
Задание ID 40 – 5 баллов (Вариант 2) .....	103
Задание ID 40 – 5 баллов (Вариант 3) .....	104
Задание ID 42 – 5 баллов (Вариант 1) .....	105
Задание ID 42 – 5 баллов (Вариант 2) .....	107
Задание ID 42 – 5 баллов (Вариант 3) .....	109
Задание ID 44 – 5 баллов (Вариант 1) .....	111
Задание ID 44 – 5 баллов (Вариант 2) .....	112
Задание ID 44 – 5 баллов (Вариант 3) .....	113
Задание ID 46 – 5 баллов (Вариант 1) .....	114
Задание ID 46 – 5 баллов (Вариант 2) .....	116
Задание ID 46 – 5 баллов (Вариант 3) .....	118
Задание ID 48 – 5 баллов (Вариант 1) .....	120
Задание ID 48 – 5 баллов (Вариант 2) .....	121
Задание ID 48 – 5 баллов (Вариант 3) .....	122
<b>Тип заданий С. Задачи со свободным ответом.....</b>	<b>123</b>
Задание ID 54 – Максимум 15 баллов .....	124
Задание ID 56 – Максимум 15 баллов .....	125

# Часть 1

## (120 минут)

**В данной части встречаются задания трех типов:**

**Тип А:** Задания с несколькими верными ответами (всего 15 заданий, сумма 45 баллов)

**Тип В:** Задания на сопоставления (всего 6 заданий, сумма 30 баллов)

**Тип С:** Задачи со свободным ответом (всего 2 задания, сумма 30 баллов)

**Максимум за одну часть: 105 баллов**

## **Тип заданий А. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)**

Во всех заданиях данной части в начале идет условие, а затем шесть вариантов ответа (под буквами от А до F). Участникам необходимо определить, является ли каждый из вариантов ответа верным (подходит под формулировку задания) или неверным (не подходит под формулировку задания). В каждом задании может быть от 0 до 6 верных вариантов ответа.

### **Система оценки:**

За каждое правильно отмеченное утверждение можно получить 0,5 балла

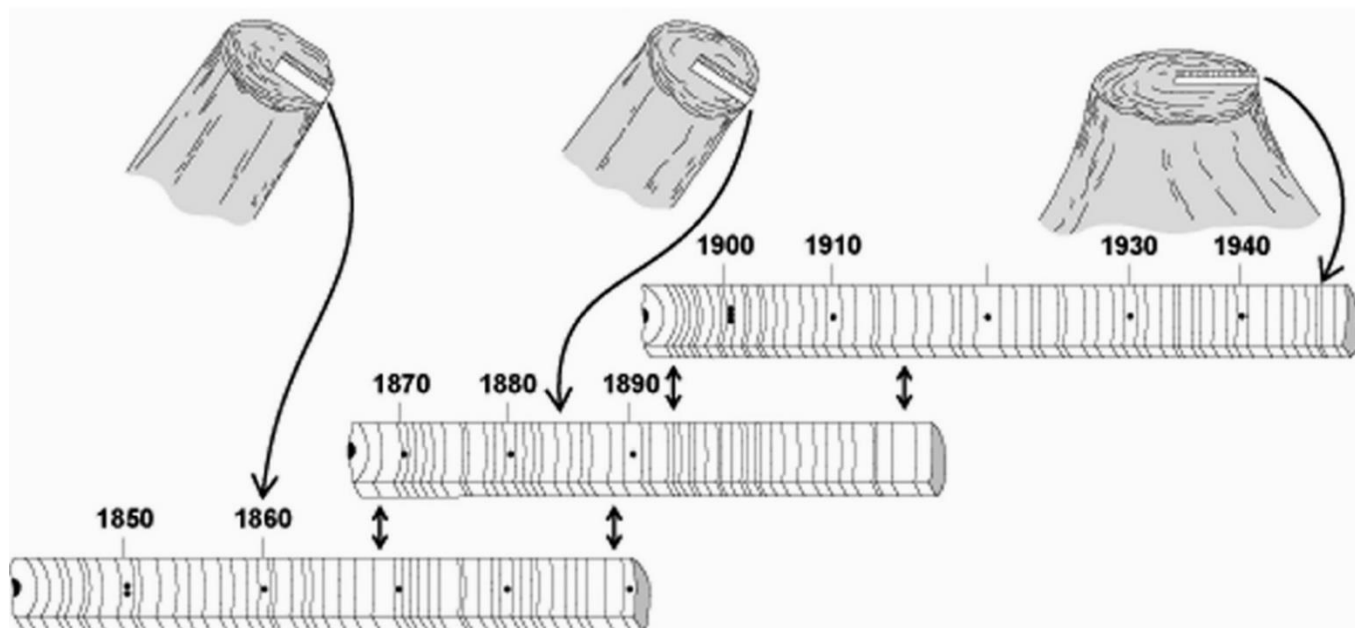
За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

**Задание ID 2 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Дендрохронология (древесно-кольцевой анализ) изучает изменчивость годичного прироста древесины и определяющие её факторы, датирует события, влияющие на прирост древесных растений, реконструирует условия внешней среды. Благодаря применению древесно-кольцевого анализа появляется возможность изучить естественную изменчивость природно-климатических факторов в прошлом.

После предварительной подготовки образцы древесины изучаются под стереоскопическим микроскопом. На основании различий в анатомическом строении выделяются годичные приросты древесины, производится предварительная датировка и маркировка колец, измеряется их ширина, строится соответствующий график. Зная точное календарное время взятия образца и формирования на нем последнего (располагающегося под корой) кольца прироста, методом обратного отсчета можно определить календарные даты образования всех колец образца. После проводится перекрестная датировка – сравнение сходных графиков колец у разных деревьев и выбор точного места, где соответствие между ними максимально. Метод перекрестной датировки позволяет производить относительную и абсолютную датировку времени формирования слоев прироста древесины. Относительная датировка позволяет определить возраст анализируемых образцов относительно друг друга. Абсолютная датировка включает в себя точное определение календарной даты всех годичных колец у исследуемых образцов. Она может быть осуществлена только в том случае, если известна календарная дата взятия образца древесины хотя бы у одного дерева.



Определите, является верным или неверным каждое из следующих утверждений:

Вариант 1:

- А) При дендрохронологических исследованиях для анализа выбирают прежде всего старовозрастные деревья;
- В) С помощью дендрохронологического метода возможны реконструкции времени нападения листогрызущих насекомых;
- С) Для проведения дендроклиматических исследований для дальнейшего сравнения различных крупных территорий необходимо обследовать модельные деревья одного вида, произрастающие на близко расположенных участках, но в разнообразных микроклиматических условиях;

- D) Наиболее значимыми для анализа являются узкие кольца, которые формируются в неблагоприятные по климатическим условиям годы у большей части деревьев, произраставших в одно время и в однородном по климатическим условиям районе;
- E) Данные, полученные в ходе дендрохронологических исследований, выполненных в разных регионах, нельзя сравнивать напрямую;
- F) Годичные кольца могут быть исследованы как в стволах, так и в корнях древесных растений;

*Вариант 2:*

- A) С помощью дендрохронологического метода возможны реконструкции времени долговременных похолоданий;
- B) Данные, полученные в ходе дендрохронологических исследований, выполненных в разных регионах, нельзя сравнивать напрямую;
- C) Наиболее значимыми для анализа являются узкие кольца, которые формируются в неблагоприятные по климатическим условиям годы у большей части деревьев, произраставших в одно время и в однородном по климатическим условиям районе;
- D) Годичные кольца могут быть исследованы как в стволах, так и в корнях древесных растений;
- E) Для проведения дендроклиматических исследований наиболее пригодны модельные деревья одного вида, произрастающие на близко расположенных участках с одинаковыми условиями;
- F) При дендрохронологических исследованиях для анализа не следует брать молодые деревья;

*Вариант 3:*

- A) Наиболее значимыми для анализа являются наиболее широкие кольца, которые формируются в годы, в которые складываются наиболее благоприятные условия для представителей того или иного вида;
- B) С помощью дендрохронологического метода возможны реконструкции времени долговременных похолоданий;
- C) При дендрохронологических исследованиях для анализа выбирают прежде всего старовозрастные деревья;
- D) Годичные кольца могут быть исследованы как в стволах, так и в корнях древесных растений;
- E) Для проведения дендроклиматических исследований для дальнейшего сравнения различных крупных территорий необходимо обследовать модельные деревья одного вида, произрастающие на близко расположенных участках, но в разнообразных микроклиматических условиях;
- F) Деревья, произрастающие в местах, где происходили существенные изменения почвенно-грунтовых условий, непригодны для дендроклиматических исследований;

**Задание ID 3 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Флоры городов (урбанофлоры) изучаются очень давно. В городах естественная неоднородность среды замещается антропогенной. Выделяются экотопы, представляющие остатки бывшего природного ландшафта (нарушенные участки лесов, степей, лугов) и антропогенные экотопы (приусадебные и сельскохозяйственные участки, парки, скверы, сады, газоны, цветники, руины, стены, кладбища, пустыри, свалки, улицы и шоссейные дороги). Необходимость изучения таких оригинальных типов антропогенных местообитаний связана с потребностями их рекультивации или оптимизации использования.

Внимательно прочитайте утверждения о флоре городов, представленные ниже, и определите, является верным или неверным каждое из них:

*Вариант 1:*

- А) Характерной особенностью городских флор, отличающей их от флор естественных, служит повышенный уровень видового богатства;
- В) Одной из главных причин исчезновения видов в городах является прямое разрушение жизненного пространства;
- С) Антропогенное воздействие на флору приводит к её ксерофитизации;
- Д) Дворы, детские и спортивные площадки, тропы – самая богатая видами группа городских местообитаний;
- Е) От антропогенного воздействия наиболее сильно страдают виды влажных и переувлажненных местообитаний;
- Ф) Городские флоры более термофильные (в их состав входят более теплолюбивые виды), чем флоры естественные, находящиеся в той же зоне;

*Вариант 2:*

- А) Урбанофлоры богаты гибридогенными формами;
- В) Исчезновение многих олиготрофных видов растений вызывается внесением удобрений при сельскохозяйственном производстве;
- С) В урбанофлорах увеличивается число видов открытых местообитаний за счет снижения роли лесных, болотных и водных видов;
- Д) Количество видов ксенофитов (видов, случайно попавших на исследуемые территории в результате хозяйственной деятельности человека) коррелирует со степенью развития железнодорожной сети;
- Е) Антропогенное нарушение целостности растительного покрова без коренной трансформации почвенного покрова может способствовать расселению реликтовых видов;
- Ф) Во флору городов могут попасть культивируемые виды, впоследствии перешедшие на местообитания вне культуры;

*Вариант 3:*

- А) Большинство адвентивных (преднамеренно или случайно завезённых человеком) видов входят в состав естественных (или близких к естественным) растительных сообществ и становятся постоянным компонентом местной флоры;
- В) Городские флоры более термофильные (в их состав входят более теплолюбивые виды), чем флоры естественные, находящиеся в той же зоне;
- С) Антропогенное нарушение целостности растительного покрова без коренной трансформации почвенного покрова может способствовать расселению реликтовых видов;
- Д) Дворы, детские и спортивные площадки, тропы – самая богатая видами группа городских местообитаний;
- Е) В урбанофлорах увеличивается число видов открытых местообитаний за счет снижения роли лесных, болотных и водных видов;

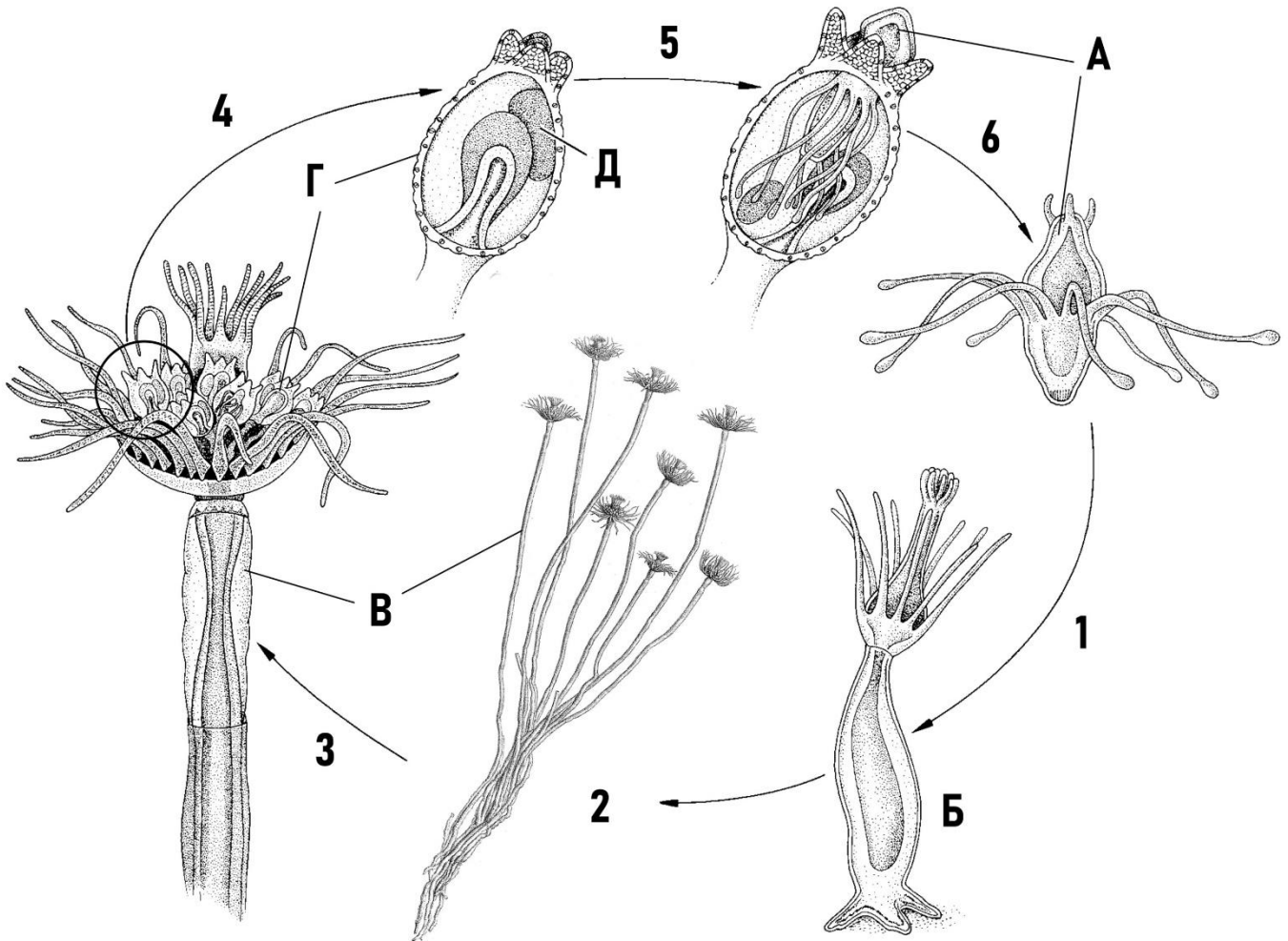


Г) Характерной особенностью городских флор, отличающей их от флор естественных, служит повышенный уровень видового богатства;

**Задание ID 8 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Данный гидроид (Hydrozoa) принадлежит к тому же подотряду Aplousobranchia, что и широко известная пресноводная гидра (*Hydra sp.*), однако обитает в море и имеет некоторые отличия в жизненном цикле. На схеме буквами указаны различные стадии жизненного цикла, а цифрами процессы перехода между ними.



Для каждого из следующих утверждений о данном организме и его жизненном цикле укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Половое размножение у данных организмов происходит на этапе 4;
- В) Стадия Д является личинкой-планулой, не покидающей пределы медузоидного поколения;
- С) У данного организма отсутствует метагенетическая смена поколений;
- Д) У данного организма отсутствует медузоидная стадия в жизненном цикле;
- Е) Бесполое размножение у данных организмов происходит на этапах 2 и 5;
- Г) Эволюция жизненного цикла данных гидроидов демонстрирует явление пераморфоза путем предсмещения, то есть сдвига начала развития определённых стадий на более ранние этапы жизненного цикла;

Вариант 2:

- А) Половое размножение у данных организмов происходит на этапе 6;
- В) Эволюция жизненного цикла данных гидроидов демонстрирует явление педоморфоза путём неотении, то есть замедления соматического развития стадий, приводящего к возникновению личиночных черт у половозрелых особей;

- С) У данного организма присутствует особая расселительная личиночная стадия (А), не характерная для гидроидов из других отрядов;
- Д) У данного организма отсутствует стадия свободно-плавающих медуз в жизненном цикле;
- Е) Бесполое размножение у данных организмов происходит на этапах 2 и 3;
- Ф) Стадия Г является медузоидным поколением;

*Вариант 3:*

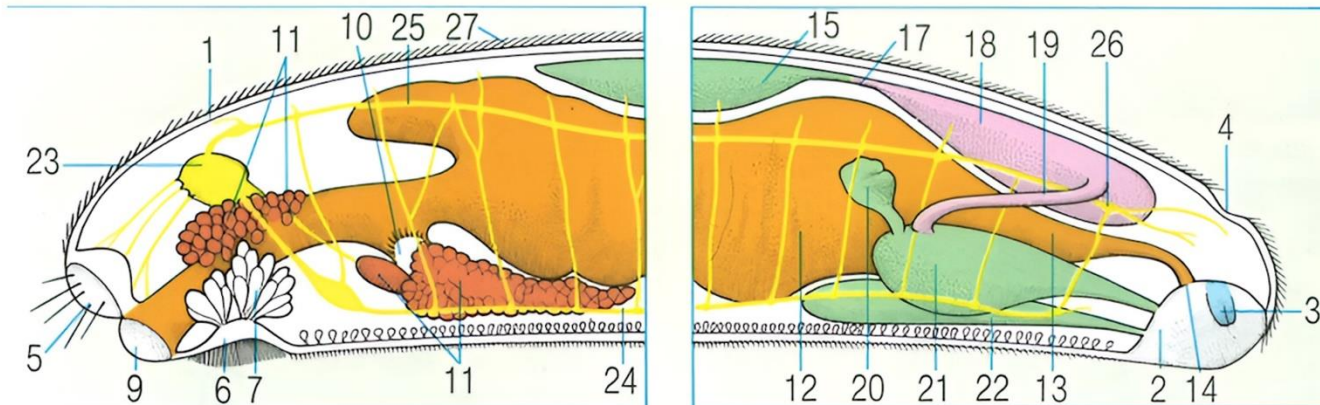
- А) Стадии Б и В являются полипоидным поколением;
- Б) Половое размножение у данных организмов происходит на этапе 6;
- С) Эволюция жизненного цикла данных гидроидов демонстрирует явление педоморфоза путём неотении, то есть замедления соматического развития стадий, приводящего к возникновению личиночных черт у половозрелых особей;
- Д) У данного организма отсутствует метагенетическая смена поколений;
- Е) У данного организма медузоидное поколение ведет прикрепленный образ жизни на полипоидном поколении;
- Ф) Бесполое размножение у данных организмов происходит на этапах 2 и 5;

### Задание ID 9 – 3 балла

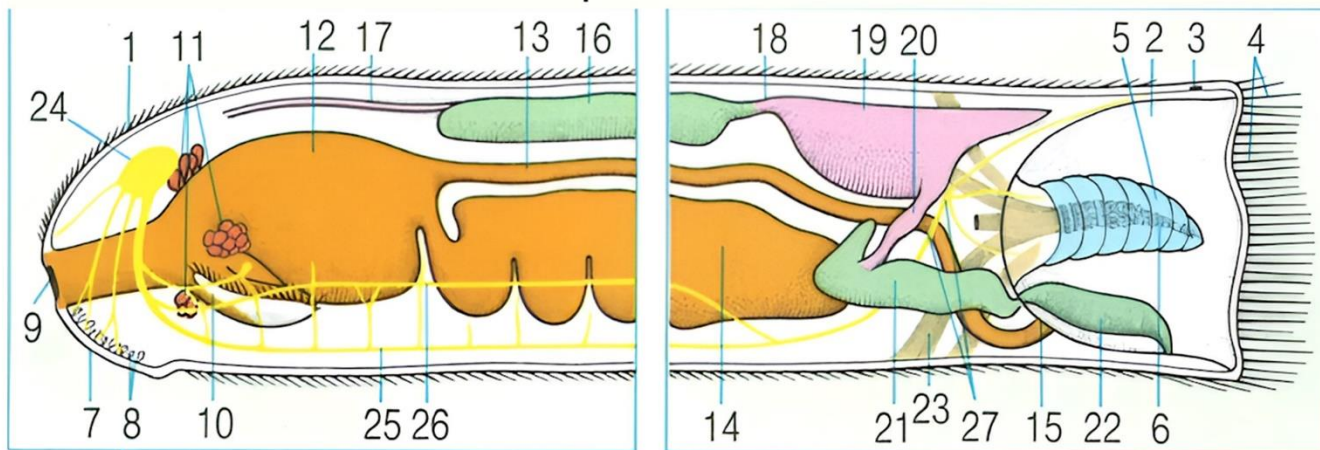
Общая для всех вариантов часть вопроса:

На схемах представлены обобщённые планы строения представителей двух различных классов животных. Постарайтесь вывить сходства и различия в их строении.

#### Организм А



#### Организм В



Для каждого из следующих утверждений о данных организмах укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Организм А перемещается по поверхностям твердых субстратов, в то время как организм В закапывается в ил передним концом тела;
- Б) Оба организма имеют ствольную нервную систему из четырёх стволов;
- С) Организм В имеет замкнутую кровеносную систему, а организм А – незамкнутую;
- Д) У организма А выделительная и половая системы имеют отдельные отверстия, а у организма В – общее;
- Е) Оба организма принадлежат к одному и тому же типу, о чем свидетельствуют, в том числе, структуры под номерами 2 и 10;
- Ф) Оба организма являются кишечными паразитами;

Вариант 2:

- А) Организм А осуществляет значительную часть газообмена через покровы тела, а у организма В этот процесс по какой-то причине затруднен;
- Б) У организма А преобладает первичная полость тела, а у организма В – вторичная;
- С) Для организма А, вероятно, характерно внутреннее оплодотворение, а для организма В – наружное;

- D) Оба организма относятся к трёхслойным, двусторонне-симметричным животным;
- E) Рацион организма А состоит из быстро перевариваемых пищевых объектов, таких как полипы гидроидов, а организм В питается объектами, требующими долгого переваривания, например фораминиферами;
- F) Организм А имеет нервную систему диффузного типа, а организм В – ствольного;

*Вариант 3:*

- A) Оба организма являются кишечными паразитами;
- B) Оба организма имеют ствольную нервную систему из четырёх стволов;
- C) Организм А имеет более подвижный образ жизни, чем организм В;
- D) Организм В имеет замкнутую кровеносную систему, а организм А – незамкнутую;
- E) Для организма А, вероятно, характерно внутреннее оплодотворение, а для организма В – наружное;
- F) Оба организма принадлежат к одному и тому же типу, о чем свидетельствуют, в том числе, структуры под номерами 2 и 10;

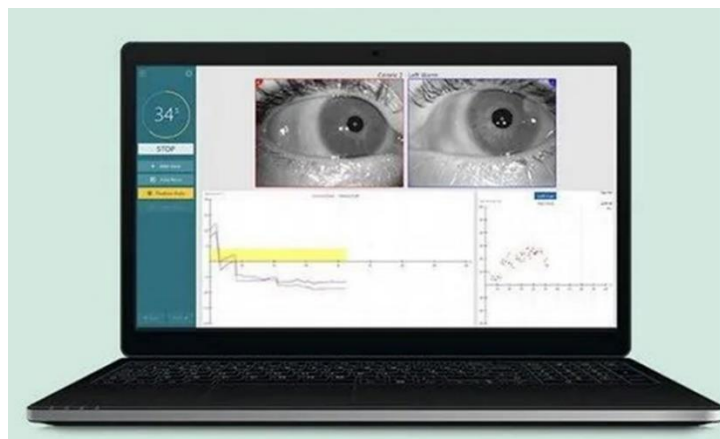
## Задание ID 14 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

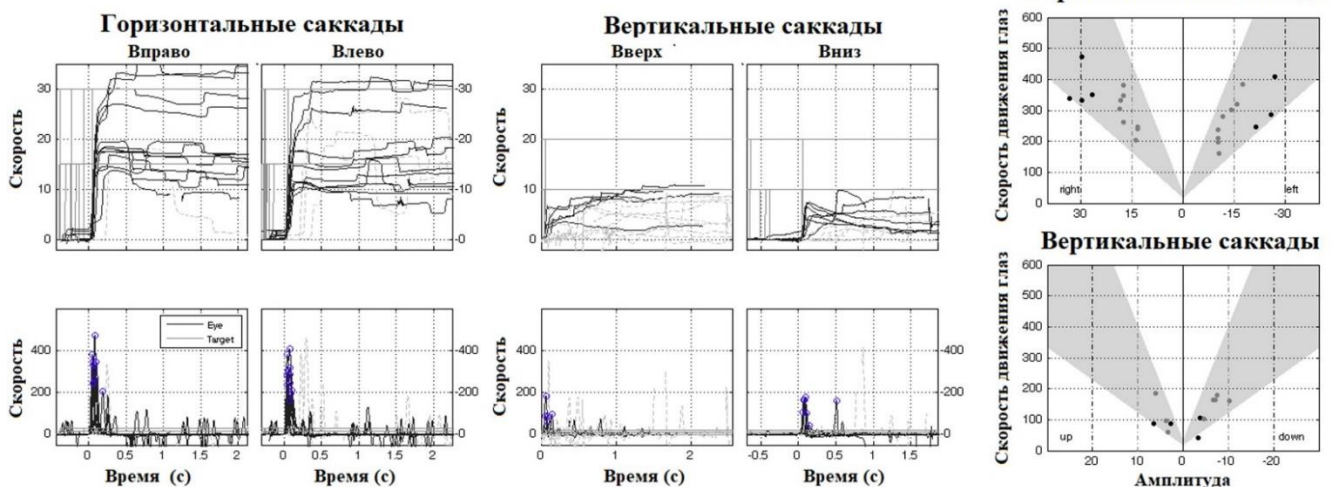
Саккады (от французского saccade; «рывок», «толчок») — это быстрые содружественные движения глаз, имеющие баллистические характеристики (саккады программируются заранее и будут закончены независимо от того, изменила ли своё положение точка фиксации за время, прошедшее после начала саккады). Произвольные саккады, как и другие произвольные движения, имеют многоуровневую систему контроля в ЦНС:

- 1) кора больших полушарий инициирует начало саккад;
- 2) пластинка четверохолмия, ядра таламуса, базальные ядра, мозжечок – контроль стволовых центров зрения, регуляция амплитудно-скоростных характеристик саккад;
- 3) стволовые центры (ядра и тракты в мосту и среднем мозге) – координация содружественных движений глаз в вертикальном и горизонтальном направлениях;
- 4) Ядра глазодвигательных нервов (III и IV пара черепно-мозговых нервов в среднем мозге, VI пара черепно-мозговых нервов в мосту).

Патологические изменения в мозге приводят к нарушению саккад, поэтому для точной диагностики заболеваний ЦНС используют метод нистагмографии. Одной из пациенток неврологического стационара выполнили нистагмографию. Пояснения: 1) время начала регистрации совпадает с подачей зрительного стимула в правой/левой/верхней/нижней части экрана и командой зафиксировать его в поле зрения; 2) серым полем на картинке справа обозначены условный нормальный диапазон амплитуды и скорости саккад:



### НИСТАГМОГРАФИЯ



Внимательно изучите полученные данные и для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

*Вариант 1:*

- A) У пациентки отмечается снижение скорости и амплитуды горизонтальных саккад;
- B) У пациентки не отмечается во время исследования патологических произвольных мини-саккад;
- C) Стволовые ядра, координирующие содружественные вертикальные саккады, расположены в среднем мозге;
- D) Стволовые ядра, координирующие содружественные горизонтальные саккады, расположены в среднем мозге;
- E) У пациентки имеются косвенные признаки нейродегенеративного процесса в среднем мозге;
- F) У пациентки отмечается трудность инициации вертикальных саккад вниз;

*Вариант 2:*

- A) У пациентки не отмечается трудностей в инициации саккад;
- B) Стволовые ядра, координирующие содружественные горизонтальные саккады, расположены в мосту;
- C) Стволовые ядра, координирующие содружественные вертикальные саккады, расположены в мосту;
- D) У пациентки во время исследования отмечаются патологические произвольные горизонтальные мини-саккады;
- E) У пациентки отмечается снижение скорости и амплитуды вертикальных саккад;
- F) У пациентки имеются косвенные признаки нейродегенеративного процесса в мосту;

*Вариант 3:*

- A) У пациентки отмечается снижение скорости и амплитуды горизонтальных саккад;
- B) У пациентки не отмечается во время исследования патологических произвольных мини-саккад;
- C) Стволовые ядра, координирующие содружественные вертикальные саккады, расположены в среднем мозге;
- D) Стволовые ядра, координирующие содружественные горизонтальные саккады, расположены в мосту;
- E) У пациентки имеются косвенные признаки нейродегенеративного процесса в мосту;
- F) У пациентки не отмечается трудностей в инициации саккад;

**Задание ID 15 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Однажды составитель олимпиадных заданий расстроился, что у него нет идей для очередного олимпиадного тура, и от стресса у него обострился бруксизм (спазм жевательных мышц со стискиванием челюстей и лицевой болью). Составитель верил в доказательную медицину, поэтому сначала он выпил нестероидный противовоспалительный препарат (НПВС), ингибитор циклооксигеназы, в качестве обезболивающего. Эффекта не последовало, поэтому составитель выпил тизанидин – миорелаксант, агонист пресинаптических альфа<sub>2</sub>-адренорецепторов. Эффект длился недолго, поэтому составитель пошел в больницу, где ему провели инъекцию ботулотоксина в жевательные мышцы под контролем УЗИ. Эффект был положительный и длился несколько месяцев. Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

*Вариант 1:*

- А) Стимуляция альфа<sub>2</sub>-адренорецепторов вызывает гиперполяризацию пресинаптической мембраны;
- В) НПВС уменьшают боль на центральном уровне (повышают порог болевого восприятия на уровне синаптической передачи в ЦНС);
- С) Тизанидин уменьшает мышечный тонус на центральном уровне (действует на уровне синаптической передачи в ЦНС);
- Д) Передозировка ботулотоксином ассоциирована с угнетением синаптической передачи в парасимпатической системе (например, с развитием сухости во рту).
- Е) Ботулотоксин уменьшает мышечный тонус на центральном уровне (действует на уровне синаптической передачи в ЦНС);
- Ф) Жевательные мышцы иннервируются лицевым нервом;

*Вариант 2:*

- А) Стимуляция альфа<sub>2</sub>-адренорецепторов вызывает деполяризацию пресинаптической мембраны;
- В) НПВС уменьшают боль на периферическом уровне (на уровне окончаний периферических нервов);
- С) Ботулотоксин уменьшает мышечный тонус на периферическом уровне (действует на уровне мышечного волокна и нервно-мышечного синапса);
- Д) Ботулотоксин, так же, как и столбнячный токсин, продуцируется клостридиями и вызывает в токсичных концентрациях генерализованный вялый мышечный паралич (отсутствие движений со снижением мышечного тонуса);
- Е) Жевательные мышцы иннервируются тройничным нервом;
- Ф) Тизанидин уменьшает мышечный тонус на периферическом уровне (действует на уровне мышечного волокна и нервно-мышечного синапса);

*Вариант 3:*

- А) Ботулотоксин уменьшает мышечный тонус на периферическом уровне (действует на уровне мышечного волокна и нервно-мышечного синапса);
- В) НПВС уменьшают боль на периферическом уровне (на уровне окончаний периферических нервов);
- С) Стимуляция альфа<sub>2</sub>-адренорецепторов вызывает деполяризацию пресинаптической мембраны;
- Д) Жевательные мышцы иннервируются лицевым нервом;
- Е) Тизанидин уменьшает мышечный тонус на центральном уровне (действует на уровне синаптической передачи в ЦНС);
- Ф) Передозировка ботулотоксином ассоциирована с угнетением синаптической передачи в парасимпатической системе (например, с развитием сухости во рту).



**Задание ID 19 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

**Гликоген является важной запасующей молекулой многих живых организмов. Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:**

*Вариант 1:*

- A) Синтез гликогена происходит под действием фермента киназы гликогенсинтазы;
- B) Гликоген содержит много редуцирующих (восстанавливающих) концов в своей структуре;
- C) В центре каждой молекулы гликогена располагается белок-затравка;
- D) Для эффективного распада гликогена необходим один из витаминов группы B;
- E) В клетке гликоген локализован в ЭПР и комплексе Гольджи в форме нерастворимых гранул;
- F) Для ингибирования работы гликогенсинтазы сначала необходимо произвести праймирующее фосфорилирование (фосфорилирование по этому сайту ускоряет последующее включение фосфата);

*Вариант 2:*

- A) Накопление гликогена приводит к существенному изменению осмотического потенциала цитоплазмы клеток печени;
- B) В клетке скорость разрушения молекулы гликогена пропорциональна числу точек ветвления в ее углеводном скелете;
- C) Гликоген сформирован за счет 1,4- и 1,6-гликозидных связей между остатками молекул глюкозы;
- D) Постоянная концентрация глюкозы в крови поддерживается в том числе и за счет разрушения гликогена в мышечных клетках при действии на них глюкагона;
- E) Скорость разрушения гликогена в мышечной клетке усиливается при активации протеинкиназы A.
- F) У животных в непосредственно реакции полимеризации гликогена из глюкозо-1-фосфата затрачивается энергия АТФ;

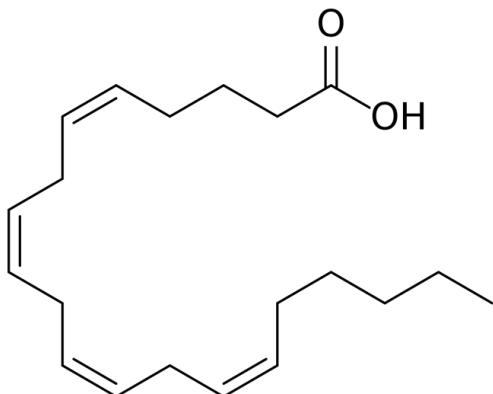
*Вариант 3:*

- A) Гликоген сформирован за счет 1,4- и 1,6-гликозидных связей между остатками молекул глюкозы;
- B) Гликоген содержит много редуцирующих (восстанавливающих) концов в своей структуре;
- C) Значительные количества гликогена накапливают клетки печени, мышц и жировой ткани;
- D) В клетке скорость разрушения молекулы гликогена пропорциональна числу точек ветвления в ее углеводном скелете;
- E) Синтез гликогена происходит под действием фермента киназы гликогенсинтазы;
- F) Скорость разрушения гликогена в мышечной клетке усиливается при активации протеинкиназы A.

**Задание ID 20 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Перед вами изображено одно крайне важное соединение X, которое для некоторых животных должно постоянно поступать с пищей. Это соединение относится к группе соединений XX.



Ниже приведены некоторые факты про вещество X, вам следует отметить, какие из них правдивы («верно»), а какие нет («не верно»):

Вариант 1:

- A) Организм человека способен синтезировать вещество X из неорганических соединений;
- B) Биосинтез вещества X происходит в митохондриях;
- C) В клетке это соединение может появляться в свободной форме при активации фосфолипазы;
- D) Для природных соединений из группы XX характерны двойные связи в цис-конфигурации;
- E) X является типичным представителем класса, поскольку в данном классе природные вещества, как правило, содержат четное количество атомов углерода;
- F) Формулу вещества X отражает следующая численная расшифровка — 20:4; Δ 2, 5, 8, 11;

Вариант 2:

- A) Для синтеза данного вещества из глюкозы необходима работа пируватдегидрогеназного комплекса;
- B) Формулу данного вещества отражает следующая численная расшифровка — 20:4; Δ 5, 8, 11, 14;
- C) X не является природным представителем XX, поскольку в данном классе природные вещества, как правило, содержат нечетное количество атомов углерода;
- D) В хлебе процентное содержание X выше, чем в печени трески;
- E) Если заблокировать синтез данного вещества, у организма понизится чувствительность к боли, сопровождающей воспаление;
- F) Некоторые организмы способны синтезировать X из ацетил-КоА.

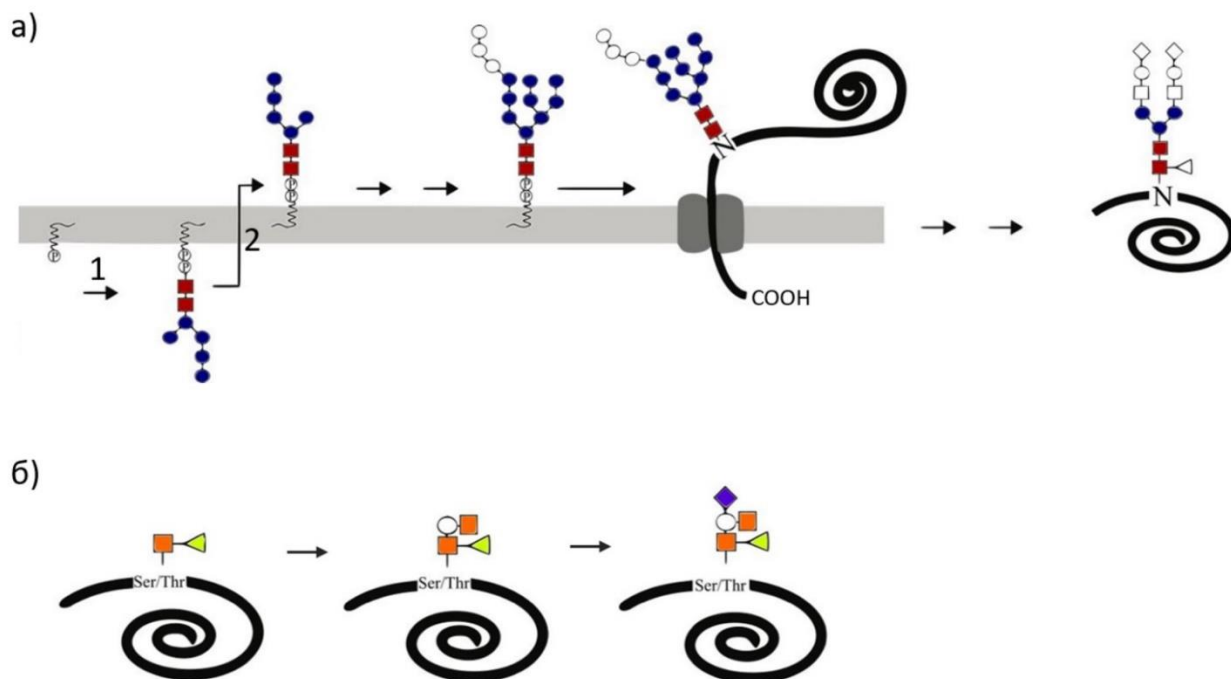
Вариант 3:

- A) Организм человека способен синтезировать вещество X из неорганических соединений;
- B) Для природных соединений из группы XX характерны двойные связи в цис-конфигурации;
- C) В хлебе процентное содержание X выше, чем в печени трески;
- D) Если заблокировать синтез данного вещества, у организма повысится чувствительность к боли, сопровождающей воспаление;
- E) Некоторые организмы способны синтезировать X из холестерина;
- F) X в виде сложного эфира участвует в формировании клеточной мембраны;

### Задание ID 21 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На схеме показаны примеры двух типов гликозилирования, которые можно обнаружить в эукариотической клетке: О- и N-гликозилирование. Остатки разных моносахаридов обозначены в виде геометрических фигур разных форм и цветов.



Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) На картинке «А» сверху находится просвет ЭПР, а снизу — цитозоль;
- В) В физиологических условиях N-гликозилированию могут быть подвержены боковые группы всех аминокислот в составе белка;
- С) В случае «А» перед переносом на белок олигосахарид находится на молекуле, которая относится к классу липидов;
- Д) Стадия 1 на картинке «А» требует сопряжения с гидролизом фосфоангидридной связи;
- Е) Показанные типы гликозилирования характерны и для большинства бактериальных белков;
- Ф) При N-гликозилировании сахарный остов присоединяется к цистеину;

Вариант 2:

- А) На картинке «А» сверху находится цитозоль, а снизу — просвет ЭПР;
- В) O-гликозилированию могут быть подвержены все аминокислоты;
- С) При O-гликозилировании сахарный остов присоединяется к лизину;
- Д) Растворимость гликозилированных белков, как правило, повышается;
- Е) Состав N-связанного олигосахаридов может отражать то, насколько долго белок находится в ЭПР;
- Ф) При N-гликозилировании сахарный остов присоединяется к аспарагину;

Вариант 3:

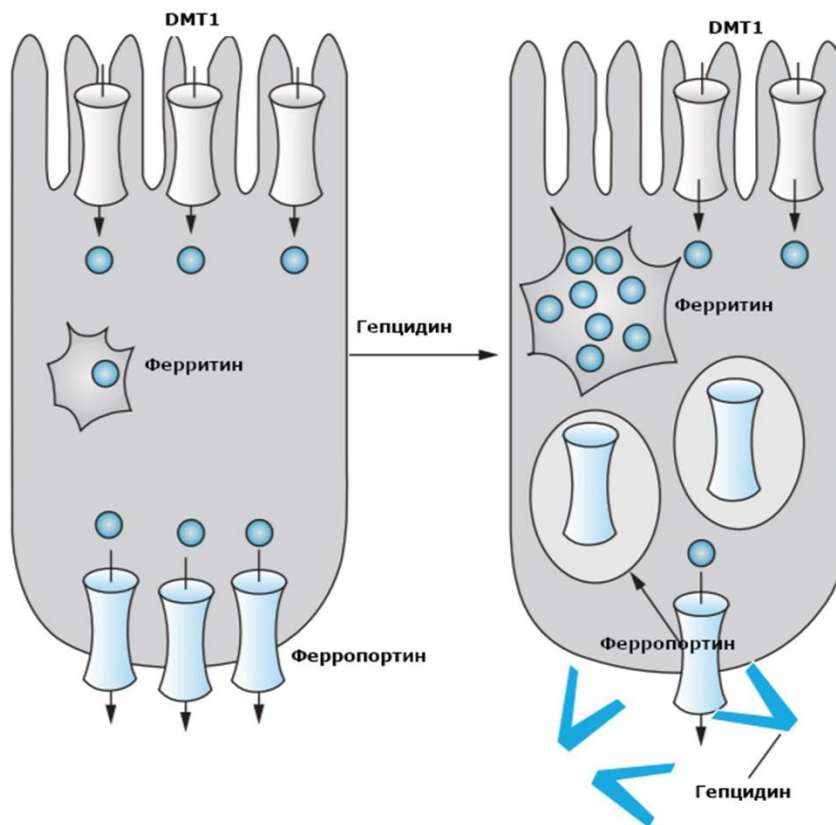
- А) На картинке «А» сверху находится цитозоль, а снизу — просвет ЭПР;
- В) Стадия 1 на картинке «А» требует сопряжения с гидролизом фосфоангидридной связи;
- С) Растворимость гликозилированных белков, как правило, снижается;
- Д) Молекула, на которой синтезируется олигосахарид при N-гликозилировании, относится к классу сфинголипидов;

- Е) N-гликозилирование характерно для внеклеточных белков и производных ЭПР и комплекса Гольджи;
- Ф) При O-гликозилировании остаток моносахарида присоединяется к фенилаланину;

**Задание ID 25 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Гепцидин – гормон, вырабатываемый печенью, и регулирующий поступление железа в организм. Известно, что уровень гепцидина в крови значительно увеличивается во время воспалительных реакций. Ферритин — белок, связывающий свободные катионы железа, предотвращая их токсичное воздействие на клетку. Рассмотрите схему действия гепцидина на энтероциты стенки кишечника. Ионы железа обозначены синими кружками.



Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) При нонсенс-мутации в гене, кодирующем ферритин, при воздействии гепцидина энтероциты могут погибнуть от избытка ионов железа в цитоплазме;
- В) При воздействии фаллоидина (блокатор разборки актиновых филаментов) процесс снижения количества молекул ферропортина в базальной стороне мембраны энтероцита при действии гепцидина будет нарушен;
- С) Гепцидин, вероятно, выделяется печенью в ответ на снижение уровня железа в крови;
- Д) Во время продолжительных воспалительных реакций уровень железа в крови значительно повышается;
- Е) Миссенс-мутация в ферропортине, делающая невозможным его связывание с гепцидином, может привести к развитию наследственной железодефицитной анемии;
- Ф) Избыточное выделение гепцидина (например, при хроническом воспалении) может привести к появлению симптомов железодефицитной анемии;

Вариант 2:

- А) Мутации в гене, кодирующим гепцидин, могут привести к токсическим эффектам, связанным с избыточным накоплением ионов железа на уровне всего организма;
- В) Гепцидин, вероятно, выделяется печенью в ответ на снижение уровня железа в крови;
- С) При воздействии аннексина V (белок, связывающийся с фосфатидилсерином во внешнем слое цитоплазматической мембраны) процесс снижения количества молекул DMT1 на апикальной стороне мембраны при действии гепцидина, вероятно, будет нарушен;

- D) Мутация в ферропоррине, затрагивающая участок связывания с гепцидином, может привести к токсическим эффектам, связанным с избыточным накоплением ионов железа на уровне всего организма;
- E) При нонсенс-мутации в гене, кодирующем ферритин, при воздействии гепцидина энтероциты могут погибнуть от избытка ионов железа в цитоплазме;
- F) Миссенс-мутация в ферропоррине, делающая невозможным его связывание с гепцидином, может привести к развитию наследственной железодефицитной анемии;

*Вариант 3:*

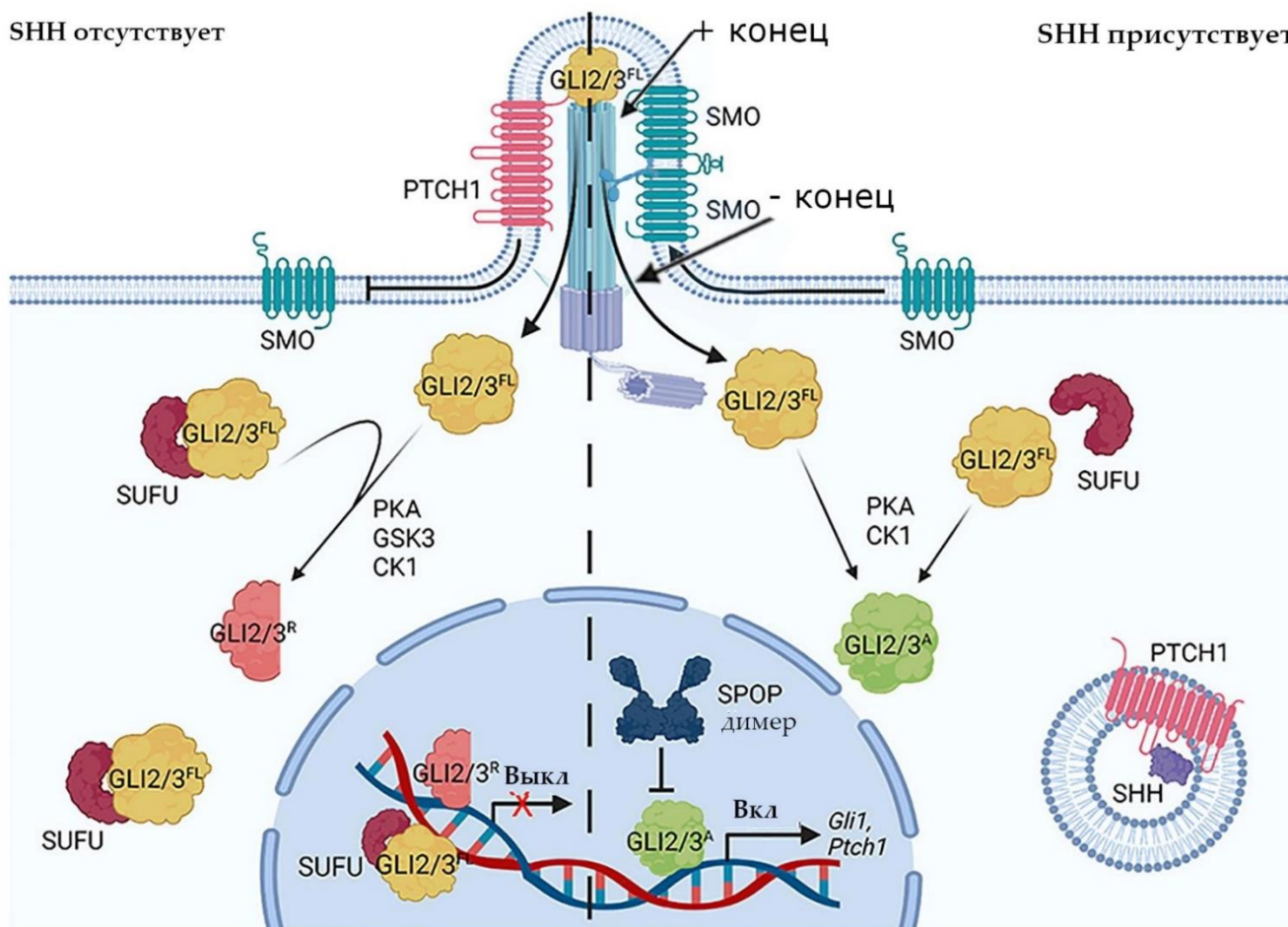
- A) При нонсенс-мутации в гене, кодирующем ферритин, при воздействии гепцидина энтероциты могут погибнуть от избытка ионов железа в цитоплазме;
- B) При воздействии фаллоидина (блокатор разборки актиновых филаментов) процесс снижения количества молекул ферропоррина в базальной стороне мембраны энтероцита при действии гепцидина будет нарушен;
- C) Гепцидин, вероятно, выделяется печенью в ответ на снижение уровня железа в крови;
- D) Во время продолжительных воспалительных реакций уровень железа в крови значительно повышается;
- E) Мутация в ферропоррине, затрагивающая участок связывания с гепцидином, может привести к токсическим эффектам, связанным с избыточным накоплением ионов железа на уровне всего организма;
- F) Мутации в гене, кодирующим гепцидин, могут привести к токсическим эффектам, связанным с избыточным накоплением ионов железа на уровне всего организма;

### Задание ID 26 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Первичная немоторная цилия у человека – образование, гомологичное жгутику и ресничке. Многим трансмембранным рецепторам цитоплазматической мембраны для активации необходимо оказаться в цилии, либо, наоборот, за ее пределами. Для запуска сигнального каскада Sonic Hedgehog, названного в честь персонажа одноименной франшизы, необходимо нахождение рецептора Smoothened (SMO) в цилии. В отсутствие лиганда (белка SHH) другой рецептор, Patched (PTCH), мешает перемещению SMO в цилию. Белок SUFU связывает транскрипционные факторы семейства GLI в цитоплазме и ядре, после чего GLI подвергаются частичному протеолизу, и переходят в неактивную форму (GLI2/3<sup>R</sup>). Транскрипционные факторы семейства GLI в активированном состоянии (GLI2/3<sup>A</sup>) не могут связаться с SUFU. Рассмотрите схему сигнального каскада Sonic Hedgehog.

Условные обозначения и пояснения: GLI – семейство транскрипционных факторов glioma-associated oncogene (GLI2/3<sup>FL</sup> – полноразмерный GLI, не подвергшийся протеолизу, но и не активированный), PKA – протеинкиназа А, GSK3 – киназа гликогенсинтазы, CK1 – казеин-киназа, Ptc1 – ген, кодирующий белок Patched, перпендикулярными стрелками ⊥ обозначено ингибирующее воздействие. Полярность микротрубочек обозначена на схеме.



Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) SMO, вероятно, транспортируется в цилию с непосредственным участием динеинов;
- В) Нонсенс-мутация в гене, кодирующем белок SUFU, приведет к невозможности осуществления Sonic Hedgehog сигналинга;
- С) Нонсенс-мутация в гене, кодирующим белок SPOC, может привести к усилению эффектов Sonic Hedgehog-сигналинга;

- D) Для перехода GLI2/3 в неактивное состояние, вероятно, требуется фосфорилирование со стороны киназы гликогенсинтазы (GSK3);
- E) SMO, вероятно, транспортируется в цитоплазму с непосредственным участием кинезинов;
- F) Активация транскрипции гена Ptch1 со стороны GLI2/3 необходима для усиления сигнала со стороны рецептора SMO;

*Вариант 2:*

- A) Нонсенс-мутация в гене, кодирующим белок SPOP, может привести к усилению эффектов Sonic Hedgehog-сигналинга;
- B) SMO, вероятно, транспортируется в цитоплазму с непосредственным участием динеинов;
- C) Длинная делеция в домене димеризации белка SPOP приведет к невозможности осуществления Sonic Hedgehog сигналинга;
- D) Нонсенс-мутация в гене, кодирующем белок SUFU, приведет к невозможности осуществления Sonic Hedgehog сигналинга;
- E) Активация транскрипции гена Ptch1 со стороны GLI2/3 необходима для обеспечения петли отрицательной обратной связи на рецептор SMO;
- F) Комплекс GLI2/3, вероятно, обладает сигналом ядерной локализации (NLS).

*Вариант 3:*

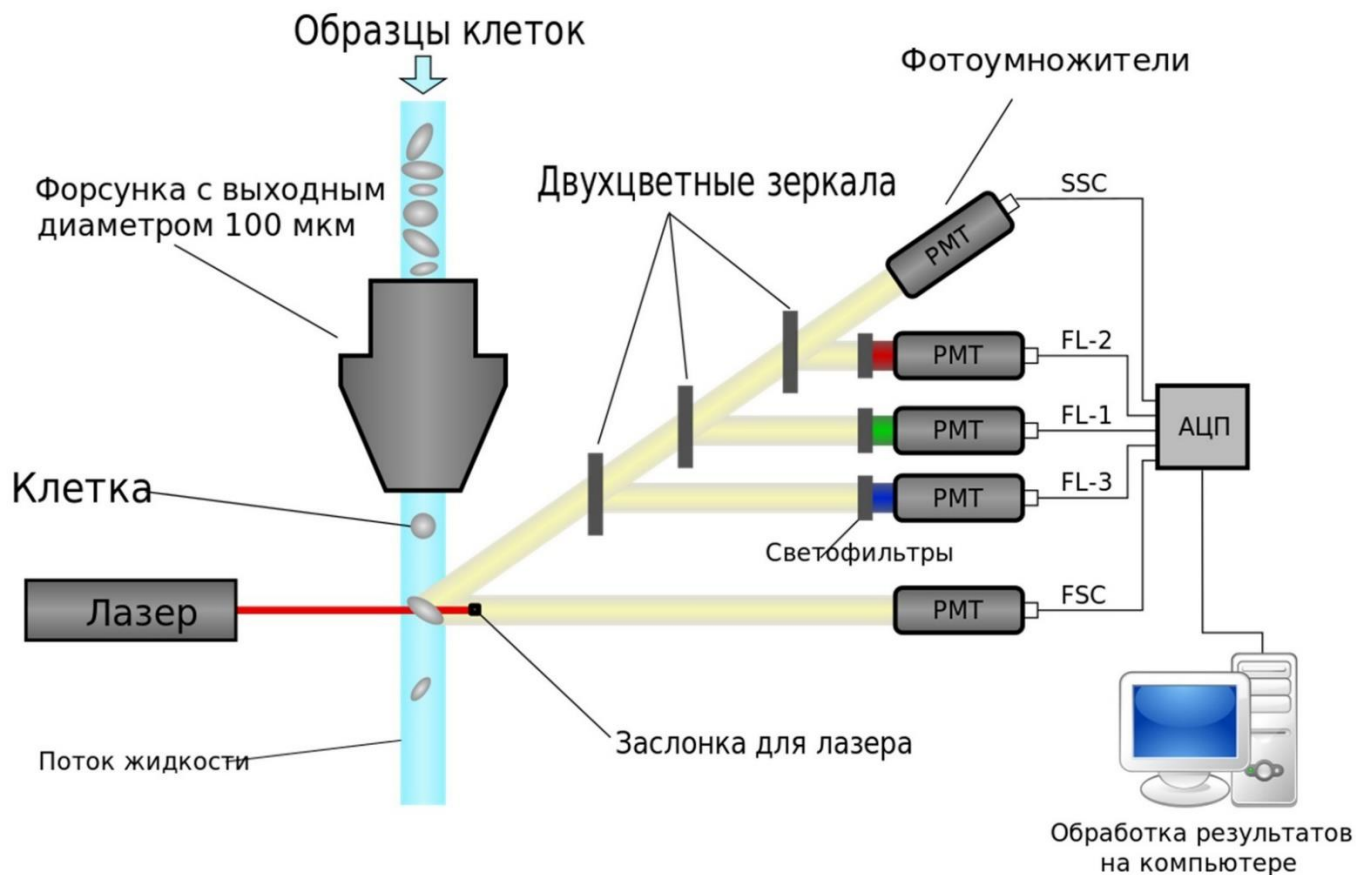
- A) Для перехода GLI2/3 в неактивное состояние, вероятно, требуется фосфорилирование со стороны киназы гликогенсинтазы (GSK3);
- B) Активация транскрипции гена Ptch1 со стороны GLI2/3 необходима для усиления сигнала со стороны рецептора SMO;
- C) SMO, вероятно, транспортируется в цитоплазму с непосредственным участием кинезинов;
- D) SMO, вероятно, транспортируется в цитоплазму с непосредственным участием миозинов;
- E) Длинная делеция в домене димеризации белка SPOP приведет к невозможности осуществления Sonic Hedgehog сигналинга;
- F) Комплекс GLI2/3, вероятно, обладает сигналом ядерной локализации (NLS).



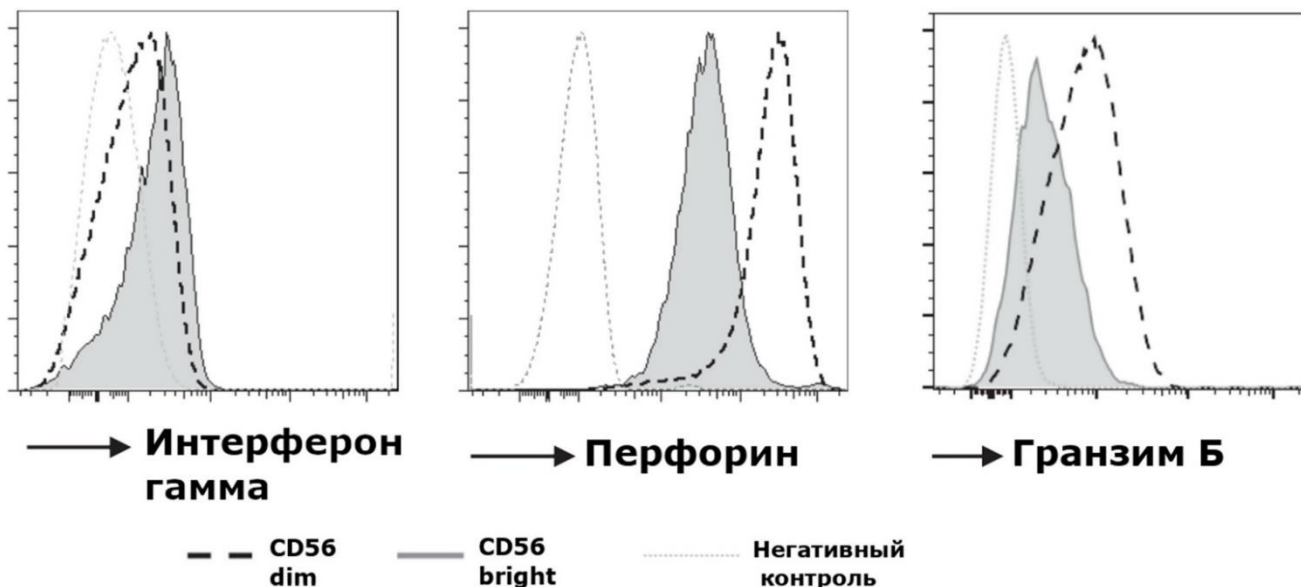
**Задание ID 27 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Проточная цитометрия – один из самых распространенных методов анализа клеточных популяций. Суть этого подхода состоит в том, что клетки перемещаются с током жидкости, при этом прибор анализирует их спектральные параметры при помощи лазера (см. картинку 1). Обозначения: FSC – прямое светорассеяние, SSC – боковое светорассеяние, FL – каналы флуоресценции, АЦП — аналогово-цифровой преобразователь.



Этот метод широко применяют для того, чтобы различать между собой разные популяции клеток. Для этого клетки обрабатывают раствором флуоресцентно меченных антител, которые связываются с различными антигенами, присутствующими у одной популяции и отсутствующими у другой. У особой популяции иммунных клеток, называемой НК-клетками, на основании проточной цитометрии выделяют две субпопуляции, различающиеся по интенсивности флуоресценции, связанной с наличием поверхностного маркера CD56. Первая субпопуляция имеет низкую экспрессию CD56 и носит название CD56 dim, другая же имеет высокую и называется CD56 bright. Рассмотрите графики цитометрического анализа этих двух субпопуляций. По оси x отложена интенсивность флуоресценции антител к соответствующему белку, связанных с клетками. По оси y – число зарегистрированных клеток. Масштабы всех графиков одинаковы.



Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

*Вариант 1:*

- A) Исходя из результатов данного эксперимента, можно достоверно заключить, что уровень экспрессии интерферона-гамма у субпопуляции CD56 bright выше, чем у субпопуляции CD56 dim;
- B) Почти все исследованные НК-клетки обеих субпопуляций имеют детектируемую экспрессию перфорина;
- C) Обе субпопуляции НК-клеток, исходя из результатов данного эксперимента, имеют способность к продукции антител;
- D) Исходя из результатов данного эксперимента, можно предположить, что НК-клетки уничтожают зараженные клетки по механизму, сходному с Т-клетками;
- E) Цитотоксические свойства CD56dim субпопуляции практически не отличаются от CD56 bright;
- F) Разница по уровню экспрессии перфоринов между двумя субпопуляциями НК-клеток выше, чем разница по уровню экспрессии гранзима Б.

*Вариант 2:*

- A) Цитотоксические свойства CD56dim субпопуляции практически не отличаются от CD56 bright;
- B) Исходя из результатов данного эксперимента, субпопуляция CD56 dim проявляет большие цитотоксические свойства, чем субпопуляция CD56 bright;
- C) Исходя из результатов данного эксперимента, можно предположить, что НК-клетки уничтожают зараженные клетки по механизму, сходному с макрофагами;
- D) Исходя из результатов данного эксперимента, можно предположить, что НК-клетки уничтожают зараженные клетки по механизму, сходному с Т-клетками;
- E) Разница по уровню экспрессии перфоринов между двумя субпопуляциями НК-клеток выше, чем разница по уровню экспрессии гранзима Б.
- F) Обе субпопуляции НК-клеток, исходя из результатов данного эксперимента, имеют способность к продукции антител;

*Вариант 3:*

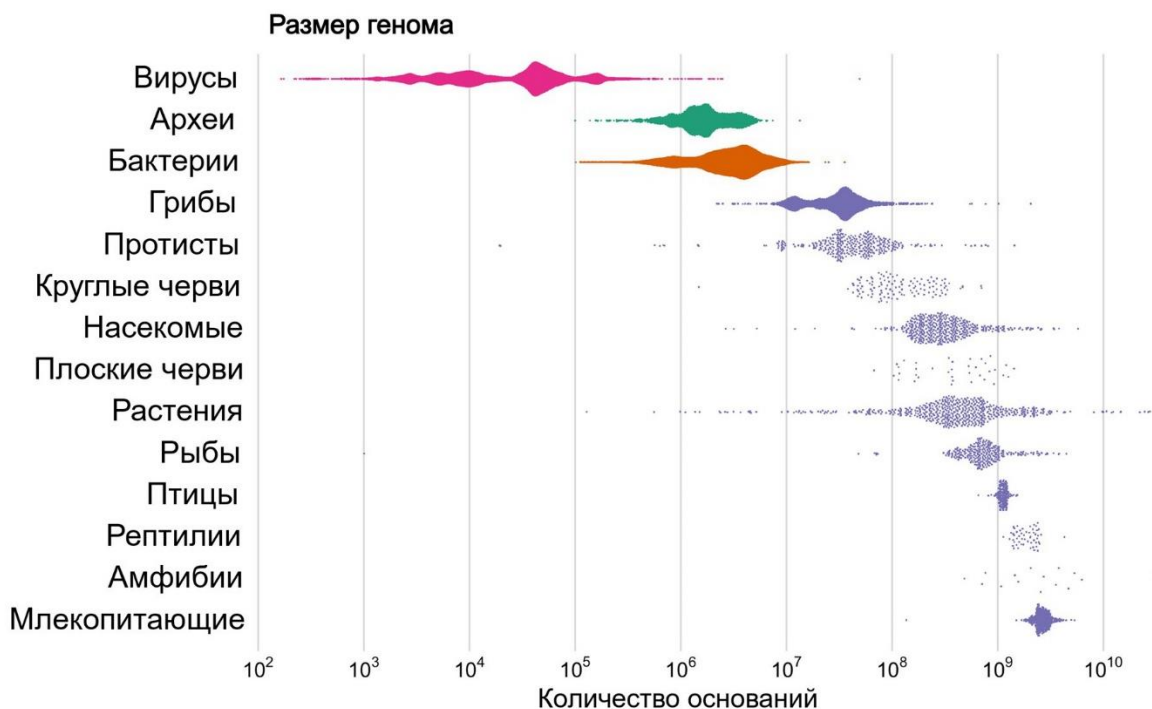
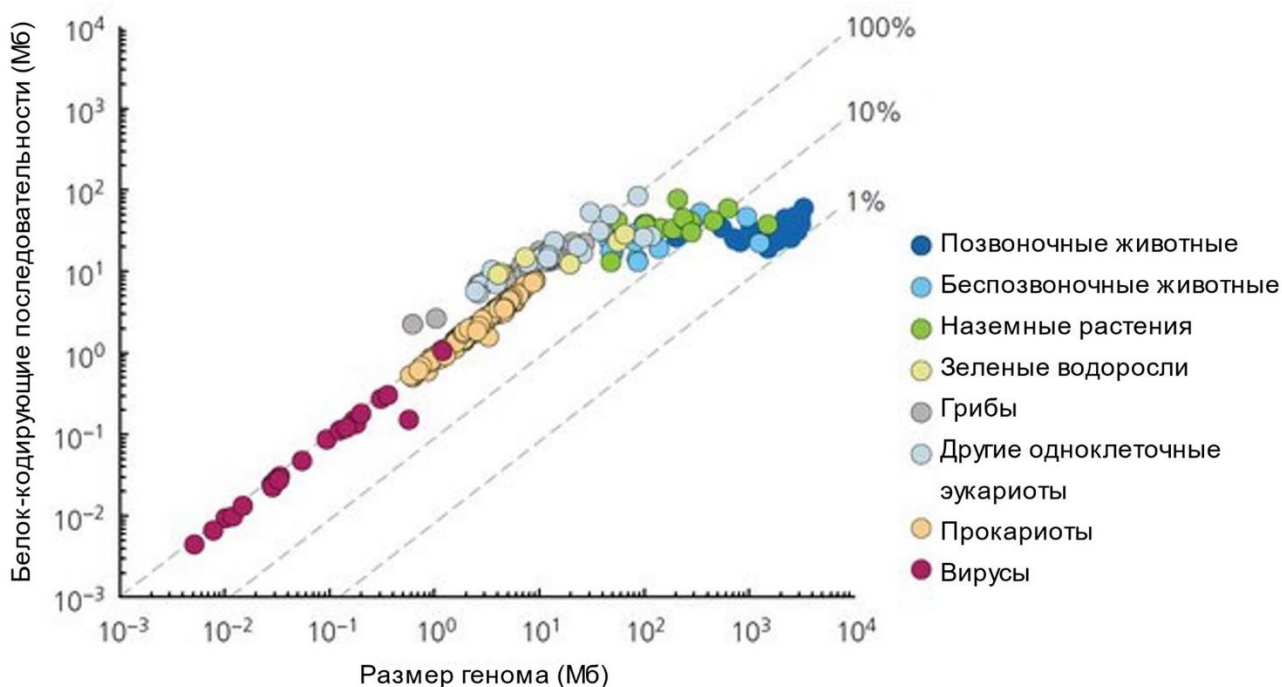
- A) Исходя из результатов данного эксперимента, можно достоверно заключить, что уровень экспрессии интерферона-гамма у субпопуляции CD56 bright выше, чем у субпопуляции CD56 dim;

- В) Обе субпопуляции НК-клеток, исходя из результатов данного эксперимента, имеют способность к продукции антител;
- С) Исходя из результатов данного эксперимента, субпопуляция CD56 dim проявляет большие цитотоксические свойства, чем субпопуляция CD56 bright;
- Д) Исходя из результатов данного эксперимента, можно предположить, что НК-клетки уничтожают зараженные клетки по механизму, сходному с макрофагами;
- Е) Разница по уровню экспрессии перфоринов между двумя субпопуляциями НК-клеток выше, чем разница по уровню экспрессии гранзима Б.
- Ф) Почти все исследованные НК-клетки обеих субпопуляций имеют детектируемую экспрессию перфорина;

### Задание ID 31 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Размер генома значительно различается у разных живых организмов и факторы эволюции размера генома представляют большой интерес с точки зрения макроэволюции. При этом, наряду с кодирующими нуклеотидными последовательностями, практически в любом геноме есть какое-то количество некодирующих (этот термин означает, что они не кодируют ни белки, ни РНК). Напомним, что общую длину молекул ДНК всех хромосом выражают в количестве пар нуклеотидов и производных величинах, например, в мегабазах (Мб) — миллионах пар оснований.



Проанализируйте представленные график и диаграмму и для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

*Вариант 1:*

- A) Среди многоклеточных самые большие из известных геномов обнаружены у растений и амфибий;
- B) Геномы вирусов могут быть больше, чем геномы эукариот;
- C) Геномы эукариот проявляют тенденцию содержать больше некодирующих элементов, чем геномы прокариот и вирусов;
- D) Грибы обладают самыми маленькими геномами среди многоклеточных организмов;
- E) Размер генома строго зависит от сложности организации организма и наоборот.
- F) Геномы всех групп многоклеточных эукариот проявляют тенденцию иметь больший размер, чем геномы одноклеточных эукариот;

*Вариант 2:*

- A) Средний размер генома у зеленых растений наибольший среди эукариот;
- B) Очень большой размер генома характерен для всех высокоразвитых теплокровных животных;
- C) Геномы эукариот проявляют тенденцию иметь больший размер, чем геномы прокариот и вирусов;
- D) Геномы большинства вирусов и прокариот содержат незначительное количество некодирующих последовательностей;
- E) Размер генома строго зависит от сложности организации организма и наоборот.
- F) Животные в среднем имеют самую высокую долю некодирующих последовательностей в геноме;

*Вариант 3:*

- A) Грибы обладают самыми маленькими геномами среди многоклеточных организмов;
- B) Животные в среднем имеют самую высокую долю некодирующих последовательностей в геноме;
- C) Геномы всех групп многоклеточных эукариот проявляют тенденцию иметь больший размер, чем геномы одноклеточных эукариот;
- D) Геномы эукариот проявляют тенденцию содержать больше некодирующих элементов, чем геномы прокариот и вирусов;
- E) Размер генома строго зависит от сложности организации организма и наоборот.
- F) Геномы бактерий в среднем больше геномов архей;

**Задание ID 32 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Чарльз Дарвин был одним из первых ученых, пришедших к выводу и обосновавших идею о том, что все виды живых организмов эволюционируют со временем и происходят от общих предков. Однако не стоит незаслуженно забывать теоретический вклад естествоиспытателей и философов, развивавших биологию, а также ученых, развивавших эволюционную теорию до Дарвина, таких как Ж. Бюффон или Ж. Б. Ламарк. Какие-то идеи классиков теории эволюции нашли свое подтверждение и развитие в современной науке, а какие-то были отвергнуты.

Для каждого из следующих перефразированных утверждений, укажите, является ли оно верным или неверным с точки зрения современных представлений об эволюции:

*Вариант 1:*

- А) Приобретенные признаки могут передаваться по наследству (Ж.Б. Ламарк);
- В) Дискретных (четко разграниченных) видов в природе практически не существует (Ж.Б. Ламарк, Ж. Бюффон);
- С) Одним из факторов эволюции является заложенное в живых организмах стремление к совершенству (Ж.Б. Ламарк);
- Д) Виды постоянны и не меняются со временем (К. Линней);
- Е) Среди признаков живых организмов можно найти такие, которым сложно приписать «полезность» (Ж. Бюффон);
- Ф) Человек происходит от (других) приматов (Ж. Бюффон);

*Вариант 2:*

- А) Среди признаков живых организмов можно найти такие, которым сложно приписать «полезность» (Ж. Бюффон);
- В) Дискретных (четко разграниченных) видов в природе практически не существует (Ж.Б. Ламарк, Ж. Бюффон);
- С) Виды меняются со временем под воздействием условий среды (Ж. Бюффон);
- Д) Животные и растения имеют общего предка (Ж. Бюффон);
- Е) Приобретенные признаки могут передаваться по наследству (Ж.Б. Ламарк);
- Ф) Движущим фактором эволюции может быть «упражнение» или «неупражнение» («использование» или «неиспользование») органов, зависящее от адекватного прямого влияния среды (Ж.Б. Ламарк).

*Вариант 3:*

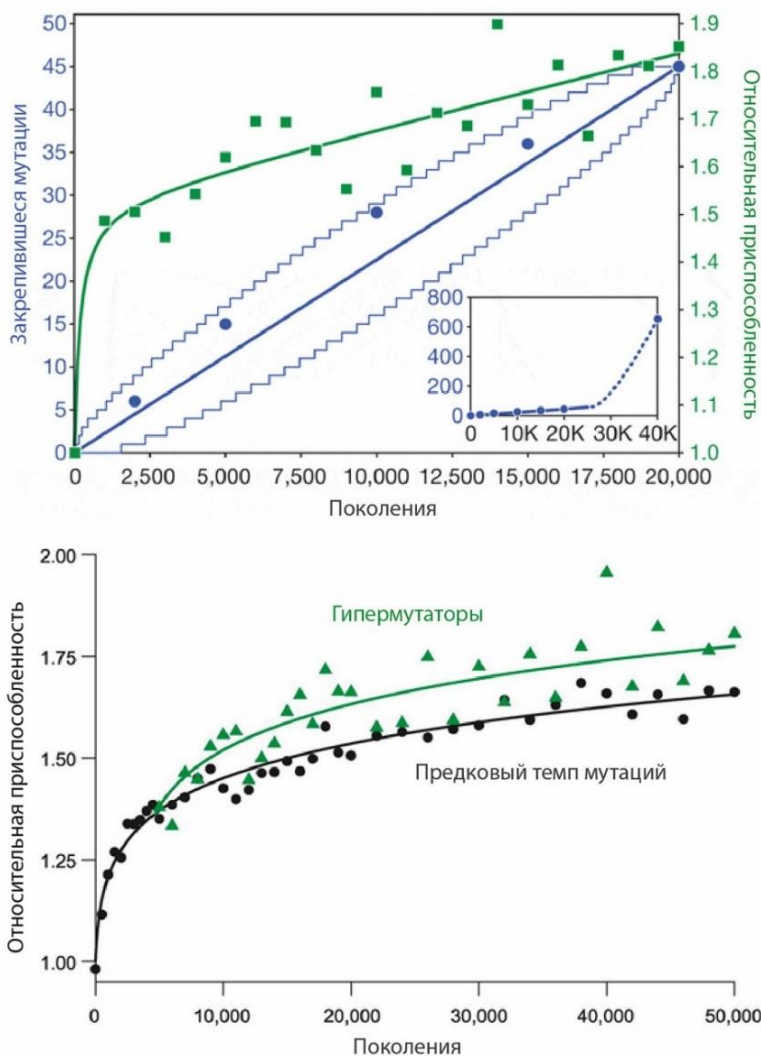
- А) Виды могут изменяться, накапливая «ошибки природы» (Ф. Бэкон);
- В) Одним из факторов эволюции является заложенное в живых организмах стремление к совершенству (Ж.Б. Ламарк);
- С) Дискретных (четко разграниченных) видов в природе практически не существует (Ж.Б. Ламарк, Ж. Бюффон);
- Д) Животные и растения имеют общего предка (Ж. Бюффон);
- Е) Приобретенные признаки могут передаваться по наследству (Ж.Б. Ламарк);
- Ф) Среди признаков живых организмов можно найти такие, которым сложно приписать «полезность» (Ж. Бюффон);

**Задание ID 33 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Знаменитый долговременный эволюционный эксперимент, начатый в 1988 году международной командой исследователей под руководством Ричарда Ленски (Richard E. Lenski), дал возможность с небывалой доселе степенью детальности проследить ход эволюции как на уровне генома (темп накопления мутаций), так и на уровне целого организма (темп развития адаптаций). В этом эксперименте отслеживались эволюционные изменения, происходившие в популяции кишечной палочки *Escherichia coli* в течение 50 000 поколений. С учетом размера генома экспериментального объекта за это время каждая возможная нуклеотидная замена с большей вероятностью уже успела произойти хотя бы у одной бактерии. Для оценки приспособленности популяции сравнивали скорость размножения «экспериментальных» микробов с контрольным меченым штаммом. Самым неожиданным результатом оказалось постоянство скорости накопления полезных мутаций.

На верхнем графике отображена относительная приспособленность и число зафиксированных мутаций в зависимости от поколения. Для числа зафиксированных мутаций показаны 95-процентные доверительные интервалы. На маленьком графике в правом нижнем углу показано резкое ускорение накопления мутаций начиная примерно с поколения №26 000, когда в популяции зафиксировалась мутация, повышающая темп мутагенеза. На нижнем графике показаны: усредненные данные по изменению относительной приспособленности в линиях, где закрепились мутации, повышающие темп мутагенеза (гипермутаторы), и в линиях, сохранивших предковый темп мутагенеза.



**Изучите предложенные графики, и для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:**

*Вариант 1:*

- A) Полезность мутации, повышающей темп мутагенеза, может состоять в том, что она повышает вероятность возникновения новых полезных мутаций;
- B) В обсуждаемом эксперименте число зафиксировавшихся мутаций росло линейно;
- C) В обсуждаемом эксперименте скорость роста приспособленности увеличивалась со временем;
- D) В стабильных условиях организмам выгодно снизить темп мутирования до нуля;
- E) В постоянных условиях эксперимента рост приспособленности остановился;
- F) Скорость фиксации нейтральных мутаций в популяции приблизительно равна усредненной скорости мутагенеза;

*Вариант 2:*

- A) В стабильных условиях организмам выгодно снизить темп мутирования до нуля;
- B) Мутации, повышающие темп мутагенеза, увеличивают долю нейтральных мутаций;
- C) В обсуждаемом эксперименте скорость роста приспособленности увеличивалась со временем;
- D) Полезность мутации, повышающей темп мутагенеза, может состоять в том, что она повышает вероятность возникновения новых полезных мутаций;
- E) Скорость фиксации нейтральных мутаций не зависит от размера популяции;
- F) В обсуждаемом эксперименте число зафиксировавшихся мутаций росло линейно;

*Вариант 3:*

- A) В обсуждаемом эксперименте число зафиксировавшихся мутаций росло линейно;
- B) В стабильных условиях организмам выгодно снизить темп мутирования до нуля;
- C) Полезность мутации, повышающей темп мутагенеза, может состоять в том, что она повышает вероятность возникновения новых полезных мутаций;
- D) Чем больше размер популяции, тем чувствительнее отбор к небольшим изменениям приспособленности.
- E) Мутация, повышающая темп мутагенеза, в краткосрочной перспективе является вредной;
- F) В постоянных условиях эксперимента рост приспособленности остановился;



## **Тип заданий В. Задания на сопоставление элементов**

В заданиях данной части участникам необходимо проанализировать различные фотографии, рисунки, схемы (отмечены арабскими цифрами) и сопоставить им элементы из двух списков, приведенных ниже (отмечены латинскими буквами и римскими цифрами). В качестве ответа в каждом задании участники должны провести стрелки между сопоставляемыми элементами.

### **Система оценки:**

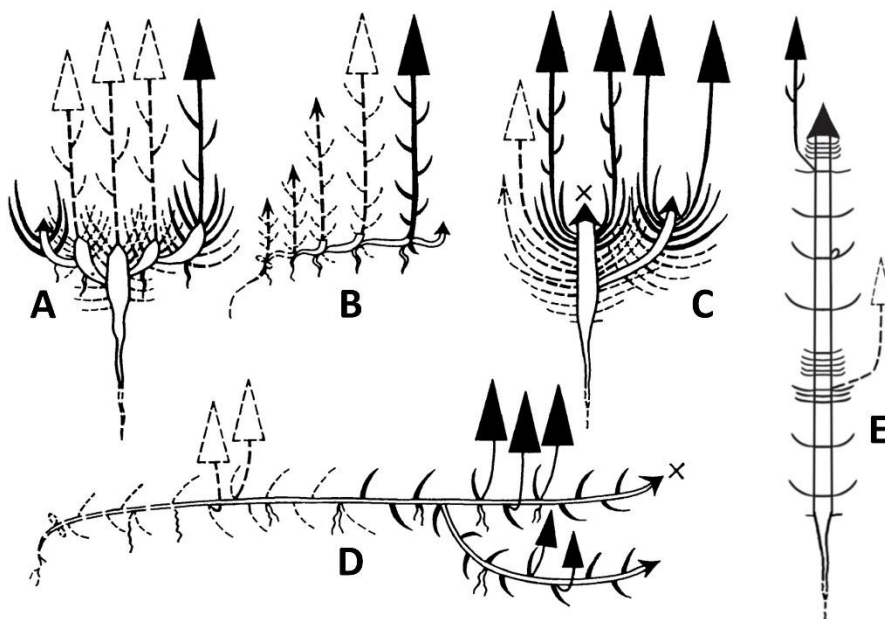
За каждое верно указанное соответствие между элементами 1 и 2 рядов или 2 и 3 рядов участник получает 0,5 балла.

За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

### Задание ID 37 – 5 баллов (Вариант 1)

Модель побегообразования – наследственно закрепленный тип формирования побеговой системы растений, определяемый особенностями функционирования меристем. Длительность функционирования апикальной меристемы определяет тип нарастания побеговой системы: моноподиальное или симподиальное, а интеркалярных меристем – длину междоузлий и структурно-морфологический тип побега: удлинненный, розеточный и полурозеточный. С учетом этих признаков описаны модели побегообразования: А – симподиальная полурозеточная, В – симподиальная длиннопобеговая, С – моноподиальная розеточная, D – моноподиальная длиннопобеговая, E – моноподиальная полурозеточная.

Соотнесите изображение растения, модель побегообразования и характеристики строения растений.



1



2



3



4



5



**Модели побегообразования:**

- A) Симподиальная полурозеточная;
- B) Симподиальная длиннопобеговая;

- С) Моноподиальная розеточная;
- Д) Моноподиальная длиннопобеговая;
- Е) Моноподиальная полурозеточная;

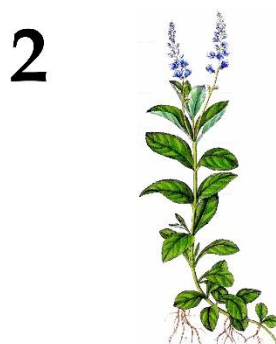
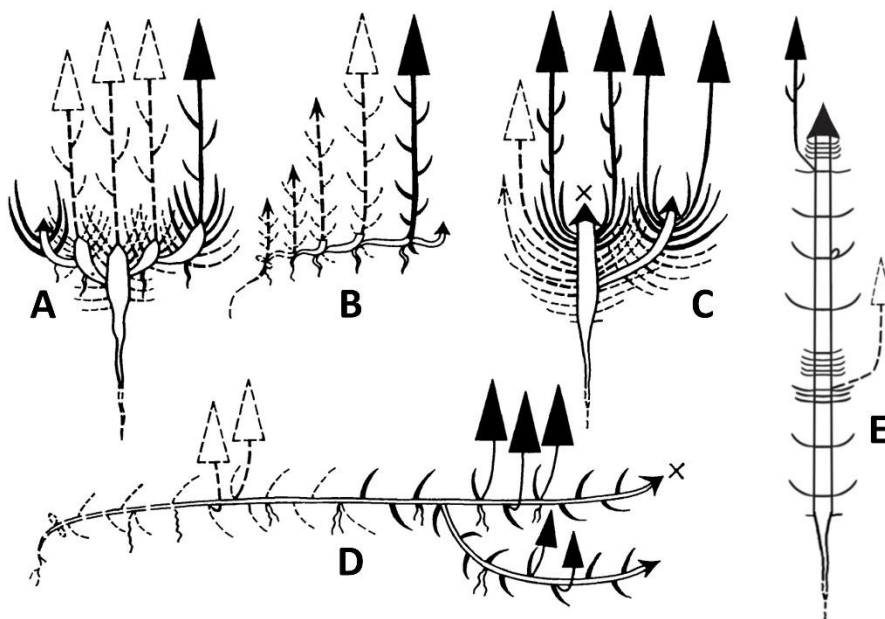
**Характеристики растений:**

- I) Соцветие головка;
- II) Соцветие корзинка;
- III) Побеги плагиотропные ползучие;
- IV) Побеги стелющиеся;
- V) Листья дважды пальчато-рассеченные;

### Задание ID 37 – 5 баллов (Вариант 2)

Модель побегообразования – наследственно закрепленный тип формирования побеговой системы растений, определяемый особенностями функционирования меристем. Длительность функционирования апикальной меристемы определяет тип нарастания побеговой системы: моноподиальное или симподиальное, а интеркалярных меристем – длину междоузлий и структурно-морфологический тип побега: удлинненный, розеточный и полурозеточный. С учетом этих признаков описаны модели побегообразования: А – симподиальная полурозеточная, В – симподиальная длиннопобеговая, С – моноподиальная розеточная, D – моноподиальная длиннопобеговая, E – моноподиальная полурозеточная.

Соотнесите изображение растения, модель побегообразования и характеристики строения растений.



#### Модели побегообразования:

- A) Симподиальная полурозеточная;
- B) Симподиальная длиннопобеговая;

- С) Моноподиальная розеточная;
- Д) Моноподиальная длиннопобеговая;
- Е) Моноподиальная полурозеточная;

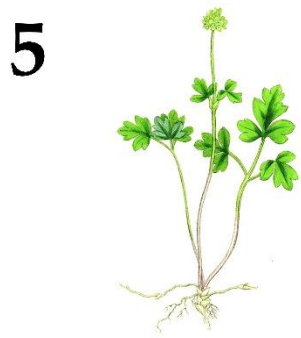
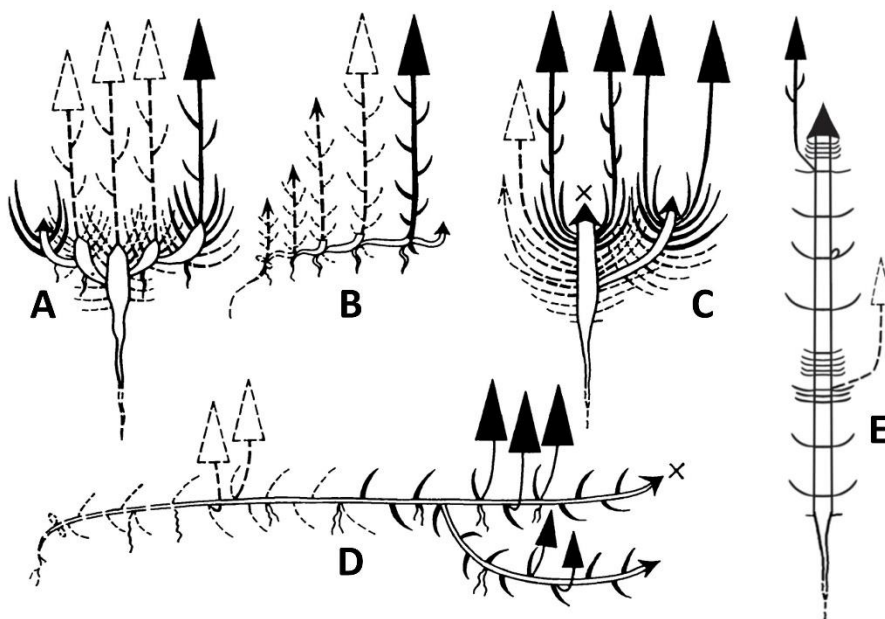
**Характеристики растений:**

- I) Соцветие корзинка;
- II) Соцветие метёлка;
- III) Листья супротивно расположенные, продолговато-яйцевидные;
- IV) Листья длинночерешковые дважды-тройчатые;
- V) Листья дважды пальчато-рассеченные;

### Задание ID 37 – 5 баллов (Вариант 3)

Модель побегообразования – наследственно закрепленных тип формирования побеговой системы растений, определяемый особенностями функционирования меристем. Длительность функционирования апикальной меристемы определяет тип нарастания побеговой системы: моноподиальное или симподиальное, а интеркалярных меристем – длину междоузлий и структурно-морфологический тип побега: удлинненный, розеточный и полурозеточный. С учетом этих признаков описаны модели побегообразования: А – симподиальная полурозеточная, В – симподиальная длиннопобеговая, С – моноподиальная розеточная, D – моноподиальная длиннопобеговая, E – моноподиальная полурозеточная.

Соотнесите изображение растения, модель побегообразования и характеристики строения растений.



Модели побегообразования:

- A) Симподиальная полурозеточная;
- B) Симподиальная длиннопобеговая;

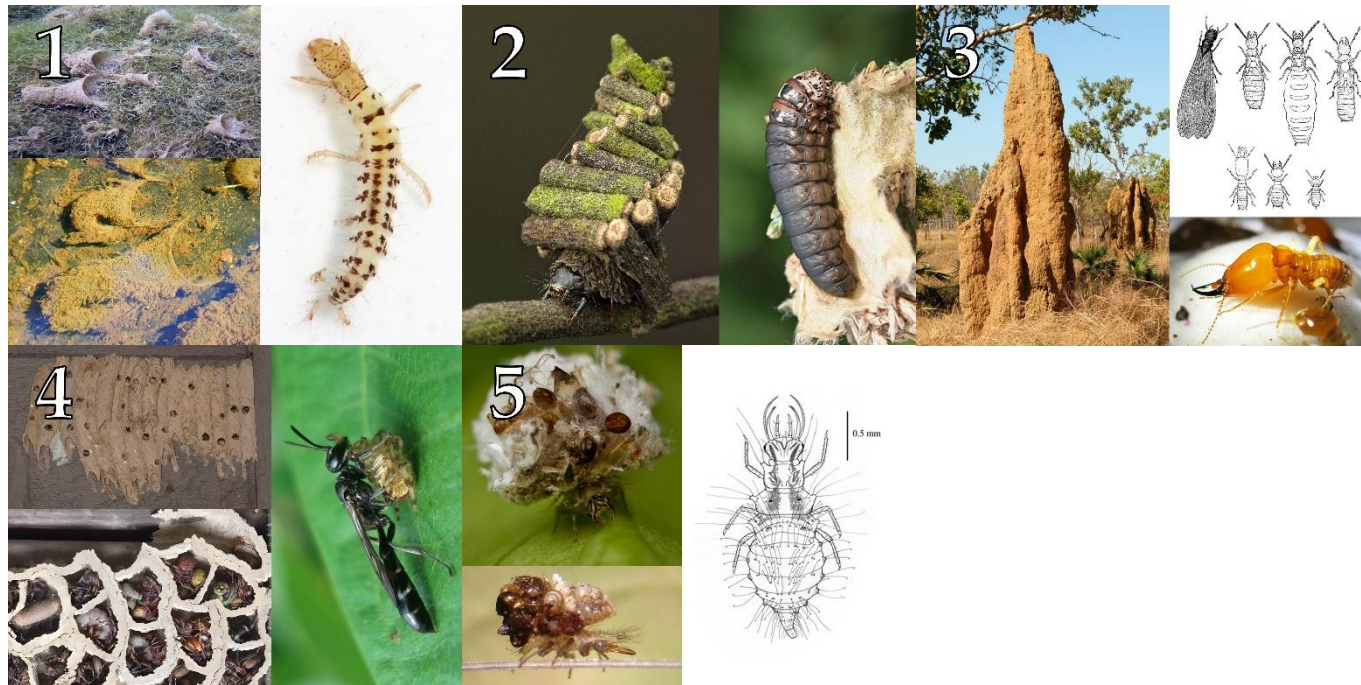
- С) Моноподиальная розеточная;
- Д) Моноподиальная длиннопобеговая;
- Е) Моноподиальная полурозеточная;

**Характеристики растений:**

- I) Соцветие колос;
- II) Соцветие метелка;
- III) Листья тройчато-сложные;
- IV) Листья дважды пальчато-рассеченные;
- V) Цветки двугубые, собраны в мутовки по 6–8 штук;

### Задание ID 39 – 5 баллов (Вариант 1)

Конструкционная деятельность широко распространена среди насекомых. Сложные инстинктивные программы позволяют им создавать разнообразные дома, костюмы, ловушки и другие сооружения. Сопоставьте приведенные примеры насекомых-конструкторов с отрядами, к которым они относятся и основным назначением их конструкций.



**Основное функциональное назначение создаваемых конструкций (список избыточен, могут быть лишние или повторяющиеся элементы):**

- A) Привлечение полового партнёра;
- B) Ловля добычи (ловушка);
- C) Отпугивание хищника или маскировка;
- D) Механическая защита собственного организма;
- E) Механическая защита собственного потомства;
- F) Механическая защита эусоциального сообщества.

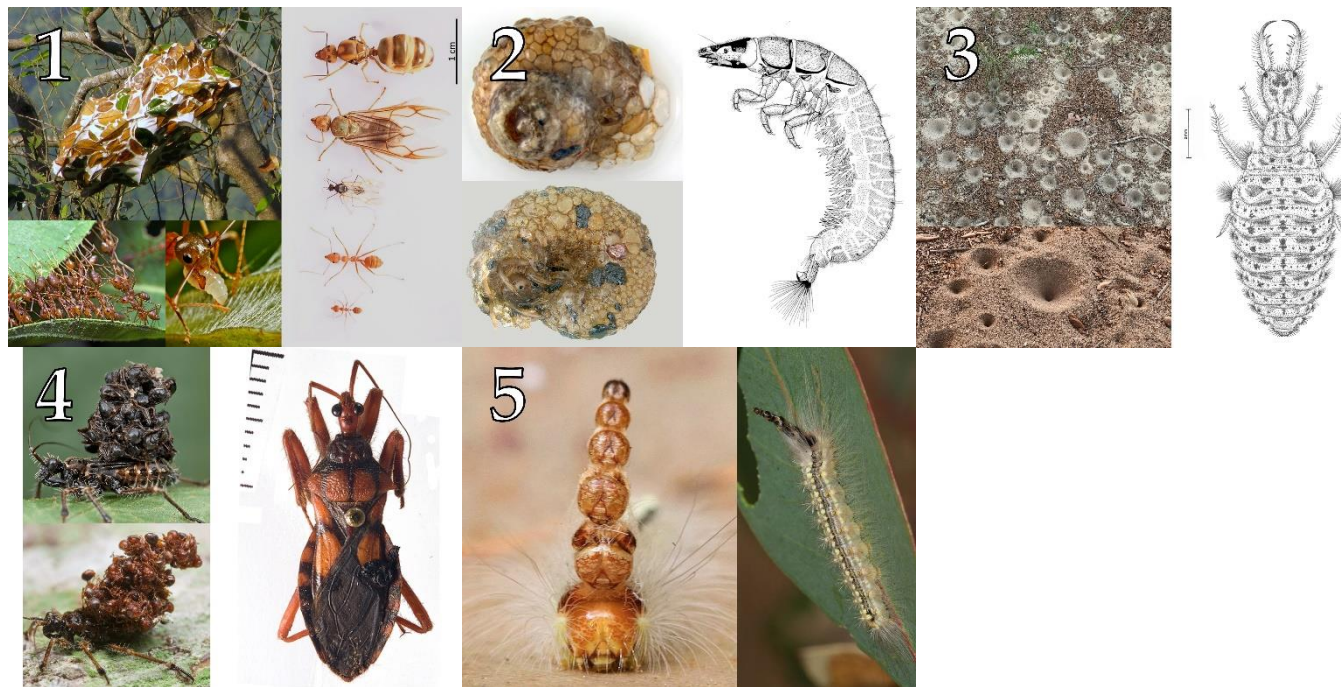
**Отряды насекомых (список избыточен, могут быть лишние или повторяющиеся названия):**

- I) Отряд Подёнки (Ephemeroptera);
- II) Отряд Веснянки (Plecoptera);
- III) Отряд Ручейники (Trichoptera);
- IV) Отряд Таракановые (Blattodea);
- V) Отряд Чешуекрылые (Lepidoptera);
- VI) Отряд Сетчатокрылые (Neuroptera);
- VII) Отряд Перепончатокрылые (Hymenoptera);
- VIII) Отряд Полужесткокрылые (Hemiptera);
- IX) Отряд Жесткокрылые (Coleoptera);
- X) Отряд Двукрылые (Diptera).



**Задание ID 39 – 5 баллов (Вариант 2)**

Конструкционная деятельность широко распространена среди насекомых. Сложные инстинктивные программы позволяют им создавать разнообразные дома, костюмы, ловушки и другие сооружения. Сопоставьте приведенные примеры насекомых-конструкторов с отрядами, к которым они относятся и основным назначением их конструкций.



**Основное функциональное назначение создаваемых конструкций (список избыточен, могут быть лишние или повторяющиеся элементы):**

- A) Привлечение полового партнёра;
- B) Ловля добычи (ловушка);
- C) Отпугивание хищника или маскировка;
- D) Механическая защита собственного организма;
- E) Механическая защита собственного потомства;
- F) Механическая защита эусоциального сообщества.

**Отряды насекомых (список избыточен, могут быть лишние или повторяющиеся названия):**

- I) Отряд Подёнки (Ephemeroptera);
- II) Отряд Веснянки (Plecoptera);
- III) Отряд Ручейники (Trichoptera);
- IV) Отряд Таракановые (Blattodea);
- V) Отряд Чешуекрылые (Lepidoptera);
- VI) Отряд Сетчатокрылые (Neuroptera);
- VII) Отряд Перепончатокрылые (Hymenoptera);
- VIII) Отряд Полужесткокрылые (Hemiptera);
- IX) Отряд Жесткокрылые (Coleoptera);
- X) Отряд Двукрылые (Diptera).

**Задание ID 39 – 5 баллов (Вариант 3)**

Конструкционная деятельность широко распространена среди насекомых. Сложные инстинктивные программы позволяют им создавать разнообразные дома, костюмы, ловушки и другие сооружения. Сопоставьте приведенные примеры насекомых-конструкторов с отрядами, к которым они относятся и основным назначением их конструкций.



**Основное функциональное назначение создаваемых конструкций (список избыточен, могут быть лишние или повторяющиеся элементы):**

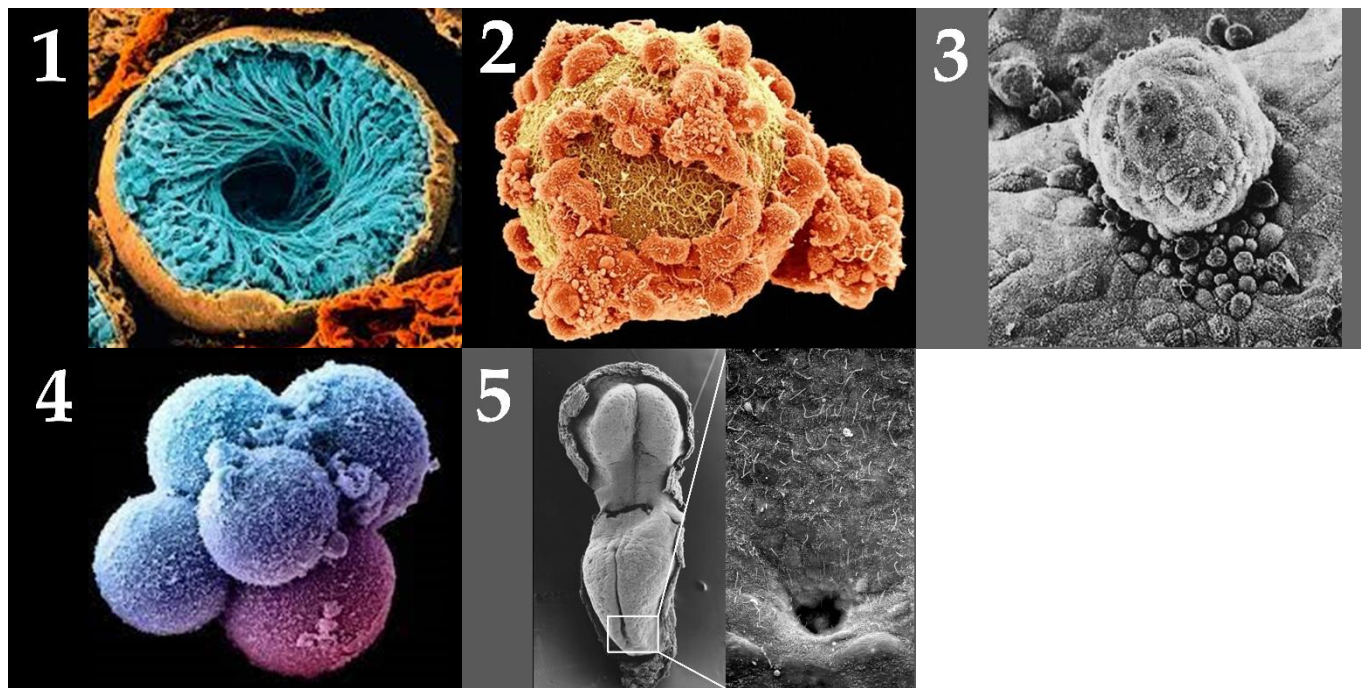
- A) Привлечение полового партнёра;
- B) Ловля добычи (ловушка);
- C) Отпугивание хищника или маскировка;
- D) Механическая защита собственного организма;
- E) Механическая защита собственного потомства;
- F) Механическая защита эусоциального сообщества.

**Отряды насекомых (список избыточен, могут быть лишние или повторяющиеся названия):**

- I) Отряд Подёнки (Ephemeroptera);
- II) Отряд Веснянки (Plecoptera);
- III) Отряд Ручейники (Trichoptera);
- IV) Отряд Таракановые (Blattodea);
- V) Отряд Чешуекрылые (Lepidoptera);
- VI) Отряд Сетчатокрылые (Neuroptera);
- VII) Отряд Перепончатокрылые (Hymenoptera);
- VIII) Отряд Полужесткокрылые (Hemiptera);
- IX) Отряд Жесткокрылые (Coleoptera);
- X) Отряд Двукрылые (Diptera).

**Задание ID 41 – 5 баллов (Вариант 1)**

Эмбриология человека занимается изучением процессов эмбриогенеза (развития организма от зачатия до рождения) и гаметогенеза (созревания мужских и женских половых клеток). Метод сканирующей электронной микроскопии позволяет получать качественные иллюстрации морфологических изменений, происходящих во время гаметогенеза и эмбриогенеза. Установите соответствие между электромикроскопическим изображением, стадией гаметогенеза/эмбриогенеза и происходящими на этой стадии процессами:



**Этапы гаметогенеза/эмбриогенеза (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- A) Плотная морула;
- B) Рыхлая морула;
- C) Ранняя гастрюла (двуслойная);
- D) Поздняя гастрюла (трехслойная);
- E) Сперматогенез в извитом канальце семенника;
- F) Оогенез в фолликуле яичника;
- G) Яйцеклетка после овуляции до контакта со сперматозоидом;
- H) Контактные взаимодействия сперматозоида и яйцеклетки;
- I) Нейрула;
- J) Бластула;

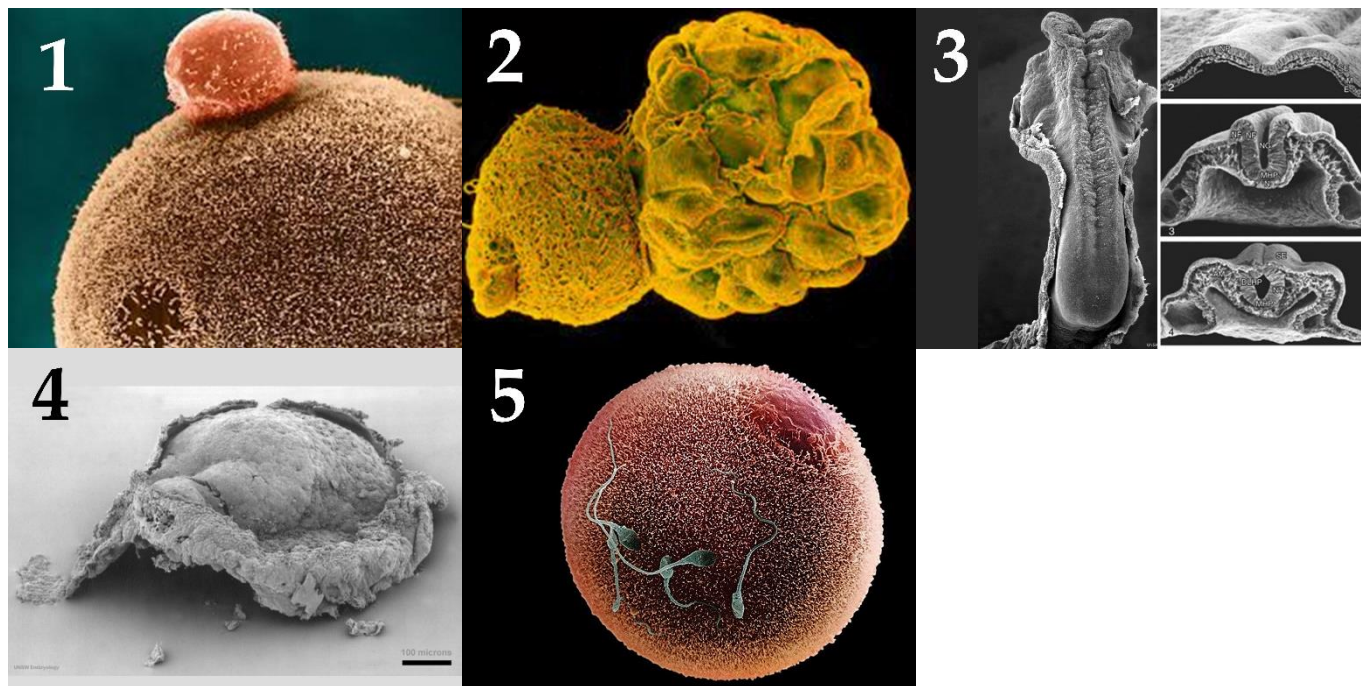
**Характерные для стадии физиологические процессы (список избыточен – в нем есть лишние процессы):**

- I) Кортикальная реакция, завершение II фазы мейоза с формированием второго полярного тельца;
- II) Гиперконденсация хроматина с использованием протаминов, синтез акросомы;
- III) Формирование первичной ямки, старт закладки сомитов и формирование нервной пластинки;
- IV) Хетчинг (выход из оболочки оплодотворения), обособление внезародышевой и зародышевой клеточных масс, начало имплантации на маточном эндометрии;
- V) Физиологичное разделение тотипотентных бластомеров;
- VI) Миграция в полости фаллопиевой трубы, питание за счет лучистого венца;
- VII) Завершение имплантации, формирование зародышевого диска, окруженного желточным мешком и амниотической полостью;

- VIII) Формирование нервной трубки, завершение закладки сомитов;
- IX) Синтез плотных контактов между бластомерами;
- X) Завершение I фазы мейоза, формирование первого полярного тельца, синтез запасных питательных веществ;

**Задание ID 41 – 5 баллов (Вариант 2)**

Эмбриология человека занимается изучением процессов эмбриогенеза (развития организма от зачатия до рождения) и гаметогенеза (созревания мужских и женских половых клеток). Метод сканирующей электронной микроскопии позволяет получать качественные иллюстрации морфологических изменений, происходящих во время гаметогенеза и эмбриогенеза. Установите соответствие между электромикроскопическим изображением, стадией гаметогенеза/эмбриогенеза и происходящими на этой стадии процессами:



**Этапы гаметогенеза/эмбриогенеза (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- A) Плотная морула;
- B) Рыхлая морула;
- C) Ранняя гастрюла (двуслойная);
- D) Поздняя гастрюла (трехслойная);
- E) Сперматогенез в извитом канальце семенника;
- F) Оогенез в фолликуле яичника;
- G) Яйцеклетка после овуляции до контакта со сперматозоидом;
- H) Контактные взаимодействия сперматозоида и яйцеклетки;
- I) Нейрула;
- J) Бластула;

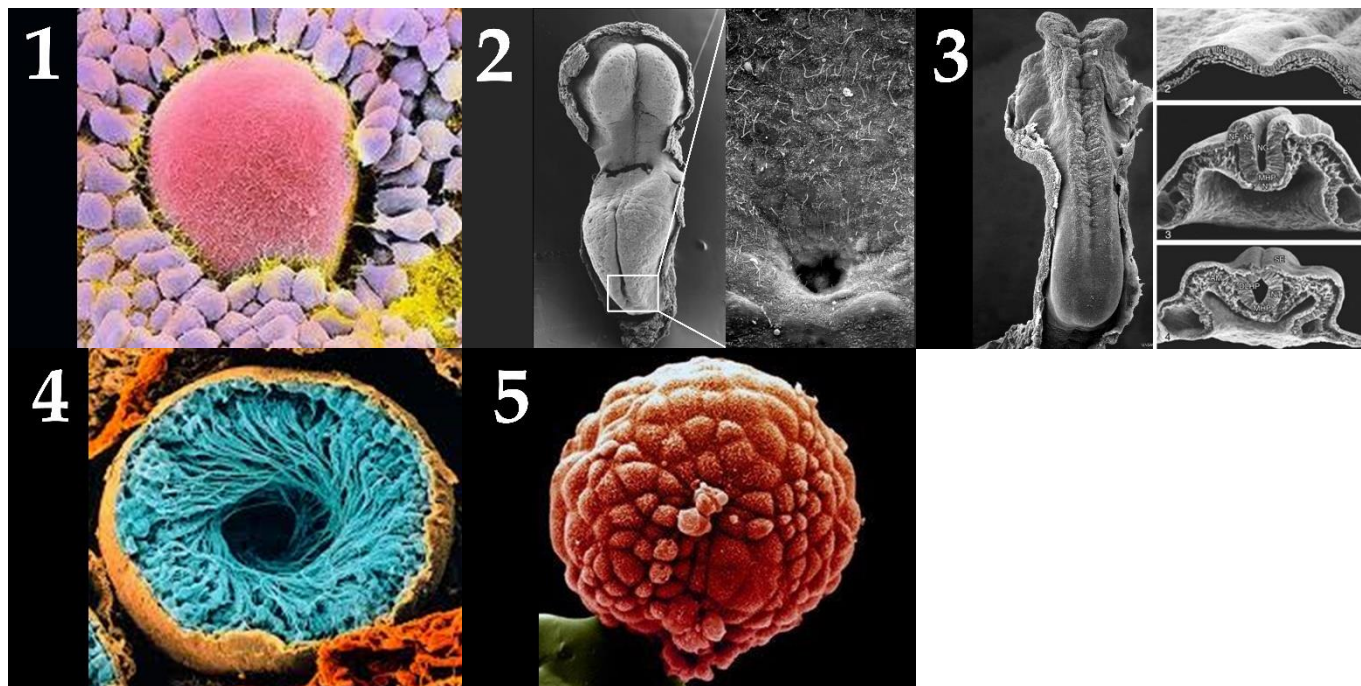
**Характерные для стадии физиологические процессы (список избыточен – в нем есть лишние процессы):**

- I) Кортикальная реакция, завершение II фазы мейоза с формированием второго полярного тельца;
- II) Гиперконденсация хроматина с использованием протаминов, синтез акросомы;
- III) Формирование первичной ямки, старт закладки сомитов и формирование нервной пластинки;
- IV) Хетчинг (выход из оболочки оплодотворения), обособление внезародышевой и зародышевой клеточных масс, начало имплантации на маточном эндометрии;
- V) Физиологичное разделение тотипотентных бластомеров;
- VI) Миграция в полости фаллопиевой трубы, питание за счет лучистого венца;
- VII) Завершение имплантации, формирование зародышевого диска, окруженного желточным мешком и амниотической полостью;

- VIII) Формирование нервной трубки, завершение закладки сомитов;
- IX) Синтез плотных контактов между бластомерами;
- X) Завершение I фазы мейоза, формирование первого полярного тельца, синтез запасных питательных веществ;

**Задание ID 41 – 5 баллов (Вариант 3)**

Эмбриология человека занимается изучением процессов эмбриогенеза (развития организма от зачатия до рождения) и гаметогенеза (созревания мужских и женских половых клеток). Метод сканирующей электронной микроскопии позволяет получать качественные иллюстрации морфологических изменений, происходящих во время гаметогенеза и эмбриогенеза. Установите соответствие между электромикроскопическим изображением, стадией гаметогенеза/эмбриогенеза и происходящими на этой стадии процессами:



**Этапы гаметогенеза/эмбриогенеза (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- A) Плотная морула;
- B) Рыхлая морула;
- C) Ранняя гастрюла (двуслойная);
- D) Поздняя гастрюла (трехслойная);
- E) Сперматогенез в извитом канальце семенника;
- F) Оогенез в фолликуле яичника;
- G) Яйцеклетка после овуляции до контакта со сперматозоидом;
- H) Контактные взаимодействия сперматозоида и яйцеклетки;
- I) Нейрула;
- J) Бластула;

**Характерные для стадии физиологические процессы (список избыточен – в нем есть лишние процессы):**

- I) Кортикальная реакция, завершение II фазы мейоза с формированием второго полярного тельца;
- II) Гиперконденсация хроматина с использованием протаминов, синтез акросомы;
- III) Формирование первичной ямки, старт закладки сомитов и формирование нервной пластинки;
- IV) Хетчинг (выход из оболочки оплодотворения), обособление внезародышевой и зародышевой клеточных масс, начало имплантации на маточном эндометрии;
- V) Физиологичное разделение тотипотентных бластомеров;
- VI) Миграция в полости фаллопиевой трубы, питание за счет лучистого венца;
- VII) Завершение имплантации, формирование зародышевого диска, окруженного желточным мешком и амниотической полостью;

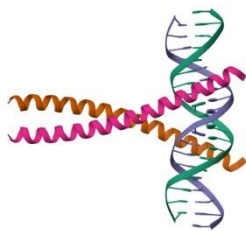
- VIII) Формирование нервной трубки, завершение закладки сомитов;
- IX) Синтез плотных контактов между бластомерами;
- X) Завершение I фазы мейоза, формирование первого полярного тельца, синтез запасных питательных веществ;



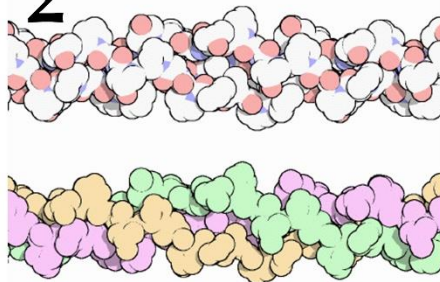
### Задание ID 43 – 5 баллов (Вариант 1)

В выполнении некоторых функций белков или на некоторых стадиях метаболизма ключевую роль играют определенные аминокислоты. Сопоставьте аминокислоту, структуру и функцию, в которой она играет ключевую роль.

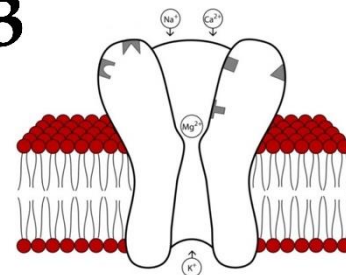
1



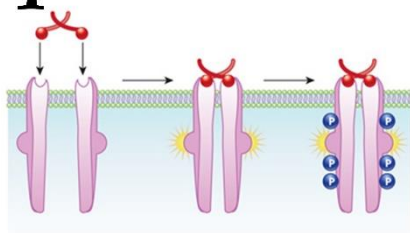
2



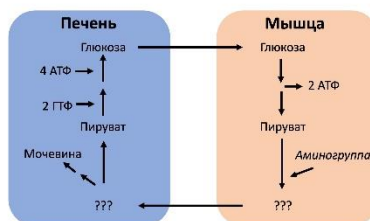
3



4



5



**Аминокислоты (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

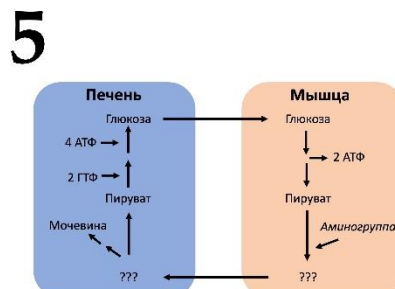
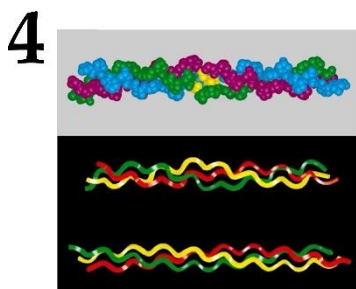
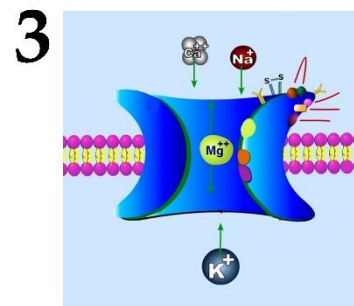
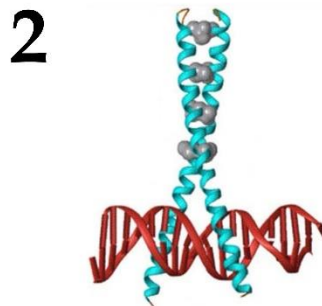
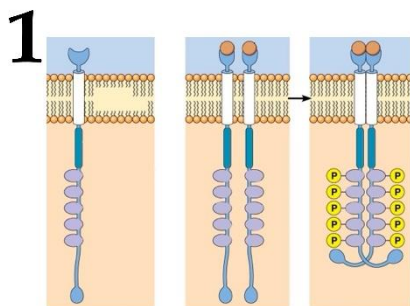
- A) Аланин;
- B) Тирозин;
- C) Лейцин;
- D) Пролин;
- E) Глутаминовая кислота;
- F) Аспарагиновая кислота;

**Функции структуры, в которой выбранная аминокислота играет ключевую роль (список избыточен – в нем есть лишние функции):**

- I) Передача гормонального сигнала;
- II) Структурная (формирование цитоскелета);
- III) Метаболическая (участие в утилизации азота в организме);
- IV) Структурная (формирование межклеточного матрикса);
- V) Нейромедиаторная;
- VI) Регуляция экспрессии генов.

### Задание ID 43 – 5 баллов (Вариант 2)

В выполнении некоторых функций белков или на некоторых стадиях метаболизма ключевую роль играют определенные аминокислоты. Сопоставьте аминокислоту, структуру и функцию, в которой она играет ключевую роль.



**Аминокислоты (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

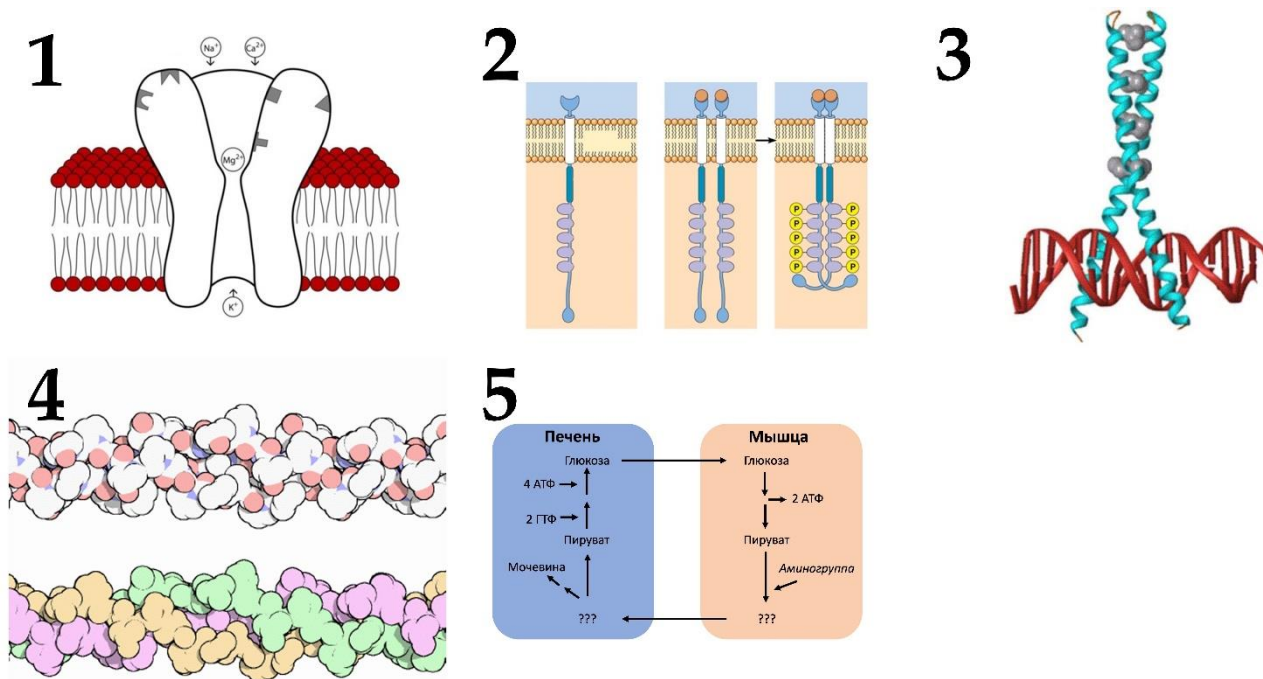
- A) Аланин;
- B) Тирозин;
- C) Лейцин;
- D) Пролин;
- E) Глутаминовая кислота;
- F) Аспарагиновая кислота;

**Функции структуры, в которой выбранная аминокислота играет ключевую роль (список избыточен – в нем есть лишние функции):**

- I) Передача гормонального сигнала;
- II) Структурная (формирование цитоскелета);
- III) Метаболическая (участие в утилизации азота в организме);
- IV) Структурная (формирование межклеточного матрикса);
- V) Нейромедиаторная;
- VI) Регуляция экспрессии генов.

### Задание ID 43 – 5 баллов (Вариант 3)

В выполнении некоторых функций белков или на некоторых стадиях метаболизма ключевую роль играют определенные аминокислоты. Сопоставьте аминокислоту, структуру и функцию, в которой она играет ключевую роль.



**Аминокислоты (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Аланин;
- B) Тирозин;
- C) Лейцин;
- D) Пролин;
- E) Глутаминовая кислота;
- F) Аспарагиновая кислота;

**Функции структуры, в которой выбранная аминокислота играет ключевую роль (список избыточен – в нем есть лишние функции):**

- I) Передача гормонального сигнала;
- II) Структурная (формирование цитоскелета);
- III) Метаболическая (участие в утилизации азота в организме);
- IV) Структурная (формирование межклеточного матрикса);
- V) Нейромедиаторная;
- VI) Регуляция экспрессии генов.

**Задание ID 45 – 5 баллов (Вариант 1)**

CAR-T терапия – перспективное в последние годы биомедицинское направление в области лечения рака. Его суть заключается в генетическом перепрограммировании Т-клеток – вставки в их геном химерного антигенного рецептора (CAR), способного распознавать конкретный антиген опухолевых клеток. Для медицинского производства CAR-T требуется многоступенчатый контроль качества на всех этапах производства. Рассмотрите схему реализации CAR-T для конкретного пациента.



Трансдукцию осуществляют с использованием ретровирусных векторов, при этом ген CAR встраивается в геном. Экспансия Т-клеток – процесс пролиферации Т-клеток, стимулированных определенным антигеном. Формуляция – это подбор компонентов для конечной формы медицинского продукта, например, определение количества вводимых пациенту клеток. Обратите внимание, что перечисленные стадии производства (1-5) не целиком совпадают с тем, что вы видите на картинке – часть стадий осуществляют без привязки к конкретному пациенту.

Соотнесите стадию производства (1-5) с методом контроля качества (I-VI), который может быть применен на данном этапе, и параметром (A-F), который оценивают при помощи каждого из методов.

**Список стадий производства:**

- 1) Очистка Т-клеток;
- 2) Получение рекомбинантного вирусного вектора, содержащего генетический конструкт;
- 3) Трансдукция Т-клеток (заражение их вирусным вектором, несущим генетический конструкт);
- 4) Экспансия Т-клеток;
- 5) Формуляция конечного продукта.

**Список параметров, определяемых на контроле качества стадии (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

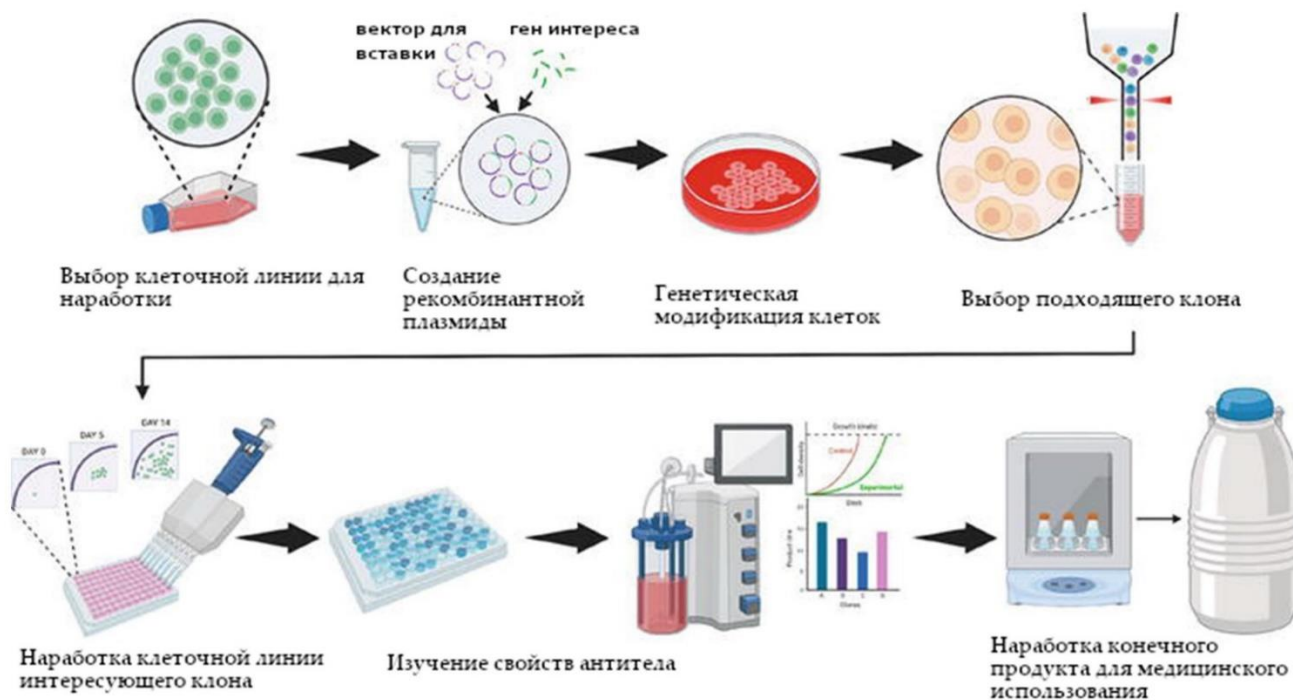
- A) Наличие вставки в вирусной ДНК;
- B) Наличие в Т-клетках химерного антигенного рецептора (CAR);
- C) Количество CAR-T-клеток после пролиферации;
- D) Отсутствие сторонних клеток в Т-клеточном продукте;
- E) Тип опухоли у пациента;
- F) Способность CAR-T-клеток специфически уничтожать опухолевые клетки.

**Список методов, которыми можно проводить контроль качества (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- I) Тест цитотоксичности;
- II) Проточная цитометрия с антителами, специфичными к антигенам Т-клеток;
- III) Камера Горяева для подсчета количества клеток;
- IV) Проточная цитометрия с антителами, специфичными к антиген-связывающему участку CAR;
- V) Секвенирование по Сэнгеру;
- VI) Изучение истории болезни пациента.

**Задание ID 45 – 5 баллов (Вариант 2)**

Получение терапевтических моноклональных антител – стремительно развивающееся направление в биомедицине. Для оптимизации выбора наиболее подходящего под терапевтические цели антитела, как правило, проверяют большие наборы вариантов (библиотеки) генов, кодирующих антитела. Для медицинского производства моноклональных антител требуется многоступенчатый контроль качества на всех этапах производства. Рассмотрите схему *de novo* наработки и производства терапевтических моноклональных антител.



Соотнесите стадию производства (1-5) с методом контроля качества (I-IV), который может быть применен для оценки ее эффективности, и параметром (A-F), который проверяет каждый из методов.

**Список стадии производства:**

- 1) Создание рекомбинантной плазмиды;
- 2) Генетическая модификация клеток;
- 3) Изучение свойств антитела;
- 4) Нарработка клеточной линии интересующего клона;
- 5) Нарработка конечного продукта для медицинского использования.

**Список параметров, определяемых на контроле качества стадии (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- A) Наличие вставки в плазмидной ДНК;
- B) Наличие в клетках линии-продуцента экспрессии плазмиды;
- C) Способность антитела связываться с антигеном;
- D) Тип заболевания у пациента;
- E) Выживаемость клеток клона после сортировки;
- F) Стерильность конечного продукта.

**Список методов, которыми можно проводить контроль качества (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- I) LAL-тест (определяет наличие бактериальных антигенов в исследуемом образце);
- II) Микроскопический анализ культуры, окрашенной трипановым синим (краситель, проникающий во все животные клетки, но выкачивающийся из живых клеток);

- III) ПЦР в реальном времени с обратной транскрипцией;
- IV) Секвенирование по Сэнгеру;
- V) Иммуноферментный анализ;
- VI) Спектроскопия электрон-парамагнитного резонанса

**Задание ID 45 – 5 баллов (Вариант 3)**

Получение вакцин и других терапевтических препаратов на основе вирусных векторов – стремительно развивающееся в последние годы направление в биомедицине. Для медицинского производства препаратов на основе вирусных векторов требуется многоступенчатый контроль качества на всех этапах производства. Рассмотрите схему наработки и производства терапевтических препаратов на основе вирусных векторов.



**Формуляция** – это подбор компонентов для конечной формы медицинского продукта, например, определение концентрации вирусных частиц в одной дозе вакцины.

Соотнесите стадию производства (1-5) с методом контроля качества (I-VI), который может быть применен для оценки ее эффективности, и параметром (A-F), который проверяет каждый из методов.

**Список стадии производства:**

- 1) Создание рекомбинантной плазмиды;
- 2) Генетическая модификация клеток;
- 3) Нарботка аденовирусных векторов;
- 4) Отчистка аденовирусных векторов;
- 5) Получение конечного продукта для медицинского использования.

**Список параметров, определяемых на контроле качества стадии (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- A) Наличие в клетках линии-производителя экспрессии плазмиды;
- B) Отсутствие в вирусном продукте пустых вирусных капсидов;
- C) Наличие вставки в плазмидной ДНК;
- D) Стерильность конечного продукта;
- E) Способность вируса вызывать приобретенный иммунодефицит;
- F) Наличие вирусных частиц в жидкости, где культивируются клетки.

**Список методов, которыми можно проводить контроль качества (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- I) Ультрацентрифугирование в градиенте плотности;
- II) Иммуноферментный анализ с антителами к поверхностным белкам капсида;
- III) ПЦР в реальном времени с обратной транскрипцией;
- IV) Световая микроскопия;
- V) Секвенирование по Сэнгеру;
- VI) LAL-тест (определяет наличие бактериальных антигенов в исследуемом образце).

**Задание ID 47 – 5 баллов (Вариант 1)**

Эволюция нашего собственного вида всегда привлекала наибольшее внимание и вызывала наибольшие споры. Процесс эволюции человека разумного (*Homo sapiens*) и его ближайших родственников, а также человекообразных обезьян, составляющих вместе семейство Гоминиды (*Hominidae*), принято называть антропогенезом. Этот процесс для человека разумного изучен лучше, чем для какого бы то ни было другого вида. Сопоставьте предлагаемые изображения гоминид с их таксономической принадлежностью и описанием ключевых отличительных особенностей, эволюционных изменений и новшеств.

**Систематическая принадлежность:**

- A) Денисовец (*Homo heidelbergensis* или *Homo denisovian*);
- B) Сахелантроп (*Sahelanthropus tchadensis*);
- C) Человек умелый (*Homo habilis*);
- D) Неандерталец (*Homo neanderthalensis*);
- E) Ардипитек (*Ardipithecus ramidus*).

**Характеристика:**

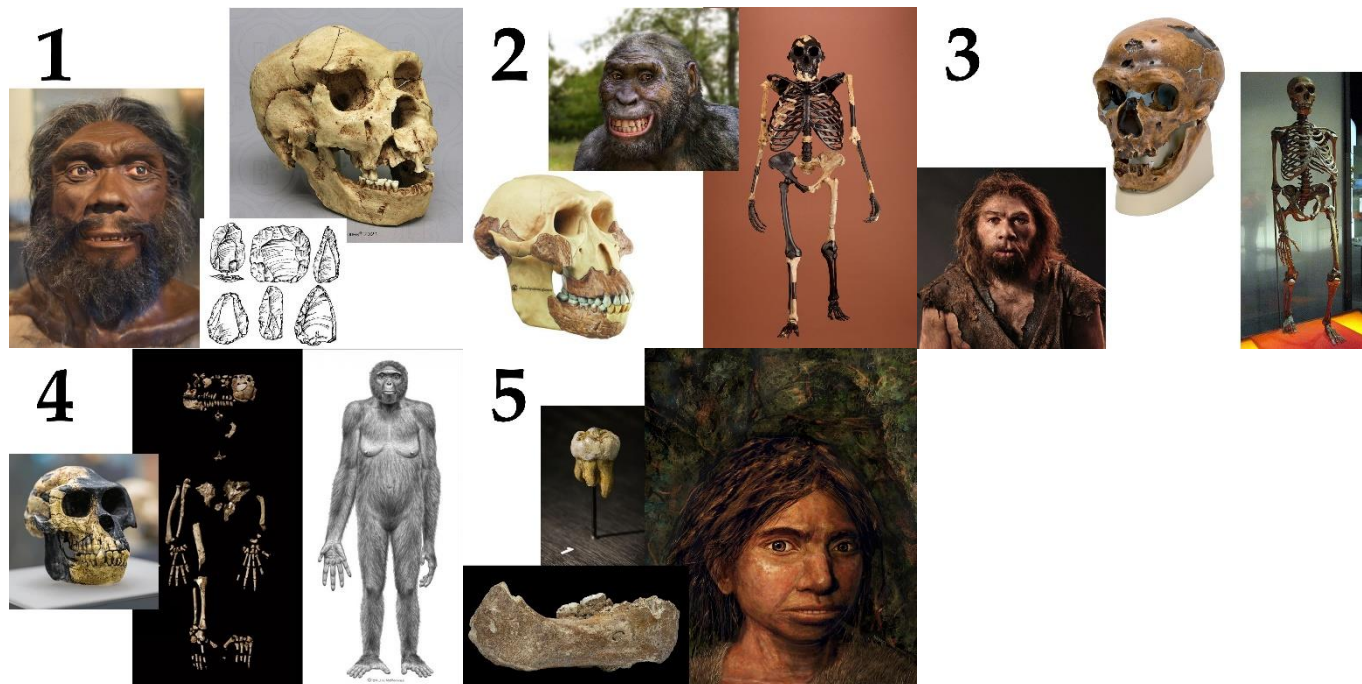
- I) Первый полностью прямоходящий примат, но большой палец стопы был все еще отставлен, что говорит о перемещении по деревьям. Зубы меньшего размера, чем у других человекообразных обезьян;
- II) Представитель "палеантропов". Обитали в Евразии. Объем мозга 1100 – 1700 см<sup>3</sup>. Очень разнообразные орудия. Массивный скелет и череп, адаптации к холодному климату. Специализированный к хищничеству вариант человека. Появляется искусство и погребальные ритуалы. Внесли вклад в генофонд современного человека;
- III) Предполагаемый предок линии гоминид, ведущей к человеку, вставший на путь эволюции двуногости: положение затылочного отверстия промежуточное между четвероногими и двуногими приматами;
- IV) Представитель "ранних Номо". Первый из наших предков, который стал регулярно изготавливать каменные орудия труда и перешел на всеядность; с него начинается бурный рост размеров головного мозга. Характерны орудия «олдувайской» культуры;



- V) Представитель "палеантропов". Обитали в Азии, были адаптированы к жизни на высокогорье. Умели обрабатывать шкуры. Внесли вклад в генофонд современного человека.

**Задание ID 47 – 5 баллов (Вариант 2)**

Эволюция нашего собственного вида всегда привлекала наибольшее внимание и вызывала наибольшие споры. Процесс эволюции человека разумного (*Homo sapiens*) и его ближайших родственников, а также человекообразных обезьян, составляющих вместе семейство Гоминиды (*Hominidae*), принято называть антропогенезом. Этот процесс для человека разумного изучен лучше, чем для какого бы то ни было другого вида. Сопоставьте предлагаемые изображения гоминид с их таксономической принадлежностью и описанием ключевых отличительных особенностей, эволюционных изменений и новшеств.

**Систематическая принадлежность:**

- A) Денисовец (*Homo heidelbergensis* или *Homo denisovian*);
- B) Неандерталец (*Homo neanderthalensis*);
- C) Австралопитек афарский (*Australopithecus afarensis*);
- D) Человек гейдельбергский (*Homo heidelbergensis*);
- E) Ардипитек (*Ardipithecus ramidus*).

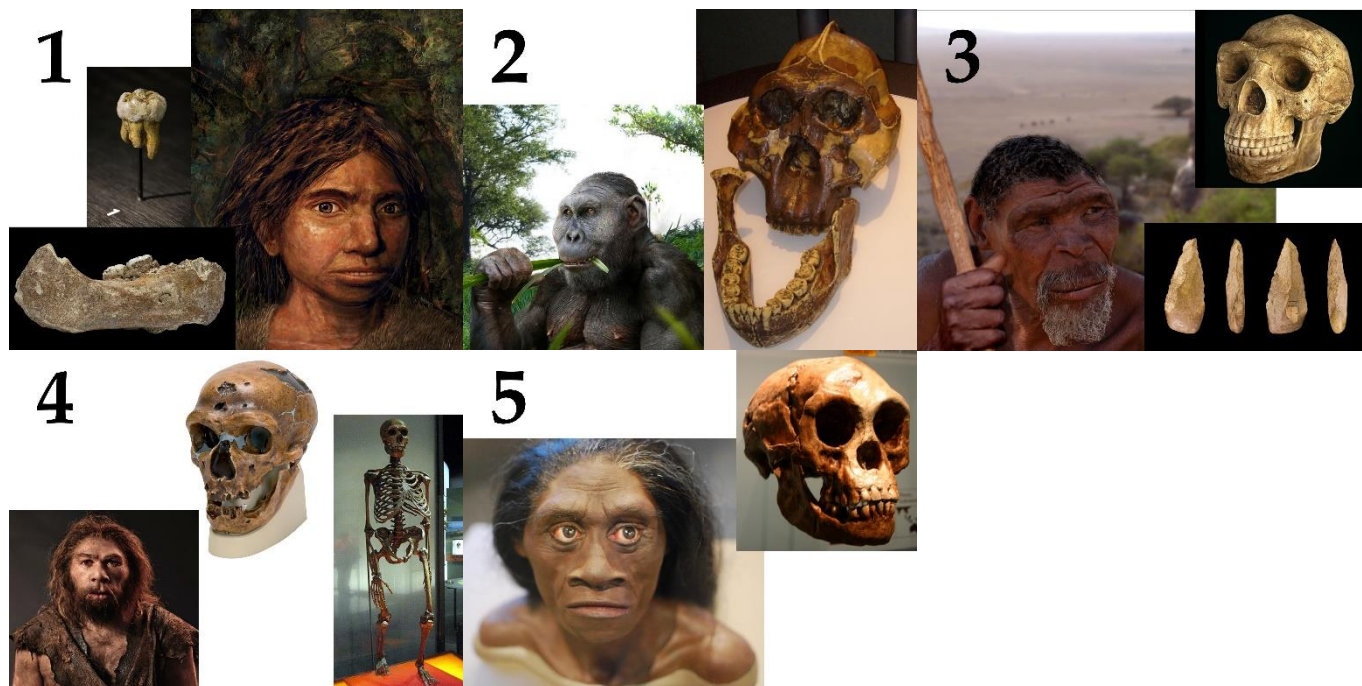
**Характеристика:**

- I) Первый полностью прямоходящий примат, но большой палец стопы был все еще отставлен, что говорит о перемещении по деревьям. Зубы меньшего размера, чем у других человекообразных обезьян;
- II) Представитель "палеантропов". Обитали в Евразии. Объем мозга 1100 – 1700 см<sup>3</sup>. Очень разнообразные орудия. Массивный скелет и череп, адаптации к холодному климату. Специализированный к хищничеству вариант человека. Появляется искусство и погребальные ритуалы. Внесли вклад в генофонд современного человека;
- III) Размер мозга на уровне современных шимпанзе (350-520 см<sup>3</sup>) и череп слабо отличается от человекообразных обезьян, однако остальной скелет практически человеческий;
- IV) Сборный таксон, переходные формы между архантропами и другими представителями "палеантропов". Анатомически современные люди, проживали в Африке, Азии и Европе. Массивный череп с мощными надбровными дугами. Использовали метательное оружие и "леваллуазское расщепление". Объем мозга 1000 - 1450 см<sup>3</sup>;

- V) Представитель "палеантропов". Обитали в Азии, были адаптированы к жизни на высокогорье. Умели обрабатывать шкуры. Внесли вклад в генофонд современного человека.

**Задание ID 47 – 5 баллов (Вариант 3)**

Эволюция нашего собственного вида всегда привлекала наибольшее внимание и вызывала наибольшие споры. Процесс эволюции человека разумного (*Homo sapiens*) и его ближайших родственников, а также человекообразных обезьян, составляющих вместе семейство Гоминиды (*Hominidae*), принято называть антропогенезом. Этот процесс для человека разумного изучен лучше, чем для какого бы то ни было другого вида. Сопоставьте предлагаемые изображения гоминид с их таксономической принадлежностью и описанием ключевых отличительных особенностей, эволюционных изменений и новшеств.

**Систематическая принадлежность:**

- A) Денисовец (*Homo heidelbergensis* или *Homo denisovian*);
- B) Неандерталец (*Homo neanderthalensis*);
- C) Человек прямоходящий (*Homo erectus*);
- D) Человек флоресский (*Homo floresiensis*);
- E) Парантроп (*Paranthropus boisei*).

**Характеристика:**

- I) Представитель "массивных австралопитеков". Массивная нижняя челюсть являлась адаптацией к потреблению грубой растительной пищи;
- II) Представитель "архантропов". Объем мозга 800-1300 см<sup>3</sup>. Первый вид, активно заселявший Евразию. Использовали огонь и создавали керамику. Создатели «ашельской» культуры;
- III) Представитель "палеантропов". Обитали в Евразии. Объем мозга 1100 – 1700 см<sup>3</sup>. Очень разнообразные орудия. Массивный скелет и череп, адаптации к холодному климату. Специализированный к хищничеству вариант человека. Появляется искусство и погребальные ритуалы. Внесли вклад в генофонд современного человека;
- IV) Специализированный вариант человека, демонстрация явления островной карликовости. Маленький рост, вторично уменьшившийся мозг (около 400 см<sup>3</sup>);
- V) Представитель "палеантропов". Обитали в Азии, были адаптированы к жизни на высокогорье. Умели обрабатывать шкуры. Внесли вклад в генофонд современного человека.



## **Тип заданий С. Задачи со свободным ответом**

Во всех заданиях данной части в начале идет условие задачи, а затем к нему задается несколько вопросов. Ответы на вопросы должны быть записаны в виде текста. Обратите внимание, что ответы на вопросы должны быть максимально краткими и полными, следует избегать больших объемов текста не по сути заданного вопроса.

### **Система оценки:**

Приведена в ответе для каждого задания отдельно.

**Задание ID 55 – Максимум 15 баллов**

Одним из важнейших навыков биохимика является умение быстро характеризовать белковую молекулу с помощью различных методов исследования макромолекул. Аминокислотный состав белка X приведен в таблице 1. Вам предлагается определить некоторые параметры белка X и ответить на следующие подвопросы:

Таблица 1. Аминокислотный состав белка X.

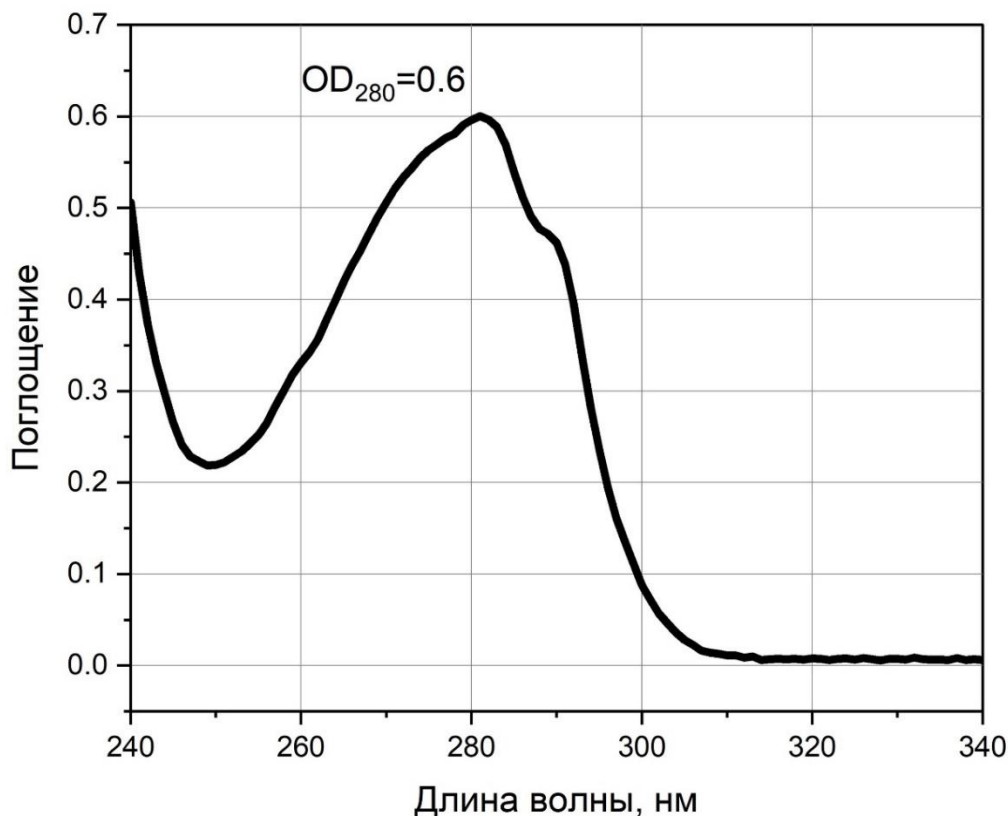
Аминокислота	Число остатков аминокислот	Относительное содержание аминокислоты
Ала (A)	17	8.3%
Арг (R)	16	7.8%
Асн (N)	2	1.0%
Асп (D)	10	4.9%
Цис (C)	1	0.5%
Глн (Q)	7	3.4%
Глу (E)	16	7.8%
Гли (G)	13	6.3%
Гис (H)	5	2.4%
Иле (I)	6	2.9%
Лей (L)	16	7.8%
Лиз (K)	7	3.4%
Мет (M)	2	1.0%
Фен (F)	7	3.4%
Про (P)	21	10.2%
Сер (S)	21	10.2%
Тре (T)	14	6.8%
Трп (W)	6	2.9%
Тир (Y)	5	2.4%
Вал (V)	13	6.3%

**Подвопрос 1.** Рассчитайте молярный коэффициент экстинкции (поглощения) при 280 нм для белка X по формуле:

$\epsilon_{280} [\text{M}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}] = (N_W \cdot 5500) + (N_Y \cdot 1490) + (N_C \cdot 125)$ , где  $N_W$ ,  $N_Y$ ,  $N_C$  – число остатков аминокислот W, Y, C в последовательности белка.

**Подвопрос 2.** Рассчитайте молярную концентрацию белка X в растворе (в мкМ, округлить до целых) по спектру его поглощения, если его концентрацию измеряли спектрофотометрически в капле толщиной 0,5 мм.

**Рисунок 1.** Спектр поглощения белка X. ( $OD_{280}$  – величина поглощения при длине волны 280 нм)

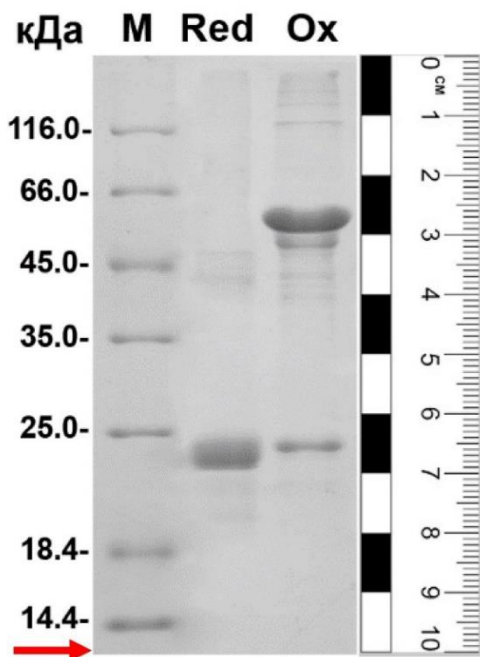


**Подвопрос 3.** Белок X инкубировали в присутствии и в отсутствии восстанавливающего агента (бета-меркаптоэтанола) и подвергали электрофорезу в денатурирующих условиях (рисунок 2 А). Такой подход позволяет оценить молекулярную массу белка по расстоянию его миграции в полиакриламидном геле. Рассчитайте приблизительную молекулярную массу белка X (в кДа с точностью до десятых) в восстановленном состоянии и в окисленном состоянии с помощью калибровочного графика (рисунок 2 Б).

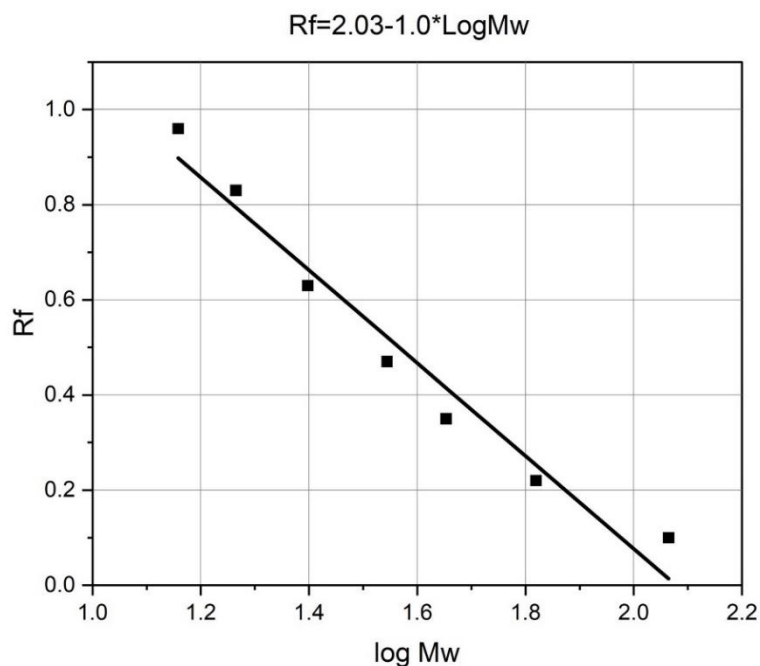
**Рисунок 2. А.** Электрофорез белка X в денатурирующих условиях в присутствии восстановителя (Red) и в отсутствии восстановителя (Ox). Маркеры молекулярных масс нанесены на дорожке M и их молекулярные массы в кДа указаны слева. Стрелкой указан фронт движения лидирующего красителя. **Б.** Калибровочный график для расчета коэффициента удержания в зависимости от десятичного логарифма молекулярной массы (в кДа). Уравнение прямой указано надо графиком.  $R_f$  - фактор удержания, рассчитывается как отношение длины пробега белка в геле к длине пробега лидирующего красителя,  $\log Mw$  - десятичный логарифм молекулярной массы (в кДа);



**А**



**Б**

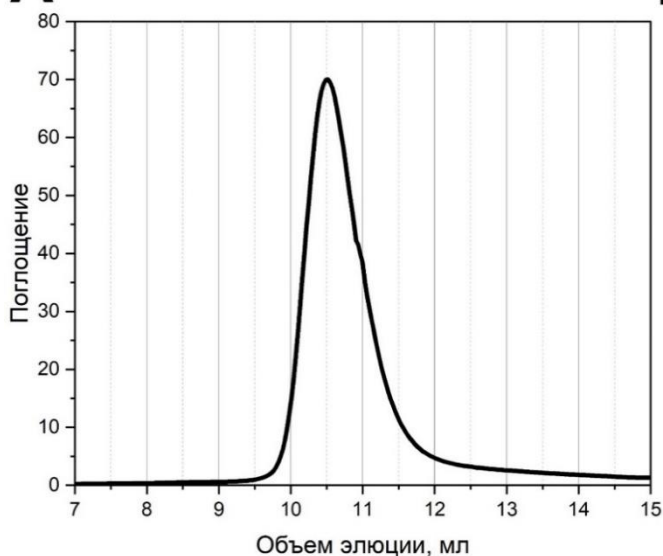


**Подвопрос 4.** Объясните почему в окисленном состоянии белок X имеет другую молекулярную массу? Какая аминокислота принимает участие в этом процессе?

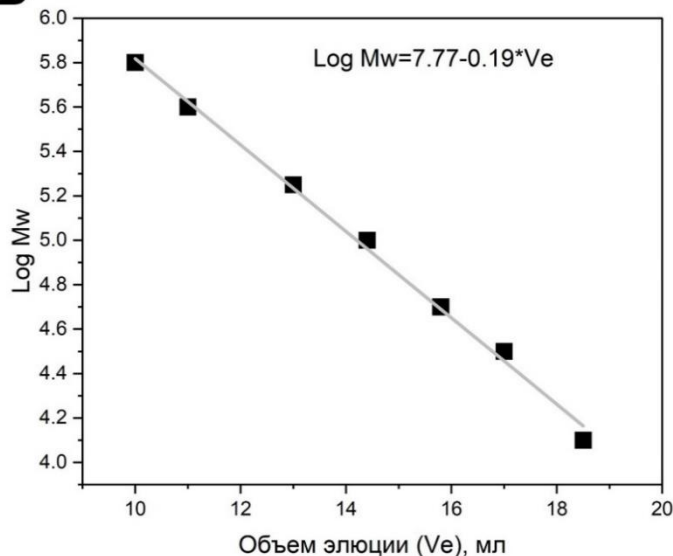
**Подвопрос 5.** Олигомерное состояние белка X определяли с помощью гель-фильтрации (рисунок 3 А). Этот хроматографический метод позволяет определить кажущуюся молекулярную массу белка в условиях, приближенных к нативным. Для расчёта кажущейся молекулярной массы белка X использовали калибровочный график, приведенный на рисунке 3 Б. Определите кажущуюся молекулярную массу белка X (в кДа с точностью до десятых), полученную в ходе гель-фильтрации.

**Рисунок 3. А. Гель-фильтрации препарата белка X. Б. Калибровочный график для определения кажущейся молекулярной массы. Log Mw – десятичный логарифм молекулярной массы (в Да), Ve – объем элюции (в мл).**

**А**



**Б**



**Подвопрос 6.** Какое число субъединиц восстановленной формы белка может входить в состав олигомера белка X?

**Задание ID 59 – Максимум 15 баллов**

Представим популяцию абстрактных геометрических фигур: пятиугольников и шестиугольников. Допустим, что это диплоидные организмы с привычным нам половым размножением, и размножаются они только раз в жизни, причем синхронно. Мутаций также не происходит. Пусть признак количества углов кодируется единственным геном, а тип межallelного взаимодействия – полное доминирование: гетерозиготы 'Aa' имеют 6 углов, также как и гомозиготы 'AA', а гомозиготы 'aa' имеют на один угол меньше. Популяция существует в состоянии равновесия Харди-Вайнберга какое-то продолжительное время. Тогда исходные частоты генотипов: 'AA' –  $p^2$ , 'Aa' –  $2pq$ , 'aa' –  $q^2$ , где  $p$  – частота аллеля 'A', а  $q$  – частота аллеля 'a'. Сумма частот генотипов и сумма частот аллелей, очевидно, равны единице каждая. В отсутствие какой либо элиминации (отбора или дрейфа генов), т.е. при одинаковой приспособленности всех генотипов (равной единице) «вклад гамет» разных генотипов в следующее поколение (т.е., частота каждого генотипа после отбора, которая равна произведению исходной частоты генотипа на приспособленность), будет равен частотам генотипов, и частоты аллелей в следующем поколении не поменяются.

Теперь начинается наш эксперимент, и популяцией многоугольников начинает питаться хищник-перфекционист, не любящий фигуры с нечетным количеством углов. За одно поколение хищник-перфекционист элиминирует  $s$  долю особей, имеющих пятиугольный фенотип. Таким образом,  $s$  – это коэффициент отбора, действующий против рецессивных гомозигот.

Ответьте на следующие подвопросы:

- 1) Чему будет равна приспособленность (доля особей, прошедших отбор за одно поколение) генотипа 'aa' при коэффициенте отбора против генотипа 'aa' =  $s$ , если считать, что приспособленность генотипов 'AA' и 'Aa' не изменилась?
- 2) Чему будет равен «вклад гамет» (частота генотипа после отбора) всех генотипов при коэффициенте отбора против генотипа 'aa' =  $s$ , если считать, что приспособленность генотипов 'AA' и 'Aa' не изменилась?
- 3) Теперь заметим, что сумма частот генотипов поменялась и уже не равна единице, поскольку отбор внес относительную утрату, равную  $sq^2$ . Сумма «вкладов гамет» теперь равна  $1 - sq^2$ . Чему будет равна новая частота гамет 'a' (и, соответственно, частота аллеля 'a') –  $q_1$ ? Упростите выражение, подставляя  $p = 1 - q$ .
- 4) Теперь представим, что хищник-перфекционист эффективно выедает все пятиугольники ( $s = 1$ ). Напишите формулу, по которой можно рассчитать, сколько поколений  $t$  потребуется для элиминации аллеля 'a' до частоты  $q_t$  при начальной частоте  $q_0$ ? Попробуйте сначала получить выражения для  $q_1$  и  $q_2$ .
- 5) Если рассмотреть конкретное поколение, например, первое, будет ли отбор быстрее или медленнее элиминировать аллель при частоте  $q_0 = 0.2$ , чем при  $q_0 = 0.4$ , или это не имеет значения и почему?
- 6) От каких величин зависит эффективность отбора в этой модели?

## Часть 2 (120 минут)

**В данной части встречаются задания трех типов:**

**Тип А:** Задания с несколькими верными ответами (всего 15 заданий, сумма 45 баллов)

**Тип В:** Задания на сопоставления (всего 6 заданий, сумма 30 баллов)

**Тип С:** Задачи со свободным ответом (всего 2 задания, сумма 30 баллов)

**Максимум за одну часть: 105 баллов**

## **Тип заданий А. Тестовые задания с множественным выбором (верно/неверно)**

Во всех заданиях данной части в начале идет условие, а затем шесть вариантов ответа (под буквами от А до F). Участникам необходимо определить, является ли каждый из вариантов ответа верным (подходит под формулировку задания) или неверным (не подходит под формулировку задания). В каждом задании может быть от 0 до 6 верных вариантов ответа.

### **Система оценки:**

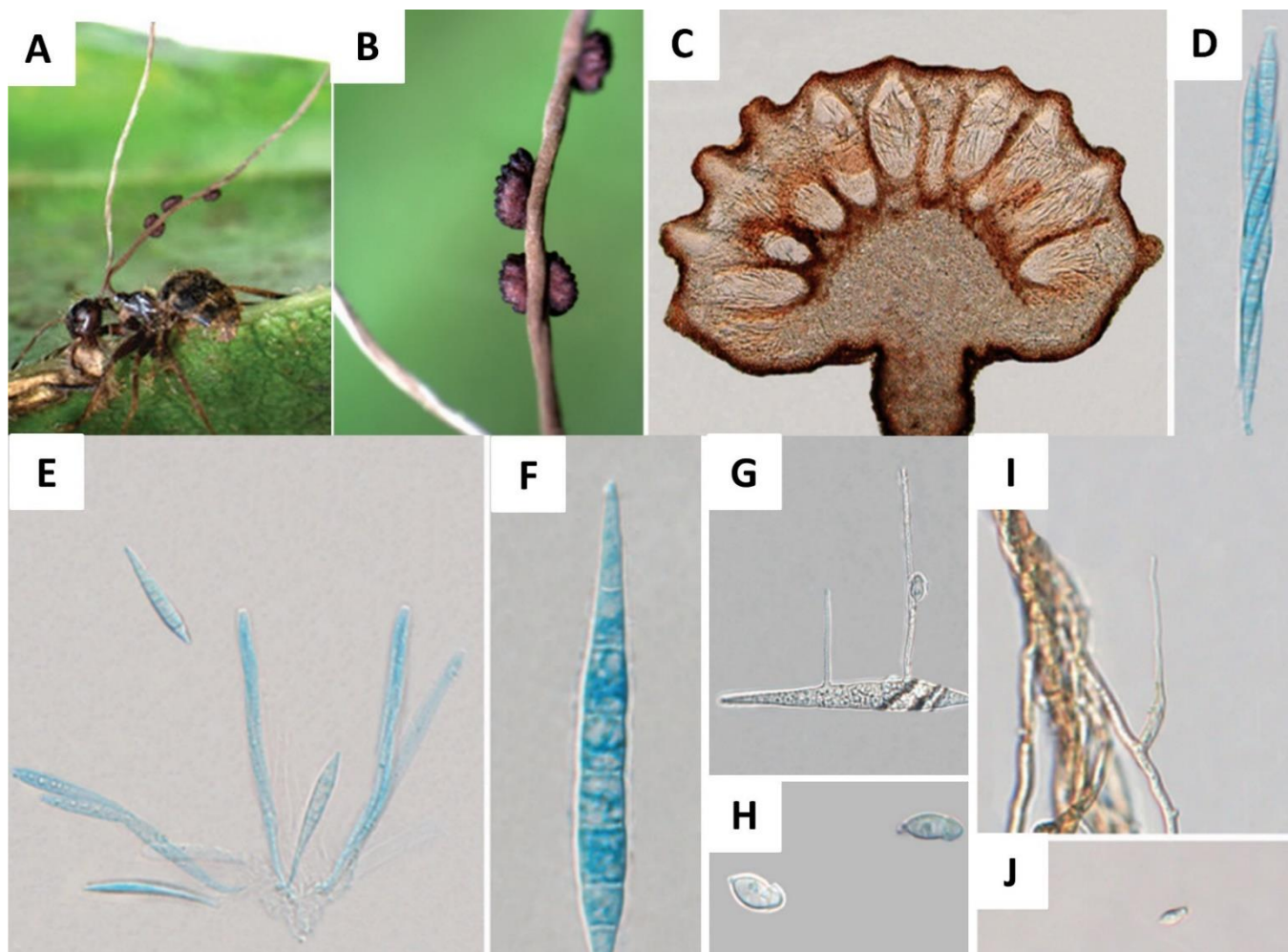
За каждое правильно отмеченное утверждение можно получить 0,5 балла

За каждое неправильно отмеченное утверждение – 0 баллов

**Задание ID 5 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Паразитические грибы рода кордицепс (*Ophiocordyceps* sp.) знамениты тем, что развиваются в муравьях-древоточцах, подчиняя себе их поведение. На иллюстрации представлено строение плодовых тел и спороносных структур одного из видов кордицепса: А – зараженный кордицепсом муравей, В – плодовое тело (аскома), С – поперечный срез через плодовое тело, D, E – аски, F – аскоспора, G – аскоспора с капилликонидиефорами (гифами, несущими капилликонидии), H – капилликонидий (орган спороношения), I – фиалиды (одноклеточные спороносящие структуры на верхушке конидиеносца), J – конидия.



Проанализируйте фотографии, иллюстрирующие разные стадии жизненного цикла гриба, и установите, является каждое из суждений истинным или ложным:

Вариант 1:

- A) Формирование конидий является примером бесполого размножения гриба;
- B) Исследуемый вид образует аскоспоры ланцетной формы, разделенные перегородками и распадающиеся на части до прорастания;
- C) Показанная на рисунке D сумка битуникатная (имеет двойную оболочку);
- D) В сумке, показанной на рисунке F, находится 8 аскоспор;
- E) Для заражения муравья паразитическим грибом необходимо проникновение в его организм аскоспор и конидиоспор одновременно;
- F) Исследуемый вид формирует апотеции;

Вариант 2:

- A) Исследуемый вид формирует перитеции;

- В) Формирование аскоспор является примером бесполого размножения гриба;
- С) Исследуемый вид формирует плодовые тела разветвленной формы;
- Д) Для заражения муравья паразитическим грибом необходимо проникновение в его организм аскоспор и конидиоспор одновременно;
- Е) В сумке, показанной на рисунке Е, находится 8 аскоспор;
- Ф) У данного вида формируется два вида конидий (макро- и микроконидии).

*Вариант 3:*

- А) Показанная на рисунке D сумка битуникатная (имеет двойную оболочку);
- В) Исследуемый вид образует аскоспоры ланцетной формы, разделенные перегородками и распадающиеся на части до прорастания;
- С) Исследуемый вид формирует клейстотеции;
- Д) Формирование конидий является примером бесполого размножения гриба;
- Е) В сумке, показанной на рисунке Е, находится 8 аскоспор;
- Ф) У данного вида формируется два вида конидий (макро- и микроконидии).

### Задание ID 6 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Инесса рассматривала бегонии на своем подоконнике и заинтересовалась факторами, определяющими размеры их листьев. Она решила измерить листья своих комнатных бегоний, растущих в соседних горшках на её подоконнике и относящихся к двум видам: тигровая (*Begonia bowerae* Ziesenh., вид 1) и борщевиколистная (*B. heracleifolia* Schtdl. & Cham., вид 2). Затем она занесла данные в таблицу (см. рисунок), рассчитала средние значения и дисперсию, а также построила точечные диаграммы, чтобы оценить взаимосвязь между длиной черешка (Ч и ось x) и длиной листовой пластинки (ЛП и ось y).

Чтобы оценить достоверность обнаруженных различий в длине частей листьев, Вы можете использовать формулу для расчета t-критерия Стьюдента. Условные обозначения:  $t_{эмп}$  - значение критерия,  $X_{ср}$  - среднее значение для видов 1 и 2,  $S^2$  - объединенная оценка дисперсии (считается по формуле, приведенной ниже), n - объем выборки видов 1 и 2. Полученное значение сравнивается с значением из таблицы критических значений t для уровней значимости 0,05 и 0,01. Необходимо учесть степень свободы, которая определяется как сумма степеней свободы двух выборок минус два ( $df = n_1 + n_2 - 2$ ), где  $n_1$  и  $n_2$  - размеры выборок. Уровень значимости - порог для оценки результата как статистически значимого. Если  $t_{эмп}$  больше граничного значения при выбранном уровне значимости, то отличие считается значимым.

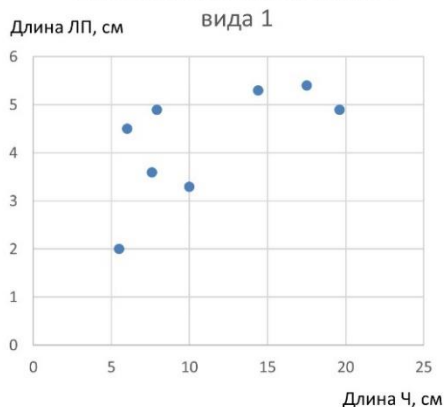
	1	2	3	4	5	6	7	8	Ср.	Дис-персия
Ч1	17,5	19,6	10	14,4	7,9	6	5,5	7,6	11,06	29,31
ЛП1	5,4	4,9	3,3	5,3	4,9	4,5	2	3,6	4,24	1,39
Ч2	11,8	24	8,9	25,1	20,2	15,5	23	-	18,36	40,48
ЛП2	4,4	9,3	3,8	6,6	8,7	6	9,8	-	6,94	5,69

$$S_{об}^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

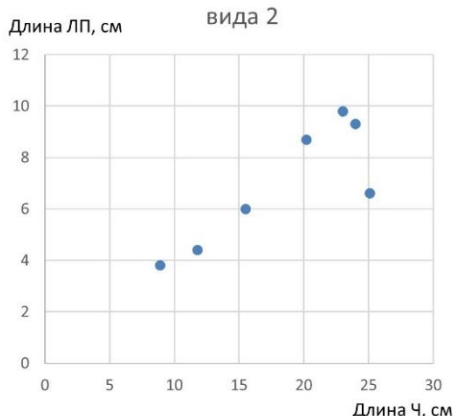
$$t_{эмп} = \frac{|X_{ср1} - X_{ср2}|}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2}}}$$

Степень свободы (f)	Границы значения	
	p = 0,05	p = 0,01
1	12,71	63,60
2	4,30	9,93
3	3,18	5,84
4	2,78	4,60
5	2,57	4,03
6	2,45	3,71
7	2,37	3,50
8	2,31	3,36
9	2,26	3,25
10	2,23	3,17
11	2,20	3,11
12	2,18	3,06
13	2,16	3,01
14	2,15	2,98
15	2,13	2,95

Корреляция длины черешка и длины листовой пластинки у вида 1



Корреляция длины черешка и длины листовой пластинки у вида 2



Проанализируйте результаты, полученные Инессой, и установите, являются предложенные суждения истинными или ложными:

Вариант 1:

А) У обоих видов скорее наблюдается положительная, чем отрицательная линейная корреляция между длиной черешка листа и листовой пластинки;

- В) Средняя длина черешка у вида 2 более чем в 1,5 раза превышает среднюю длину черешка у вида 1;
- С) Длина листовой пластинки – более постоянная величина, чем длина черешка, у обоих видов;
- Д) Модальное значение длины листовой пластинки вида 1 менее 4,5 см;
- Е) Изученные виды бегоний при уровне значимости в 0,01 статистически достоверно отличаются по длине черешка;
- Ф) Изменчивость размеров листа у вида 1 больше, чем у вида 2;

*Вариант 2:*

- А) Изученные виды бегоний невозможно достоверно различить по размерам листьев из-за сильного влияния на данный показатель условий культивации;
- В) Средняя длина листовой пластинки у вида 2 более чем в 1,5 раза превышает среднюю длину листовой пластинки у вида 1;
- С) У вида 2 линейная корреляция между длиной черешка и длиной листовой пластинки выражена сильнее, чем у вида 1;
- Д) Модальное значение длины листовой пластинки вида 1 превышает среднее значение;
- Е) Длина листовой пластинки – более постоянная величина, чем длина черешка, у обоих видов;
- Ф) Изученные виды бегоний при уровне значимости в 0,05 статистически достоверно отличаются по длине листовой пластинки;

*Вариант 3:*

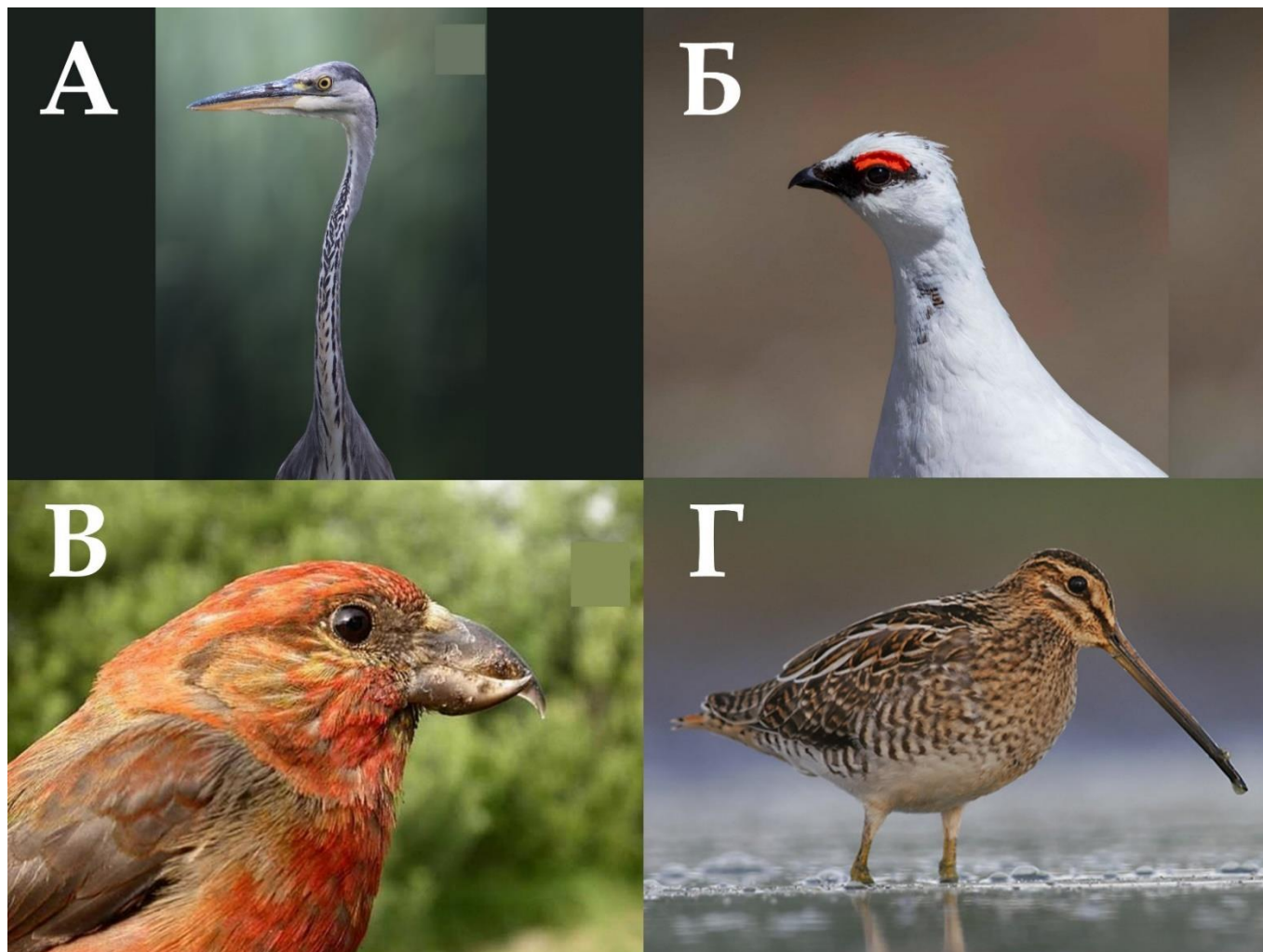
- А) У вида 1 линейная корреляция между длиной черешка и длиной листовой пластинки выражена сильнее, чем у вида 2;
- В) Средняя длина листовой пластинки у вида 2 более чем в 1,5 раза превышает среднюю длину листовой пластинки у вида 1;
- С) Изменчивость размеров листа у вида 1 больше, чем у вида 2;
- Д) Модальное значение длины листовой пластинки вида 1 менее 4,5 см;
- Е) Изученные виды бегоний невозможно достоверно различить по размерам листьев из-за сильного влияния на данный показатель условий культивации;
- Ф) Длина листовой пластинки – более постоянная величина, чем длина черешка, у обоих видов;



**Задание ID 11 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

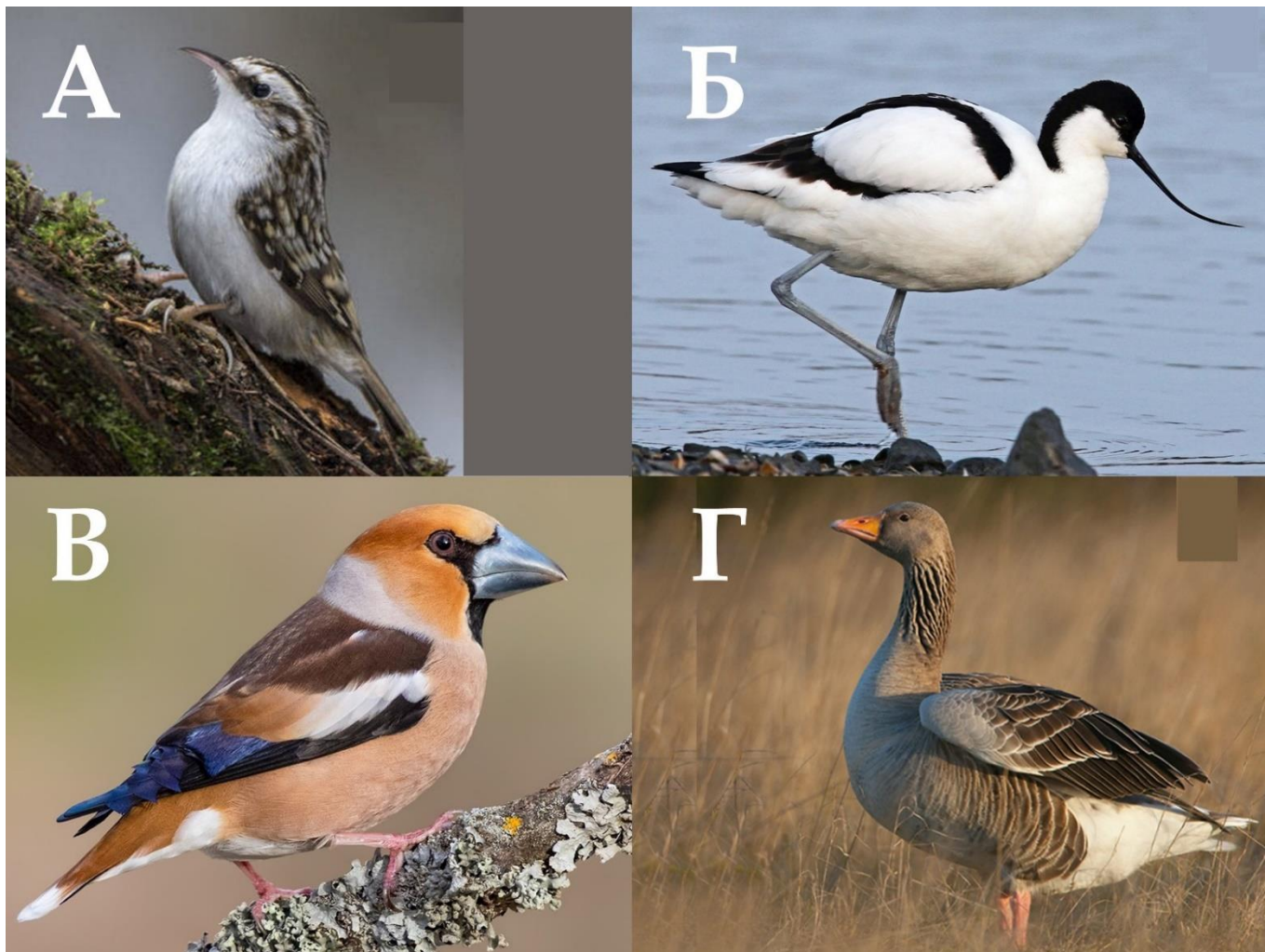
Одна из уникальных черт птиц – это клюв. Клюв образован преимущественно за счет удлинения предчелюстной и зубной костей, покрытых кератиновым чехлом. Клюв необходим, в первую очередь, для добывания пищи, поэтому его форма отражает адаптацию к питанию. На фотографиях изображены птицы с различной формой клювов.

**Вариант 1**

Посмотрите, пожалуйста, на фотографии и для каждого из следующих утверждений о приспособлении клювов птиц к питанию укажите, является оно верным или неверным:

- А) На фото А изображена Серая цапля (*Ardea cinerea*). Ее длинный пинцетообразный клюв предназначен для быстрой и эффективной ловли рыбы и бесхвостых амфибий;
- Б) На фото А изображена Серая цапля (*Ardea cinerea*). Длинный и прямой клюв нужен для копания в иле и поиска водных беспозвоночных;
- С) На фото Г изображен Бекас (*Gallinago gallinago*). Бекасы опускают свой клюв в мягкую водную грязь, зондируют ее и достают мелких водных беспозвоночных;
- Д) На фото В изображен Клест-еловик (*Loxia curvirostra*). Крестообразный клюв участвует в разделывании добычи, преимущественно грызунов;
- Е) На фотографии Б изображена Тундрная куропатка (*Lagopus muta*). Взрослые куропатки питаются в основном растительной пищей семенами, почками и ягодами;
- Ф) На фотографии Б изображена Домашняя курица (*Gallus gallus*) породы Йокогама. Куры всеядные, питаются семенами, травами, листьями, насекомыми;

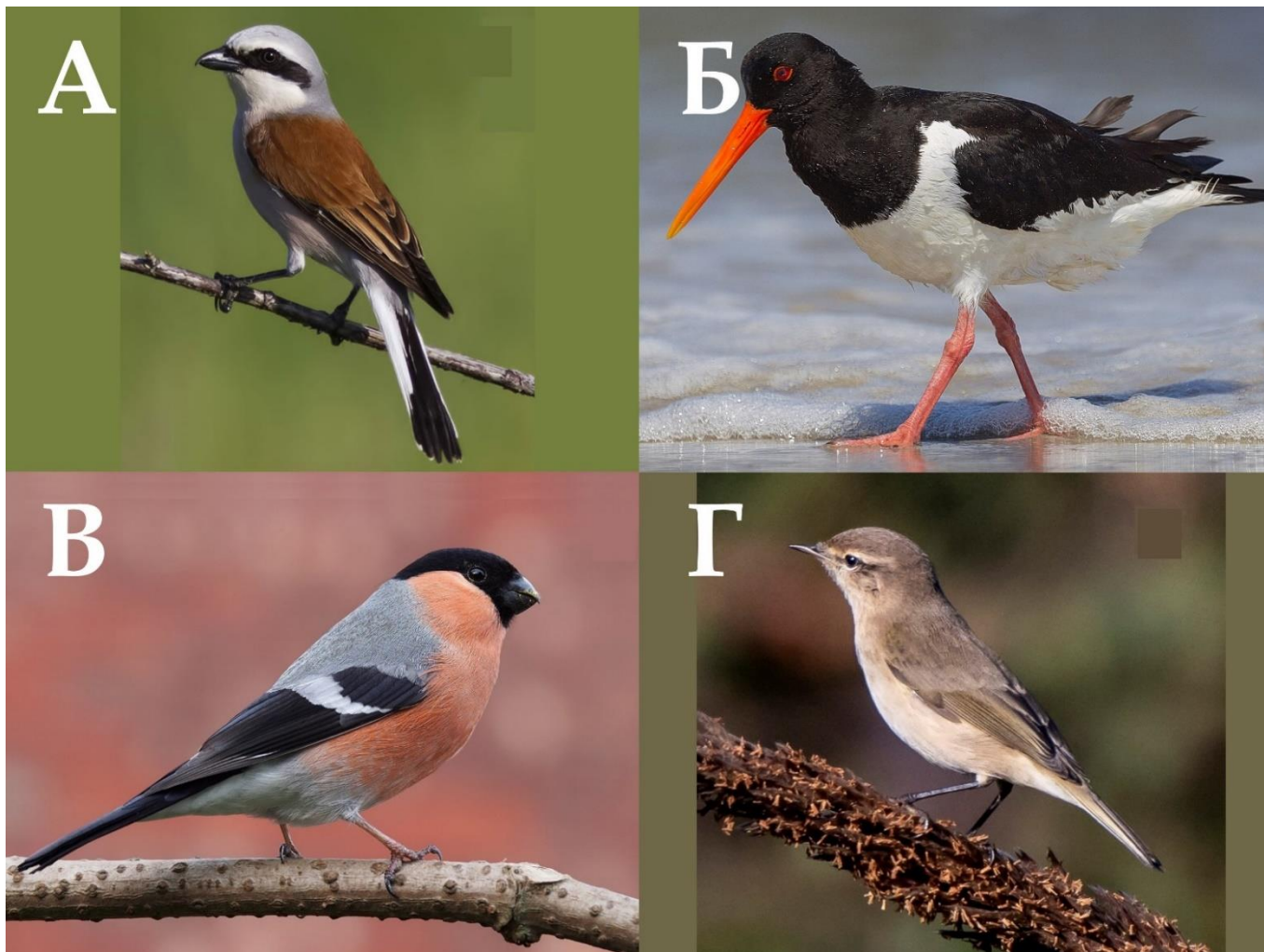
## Вариант 2



Посмотрите, пожалуйста, на фотографии и для каждого из следующих утверждений о приспособлении клювов птиц к питанию укажите, является оно верным или неверным:

- А) На фотографии А изображена Обыкновенная пищуха (*Certhia familiaris*). Пищуха питается яйцами насекомых и пауков, куколками и личинками, которые извлекают из ствола дерева благодаря своему тонкому и изогнутому клюву;
- Б) На фотографии Б изображена Шилоклювка (*Recurvirostra avosetta*). Основной корм шилоклювок – личинки комаров, мелкие рачки и водные насекомые. Птицы наклоняются и широкими взмахами вправо и влево водят клювом по поверхности ила. Этот способ охоты называется «косьбой»;
- В) На фотографии В изображен Обыкновенный дубонос (*Coccothraustes coccothraustes*). Дубоносы питаются косточками черёмухи, яблока, вишни и других плодовых деревьев. Это возможно благодаря массивному клюву;
- Г) На фотографии Г – Буроголовая гаичка (*Poecile montanus*). Питаются гаички, как насекомыми – двукрылыми, перепончатокрылыми, полужесткокрылыми и другими, так и растениями – семенами и плоды березы, ольхи, василька;
- Д) Фотография А – Серый гусь (*Anser anser*). Питаются растительной пищей – осоками, злаками и ягодами;

## Вариант 3



Посмотрите, пожалуйста, на фотографии и для каждого из следующих утверждений о приспособлении клювов птиц к питанию укажите, является оно верным или неверным:

- А) На фотографии Б изображен Кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*). Кулик засовывает клюв в воду или песок на мелководье или во время отливов. Большая часть рациона приходится на двустворчатых моллюсков;
- Б) На фотографии А – Обыкновенный жулан (*Lanius collurio*). Хищная воробьиная птица. Питаются мелкими птицами, грызунами и ящерицами. Жуланы накалывают свою добычу на ветки;
- В) На фотографии Г изображена Пеночка-теньковка (*Phylloscopus collybita*). Теньковки специализируются на питании мелкими насекомыми;
- Г) На фотографии В изображен Обыкновенный снегирь (*Pyrrhula pyrrhula*). Благодаря массивному и короткому клюву, снегيري могут охотиться на личинок насекомых, гусениц пяденицы и пауков;
- Д) Под буквой В изображен Обыкновенный снегирь (*Pyrrhula pyrrhula*). Снегири предпочитают питаться ягодами, выедавая из них семена;
- Е) На фотографии А показан Полевой воробей (*Passer montanus*). Воробьи питаются как мелкими беспозвоночными, так и семенами и плодами;

### Задание ID 12 – 3 балла

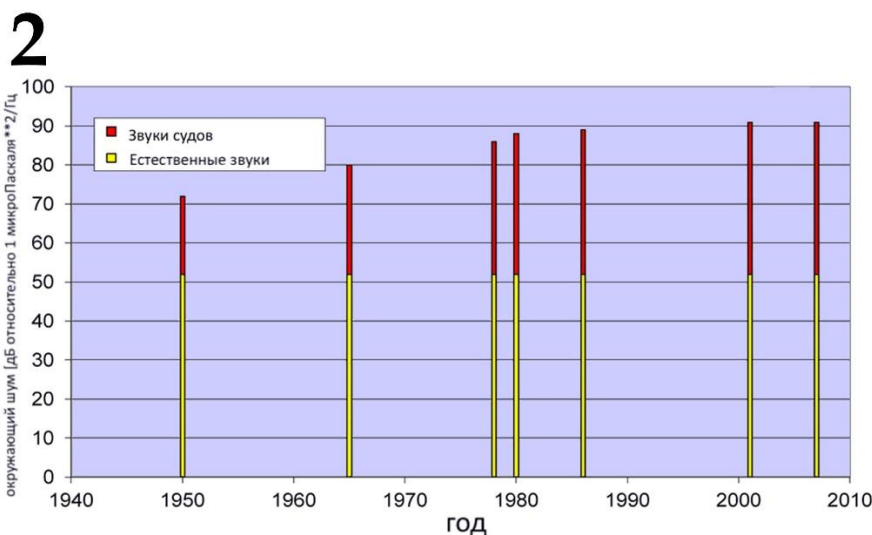
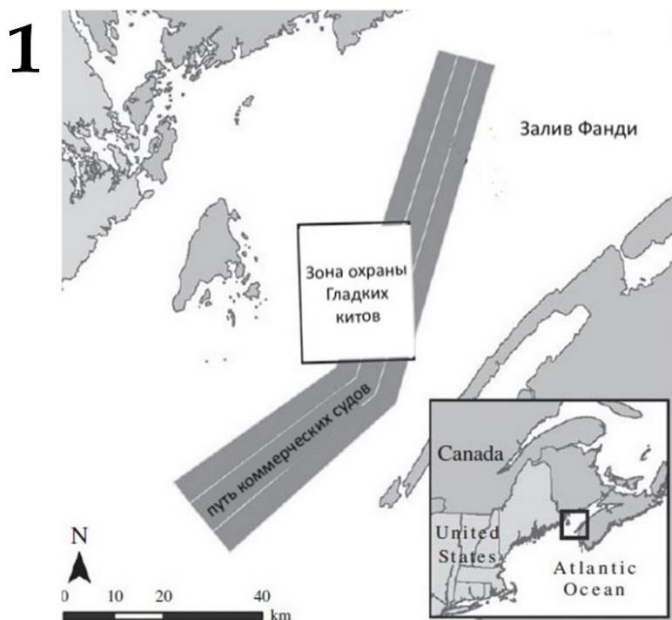
Общая для всех вариантов часть вопроса:

Гладкие киты (семейство Balaenidae) активно используют акустическую коммуникацию, причем их звуки могут распространяться в океанических водах на сотни километров. Низкочастотный шум от больших коммерческих судов создает существенные помехи китам, так как лежит в том же частотном диапазоне. Американские ученые предполагают, что интенсивность морского трафика коррелирует с уровнем стероидных гормонов (глюкокортикоидов) в организме китов, который является индикатором уровня стресса. Ученые решили проанализировать не акустические сигналы, а гормоны китов. Известно, что стресс приводит к повышению концентрации стероидных гормонов глюкокортикоидов в организме. Метаболиты этих гормонов выводятся с калом и мочой. Показано, что уровень метаболитов глюкокортикоидов (ГК) в фекальных массах отражает уровень физиологического стресса, испытанного животным.

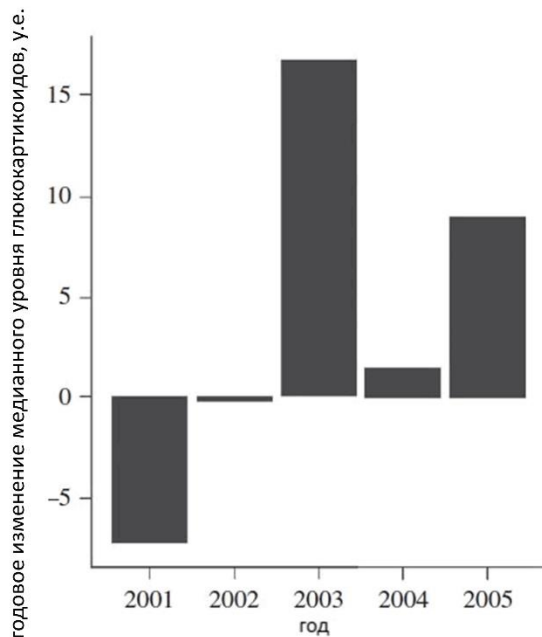
Рис 1. Пути коммерческих судов.

Рис 2. Измерения уровня океанического шума с 1950 по 2007 года.

Рис 3. Годовое (сравнивали конец и начало года) изменение медианного уровня глюкокортикоидов у китов.



3



**Проанализируйте рисунки и для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:**

**Вариант 1:**

- A) Пути коммерческих судов проходят через места обитания гладких китов;
- B) С середины прошлого века уровень шумов, вызванный коммерческим судоходством, значительно вырос, тогда как уровень биологических шумов оставался примерно на одном уровне;
- C) Звуки судов и биологических шумов оставались на одном уровне;
- D) Известно, что в 2001 году трафик судов был минимален за весь XXI века. Это могло повлиять на уровень стресса китов, что можно предположить из представленных данных;
- E) После 2001 года количество глюкокортикоидов повышалось, что может свидетельствовать о стрессе;
- F) Исследования проводились в водах Атлантического океана – это ареал Северного гладкого кита (*Eubalaena glacialis*), а не Японского гладкого кита (*Eubalaena japonica*);

**Вариант 2:**

- A) С середины прошлого века уровень шумов, вызванный коммерческим судоходством, значительно вырос, тогда как уровень биологических шумов оставался примерно на одном уровне;
- B) Звуки судов и биологических шумов оставались на одном уровне;
- C) Исследование проводилось в водах Атлантического океана – это ареал Японского гладкого кита (*Eubalaena japonica*), а не Северного гладкого кита (*Eubalaena glacialis*);
- D) В 2004 году наблюдался наименьший уровень стресса у гладких китов;
- E) Пути коммерческих судов не проходят через места обитания гладких китов;
- F) После 2001 года количество глюкокортикоидов понижалось, что свидетельствует об уменьшении стресса;

**Вариант 3:**

- A) Пути коммерческих судов проходят через места обитания гладких китов;
- B) Звуки судов и биологических шумов оставались на одном уровне;
- C) Известно, что в 2001 году трафик судов был минимален за весь XXI века. Это могло повлиять на уровень стресса китов, что можно предположить из представленных данных;
- D) Исследования проводились в водах Атлантического океана – это ареал Северного гладкого кита (*Eubalaena glacialis*), а не Японского гладкого кита (*Eubalaena japonica*);

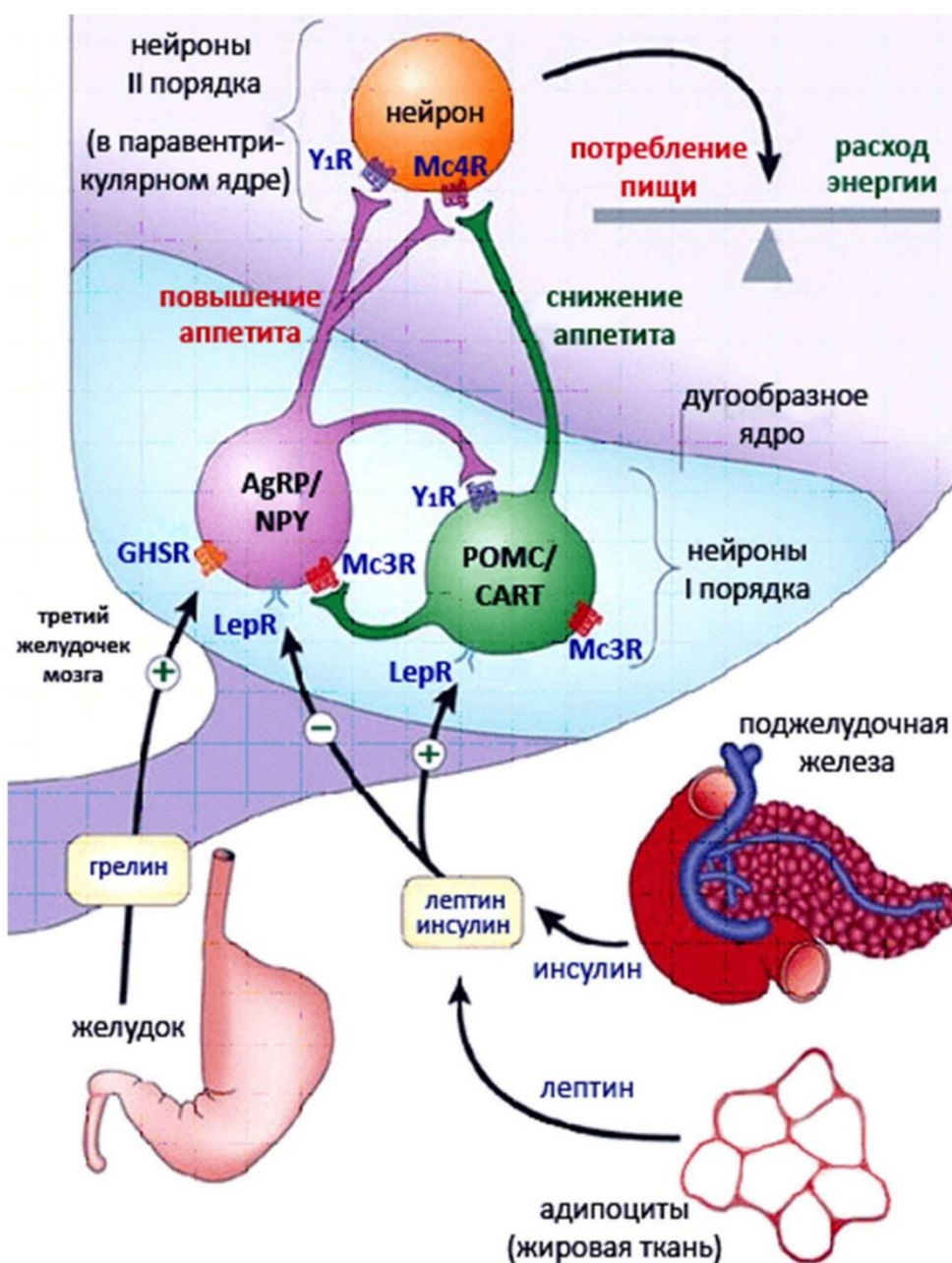
- Е) Исследование проводилось в водах Атлантического океана – это ареал Японского гладкого кита (*Eubalaena japonica*), а не Северного гладкого кита (*Eubalaena glacialis*);
- Ф) После 2001 года количество глюкокортикоидов снижалось, что свидетельствует об уменьшении стресса;

### Задание ID 17 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Одним из ключевых регуляторов пищевого поведения является дугообразное ядро гипоталамуса. В этом ядре можно обнаружить две группы нейронов. Одни из них экспрессируют проопиомеланокортин (POMC) – белок-прекурсор, при протеолизе которого среди прочего образуется  $\alpha$ -меланоцитстимулирующий гормон, оказывающий анорексигенный (подавляющий аппетит) эффект. Другая популяция нейронов продуцирует орексигенные (стимулирующие аппетит) пептиды – нейропептид Y (NPY) и агути-подобный белок (AgRP). Обе группы нейронов находятся под влиянием различных регуляторных механизмов, часть из которых показана на схеме.

Современным представлениям о регуляции пищевого поведения мы во многом обязаны экспериментам с парабиозом – методом искусственного сращивания двух (реже трех) животных, при котором между ними устанавливается общее кровообращение.



**Обозначения:** (*Ob/Ob*) – мыши, гомозиготные по инактивирующей мутации в гене лептина, (*Db/Db*) – мыши, гомозиготные по инактивирующей мутации в гене рецептора лептина.

**Проанализируйте предложенную схему и определите, какие из приведенных ниже суждений являются верными, а какие – неверными.**

*Вариант 1:*

- А) Если мышь линии (*Db/Db*) парабиотически соединить с мышью дикого типа, то мышь дикого типа будет есть больше и быстро набирать массу тела;
- В) Концентрация грелина в плазме крови максимальна после обильного приема пищи;
- С) Концентрация лептина в плазме крови максимальна при длительном голодании;
- Д) Если мышь линии (*Ob/Ob*) парабиотически соединить с мышью дикого типа, то мышь (*Ob/Ob*) будет есть меньше, а мышь дикого типа – больше, чем до операции;
- Е) Если мышь линии (*Db/Db*) парабиотически соединить с мышью линии (*Ob/Ob*), то мышь линии (*Ob/Ob*) будет есть меньше и терять массу тела;
- Ф) На AgRP/NPY- и POMC-нейроны лептин оказывает прямо противоположное действие, следовательно, в этих нейронах экспрессируются разные рецепторы к лептину;

*Вариант 2:*

- А) Если мышь линии (*Ob/Ob*) парабиотически соединить с мышью дикого типа, то мышь (*Ob/Ob*) будет есть больше, а мышь дикого типа – меньше, чем до операции;
- В) На AgRP/NPY- и POMC-нейроны лептин оказывает прямо противоположное действие, следовательно, в этих нейронах экспрессируются разные изоформы рецептора к лептину;
- С) Концентрация лептина в плазме крови максимальна при длительном голодании;
- Д) Концентрация грелина в плазме крови после обильного приема пищи снижается;
- Е) Если мышь линии (*Db/Db*) парабиотически соединить с мышью дикого типа, то мышь дикого типа будет есть меньше и терять массу тела;
- Ф) Если мышь линии (*Db/Db*) парабиотически соединить с мышью линии (*Ob/Ob*), то мышь линии (*Ob/Ob*) будет есть больше и набирать массу тела;

*Вариант 3:*

- А) Если мышь линии (*Db/Db*) парабиотически соединить с мышью дикого типа, то мышь дикого типа будет есть меньше и терять массу тела;
- В) Концентрация лептина в плазме крови максимальна при длительном голодании;
- С) На AgRP/NPY- и POMC-нейроны лептин оказывает прямо противоположное действие, следовательно, в этих нейронах экспрессируются разные изоформы рецептора к лептину;
- Д) Если мышь линии (*Ob/Ob*) парабиотически соединить с мышью дикого типа, то мышь (*Ob/Ob*) будет есть меньше, а мышь дикого типа – больше, чем до операции;
- Е) Концентрация грелина в плазме крови максимальна после обильного приема пищи;
- Ф) Если мышь линии (*Db/Db*) парабиотически соединить с мышью линии (*Ob/Ob*), то мышь линии (*Ob/Ob*) будет есть меньше и терять массу тела;

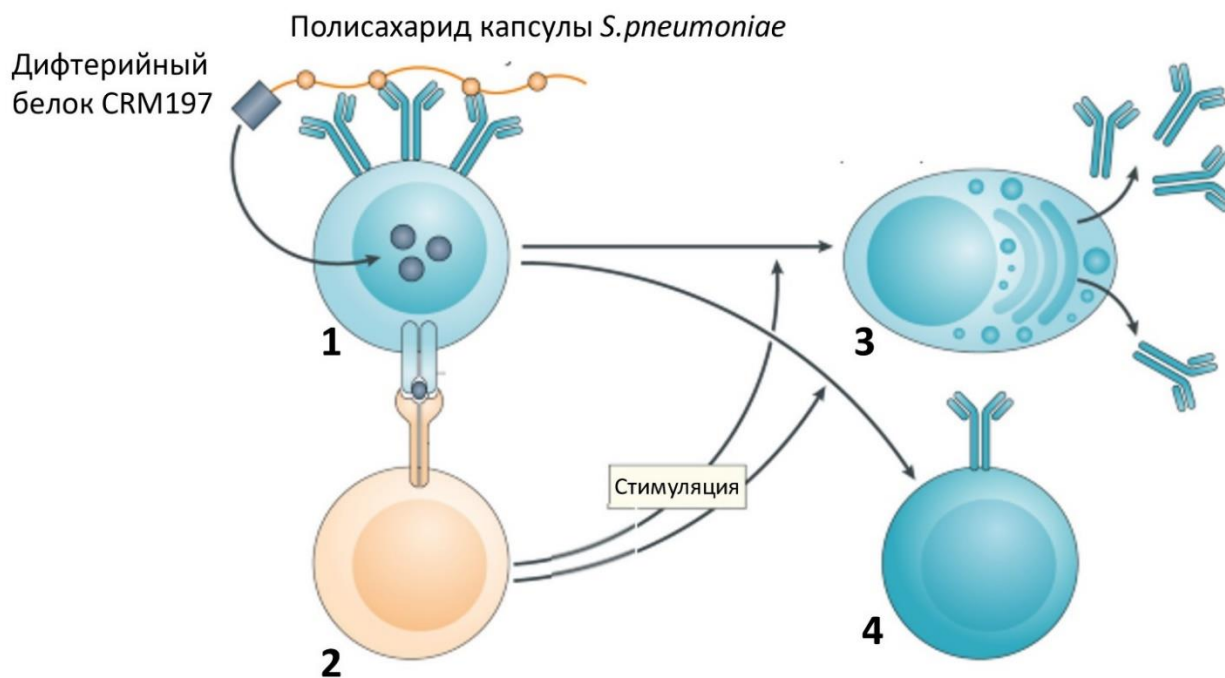


**Задание ID 18 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Пневмококк (*Streptococcus pneumoniae*) – ведущий возбудитель внебольничной пневмонии, острого гнойного среднего отита, бактериального гнойного менингита и других опасных инфекционных заболеваний. Ключевым фактором вирулентности этого патогена является полисахаридная капсула, затрудняющая фагоцитоз бактерии иммунными клетками.

В настоящее время разработано несколько вакцин против пневмококка, в том числе так называемая конъюгированная вакцина, которая содержит капсулярные полисахариды, к которым ковалентно присоединен дифтерийный белок CRM197 (нетоксичная мутантная форма дифтерийного токсина). На рисунке ниже представлена упрощенная схема иммунного ответа, развивающегося после введения такой вакцины.



Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Клетка №1 – Т-лимфоцит, клетка №2 – В-лимфоцит;
- В) После взаимодействия клетки №2 с клеткой №1 последняя вступает в митоз, при этом одна из дочерних клеток сохраняет фенотип родительской (№4), а другая становится клеткой, секретирующей антитела (№3);
- С) Взаимодействие клеток №1 и №2, показанное на рисунке, происходит в периферических лимфоидных органах;
- Д) После введения описанной конъюгированной вакцины иммунитета к дифтерии не возникает, так как к полисахариду присоединена мутантная, а не дикая, форма дифтерийного токсина;
- Е) Клетки №1 и №2 имеют рецепторы, специфично распознающие один и тот же антиген;
- Ф) После введения конъюгированной вакцины в организме человека произойдет клональная экспансия Т-лимфоцитов, способных специфично распознать CRM197;

Вариант 2:

- А) Клетка №1 – В-лимфоцит, клетка №2 – Т-лимфоцит;
- В) После введения конъюгированной вакцины в организме человека произойдет клональная экспансия Т-лимфоцитов, способных специфично распознать капсульный полисахарид пневмококка;

- С) Взаимодействие клеток №1 и №2, показанное на рисунке, происходит в центральных лимфоидных органах;
- Д) На рисунке показано взаимодействие Т- и В-клеточного рецепторов;
- Е) Преимущество конъюгированной вакцины заключается в том, что она позволяет сформировать иммунитет как к пневмококковой инфекции, так и к дифтерии;
- Ф) После взаимодействия клетки №2 с клеткой №1 последняя вступает в митоз, при этом одна из дочерних клеток сохраняет фенотип родительской (№4), а другая становится клеткой, секретирующей антитела (№3).

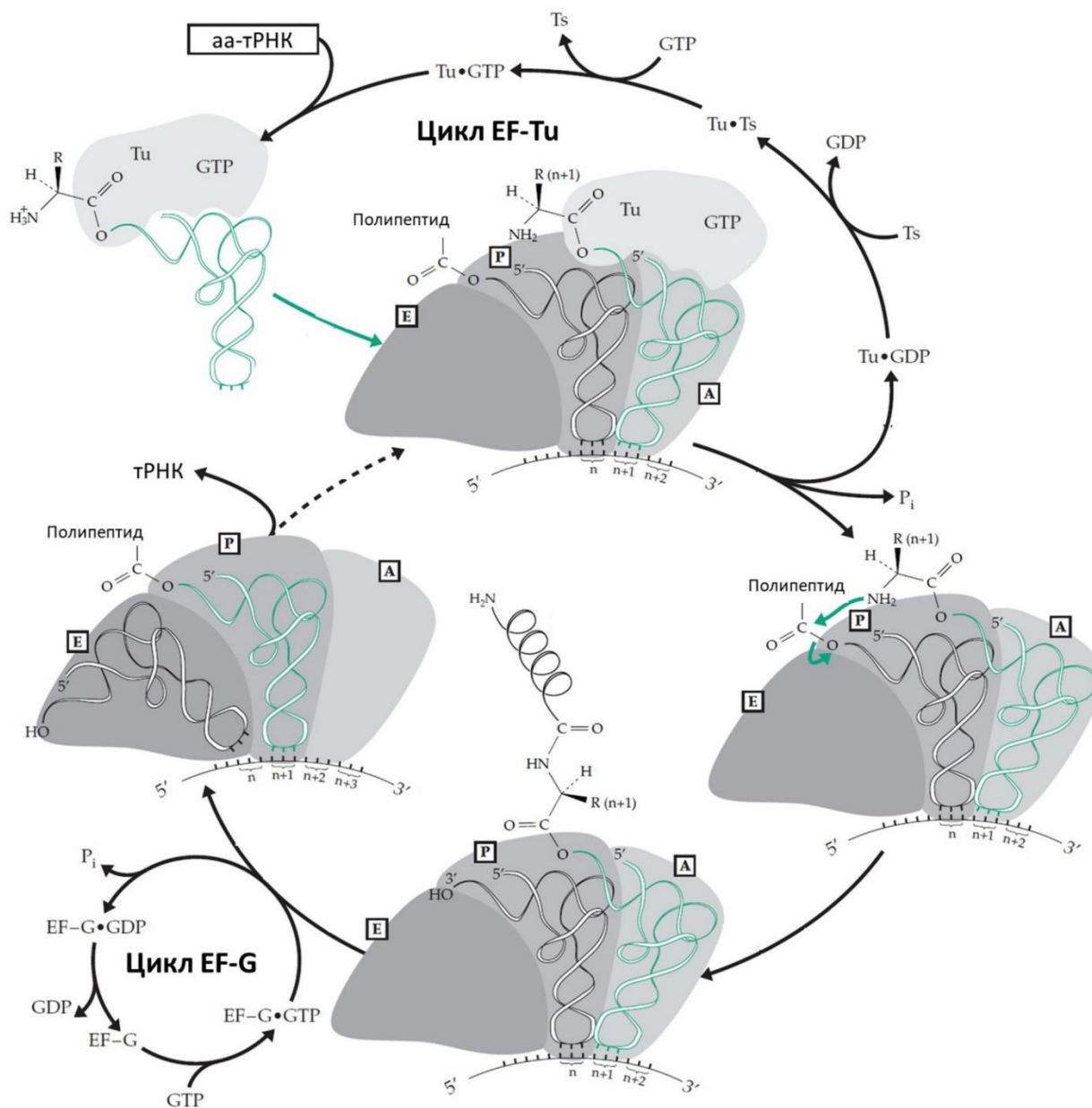
*Вариант 3:*

- А) Антитела, секретируемые клеткой №3, способны распознавать как полисахарид капсулы пневмококка, так и CRM197;
- В) Клетка №1 – Т-лимфоцит, клетка №2 – В-лимфоцит;
- С) После взаимодействия клетки №2 с клеткой №1 последняя вступает в митоз, при этом одна из дочерних клеток сохраняет фенотип родительской (№4), а другая становится клеткой, секретирующей антитела (№3);
- Д) Взаимодействие клеток №1 и №2, показанное на рисунке, происходит в периферических лимфоидных органах;
- Е) На рисунке показано взаимодействие Т- и В-клеточного рецепторов;
- Ф) После введения конъюгированной вакцины в организме человека произойдет клональная экспансия Т-лимфоцитов, способных специфично распознать CRM197;

### Задание ID 22 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке показан элонгационный цикл бактериальной рибосомы, и сопряженные с ним циклы факторов трансляции EF-Tu и EF-G. Рибосома на схеме не показана целиком – показаны только расположенные в ней сайты А, Р и Е.



Рассмотрите показанную схему и укажите для каждого утверждения, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- Рибосома движется от 5'-конца к 3'-концу мРНК;
- Растущим концом полипептида является его N-конец;
- При инициации трансляции инициаторная тРНК располагается в А-сайте рибосомы;
- В ходе элонгационного цикла рибосома расщепляет АТФ и использует энергию, запасенную в этой молекуле, для образования пептидной связи;
- В физиологических условиях цикл EF-Tu обеспечивает замену GDP на GTP у этого фактора трансляции;
- Фактор EF-G участвует в катализе образования пептидной связи;

*Вариант 2:*

- А) В физиологических условиях в цикле EF-G происходит фосфорилирование GDP до GTP у этого фактора трансляции;
- В) Фактор EF-G участвует в перемещении рибосомы;
- С) Рибосома движется от 3'-конца к 5'-концу мРНК;
- Д) Терминация трансляции происходит, когда в Р-сайте рибосомы оказывается стоп-кодон в мРНК;
- Е) Растущим концом полипептида является его С-конец;
- Ф) За один оборот элонгационного цикла непосредственно расходуется две макроэргические связи (с учетом активности факторов элонгации);

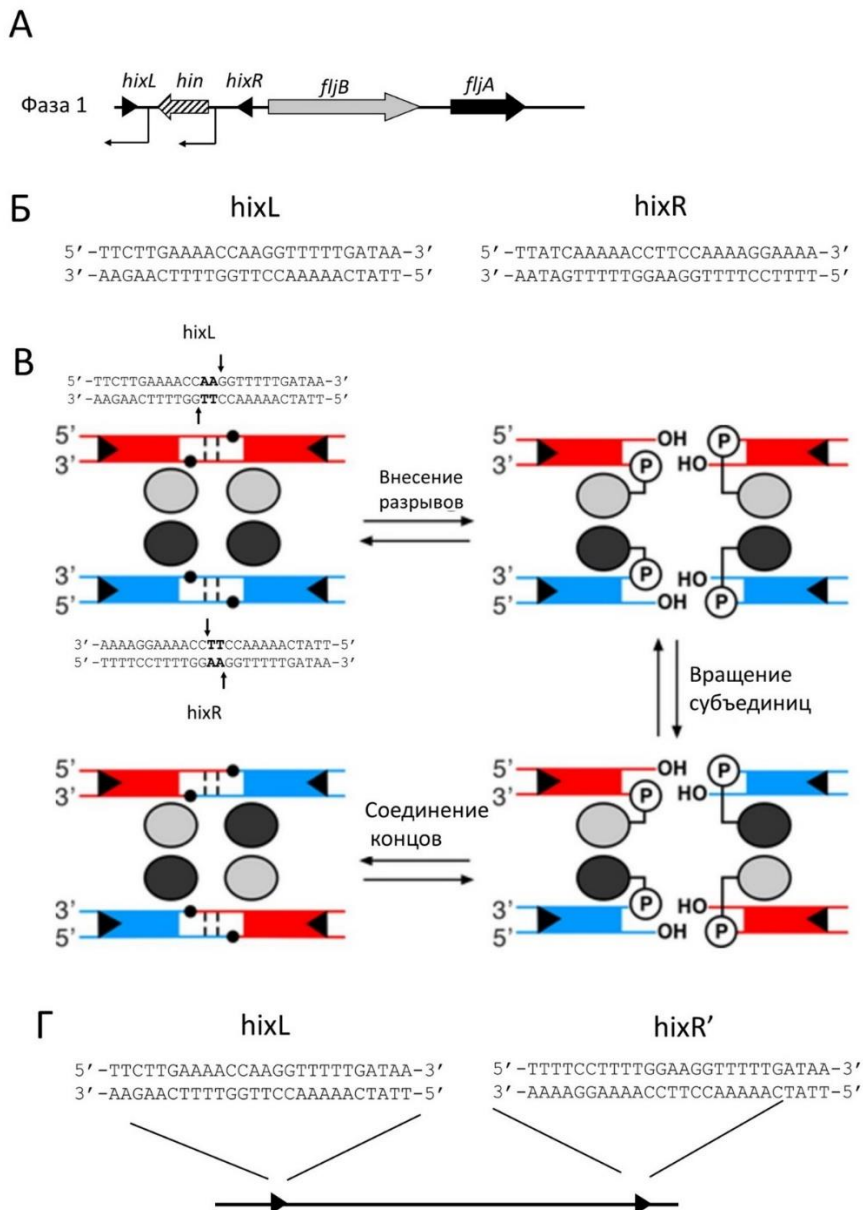
*Вариант 3:*

- А) Рибосома движется от 5'-конца к 3'-концу мРНК;
- В) За один оборот элонгационного цикла непосредственно расходуется две макроэргические связи (с учетом активности факторов элонгации);
- С) В физиологических условиях цикл EF-Tu обеспечивает замену GDP на GTP у этого фактора трансляции;
- Д) Фактор EF-G участвует в перемещении рибосомы;
- Е) При инициации трансляции инициаторная тРНК располагается в А-сайте рибосомы;
- Ф) Растущим концом полипептида является его С-конец;

**Задание ID 23 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На поверхности клеток *Salmonella enterica* находятся жгутики, которые могут быть построены из одного из двух вариантов флагеллина – *fljC* или *fljB*, кодируемых разными генами. Каждая клетка экспрессирует только один из типов флагеллина (клетки с разными типами флагеллина называют клетками фазы 1 и клетками фазы 2). Однако, тип флагеллина может меняться с частотой примерно  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  на клеточное деление в результате процесса сайт-специфической рекомбинации. На рисунке А показана схема строения локуса *fljAB* в клетках фазы 1. Кроме *fljB* в опероне *fljAB* закодирован белок *fljA*, который репрессирует *fljC*. На рисунке тонкими черными загнутыми перпендикулярными стрелками отмечены промоторы (стрелка указывает направление транскрипции). *hixL* и *hixR* – сайты рекомбинации, *hin* – ген, кодирующий сайт-специфическую рекомбиназу, узнающую сайты *hixL* и *hixR*. На рисунке Б показаны последовательности сайтов *hixL* и *hixR* в фазе 1 (приведенная ориентация последовательностей сайтов соответствует таковой на карте А). На рисунке В показана схема механизма работы рекомбиназы *hin* (для ясности приведены последовательности сайтов *hixL* и *hixR* в ориентации, соответствующей этой схеме). Рисунок Г относится к одному из пунктов вопроса и поясняется в нем.



Для каждого утверждения укажите, является оно верным или неверным:

**Вариант 1:**

- А) Активность сайт-специфической рекомбиназы *hix* приводит к инверсии участка, содержащего промотор оперона *fliAB*;
- В) Клетки фазы 2 экспрессируют флагеллин *FliC*;
- С) Рекомбиназа *hix* экспрессируется только в фазе 1;
- Д) Последовательности сайтов *hixL* и *hixR* в фазе 2 совпадают с таковыми для фазы 1;
- Е) Воздействие на молекулу ДНК, содержащую сайт *hixL* и инвертированный вариант сайта *hixR* (*hixR*)', как показано на рисунке Г, рекомбиназой *hix* приведет к делеции;
- Ф) Потомки клетки с мутацией в сайте *hixL*, нарушающей связывание с этим сайтом рекомбиназы *hix*, будут неспособны к переключению экспрессии флагеллинов;

**Вариант 2:**

- А) Активность сайт-специфической рекомбиназы *hix* приводит к делеции участка, содержащего промотор оперона *fliAB*;
- В) Клетки фазы 1 экспрессируют флагеллин *FliC*;
- С) Рекомбиназа *hix* экспрессируется только в фазе 2;
- Д) Последовательности сайтов *hixL* и *hixR* в фазе 2 отличаются от таковых в фазе 1;
- Е) Воздействие на молекулу ДНК, содержащую сайт *hixL* и инвертированный вариант сайта *hixR* (*hixR*)', как показано на рисунке Г, рекомбиназой *hix* приведет к делеции;
- Ф) Потомки клетки с мутацией в гене *hix*, приводящей к потере активности этого белка, будут неспособны к переключению экспрессии флагеллинов;

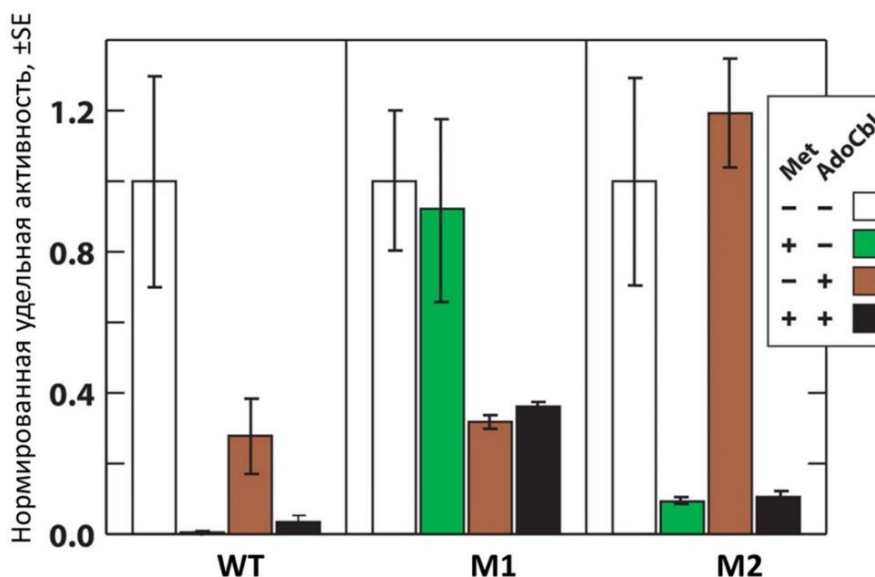
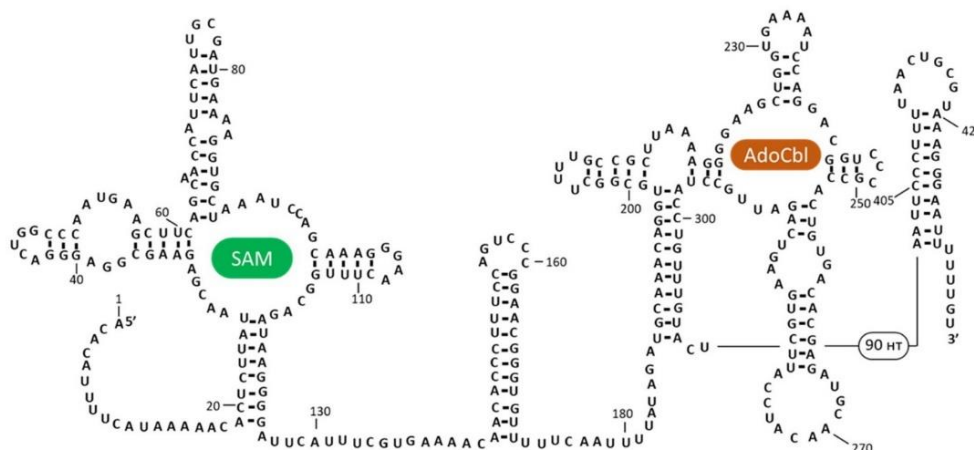
**Вариант 3:**

- А) Активность сайт-специфической рекомбиназы *hix* приводит к инверсии участка, содержащего промотор оперона *fliAB*;
- В) Клетки фазы 1 экспрессируют флагеллин *FliC*;
- С) Рекомбиназа *hix* экспрессируется только в фазе 1;
- Д) Последовательности сайтов *hixL* и *hixR* в фазе 2 отличаются от таковых в фазе 1;
- Е) Воздействие на молекулу ДНК, содержащую сайт *hixL* и инвертированный вариант сайта *hixR* (*hixR*)', как показано на рисунке Г, рекомбиназой *hix* приведет к делеции;
- Ф) Потомки клетки с мутацией в гене *hix*, приводящей к потере активности этого белка, будут неспособны к переключению экспрессии флагеллинов;

### Задание ID 24 – 3 балла

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Ген *metE* *Bacillus clausii* имеет достаточно большую по меркам прокариотических генов 5' нетранслируемую область (НТО) размером 453 нуклеотида, в которой находится тандемный рибопереключатель. Этот рибопереключатель является комбинацией двух рибопереключателей, один из которых связывает S-аденозилметионин (SAM), а второй – аденозилкобаламин (AdoCbl). Рибопереключатели могут регулировать экспрессию на этапе транскрипции, действуя на РНК-полимеразу, или на этапе трансляции влияя на связывание рибосомы с мРНК. Для изучения влияния рибопереключателей в мРНК *metE* на экспрессию ученые собрали репортерные генетические конструкции, содержащие ген фермента β-галактозидазы. В репортерных конструкциях в 5'-НТО гена бета-галактозидазы находилась либо последовательность тандемного рибопереключателя *metE* дикого типа (WT), либо одна из двух мутантных форм этого рибопереключателя: с заменами в участке, связывающем SAM (M1: G30A, A31G), или с заменами в участке, связывающем AdoCbl (M2: G250U, C251G, C252G). Полученные генетические конструкции интегрировали в локус *amyE* *Bacillus subtilis* штамма 1A1 (одна интеграция конструкции на геном). Далее исследователи измеряли удельную активность β-галактозидазы в полученных клетках. На графике показана нормированная удельная активность β-галактозидазы при использовании различных конструкций при добавлении к клеткам метионина или AdoCbl. Нормировку проводили на значение удельной активности в клетках, к которым не добавляли никакое из указанных веществ. Ранее было показано, что при добавлении к клеткам *Bacillus subtilis* метионина в них увеличивается количество S-аденозилметионина. SE – стандартная ошибка среднего.



**Проанализируйте описанный эксперимент и укажите для каждого утверждения, является оно верным или нет:**

*Вариант 1:*

- A) Рибопереключатель дикого типа, скорее всего, подавляет экспрессию *metE* при связывании SAM;
- B) Рибопереключатель, связывающий SAM, регулирует экспрессию на этапе транскрипции, действуя на РНК-полимеразу;
- C) Рибопереключатель дикого типа, скорее всего, активирует экспрессию *metE* при связывании AdoCbl;
- D) AdoCbl и SAM по-отдельности не влияют на экспрессию гена *metE*: эффект проявляется только при совместном действии этих веществ;
- E) Рибопереключатель, связывающий AdoCbl, регулирует экспрессию, влияя на инициацию трансляции;
- F) Мутация в одном из рибопереключателей (M1) делает нефункциональными оба рибопереключателя;

*Вариант 2:*

- A) Рибопереключатель, связывающий AdoCbl, регулирует экспрессию на этапе транскрипции, действуя на РНК-полимеразу;
- B) Рибопереключатель дикого типа, скорее всего, подавляет экспрессию *metE* при связывании AdoCbl;
- C) AdoCbl и SAM по-отдельности влияют на экспрессию гена *metE*, однако при комбинации этих веществ их воздействия друг на друга нейтрализуют эффект на экспрессию гена *metE*;
- D) Рибопереключатель, связывающий SAM, регулирует экспрессию, влияя на инициацию трансляции;
- E) Рибопереключатель дикого типа, скорее всего, активирует экспрессию *metE* при связывании SAM;
- F) Мутация в одном из рибопереключателей (M2) делает нефункциональными оба рибопереключателя;

*Вариант 3:*

- A) Рибопереключатель, связывающий AdoCbl, регулирует экспрессию, влияя на инициацию трансляции;
- B) Рибопереключатель дикого типа, скорее всего, подавляет экспрессию *metE* при связывании SAM;
- C) AdoCbl и SAM по-отдельности не влияют на экспрессию гена *metE*: эффект проявляется только при совместном действии этих веществ;
- D) Рибопереключатель, связывающий AdoCbl, регулирует экспрессию на этапе транскрипции, действуя на РНК-полимеразу;
- E) Рибопереключатель дикого типа, скорее всего, подавляет экспрессию *metE* при связывании AdoCbl;
- F) Мутация в одном из рибопереключателей (M2) делает нефункциональными оба рибопереключателя;



**Задание ID 28 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

**Дрейф генов** – один из важных эволюционных механизмов, приводящих к ненаправленному изменению частот аллелей и генотипов. Отсутствие дрейфа генов в популяции – одно из важных условий соблюдения закона Харди-Вайнберга. Рассмотрим на простом примере результат действия дрейфа генов на некоторую популяцию. Предположим, что у нас имеется популяция микроорганизмов со следующим распределением частот аллелей гена А:  $p(A)=2/3$ ,  $p(a)=1/3$ . Считайте, что в клетках присутствует по одному аллелю каждого гена. При этом ген А не влияет на выживаемость и размножение микроорганизмов. Предположим, что в результате сокращения ресурсов питания численность популяции упала до трех микроорганизмов. Считайте, что все микроорганизмы изначально имели одинаковые шансы на выживание, не зависящие от генотипа. Для каждого утверждения ниже укажите является оно верным или нет:

*Вариант 1:*

- А) Вероятность элиминирования (полного исчезновения) аллеля А равна  $1/27$ ;
- В) Вероятность элиминирования (полного исчезновения) аллеля а равна  $8/27$ ;
- С) Вероятность сохранения частот аллелей равна  $4/9$ ;
- Д) Вероятность того, что в новой популяции частоты аллелей будут обратные ( $p(A)=1/3$ ,  $p(a)=2/3$ ) равна  $4/9$ ;
- Е) Дрейф генов более выражен в популяциях малого размера;
- Ф) Частоты аллелей гарантировано изменятся;

*Вариант 2:*

- А) Вероятность элиминирования (полного исчезновения) аллеля а равна  $8/27$ ;
- В) Вероятность сохранения частот аллелей равна  $2/9$ ;
- С) Вероятность того, что в новой популяции частоты аллелей будут обратные ( $p(A)=1/3$ ,  $p(a)=2/3$ ) равна  $2/9$ ;
- Д) Вероятность элиминирования (полного исчезновения) аллеля А равна  $8/27$ ;
- Е) Частоты аллелей гарантировано не изменятся;
- Ф) Интенсивность дрейфа генов не зависит от размера популяции;

*Вариант 3:*

- А) Вероятность элиминирования (полного исчезновения) аллеля а равна  $1/27$ ;
- В) Вероятность сохранения частот аллелей равна  $4/9$ ;
- С) Вероятность того, что в новой популяции частоты аллелей будут обратные ( $p(A)=1/3$ ,  $p(a)=2/3$ ) равна  $2/9$ ;
- Д) Частоты аллелей гарантировано изменятся;
- Е) Для популяций малого размера дрейф генов проявляется интенсивнее, чем для популяций большого размера;
- Ф) Вероятность элиминирования (полного исчезновения) аллеля А равна  $8/27$ ;

**Задание ID 29 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

Юный натуралист решил изучить кариотип некоторой ранее неизвестной птицы. Первым делом он обнаружил, что в соматических клетках содержится 70 хромосом. Далее он посчитал число хромосом для разных этапов мейоза и митоза. Под хромосомами имеются ввиду образования хроматина, которые видны в световой микроскоп. Для каждого утверждения ниже укажите является оно верным или неверным:

*Вариант 1:*

- А) На стадии G2 клеточного цикла в соматических клетках содержится 140 молекул ДНК;
- В) Число групп сцепления в соматической клетке гетерогаметного пола равно 36;
- С) В метафазе мейоза II в клетках содержится 35 хромосом;
- Д) В случае неправильного расхождения одного из бивалентов в анафазе мейоза I у самцов образуются две гаметы, содержащие 34 хромосомы, и две гаметы, содержащие 36 хромосом;
- Е) В анафазе митоза в клетках содержится 70 хромосом;
- Ф) Вероятно, мужской пол является гетерогаметным;

*Вариант 2:*

- А) Число групп сцепления в соматической клетке гомогаметного пола равно 36;
- В) В метафазе митоза в клетках содержится 140 хромосом;
- С) В метафазе мейоза I в клетках содержится 70 хромосом;
- Д) В случае неправильного расхождения одной из хромосом в анафазе мейоза II у самцов образуются две гаметы, содержащие 35 хромосом, одна гамета, содержащая 34 хромосомы, одна гамета, содержащая 36 хромосом;
- Е) На стадии G2 клеточного цикла в соматических клетках содержится 70 молекул ДНК;
- Ф) Вероятно, мужской пол является гомогаметным;

*Вариант 3:*

- А) В профазе мейоза II в клетках содержится 35 хромосом;
- В) Число групп сцепления в соматической клетке гетерогаметного пола равно 35;
- С) В анафазе митоза в клетках содержится 140 хромосом;
- Д) Вероятно, женский пол является гомогаметным;
- Е) В случае неправильного расхождения одной из хромосом в анафазе мейоза II у самцов образуются две гаметы, содержащие 34 хромосомы, и две гаметы, содержащие 36 хромосом;
- Ф) На стадии G1 клеточного цикла в соматических клетках содержится 70 молекул ДНК;

**Задание ID 30 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

**В супружеской паре, где отец имеет карие глаза, а мать – голубые, имеются два ребенка. Известно, что родители отца – гетерозиготы. Используя упрощенную модель наследования цвета глаза, где карий цвет радужной оболочки глаз определяется доминантным аллелем А, голубой цвет радужной оболочки глаза – рецессивным аллелем а, укажите, какие утверждения ниже являются верными, а какие неверными:**

*Вариант 1:*

- А) Вероятность рождения в этой супружеской паре голубоглазого ребенка равна  $1/3$ ;
- В) Если дополнительно известно, что два первых ребенка – кареглазые, то вероятность рождения следующего ребенка с голубыми глазами составляет  $1/6$ ;
- С) Вероятность, того, что отец гомозигота –  $2/3$ ;
- Д) При условии, что у пары есть два ребенка, вероятность, того, что они оба кареглазые –  $4/9$ ;
- Е) Вероятность рождения в этой супружеской паре кареглазого ребенка равна 0;
- Ф) Если дополнительно известно, что два ребенка – кареглазые, то вероятность рождения следующего ребенка с карими глазами составляет  $4/5$ ;

*Вариант 2:*

- А) Вероятность рождения в этой супружеской паре кареглазого ребенка равна  $2/3$ ;
- В) Если дополнительно известно, что два ребенка – кареглазые, то вероятность рождения следующего ребенка с карими глазами составляет  $4/5$ ;
- С) При условии, что у пары есть два ребенка, вероятность, того, что они оба голубоглазые –  $1/9$ ;
- Д) Вероятность рождения в этой супружеской паре голубоглазого ребенка равна 0;
- Е) Вероятность, того, что отец гетерозигота –  $1/3$ ;
- Ф) Если дополнительно известно, что два первых ребенка – кареглазые, то вероятность рождения следующего ребенка с голубыми глазами составляет  $1/6$ ;

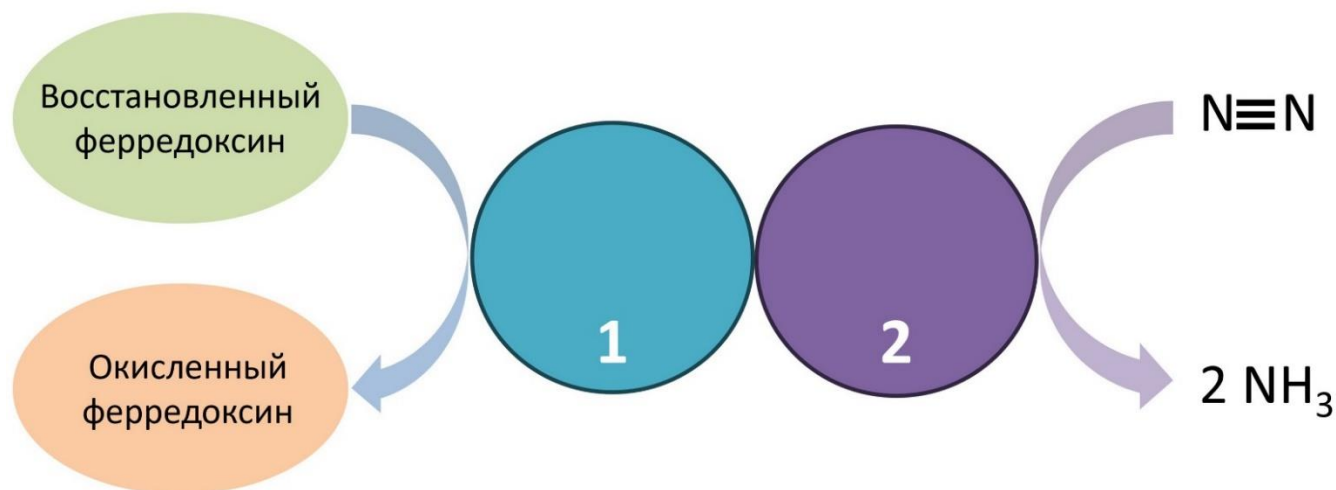
*Вариант 3:*

- А) Вероятность рождения в этой супружеской паре кареглазого ребенка равна  $1/3$ ;
- В) При условии, что у пары есть два ребенка, вероятность, того, что они оба кареглазые –  $4/9$ ;
- С) Если дополнительно известно, что два первых ребенка – кареглазые, то вероятность рождения следующего ребенка с карими глазами составляет  $5/6$ ;
- Д) Вероятность, того, что отец гомозигота –  $1/3$ ;
- Е) Если дополнительно известно, что два ребенка – кареглазые, то вероятность рождения следующего ребенка с голубыми глазами составляет  $1/5$ ;
- Ф) Вероятность рождения в этой супружеской паре голубоглазого ребенка равна 1;

**Задание ID 34 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке изображена схема ферментативного процесса. Молекула ферредоксина передает 1 электрон ферментному комплексу, состоящему из белков 1 и 2. Для переноса 1 электрона на молекулу субстрата ферментный комплекс гидролизует 2 молекулы АТФ. Помимо аммиака в результате реакции также образуется молекулярный водород. Соотношение аммиака и водорода 2:1.



Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Ферментный комплекс, содержащий белки 1 и 2, встречается только у прокариотических организмов;
- В) При прямом протекании реакции, изображенной на схеме, белок 1 катализирует окисление белка 2;
- С) Учитывая, что молекула ферредоксина переносит 1 электрон, а в результате ферментативной реакции образуется аммиак и молекулярный водород в соотношении 2 к 1, для восстановления 1 молекулы азота необходимо окислить 10 молекул ферредоксина;
- Д) Гетероцисты - специализированные клетки некоторых цианобактерий, строение и состав которых обеспечивают эффективность процесса, изображенного на схеме. Верно ли, что у гетероцист клеточная стенка тоньше, чем у обычных вегетативных клеток цианобактерий, для лучшей диффузии кислорода?;
- Е) Этот ферментативный процесс является частью энергетического метаболизма (служит для получения энергии организмом);
- Ф) В реакционном центре белка 2 можно обнаружить молибден, ванадий или железо;

Вариант 2:

- А) Ферментный комплекс, содержащий белки 1 и 2, встречается только у анаэробных организмов;
- В) В реакционном центре белка 2 можно обнаружить молибден, ванадий или железо
- С) Учитывая, что для переноса 1 электрона ферментный комплекс, содержащий белки 1 и 2, гидролизует 2 молекулы АТФ, а в результате ферментативной реакции образуется аммиак и молекулярный водород в соотношении 2 к 1, для восстановления 1 молекулы азота необходимо затратить 24 молекулы АТФ;
- Д) При прямом протекании реакции, изображенной на схеме, белок 1 катализирует окисление белка 2.
- Е) Образованный аммиак может быть использован организмом для синтеза аминокислот;

Г) Гетероцисты - специализированные клетки некоторых цианобактерий, строение и состав которых обеспечивают эффективность процесса, изображенного на схеме. Верно ли, что в гетероцистах повышена концентрация фотосистемы II в сравнении с обычными вегетативными клетками цианобактерий?;

*Вариант 3:*

А) Ферментный комплекс, содержащий белки 1 и 2, встречается только у анаэробных организмов;

В) В реакционном центре белка 2 можно обнаружить молибден, ванадий или железо;

С) Учитывая, что молекула ферредоксина переносит 1 электрон, а в результате ферментативной реакции образуется аммиак и молекулярный водород в соотношении 2 к 1, для восстановления 1 молекулы азота необходимо окислить 10 молекул ферредоксина;

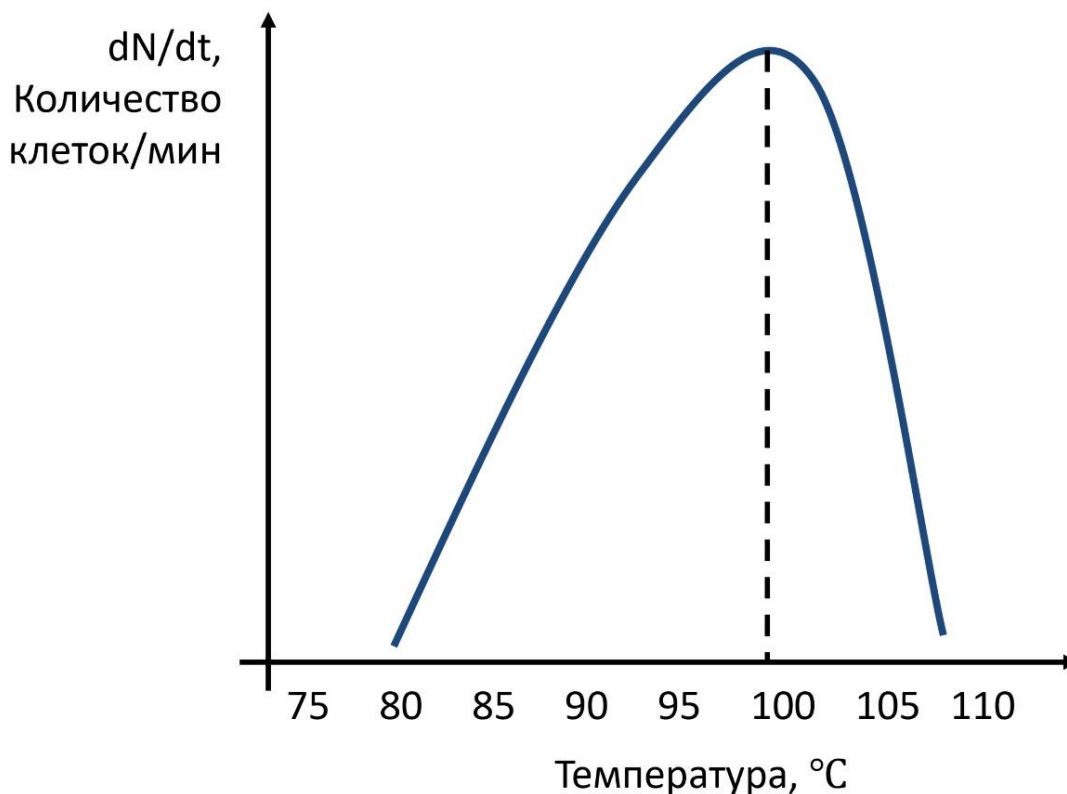
Д) Гетероцисты - специализированные клетки некоторых цианобактерий, строение и состав которых обеспечивают эффективность процесса, изображенного на схеме. Верно ли, что в гетероцистах повышена концентрация фотосистемы II в сравнении с обычными вегетативными клетками цианобактерий?;

Е) Этот ферментативный процесс является частью энергетического метаболизма (служит для получения энергии организмом);

Г) При прямом протекании реакции, изображенной на схеме, белок 1 катализирует окисление белка 2.

**Задание ID 35 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

**Рассмотрите график зависимости роста бактерии А от температуры.****Для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:***Вариант 1:*

- А) Клеточная мембрана бактерии А содержит повышенное количество липидов с ненасыщенными жирными хвостами;
- В) Исходя из данных графика можно однозначно судить, что бактерия А является спорообразующей;
- С) Обычно бактерии, относящиеся к той же физиологической группе, что и бактерия А, образуют липидный монослой для повышения стабильности клеточных покровов;
- Д) Можно предположить, что бактерия А будет более чувствительна к нокадауну (понижению уровня экспрессии) генов белков-шаперонов в сравнении с организмами, живущими при более низких температурах;
- Е) Скорее всего в ДНК бактерии доля Г-Ц пар выше, чем А-Т;
- Ф) Бактерия А была выделена из образца вулканического песка.

*Вариант 2:*

- А) Исходя из данных графика можно понять, что бактерия А является патогеном человека;
- В) Обычно бактерии, относящиеся к той же физиологической группе, что и бактерия А, синтезируют мембранные фосфолипиды, используя жирные спирты в качестве жирных хвостов липидов, вследствие чего мембранные фосфолипиды таких бактерий содержат простую эфирную связь, более стабильную в условиях повышенных температур;
- С) Скорее всего в ДНК бактерии доля Г-Ц пар выше, чем А-Т;
- Д) Можно предположить, что ДНК-полимераза бактерии А будет пригодна для использования в полимеразной цепной реакции;
- Е) Бактерия А была выделена из образца вулканического песка;
- Ф) Клеточная мембрана бактерии А скорее всего богата гопаноидами (аналоги стероидных соединений);

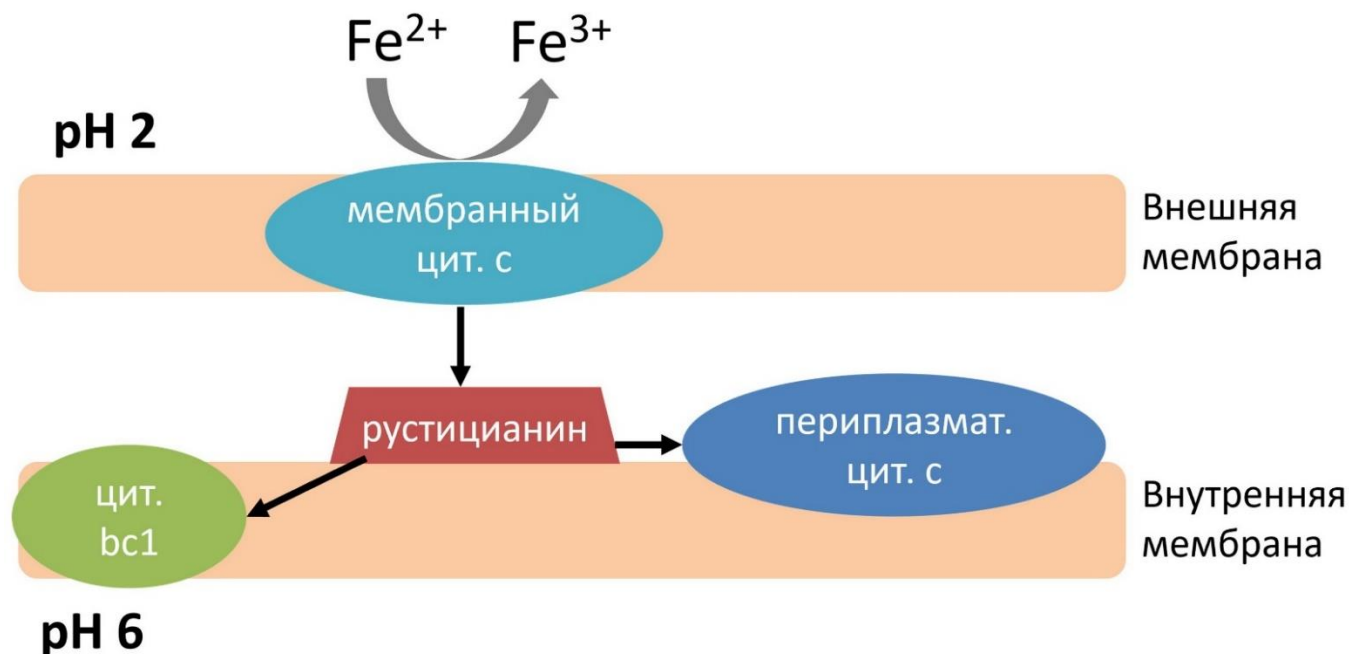
*Вариант 3:*

- А) Клеточная мембрана бактерии А скорее всего богата гопаноидами (аналоги стероидных соединений);
- В) Бактерия А была выделена из образца вулканического песка;
- С) Скорее всего в ДНК бактерии доля Г-Ц пар выше, чем А-Т;
- Д) Обычно бактерии, относящиеся к той же физиологической группе, что и бактерия А, образуют липидный монослой для повышения стабильности клеточных покровов;
- Е) Исходя из данных графика можно однозначно судить, что бактерия А является спорообразующей;
- Ф) Можно предположить, что ДНК-полимераза бактерии А будет пригодна для использования в полимеразной цепной реакции;

**Задание ID 36 – 3 балла**

Общая для всех вариантов часть вопроса:

На рисунке изображена схема реакций, осуществляемых железобактериями. Черными стрелками показан перенос электронов.



Внимательно изучите схему и для каждого из следующих утверждений укажите, является оно верным или неверным:

Вариант 1:

- А) Белок рустицианин переносит протоны из цитоплазмы в периплазматическое пространство;
- В) Железобактерии обычно при окислении неорганики осуществляют хемосинтез;
- С) Перенос электронов на цитохром bc1 необходим железобактериям для осуществления анаэробного дыхания;
- Д) Благодаря разветвленной работе электрон-транспортной цепи у железобактерий больше точек сопряжения (белков, переносящих протоны через мембрану), в результате чего эти бактерии синтезируют больше АТФ на 1 перенесенный по ЭТЦ электрон, чем хемоорганогетеротрофные организмы;
- Е) Перенос электронов от рустицианина на периплазматический цитохром с, переносящий электроны между компонентами внутренней мембраны, необходим для синтеза АТФ;
- Ф) Из-за высокой концентрации протонов в окружающей среде (pH 2) железобактериям не надо активно формировать протонный градиент для синтеза АТФ;

Вариант 2:

- А) Перенос электронов на цитохром bc1 необходим железобактериям для синтеза НАДН;
- В) Перенос электронов от рустицианина на периплазматический цитохром с, переносящий электроны между компонентами внутренней мембраны, необходим для осуществления аноксигенного фотосинтеза;
- С) Белок рустицианин переносит протоны из цитоплазмы в периплазматическое пространство;
- Д) Из-за высокой концентрации протонов в окружающей среде (pH 2) железобактериям не надо активно формировать протонный градиент для синтеза АТФ;
- Е) Железобактерии являются хемоорганогетеротрофами;
- Ф) Из-за короткой электрон-транспортной цепи у железобактерий меньше точек сопряжения (белков, переносящих протоны через мембрану), в результате чего эти бактерии



синтезируют меньше АТФ на 1 перенесенный по ЭТЦ электрон, чем хемоорганогетеротрофные организмы;

*Вариант 3:*

- А) Железобактерии обычно при окислении неорганики осуществляют хемосинтез;
- В) Из-за короткой электрон-транспортной цепи у железобактерий меньше точек сопряжения (белков, переносящих протоны через мембрану), в результате чего эти бактерии синтезируют меньше АТФ на 1 перенесенный по ЭТЦ электрон, чем хемоорганогетеротрофные организмы;
- С) Белок рустицианин переносит протоны из цитоплазмы в периплазматическое пространство;
- Д) Перенос электронов от рустицианина на периплазматический цитохром с, переносящий электроны между компонентами внутренней мембраны, необходим для синтеза АТФ;
- Е) Из-за высокой концентрации протонов в окружающей среде (рН 2) железобактериям не надо активно формировать протонный градиент для синтеза АТФ;
- Ф) Перенос электронов на цитохром bc<sub>1</sub> необходим железобактериям для синтеза НАДН;

## **Тип заданий В. Задания на сопоставление элементов**

В заданиях данной части участникам необходимо проанализировать различные фотографии, рисунки, схемы (отмечены арабскими цифрами) и сопоставить им элементы из двух списков, приведенных ниже (отмечены латинским буквами и римскими цифрами). В качестве ответа в каждом задании участники должны провести стрелки между сопоставляемыми элементами.

### **Система оценки:**

За каждое верно указанное соответствие между элементами 1 и 2 рядов или 2 и 3 рядов участник получает 0,5 балла.

За каждое неверное соответствие – 0 баллов.

**Задание ID 38 – 5 баллов (Вариант 1)**

В ходе селекции декоративно-цветущих растений были выведены многочисленные сорта махровых растений. Махровость – это увеличение числа лепестков, которое делает околоцветник более пышным и эстетически привлекательным. Генетическая природа махровости разнообразна. Проанализируйте фотографии махровых цветков, определите их таксономическое положение и причину махровости:



**Семейства растений (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Астровые (Asteraceae);
- B) Бобовые (Fabaceae);
- C) Кипрейные (Onagraceae);
- D) Лилейные (Liliaceae);
- E) Лютиковые (Ranunculaceae);
- F) Маковые (Papaveraceae);
- G) Пасленовые (Solanaceae);
- H) Розовые (Rosaceae).

**Причина махровости (список избыточен – в нем есть лишние причины):**

- I) Превращение чашелистиков в лепестки;
- II) Закладка дополнительных кругов околоцветника;
- III) Преобразование тычинок в лепестки;
- IV) Преобразование тычинок и пестиков в лепестки;
- V) Закладка дополнительных кругов околоцветника и преобразование тычинок в лепестки;
- VI) Расщепление лепестков;
- VII) Образование язычковых цветков в соцветии вместо трубчатых (ложная махровость);
- VIII) Образование трубчатых цветков в соцветии вместо язычковых (ложная махровость);
- IX) Образование воронковидных цветков в соцветии вместо трубчатых (ложная махровость).

**Задание ID 38 – 5 баллов (Вариант 2)**

В ходе селекции декоративно-цветущих растений были выведены многочисленные сорта махровых растений. Махровость – это увеличение числа лепестков, которое делает околоцветник более пышным и эстетически привлекательным. Генетическая природа махровости разнообразна. Проанализируйте фотографии махровых цветков, определите их таксономическое положение и причину махровости:



**Семейства растений (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Астровые (Asteraceae);
- B) Бобовые (Fabaceae);
- C) Кипрейные (Onagraceae);
- D) Лилейные (Liliaceae);
- E) Лютиковые (Ranunculaceae);
- F) Маковые (Papaveraceae);
- G) Пасленовые (Solanaceae);
- H) Розовые (Rosaceae).

**Причина махровости (список избыточен – в нем есть лишние причины):**

- I) Превращение чашелистиков в лепестки;
- II) Закладка дополнительных кругов околоцветника;
- III) Преобразование тычинок в лепестки;
- IV) Преобразование тычинок и пестиков в лепестки;
- V) Закладка дополнительных кругов околоцветника и преобразование тычинок в лепестки;
- VI) Расщепление лепестков;
- VII) Образование язычковых цветков в соцветии вместо трубчатых (ложная махровость);
- VIII) Образование трубчатых цветков в соцветии вместо язычковых (ложная махровость);
- IX) Образование воронковидных цветков в соцветии вместо трубчатых (ложная махровость).

**Задание ID 38 – 5 баллов (Вариант 3)**

В ходе селекции декоративно-цветущих растений были выведены многочисленные сорта махровых растений. Махровость – это увеличение числа лепестков, которое делает околоцветник более пышным и эстетически привлекательным. Генетическая природа махровости разнообразна. Проанализируйте фотографии махровых цветков, определите их таксономическое положение и причину махровости:



**Семейства растений (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Астровые (Asteraceae);
- B) Бобовые (Fabaceae);
- C) Кипрейные (Onagraceae);
- D) Лилейные (Liliaceae);
- E) Лютиковые (Ranunculaceae);
- F) Маковые (Papaveraceae);
- G) Пасленовые (Solanaceae);
- H) Розовые (Rosaceae).

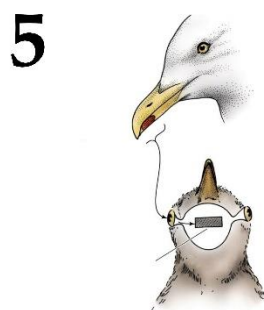
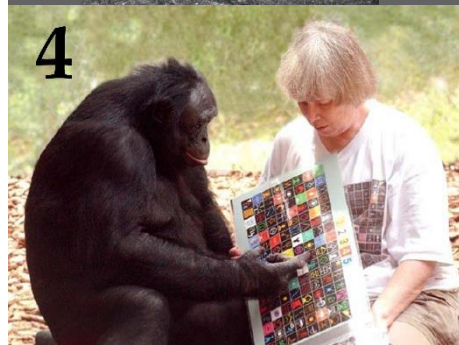
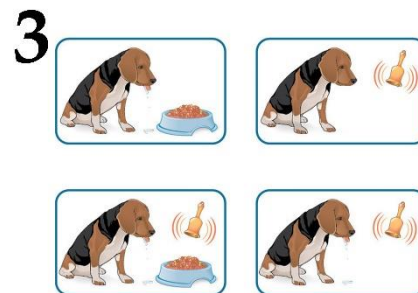
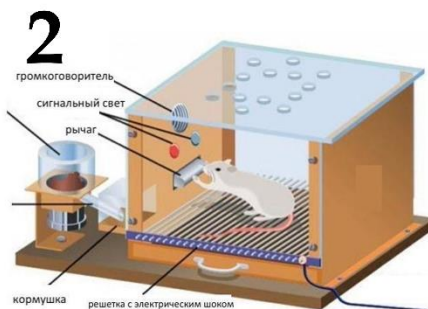
**Причина махровости (список избыточен – в нем есть лишние причины):**

- I) Превращение чашелистиков в лепестки;
- II) Закладка дополнительных кругов околоцветника;
- III) Преобразование тычинок в лепестки;
- IV) Преобразование тычинок и пестиков в лепестки;
- V) Закладка дополнительных кругов околоцветника и преобразование тычинок в лепестки;
- VI) Расщепление лепестков;
- VII) Образование язычковых цветков в соцветии вместо трубчатых (ложная махровость);
- VIII) Образование трубчатых цветков в соцветии вместо язычковых (ложная махровость);
- IX) Образование воронковидных цветков в соцветии вместо трубчатых (ложная махровость).

**Задание ID 40 – 5 баллов (Вариант 1)**

Изучение поведения животных претерпевало постоянные изменения – менялись как подходы исследований и отношение к объектам изучения, так и появлялись новые школы и новые данные по поведению животных. Поведение – это совокупность внешних проявлений жизнедеятельности организма.

Соотнесите картинки, на которых изображены различные исследования поведения животных с названием соответствующей поведенческой школы и описанием экспериментов.

**Описание эксперимента:**

- А) Инструментальное обучение – обучение «методом проб и ошибок». При таком типе обучения со значимым стимулом (подкреплением) ассоциируется не новый объект, а определённая форма поведения;
- В) Импринтинг;
- С) Выявление интеллекта у животных;
- Д) Суперстимул;
- Е) Концепция условного рефлекса. Процесс, при котором первоначально нейтральный стимул (условный раздражитель) начинает вызывать реакцию (условную реакцию) после повторного сочетания этого стимула с безусловным стимулом (БР), вызывавшим эту реакцию перед обучением;

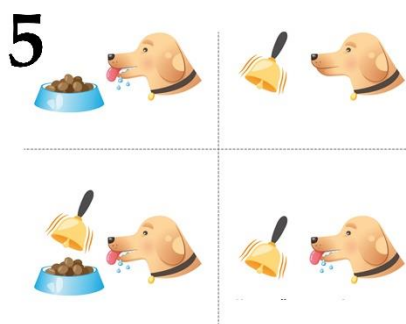
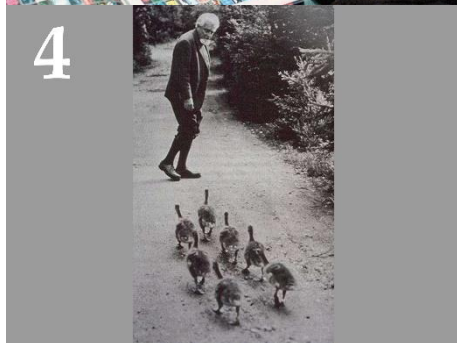
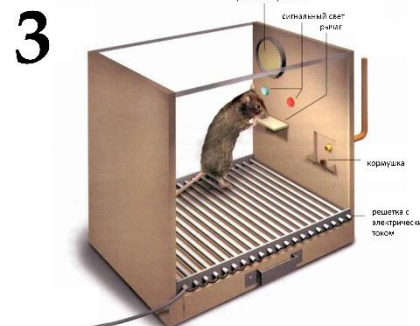
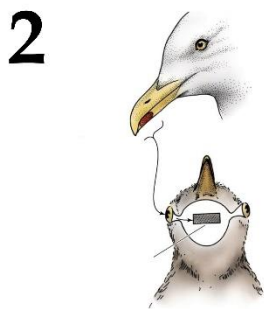
**Основная поведенческая школа (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- I) Павловская школа;
- II) Бихевиоризм;
- III) Этология;
- IV) Социобиология;
- V) Эволюционная психология;
- VI) Когнитивная этология;

## Задание ID 40 – 5 баллов (Вариант 2)

Изучение поведения животных претерпевало постоянные изменения – менялись как подходы исследований и отношение к объектам изучения, так и появлялись новые школы и новые данные по поведению животных. Поведение – это совокупность внешних проявлений жизнедеятельности организма.

Соотнесите картинки, на которых изображены различные исследования поведения животных с названием соответствующей поведенческой школы и описанием экспериментов.



### Описание эксперимента:

- А) Инструментальное обучение – обучение «методом проб и ошибок». При таком типе обучения со значимым стимулом (подкреплением) ассоциируется не новый объект, а определённая форма поведения;
- В) Импринтинг;
- С) Выявление интеллекта у животных;
- Д) Суперстимул;
- Е) Концепция условного рефлекса. Процесс, при котором первоначально нейтральный стимул (условный раздражитель) начинает вызывать реакцию (условную реакцию) после повторного сочетания этого стимула с безусловным стимулом (БР), вызывавшим эту реакцию перед обучением;

### Основная поведенческая школа (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

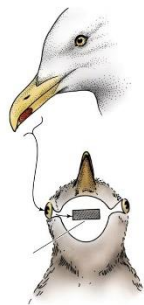
- I) Павловская школа;
- II) Бихевиоризм;
- III) Этология;
- IV) Социобиология;
- V) Эволюционная психология;
- VI) Когнитивная этология;

**Задание ID 40 – 5 баллов (Вариант 3)**

Изучение поведения животных претерпевало постоянные изменения – менялись как подходы исследований и отношение к объектам изучения, так и появлялись новые школы и новые данные по поведению животных. Поведение – это совокупность внешних проявлений жизнедеятельности организма.

Соотнесите картинки, на которых изображены различные исследования поведения животных с названием соответствующей поведенческой школы и описанием экспериментов.

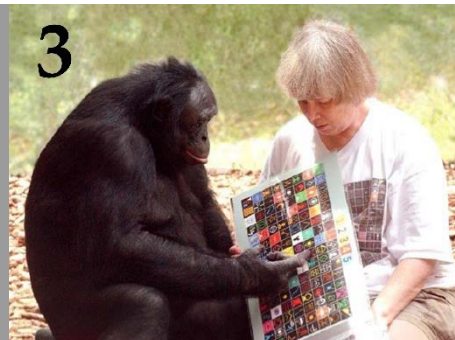
1



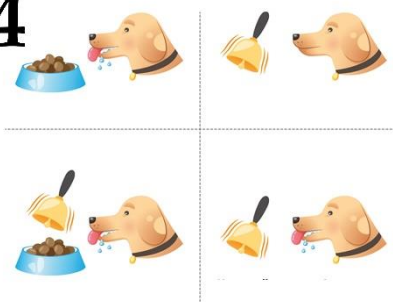
2



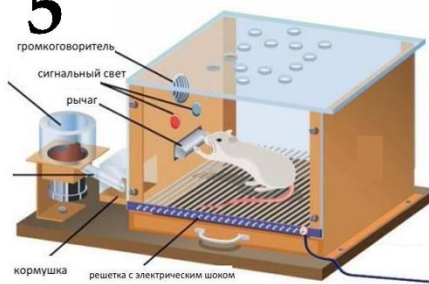
3



4



5

**Описание эксперимента:**

- А) Инструментальное обучение – обучение «методом проб и ошибок». При таком типе обучения со значимым стимулом (подкреплением) ассоциируется не новый объект, а определённая форма поведения;
- В) Импринтинг;
- С) Выявление интеллекта у животных;
- Д) Суперстимул;
- Е) Концепция условного рефлекса. Процесс, при котором первоначально нейтральный стимул (условный раздражитель) начинает вызывать реакцию (условную реакцию) после повторного сочетания этого стимула с безусловным стимулом (БР), вызывавшим эту реакцию перед обучением;

**Основная поведенческая школа (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

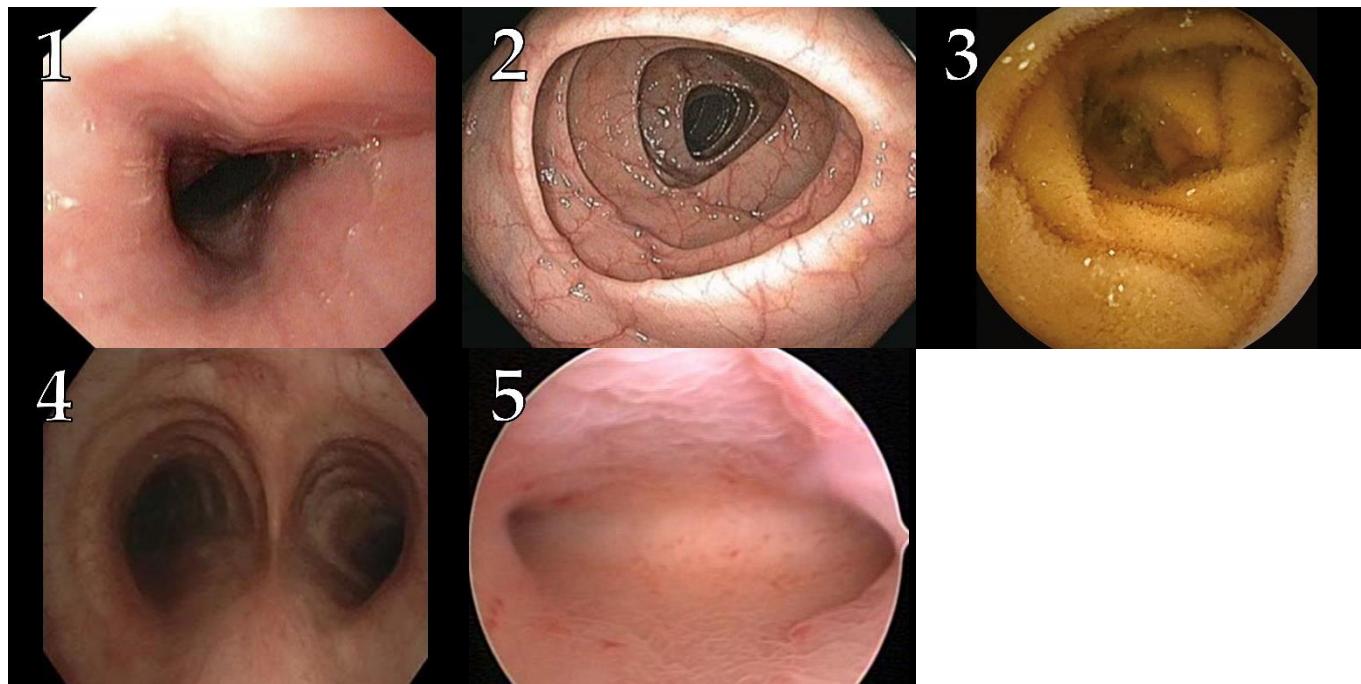
- I) Павловская школа;
- II) Бихевиоризм;
- III) Этология;
- IV) Социобиология;
- V) Эволюционная психология;
- VI) Когнитивная этология;



**Задание ID 42 – 5 баллов (Вариант 1)**

Эндоскопические исследования позволяют заглянуть внутрь полых органов, не прибегая к помощи скальпеля. Инструментом для таких исследований является длинный гибкий зонд с оптической системой на конце, с помощью которой изображение исследуемого органа от объектива поступает к глазу врача-эндоскописта или выводится на экран монитора.

Установите, какие органы представлены на фотографиях (1)-(5), полученных в ходе разных эндоскопических исследований. Каждому органу выберите подходящую характеристику из перечня (I-VII).



**Органы (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Пищевод;
- B) Желудок;
- C) Тонкая кишка;
- D) Толстая кишка;
- E) Носовая полость;
- F) Гортань;
- G) Трахея (с разделением на главные бронхи);
- H) Матка (с устьями маточных труб);
- I) Мочевой пузырь (с устьями мочеточников).

**Особенности органа (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

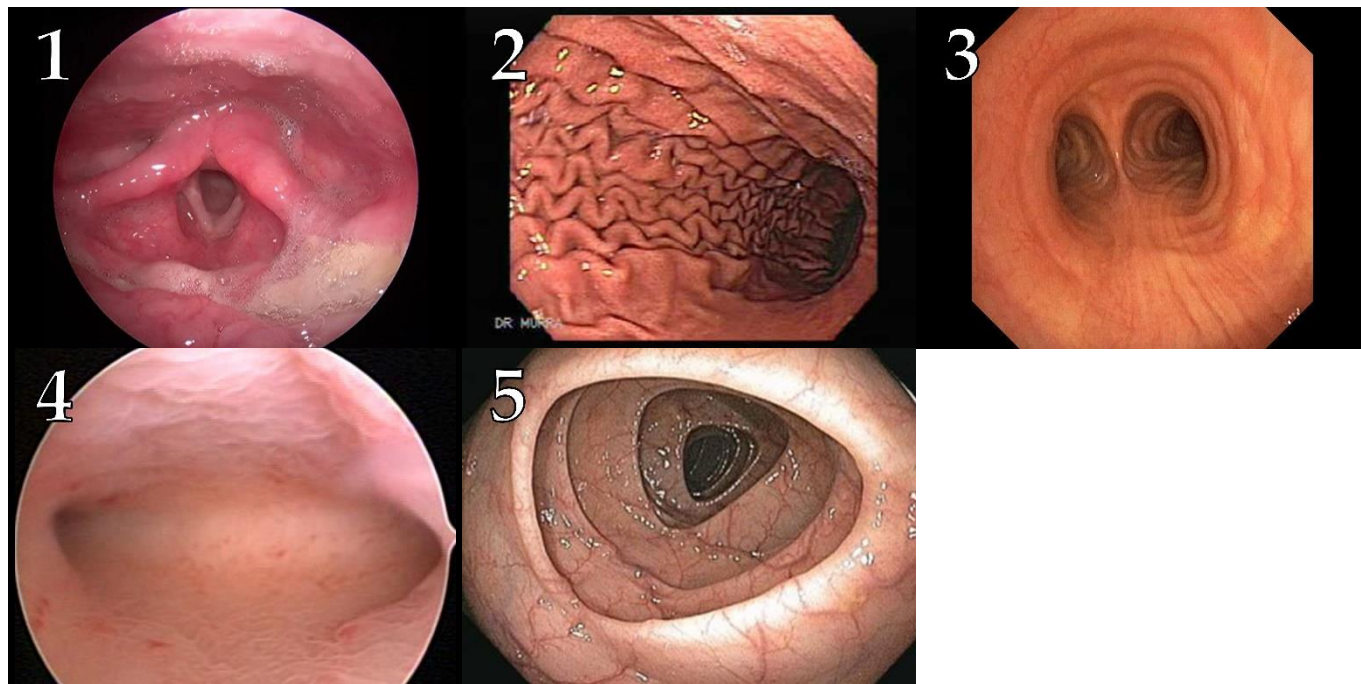
- I) Почти на всем протяжении органа наружный (продольный) слой мускулатуры не сплошной, а разбит на 3 тяжа – ленты;
- II) На проксимальном конце органа имеется сфинктер из скелетной мышечной ткани, на дистальном – из гладкой мышечной ткани;
- III) Толщина слизистой оболочки и ее гистологическое строение подвергаются существенным циклическим изменениям до определенного возраста;
- IV) Основу эпителия органа составляют клетки, в апикальную мембрану которых встроены ферменты, расщепляющие дисахариды и олигопептиды;
- V) В составе желез слизистой оболочки присутствуют клетки, у которых площадь поверхности апикальной мембраны может значительно возрасти при активации блуждающих нервов.
- VI) В структуре органа имеются суставы;

- VII) Структурный каркас стенки органа составляют несколько однотипных элементов, образованных одним из видов скелетных соединительных тканей.

**Задание ID 42 – 5 баллов (Вариант 2)**

Эндоскопические исследования позволяют заглянуть внутрь полых органов, не прибегая к помощи скальпеля. Инструментом для таких исследований является длинный гибкий зонд с оптической системой на конце, с помощью которой изображение исследуемого органа от объектива поступает к глазу врача-эндоскописта или выводится на экран монитора.

Установите, какие органы представлены на фотографиях (1)-(5), полученных в ходе разных эндоскопических исследований. Каждому органу выберите подходящую характеристику из перечня (I-VII).



**Органы (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Пищевод;
- B) Желудок;
- C) Тонкая кишка;
- D) Толстая кишка;
- E) Носовая полость;
- F) Гортань;
- G) Трахея (с разделением на главные бронхи);
- H) Матка (с устьями маточных труб);
- I) Мочевой пузырь (с устьями мочеточников).

**Особенности органа (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

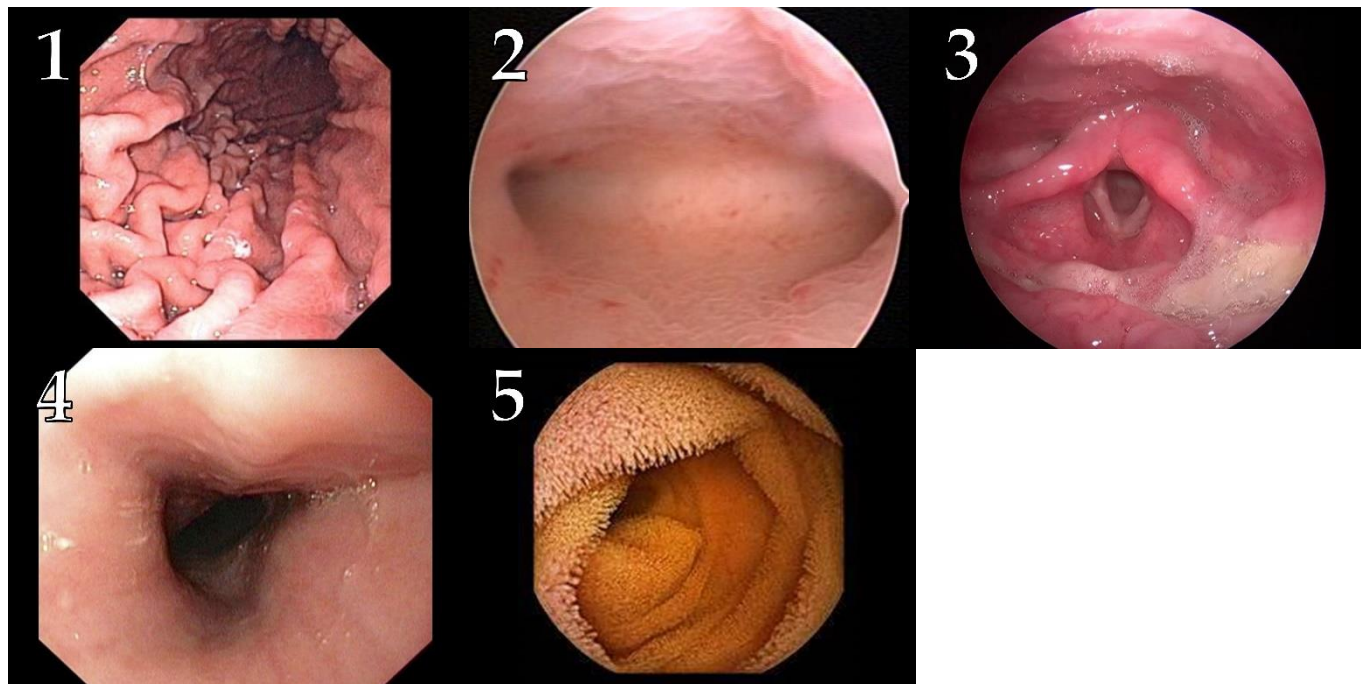
- I) Почти на всем протяжении органа наружный (продольный) слой мускулатуры не сплошной, а разбит на 3 тяжа – ленты;
- II) На проксимальном конце органа имеется сфинктер из скелетной мышечной ткани, на дистальном – из гладкой мышечной ткани;
- III) Толщина слизистой оболочки и ее гистологическое строение подвергаются существенным циклическим изменениям до определенного возраста;
- IV) Основу эпителия органа составляют клетки, в апикальную мембрану которых встроены ферменты, расщепляющие дисахариды и олигопептиды;
- V) В составе желез слизистой оболочки присутствуют клетки, у которых площадь поверхности апикальной мембраны может значительно возрасти при активации блуждающих нервов.
- VI) В структуре органа имеются суставы;

- VII) Структурный каркас стенки органа составляют несколько однотипных элементов, образованных одним из видов скелетных соединительных тканей.

**Задание ID 42 – 5 баллов (Вариант 3)**

Эндоскопические исследования позволяют заглянуть внутрь полых органов, не прибегая к помощи скальпеля. Инструментом для таких исследований является длинный гибкий зонд с оптической системой на конце, с помощью которой изображение исследуемого органа от объектива поступает к глазу врача-эндоскописта или выводится на экран монитора.

Установите, какие органы представлены на фотографиях (1)-(5), полученных в ходе разных эндоскопических исследований. Каждому органу выберите подходящую характеристику из перечня (I-VII).



**Органы (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- A) Пищевод;
- B) Желудок;
- C) Тонкая кишка;
- D) Толстая кишка;
- E) Носовая полость;
- F) Гортань;
- G) Трахея (с разделением на главные бронхи);
- H) Матка (с устьями маточных труб);
- I) Мочевой пузырь (с устьями мочеточников).

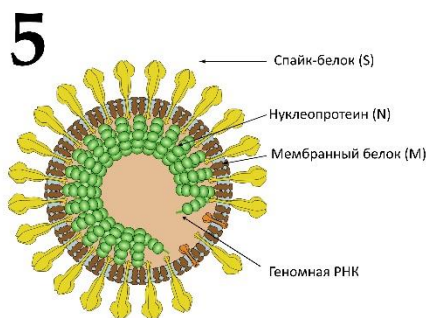
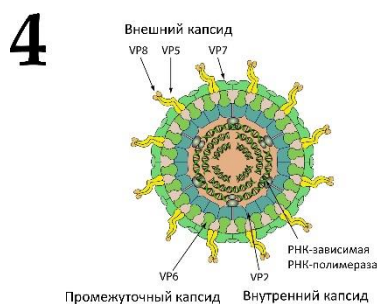
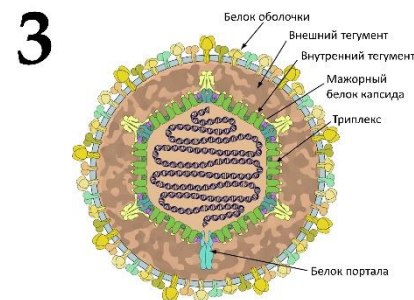
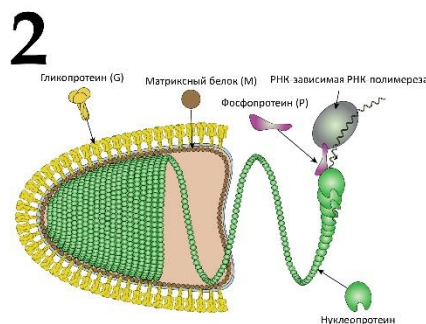
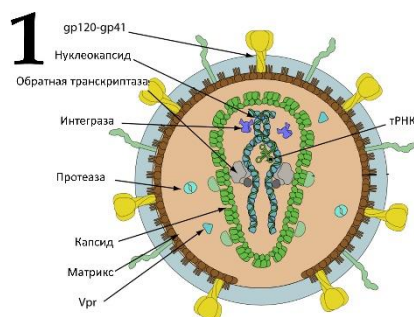
**Особенности органа (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- I) Почти на всем протяжении органа наружный (продольный) слой мускулатуры не сплошной, а разбит на 3 тяжа – ленты;
- II) На проксимальном конце органа имеется сфинктер из скелетной мышечной ткани, на дистальном – из гладкой мышечной ткани;
- III) Толщина слизистой оболочки и ее гистологическое строение подвергаются существенным циклическим изменениям до определенного возраста;
- IV) Основу эпителия органа составляют клетки, в апикальную мембрану которых встроены ферменты, расщепляющие дисахариды и олигопептиды;
- V) В составе желез слизистой оболочки присутствуют клетки, у которых площадь поверхности апикальной мембраны может значительно возрасти при активации блуждающих нервов.
- VI) В структуре органа имеются суставы;

- VII) Структурный каркас стенки органа составляют несколько однотипных элементов, образованных одним из видов скелетных соединительных тканей.

### Задание ID 44 – 5 баллов (Вариант 1)

Сопоставьте схему строения вируса человека (Рисунки 1-5) с группой этого вируса по типу генетического материала в вирусной частице (А-Г) и заболеванием, которое вызывает этот вирус:



**Список типов генетического материала в вирусной частице (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

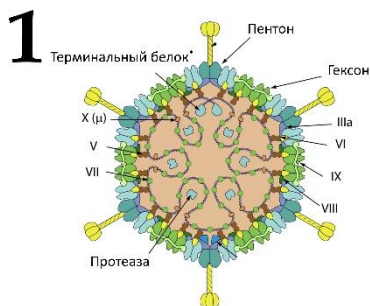
- А) Двухцепочечная ДНК;
- В) Одноцепочечная ДНК;
- С) Двухцепочечная РНК;
- Д) Одноцепочечная (+)РНК;
- Е) Одноцепочечная (-)РНК;
- Ф) Одноцепочечная (+)РНК с обратной транскрипцией;
- Г) Одноцепочечная/двухцепочечная ДНК с обратной транскрипцией;

**Список заболеваний человека (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

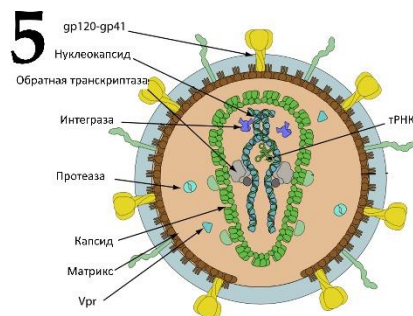
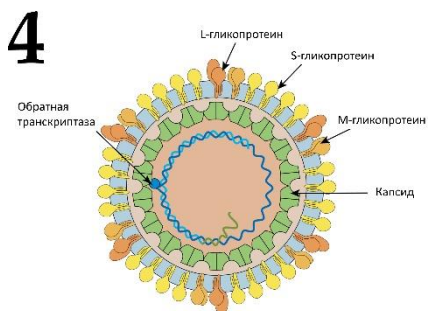
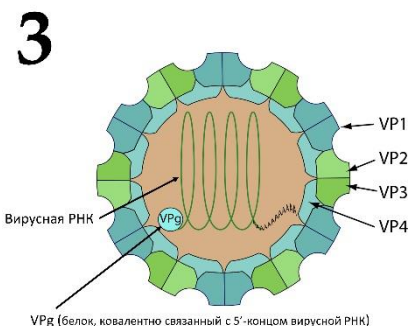
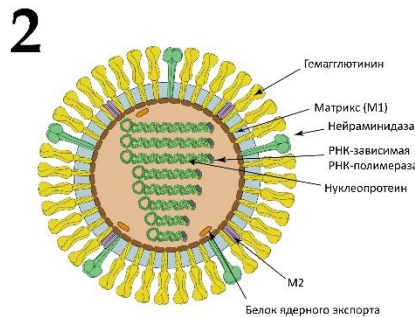
- I) Ротавирусная инфекция;
- II) Аденовирусная инфекция;
- III) СПИД;
- IV) Гепатит В;
- V) Коронавирусная инфекция;
- VI) Бешенство;
- VII) Полиомиелит;
- VIII) Герпес;
- IX) Грипп;

## Задание ID 44 – 5 баллов (Вариант 2)

Сопоставьте схему строения вируса человека (Рисунки 1-5) с группой этого вируса по типу генетического материала в вирусной частице (А-Г) и заболеванием, которое вызывает этот вирус:



\* - терминальный белок ковалентно связан с концом нуклеиновой кислоты



**Список типов генетического материала в вирусной частице (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

- А) Двухцепочечная ДНК;
- В) Одноцепочечная ДНК;
- С) Двухцепочечная РНК;
- Д) Одноцепочечная (+)РНК;
- Е) Одноцепочечная (-)РНК;
- Ф) Одноцепочечная (+)РНК с обратной транскрипцией;
- Г) Одноцепочечная/двухцепочечная ДНК с обратной транскрипцией;

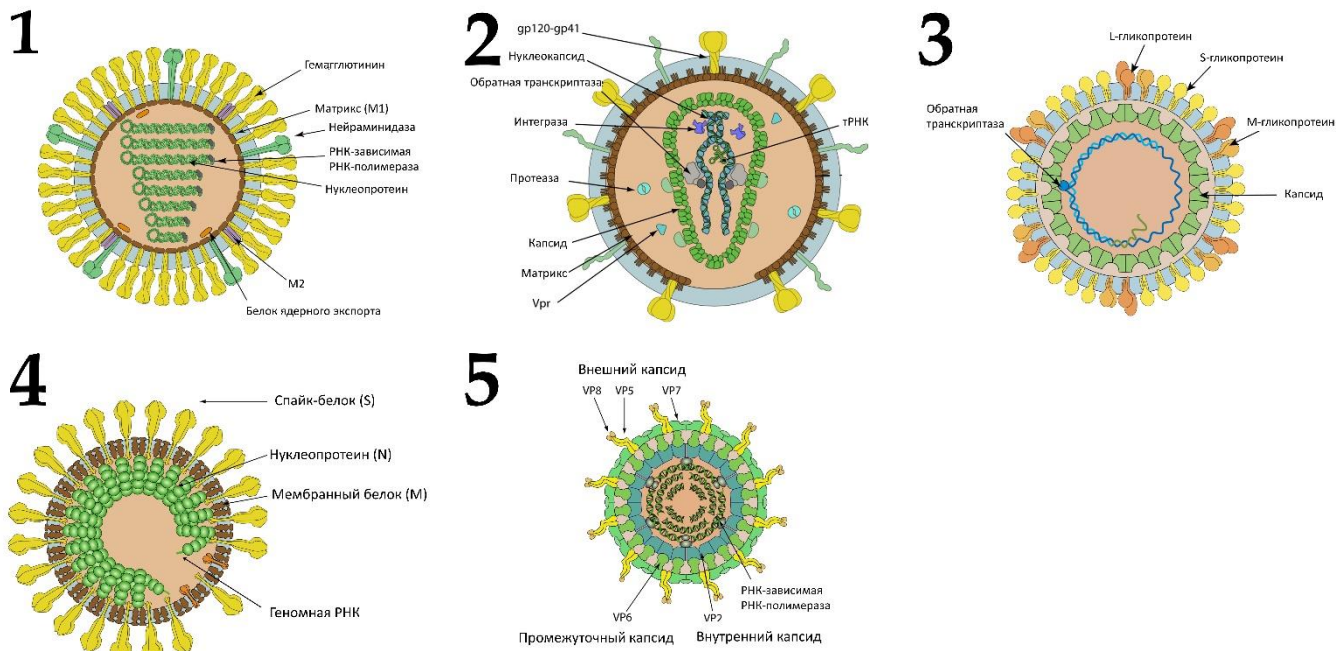
**Список заболеваний человека (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- I) Ротавирусная инфекция;
- II) Аденовирусная инфекция;
- III) СПИД;
- IV) Гепатит В;
- V) Коронавирусная инфекция;
- VI) Бешенство;
- VII) Полиомиелит;
- VIII) Герпес;
- IX) Грипп;



### Задание ID 44 – 5 баллов (Вариант 3)

Сопоставьте схему строения вируса человека (Рисунки 1-5) с группой этого вируса по типу генетического материала в вирусной частице (А-Г) и заболеванием, которое вызывает этот вирус:



**Список типов генетического материала в вирусной частице (список избыточен – в нем есть лишние элементы):**

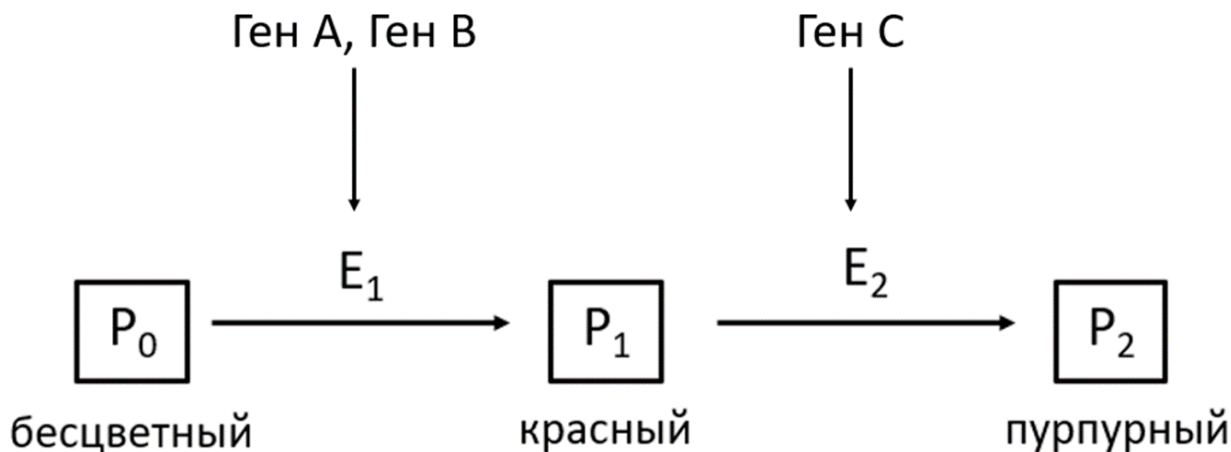
- А) Двухцепочечная ДНК;
- В) Одноцепочечная ДНК;
- С) Двухцепочечная РНК;
- Д) Одноцепочечная (+)РНК;
- Е) Одноцепочечная (-)РНК;
- Ф) Одноцепочечная (+)РНК с обратной транскрипцией;
- Г) Одноцепочечная/двухцепочечная ДНК с обратной транскрипцией;

**Список заболеваний человека (список избыточен – в нем есть лишние названия):**

- I) Ротавирусная инфекция;
- II) Аденовирусная инфекция;
- III) СПИД;
- IV) Гепатит В;
- V) Коронавирусная инфекция;
- VI) Бешенство;
- VII) Полиомиелит;
- VIII) Герпес;
- IX) Грипп;

**Задание ID 46 – 5 баллов (Вариант 1)**

Заводчик драконов (речь про которого шла в отборочном этапе) продолжил заниматься изучением наследования ярких фенотипических признаков. Он обнаружил, что у драконов из другой географической области цвет кожи определяется тремя генами: А, В и С. Для синтеза красного пигмента из бесцветного предшественника необходим фермент, в активном виде состоящий из двух разных субъединиц (их экспрессия определяется генами А и В). Красный пигмент превращается в пурпурный при наличии фермента, кодируемого геном С. Считайте, что рецессивные аллели соответствуют нефункциональным вариантам генов и аллели взаимодействуют по типу полного доминирования. Ниже приведена схема, иллюстрирующая синтез пигментов:



Сопоставьте скрещивания (1-5), вероятности появления (А-Г) пурпурных драконов в потомстве и расщепления по фенотипу (I-X) для потомства (одни и те же вероятности и расщепления могут встречаться несколько раз для различных скрещиваний):

1) aaBbCC x aaBbCC  
4) AaBBcC x AabbCc

2) AABbCc x AaBbcc  
5) AaBbCC x AaBbcc

3) AaBbCc x AaBbCc

Список вероятностей появления пурпурных драконов среди потомков (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

- А) 0;
- В) 1/8;
- С) 9/32;
- Д) 3/8;
- Е) 27/64;
- Ф) 1/2;
- Г) 9/16;
- Н) 3/4;
- Г) 1;

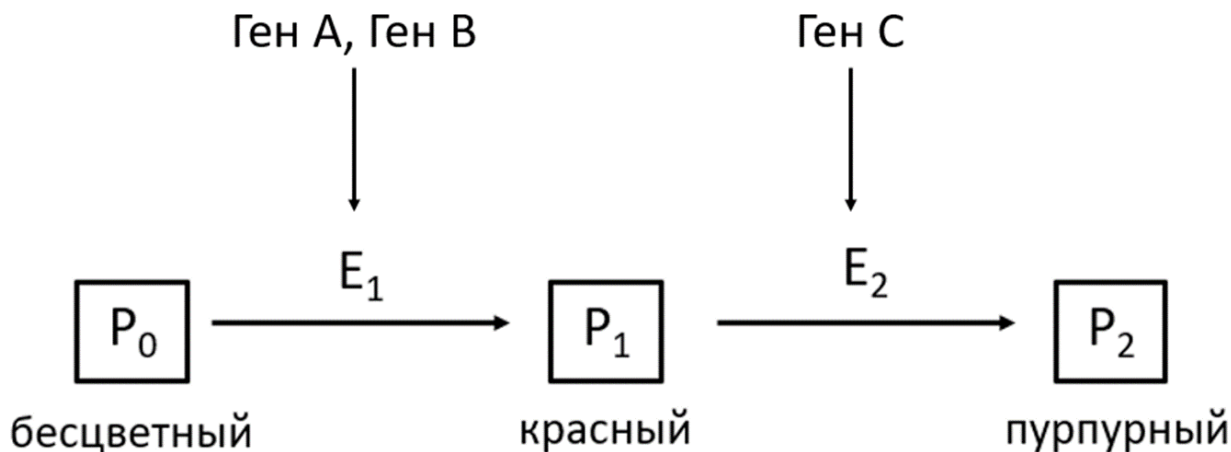
Список расщеплений среди потомков по фенотипу (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

- I) 3:1;
- II) 1:1;
- III) 20:9:3;
- IV) 5:3;
- V) 9:7;
- VI) 9:4:3;
- VII) 4:3:1;

- VIII) 14:9:9;
- IX) 28:27:9;
- X) Отсутствует;

### Задание ID 46 – 5 баллов (Вариант 2)

Заводчик драконов (речь про которого шла в отборочном этапе) продолжил заниматься изучением наследования ярких фенотипических признаков. Он обнаружил, что у драконов из другой географической области цвет кожи определяется тремя генами: А, В и С. Для синтеза красного пигмента из бесцветного предшественника необходим фермент, в активном виде состоящий из двух разных субъединиц (их экспрессия определяется генами А и В). Красный пигмент превращается в пурпурный при наличии фермента, кодируемого геном С. Считайте, что рецессивные аллели соответствуют нефункциональным вариантам генов и аллели взаимодействуют по типу полного доминирования. Ниже приведена схема, иллюстрирующая синтез пигментов:



Сопоставьте скрещивания (1-5), вероятности появления (А-И) пурпурных драконов в потомстве и расщепления по фенотипу (I-X) для потомства (одни и те же вероятности и расщепления могут встречаться несколько раз для различных скрещиваний):

1)  $aabbCC \times aabbCC$   
 4)  $AABbCc \times aabbCc$

2)  $AABBCc \times AABBCc$   
 5)  $AaBbCC \times AabbCc$

3)  $AaBbCc \times AabbCc$

Список вероятностей появления пурпурных драконов среди потомков (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

- A) 0;
- B) 1/8;
- C) 9/32;
- D) 3/8;
- E) 27/64;
- F) 1/2;
- G) 9/16;
- H) 3/4;
- I) 1;

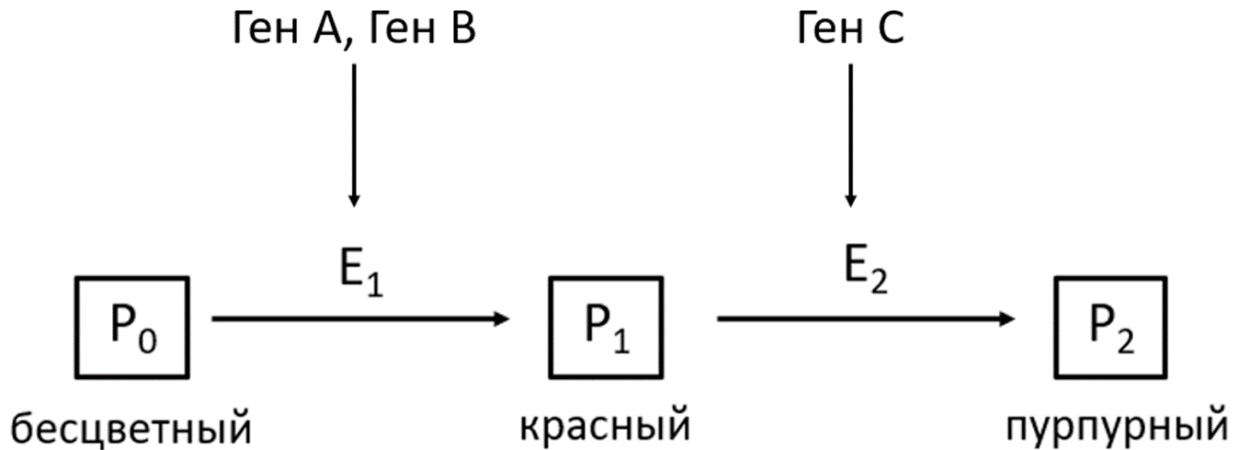
Список расщеплений среди потомков по фенотипу (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

- I) 3:1;
- II) 1:1;
- III) 20:9:3;
- IV) 5:3;
- V) 9:7;
- VI) 9:4:3;
- VII) 4:3:1;

- VIII) 14:9:9;
- IX) 28:27:9;
- X) Отсутствует;

### Задание ID 46 – 5 баллов (Вариант 3)

Заводчик драконов (речь про которого шла в отборочном этапе) продолжил заниматься изучением наследования ярких фенотипических признаков. Он обнаружил, что у драконов из другой географической области цвет кожи определяется тремя генами: А, В и С. Для синтеза красного пигмента из бесцветного предшественника необходим фермент, в активном виде состоящий из двух разных субъединиц (их экспрессия определяется генами А и В). Красный пигмент превращается в пурпурный при наличии фермента, кодируемого геном С. Считайте, что рецессивные аллели соответствуют нефункциональным вариантам генов и аллели взаимодействуют по типу полного доминирования. Ниже приведена схема, иллюстрирующая синтез пигментов:



Сопоставьте скрещивания (1-5), вероятности появления (А-Г) пурпурных драконов в потомстве и расщепления по фенотипу (I-X) для потомства (одни и те же вероятности и расщепления могут встречаться несколько раз для различных скрещиваний):

- |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1) aaBbcc x aaBbcc | 2) AABVcc x AaBbCc | 3) AaBbCc x AaBbcc |
| 4) AaBBcc x aaBbcc | 5) aaBbCC x AaBbcc |                    |

Список вероятностей появления пурпурных драконов среди потомков (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

- A) 0;
- B) 1/8;
- C) 9/32;
- D) 3/8;
- E) 27/64;
- F) 1/2;
- G) 9/16;
- H) 3/4;
- I) 1;

Список расщеплений среди потомков по фенотипу (список избыточен – в нем есть лишние элементы):

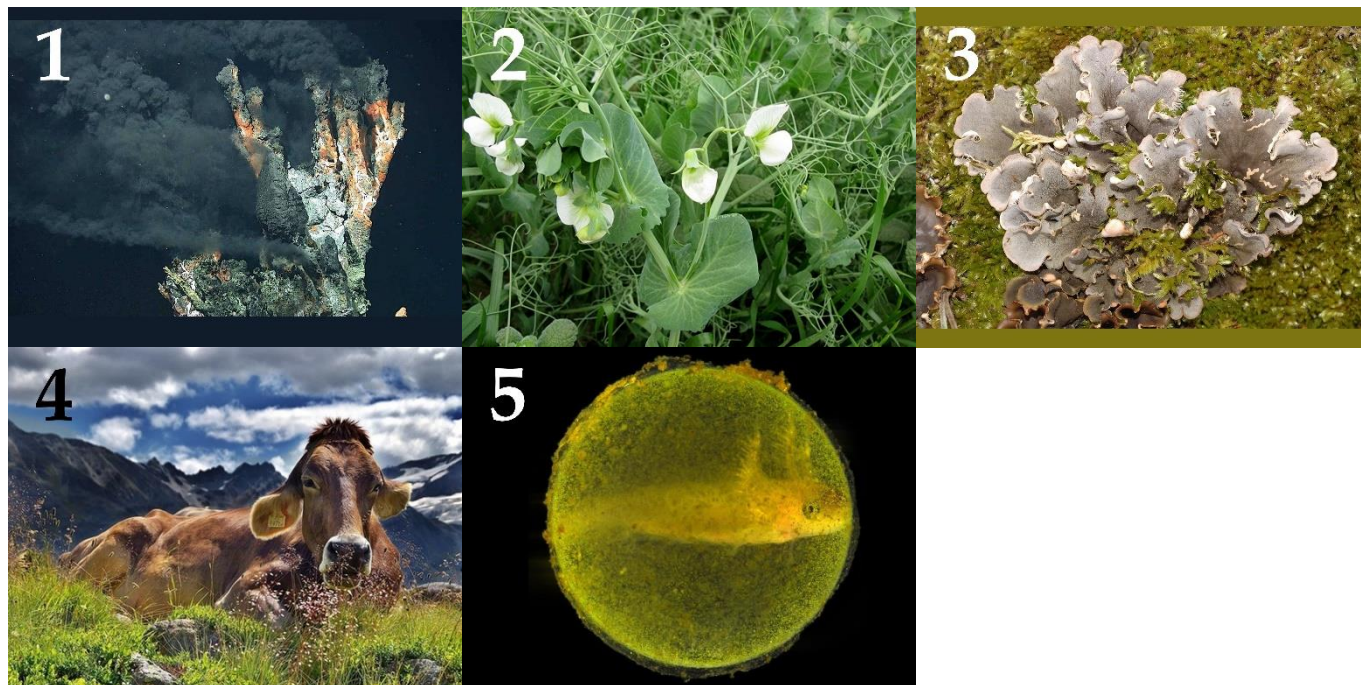
- I) 3:1;
- II) 1:1;
- III) 20:9:3;
- IV) 5:3;
- V) 9:7;
- VI) 9:4:3;
- VII) 4:3:1;

- VIII) 14:9:9;
- IX) 28:27:9;
- X) Отсутствует;

**Задание ID 48 – 5 баллов (Вариант 1)**

На фотографиях изображены организмы, вступающие в симбиотические отношения, или их места обитания.

Сопоставьте фотографии с микроорганизмами-симбионтами и процессами, осуществляемыми ими на пользу дружественного организма. Все буквы и цифры используются только по-одному разу.



**Список превалирующих процессов, осуществляемых микроорганизмами-симбионтами (список избыточен – есть лишние элементы):**

- A) Дiazотрофия (азотфиксация);
- B) Кислородный фотосинтез и diaзотрофия (азотфиксация);
- C) Анакислородный фотосинтез;
- D) Синтез целлюлаз;
- E) Хемосинтез;
- F) Обогащение кислородом;

**Список микроорганизмов (список избыточен – есть лишние элементы):**

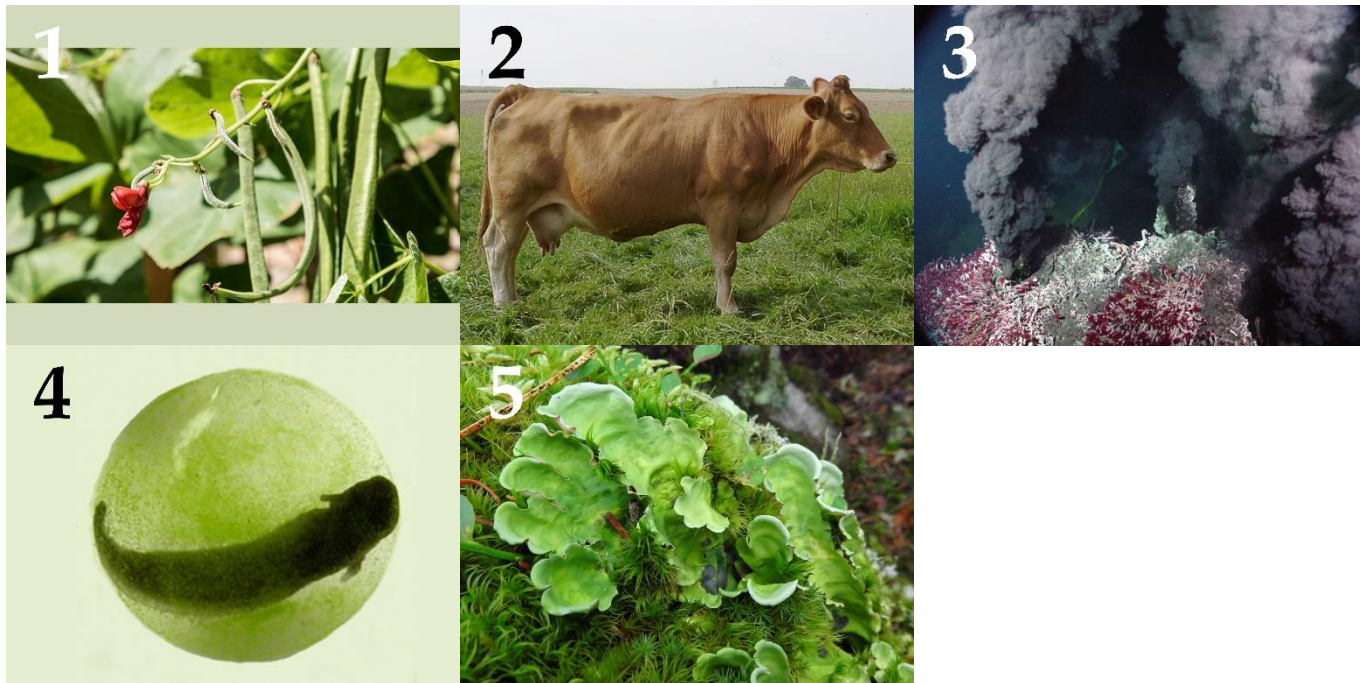
- I) Зелёные водоросли;
- II) Серные бактерии;
- III) Цианобактерии;
- IV) Бактерии порядка *Rhizobiales*;
- V) Нитрификаторы;
- VI) Бактерии-гидролитики;



### Задание ID 48 – 5 баллов (Вариант 2)

На фотографиях изображены организмы, вступающие в симбиотические отношения, или их места обитания.

Сопоставьте фотографии с микроорганизмами-симбионтами и процессами, осуществляемыми ими на пользу дружественного организма. Все буквы и цифры используются только по-одному разу.



**Список преобладающих процессов, осуществляемых микроорганизмами-симбионтами (список избыточен – есть лишние элементы):**

- A) Дiazотрофия (азотфиксация);
- B) Кислородный фотосинтез и diaзотрофия (азотфиксация);
- C) Анакислородный фотосинтез;
- D) Синтез целлюлаз;
- E) Хемосинтез;
- F) Обогащение кислородом;

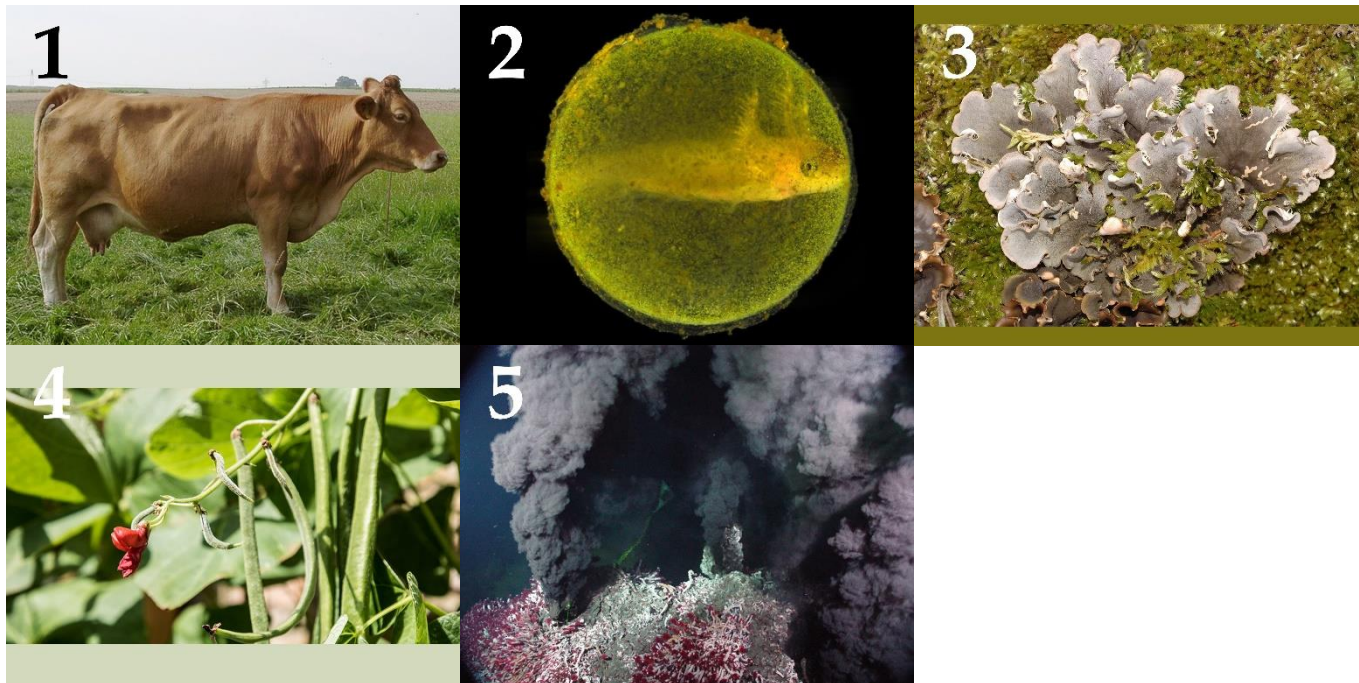
**Список микроорганизмов (список избыточен – есть лишние элементы):**

- I) Зелёные водоросли;
- II) Серные бактерии;
- III) Цианобактерии;
- IV) Бактерии порядка *Rhizobiales*;
- V) Нитрификаторы;
- VI) Бактерии-гидролитики;

### Задание ID 48 – 5 баллов (Вариант 3)

На фотографиях изображены организмы, вступающие в симбиотические отношения, или их места обитания.

Сопоставьте фотографии с микроорганизмами-симбионтами и процессами, осуществляемыми ими на пользу дружественного организма. Все буквы и цифры используются только по-одному разу.



**Список превалирующих процессов, осуществляемых микроорганизмами-симбионтами (список избыточен – есть лишние элементы):**

- A) Дiazотрофия (азотфиксация);
- B) Кислородный фотосинтез и diaзотрофия (азотфиксация);
- C) Анакислородный фотосинтез;
- D) Синтез целлюлаз;
- E) Хемосинтез;
- F) Обогащение кислородом;

**Список микроорганизмов (список избыточен – есть лишние элементы):**

- I) Зелёные водоросли;
- II) Серные бактерии;
- III) Цианобактерии;
- IV) Бактерии порядка *Rhizobiales*;
- V) Нитрификаторы;
- VI) Бактерии-гидролитики;

## **Тип заданий С. Задачи со свободным ответом**

Во всех заданиях данной части в начале идет условие задачи, а затем к нему задается несколько вопросов. Ответы на вопросы должны быть записаны в виде текста. Обратите внимание, что ответы на вопросы должны быть максимально краткими и полными, следует избегать больших объемов текста не по сути заданного вопроса.

### **Система оценки:**

Приведена в ответе для каждого задания отдельно.

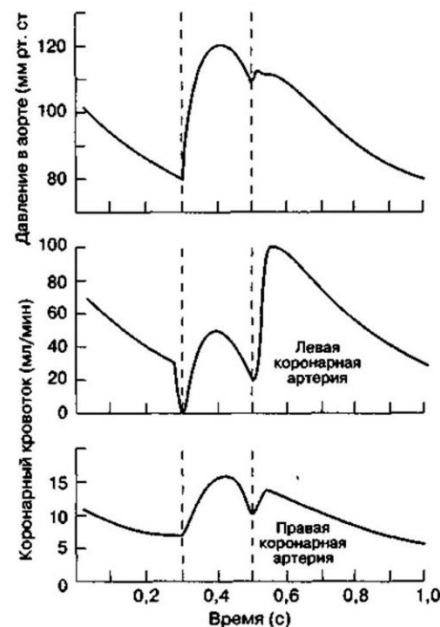
**Задание ID 54 – Максимум 15 баллов**

На рисунке ниже представлены два фрагмента электрокардиограммы (ЭКГ), зарегистрированные в одном и том же отведении у одного и того же здорового добровольца при неизменной скорости записи ленты в покое и после физической нагрузки (30 приседаний). Вашему вниманию также предлагаются графики, отображающие динамику коронарного кровотока в течение сердечного цикла.

ДО



ПОСЛЕ



**Проанализируйте имеющиеся сведения и ответьте на следующие подвопросы:**

- 1) Какой из желудочков сердца – правый или левый – более чувствителен к ишемии (локальному снижению кровоснабжения)? Свой ответ подкрепите двумя аргументами.
- 2) Увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) при физической нагрузке подразумевает уменьшение продолжительности сердечного цикла. Какая из фаз цикла – систола или диастола желудочков – сокращается при этом в большей степени? Ответ обоснуйте, опираясь на предложенные записи ЭКГ.
- 3) Как изменяется объем крови, протекающий через левую коронарную артерию за 1 сердечный цикл, при увеличении ЧСС? Ответ обоснуйте, опираясь на предложенные в задании сведения.
- 4) Известно, что ЧСС у испытуемого в результате физической нагрузки увеличилась на 60 ударов в минуту. Определите скорость записи ленты. Свои расчеты поясните. В ходе решения предполагайте, что стандартные скорости записи ленты Вам **не известны**.

**Задание ID 56 – Максимум 15 баллов**

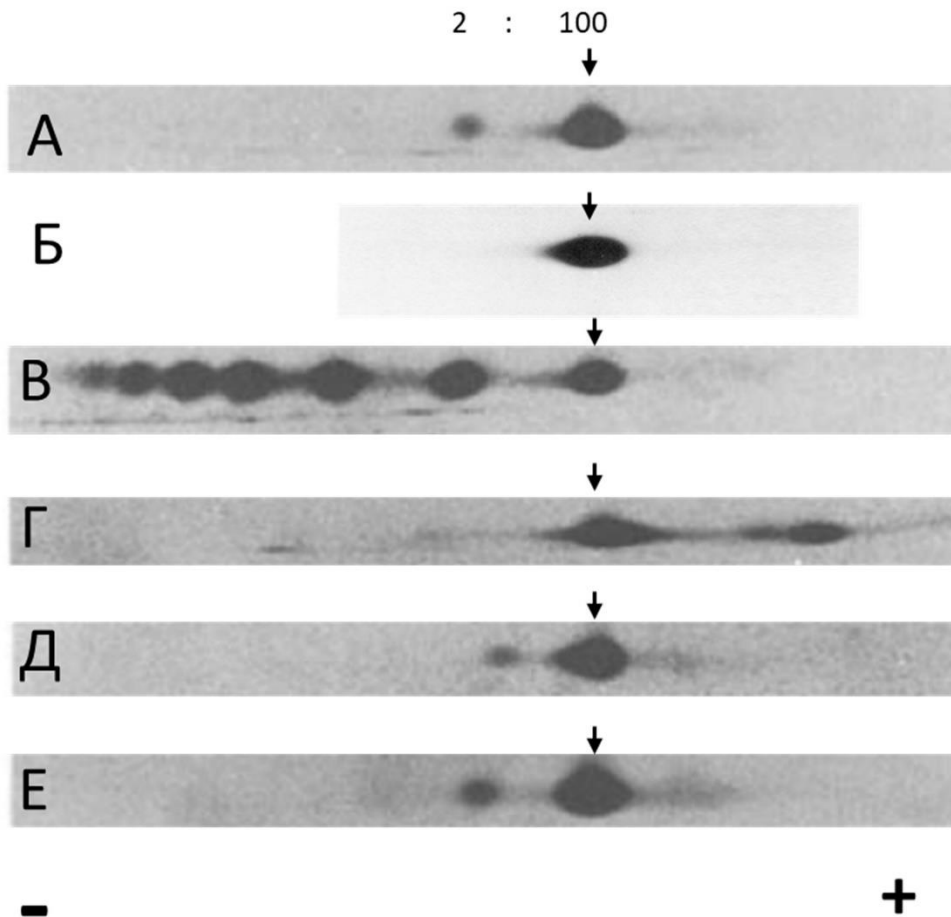
Для изучения точности трансляции ученые поставили следующий эксперимент. Они инфицировали клетки кишечной палочки (*Escherichia coli*) РНК-бактериофагом MS2. В геноме фага MS2 закодировано 4 белка: РНК-зависимая РНК-полимераза, белок оболочки, А-белок (минорный компонент оболочки фага) и белок лизиса. Спустя 5 минут после инфекции ученые добавляли к культуре клеток рифампицин – ингибитор РНК-полимеразы *E. coli*. Спустя 20 минут после инфекции ученые добавляли к клеткам радиоактивно меченный метионин (изотоп  $^{35}\text{S}$ ) на 20 минут, после чего лизировали клетки и разделяли белки двумерным электрофорезом. В таком варианте электрофореза белки вначале разделялись в неденатурирующих условиях в геле, в котором был предварительно сформирован градиент pH: pH 10 у катода (-), и pH 3,5 у анода (+), белки наносились со стороны катода. В процессе проведения электрофореза белки выстраивались в геле в соответствии со значением их изоэлектрической точки (то есть, проводилось изоэлектрофокусирование белков). Во втором измерении белки разделялись по их молекулярной массе в денатурирующих условиях. После электрофореза белки на геле проявлялись с помощью авторадиографии. В описанных экспериментальных условиях 90% выявляемой в геле радиоактивности приходится на белок оболочки бактериофага MS2.

Описанный выше эксперимент ученые провели на нескольких штаммах *E. coli*, в некоторых случаях – в условиях дефицита некоторых аминокислот (см. Таблицу). Для создания дефицита аминокислоты, ученые переносили спустя 10 минут после инфекции бактериофагом клетки необходимого ауксотрофного штамма на среду без указанной аминокислоты. Также в одном из экспериментов использовался штамм с мутацией в гене белка S12 малой субчастицы рибосомы (*rpsL*). Ранее было установлено, что в клетках этого штамма трансляция идет с большей точностью, чем в штамме без такой мутации.

Таблица. Экспериментальные условия.

Эксперимент	Штамм <i>E. coli</i>	Рибосомы	Ауксотрофия	Дефицит аминокислоты	Результат
I	JK1	Дикий тип	Аспарагин	Нет	Рисунок А
II	JK242	Мутант по <i>rpsL</i>	Аспарагин	Нет	Рисунок Б
III	JK1	Дикий тип	Аспарагин	Аспарагин	Рисунок В
IV	JK237	Дикий тип	Аспарагин, Лизин	Лизин	Рисунок Г
V	JK235	Дикий тип	Аспарагин, Аргинин	Аргинин	Рисунок Д
VI	JK38	Дикий тип	Гистидин	Гистидин	Рисунок Е

На каждом рисунке (А-Е) показан фрагмент двумерного геля, на котором видны одно или более пятен, соответствующих белку оболочки; «-» и «+» на рисунках обозначают положения катода и анода при изоэлектрофокусировании (горизонтальное направление). На каждом рисунке стрелкой отмечено положение пятна, соответствующее положению мажорного пятна на рисунке А. На рисунке А цифрами показано соотношение радиоактивности в минорном и мажорном пятнах (относится только к рисунку А).



В таблице генетического кода ниже в скобках показаны количества каждого кодона в рамке считывания белка оболочки бактериофага MS2.

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен (1)	Сер (3)	Тир (0)	Цис (1)	У
	Фен (3)	Сер (2)	Тир (4)	Цис (1)	Ц
	Лей (1)	Сер (2)	-	-	А
	Лей (0)	Сер (2)	-	Трп (2)	Г
Ц	Лей (2)	Про (2)	Гис (0)	Арг (3)	У
	Лей (2)	Про (1)	Гис (0)	Арг (1)	Ц
	Лей (2)	Про (2)	Глн (1)	Арг (0)	А
	Лей (0)	Про (1)	Глн (5)	Арг (0)	Г
А	Иле (4)	Тре (4)	Асн (4)	Сер (0)	У
	Иле (4)	Тре (4)	Асн (6)	Сер (4)	Ц
	Иле (0)	Тре (0)	Лиз (5)	Арг (0)	А
	Мет (3)	Тре (1)	Лиз (1)	Арг (0)	Г
Г	Вал (4)	Ала (5)	Асп (1)	Гли (3)	У
	Вал (4)	Ала (2)	Асп (3)	Гли (3)	Ц
	Вал (3)	Ала (6)	Глу (2)	Гли (2)	А
	Вал (3)	Ала (1)	Глу (3)	Гли (1)	Г

**Ответьте на следующие подвопросы:**

- 1) Почему в описанных экспериментальных условиях основным белком, выявляемым на геле с помощью автордиографии, является белок оболочки бактериофага?
- 2) Чем различаются (в плане аминокислотного состава) формы белка MS2 в минорном и мажорном пятнах на рисунке А?
- 3) С чем, наиболее вероятно, связана выявляемая в эксперименте I ошибка трансляции: с ошибкой на этапе аминоацилирования, или на этапе взаимодействия кодона с антикодоном?
- 4) Объясните, почему в эксперименте III (рисунок В) наблюдается набор пятен, отсутствующих в других условиях?
- 5) Объясните, почему в эксперименте IV (рисунок Г) наблюдается минорное пятно справа, а не слева от мажорного пятна?
- 6) Замена какой аминокислоты, наиболее вероятно, объясняет наличие минорного пятна на рисунке А? На какую аминокислоту заменилась исходная аминокислота?
- 7) Используя соотношение яркости пятен на рисунке А, рассчитайте среднюю частоту аминокислотной замены, которую вы указали в пункте 6, в белке оболочки фага, приходящуюся на один кодон этой исходной аминокислоты;