



ОЛИМПИАДА  
ШКОЛЬНИКОВ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА



Общеобразовательный предмет: **биология**  
2021-2022 учебный год  
**10 – 11 класс**  
**Вариант 1**

**Задания 1-6. Множественный выбор.** Максимальная оценка за каждое задание – 5 баллов.

Выберите ВСЕ правильные ответы.

- Атомы углерода, азота и серы одновременно входят в состав молекул:
  - Инсулина*
  - Нуклеиновых кислот
  - Тиамина (витамина В<sub>1</sub>)*
  - Серина
  - Гликогена
- Выберите растения, которые используются для получения масел.
  - Тыква обыкновенная*
  - Маслина европейская*
  - Горчица черная*
  - Ячмень обыкновенный
  - Лен обыкновенный*
- Губки, кишечнополостные и мшанки способны размножаться при помощи почкования, а плоские и кольчатые черви – при помощи деления тела. Что общего у этих двух способов размножения?
  - Потомство в норме генетически идентично материнскому организму*
  - Потомки каждой особи всегда будут обладать одинаковыми фенотипами
  - Потомство одной особи представляет собой клон*
  - Это формы бесполого размножения*
  - У развивающегося организма формируются производные трех зародышевых листков
- Где в клетке листовой паренхимы фикуса происходит биосинтез белков?
  - Ядро
  - Ядрышко
  - Цитоплазма*
  - Пластиды*
  - Митохондрии*
- Речевые центры у человека в основном находятся в левом полушарии. Зона Брока связана с воспроизведением речи, а зона Вернике отвечает за ее восприятие. При поражении этих зон наблюдаются моторные или сенсорные нарушения речи. Выберите верные утверждения.
  - При поражении зоны Брока речь замедленная, нарушено произношение некоторых звуков*

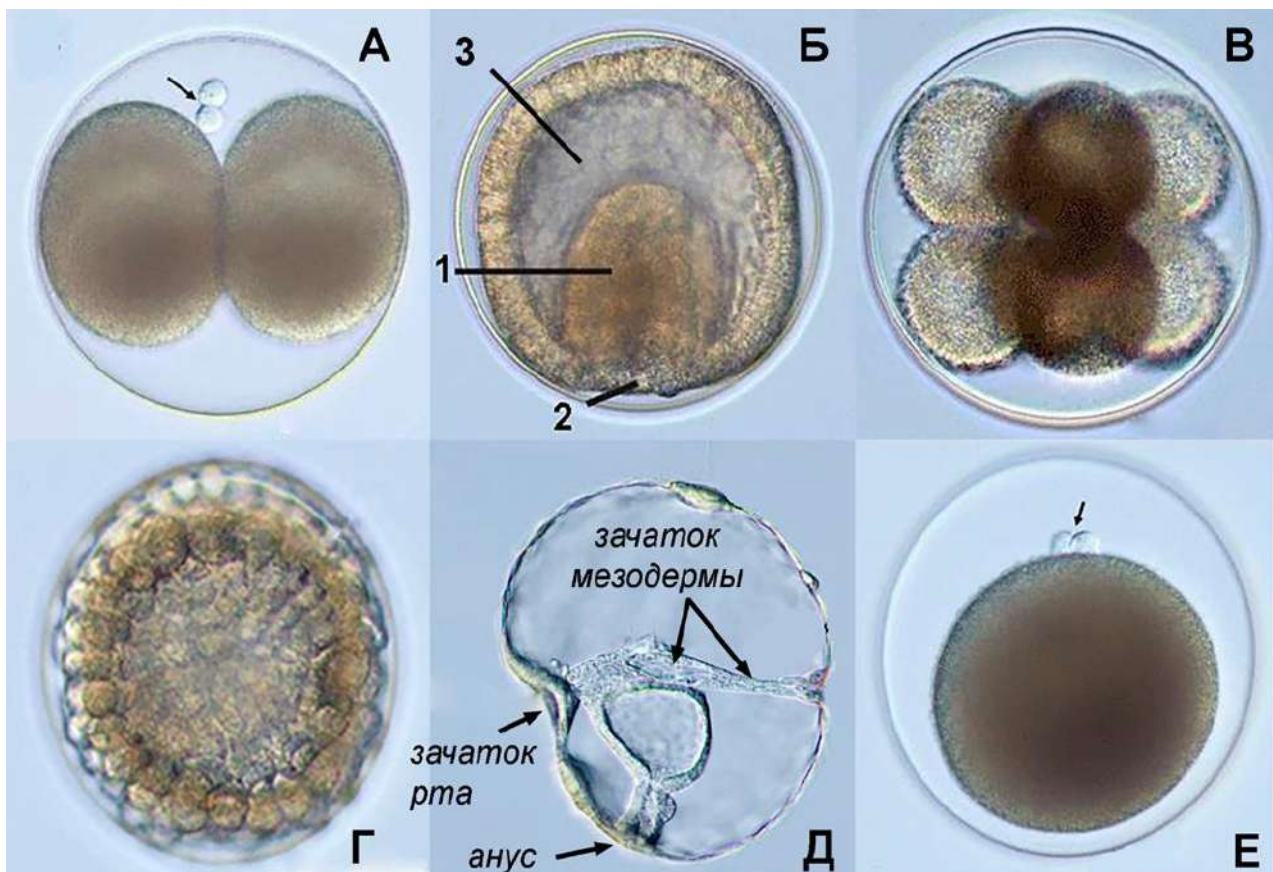
- b. При поражении зоны Вернике речь быстрая, осмысленная
- c. *При моторных нарушениях речи характерна “телеграфная речь”, когда пациент опускает артикли, союзы и предлоги: “Я доктор завтра”*
- d. При поражении зоны Вернике больной осознает свою речевую дисфункцию
- e. При поражении зоны Брока больной с трудом запоминает новые слова

6. Гильдия – это группа видов, которые используют сходные ресурсы и выполняют сходную роль в экосистеме. Выберите пары организмов, которых можно отнести к одной гильдии.

- a. Луговая собачка и луговой волк (койот)
- b. *Рыжий таракан и черный таракан*
- c. Мясная муха и муха цеце
- d. *Малярийный комар и комар-пискун*
- e. Морская лилия и морская капуста

**Задание 7. Анализ биологического процесса.** Максимальная оценка – 10 баллов.

Перед вами фотографии, иллюстрирующие ранние этапы онтогенеза одного загадочного животного. Анимальный полюс зародыша на всех фотографиях находится сверху. Рассмотрите рисунки и выполните задания.



1. Установите хронологическую последовательность стадий онтогенеза, начиная с зиготы. Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности букв без знаков препинания и пробелов, регистр не важен.

Ответ: **ЕАВГБД**

2. Выберите все правильные характеристики данного онтогенеза. Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности латинских букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов, регистр не важен.

- a. Развитие этого животного сопровождается гастрულიей
- b. Данный организм – представитель двуслойных животных
- c. Цифрой 1 на рисунке Б обозначен первичный кишечник
- d. Стадия Д относится к постэмбриональному периоду развития
- e. Цифрой 3 на рисунке Б отмечена вторичная полость тела

Ответ: **acd**

3. Какова ploидность клеток, обозначенных маленькими стрелками на рисунке Е? Выберите единственный правильный вариант ответа.

- a. Гаплоидные
- b. Диплоидные
- c. Полиплоидные

Ответ: **a**

4. К какому таксону относится это животное? Выберите единственный правильный вариант ответа.

- a. Первичноротые
- b. Вторичноротые

Ответ: **b**

5. Как называется стадия онтогенеза, фотография которой представлена на рисунке Г? Запишите ответ в отведенное поле в виде одного слова.

Ответ: **бластула**

**Задание 8. Работа с изображениями объектов.** Рассмотрите рисунки и выполните задания. Максимальная оценка – 5 баллов.

На рисунке изображены структуры, участвующие в размножении у представителей различных отделов высших растений. Запишите русские названия этих отделов в отведенные поля рядом с соответствующими номерами.





Ответ:

1. Цветковые (покрытосеменные)
2. Цветковые (покрытосеменные)
3. Голосеменные
4. Папоротникообразные (папоротниковидные, папоротники)
5. Мохообразные (моховидные, мхи)

**Задание 9. Работа с текстом (поиск и исправление ошибок).** Максимальная оценка – 5 баллов.

Перед вами текст, содержащий пять биологических ошибок. Внимательно прочтите его, найдите ошибки и объясните, в чем они заключаются, вписав ответ в отведенное поле.

**Внимание! Исправление фразы исключительно отрицанием (может – не может, имеет – не имеет и т. п.) не засчитывается. Необходимо сформулировать утвердительные предложения.**

Вирусы – мельчайшие существа, не имеющие клеточного строения. Они являются облигатными паразитами, т.к. способны размножаться исключительно внутри живой эукариотической клетки. Вне клетки хозяина вирус существует в виде вирусной частицы, состоящей из белковой оболочки – капсида, и сердцевины, содержащей генетический материал и некоторые белки, например, нуклеопротеины или ферменты синтеза нуклеиновых кислот. Некоторые вирусы также имеют липопротеиновую оболочку – суперкапсид.

Грипп является одной из частых причин смертности, особенно в периоды вспышек заболеваемости – эпидемий. Заражение гриппом происходит воздушно-капельным путем: частицы вируса, выходя из клетки, попадают во влажную внешнюю среду, проникают в капли воды, где сохраняются до проникновения в организм нового хозяина. Оболочка вируса гриппа состоит из липидной мембраны и погруженных в нее гликопротеинов, обеспечивающих проникновение вируса в клетку. Гликопротеины связываются с поверхностными молекулами клеток-мишеней, после чего вирусная частица транспортируется в клетку посредством эндоцитоза. В результате внутри клетки формируется эндосома с вирусной частицей. В процессе созревания эндосомы в ней повышается рН, что запускает процесс слияния вирусной оболочки с оболочкой эндосомы. Таким образом, вирус оказывается в цитоплазме. У вирусов гриппа геном представляет собой молекулы РНК. Чтобы размножиться, вирусу необходимо синтезировать новые молекулы РНК и белков. Для этого на основе проникших в клетку молекул вирусной РНК с помощью РНК-зависимой РНК-полимеразы, которая всегда присутствует в клетке человека, синтезируются новые РНК. Эти матрицы далее используются рибосомами клетки для синтеза вирусных белков. Размножение завершается на клеточной мембране, где из РНК, белков сердцевины и оболочки, а также липидов мембраны формируются вирусные частицы. Они выходят из клетки в результате ее разрушения и через дыхательные пути попадают во внешнюю среду, где цикл завершается.

Ответы:

1.	Вирусы способны размножаться как в эукариотических, так и прокариотических клетках.
2.	Частицы вируса попадают в окружающую среду вместе с мельчайшими частицами слюны и слизи от зараженного человека, при вдыхании таких частиц происходит заражение нового хозяина.
3.	В процессе созревания эндосомы рН в ней снижается, происходит закисление среды для обеспечения работы пищеварительных ферментов.

4.	РНК-зависимые РНК-полимеразы – вирусные ферменты, в клетках человека они появляются при заражении вирусом, попадают в нее вместе с вирусной частицей или синтезируются на основе вирусных матриц.
5.	Вирус выходит из клетки, не разрушая ее.

**Задание 10. Задача по молекулярной биологии и биоинформатике.**  
Максимальная оценка – 4 балла.

Проанализируйте текст, посвященный методике исследований, и выполните задание.

Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) в настоящее время широко применяется в биологии и медицине. Классическая ПЦР позволяет получить большое количество копий интересующей нас последовательности ДНК. Специфичность данной реакции обеспечивают небольшие последовательности нуклеотидов - праймеры. Их подбирают к обоим концам амплифицируемого участка ДНК таким образом, чтобы последовательность так называемого прямого праймера соответствовала последовательности на 5' конце цепи, тогда как обратный праймер обратен комплементарен последовательности на ее 3' конце. Например, если интересующий нас участок ДНК заканчивается последовательностью 5'-AAGCTA-3', то обратный праймер будет иметь последовательность: 5'-TAGCTT-3'.

Чтобы праймеры могли узнать необходимую последовательность ДНК, смесь для ПЦР реакции нагревают до определенной температуры – температуры отжига праймеров. Эта температура рассчитывается путем прибавления к температуре плавления (температура, при которой происходит разъединение двухцепочечной молекулы праймера) 4°C. ДНК-полимераза, осуществляющая репликацию интересующего нас участка ДНК, использует праймер в качестве затравки для начала синтеза. В результате данной реакции получается копия необходимой последовательности ДНК.

Задача. В данной последовательности нуклеотидов закодирован пептид длиной 23 аминокислотных остатка.

Вам необходимо подобрать праймеры для амплификации всей этой последовательности, включая старт-кодон (ATG) и стоп-кодон (TGA, TAG, TAA). Помните, что праймеры должны быть специфичны и обладать примерно одинаковой температурой плавления (различия не более 2-4 °C). Температура плавления рассчитывается по формуле:

$$2(A+T) + 4(G+C),$$

где буквы – это количество нуклеотидов каждого типа. Размер каждого праймера должен составлять 15 нуклеотидов. Запишите последовательности прямого и обратного праймера в отведенные поля.

Последовательность нуклеотидов:

5'- GAAAATTGTATGGGGCATTTTGTTTATGGTAGATGTGTCAAGCCACATATACATATT  
TTT TAGGCTCTAGATTTGAGATGAGGCACGCCGCACAT- 3'

Ответы:

Прямой праймер: 5'-*ATGGGGCATTTTGTT* -3'

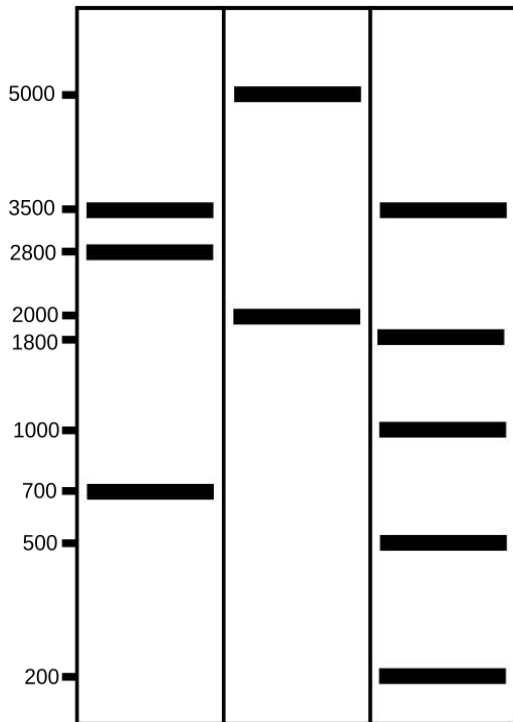
Обратный праймер: 5'-*TCATCTCAAATCTAG* -3'

**Задание 11. Задача по молекулярной биологии и биоинформатике.**  
Максимальная оценка – 6 баллов.

Для того, чтобы различить последовательности ДНК, можно использовать рестриктазы – ферменты, которые узнают и разрезают строго определенные последовательности нуклеотидов в ДНК (так называемые сайты рестрикции). Например, рестриктаза PfuII, у которой сайт рестрикции несет последовательность 5'-GCATC↓G-3', при реакции с последовательностью ДНК будет разрезать ее на два фрагмента, содержащие на концах последовательности 5'-GCATC-3' и 5'-G-3'.

Вам дана схема результатов электрофоретического разделения ДНК в агарозном геле после реакции рестрикции некоторой плазмиды:

маркер (п.н.) PstII XbaI PstII + XbaI

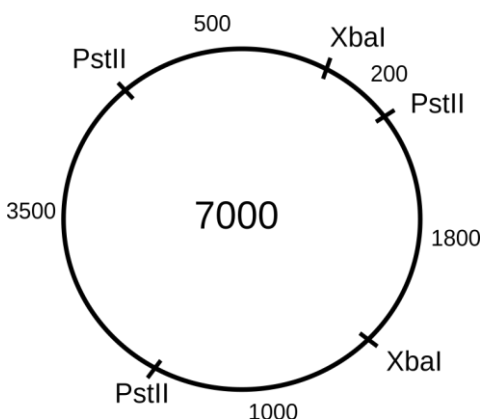


Укажите размер плазмиды в парах нуклеотидов: **7000**

Составьте карту плазмиды, опираясь на результаты электрофоретического разделения ДНК. Запишите последовательность расположения сайтов рестрикции в этой плазмиде и фрагментов между ними, начиная запись с размера самого большого фрагмента, названия следующего за ним сайта рестрикции и так далее до сайта рестрикции, ограничивающего первый фрагмент с другого конца. Ответ запишите в виде последовательности цифр и букв, без пробелов и разделителей. *Пример ответа: 1000BseI100HindI800BseI400HindI600BseI*

Ответ:

**3500PstII500XbaI200PstII1800XbaI1000PstII  
3500PstII1000XbaI1800PstII200XbaI500PstII**



## Задание №12. Работа с информацией. Максимальная оценка – 10 баллов.

Внимательно прочитайте предложенные фрагменты текста и рассмотрите рисунки, затем переходите к выполнению заданий. Каждый ответ запишите в специально отведенное поле в виде последовательности букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов, регистр не важен.

### Фрагмент 1.

Одно из достижений биологии последних десятилетий – реконструкция филогенетических отношений между различными эукариотами и построение на этой основе их системы, отражающей эволюцию (рис.1А). В соответствии с современными представлениями выделяют две главные эволюционные ветви (клады) эукариот – Amorphea и Diaphoretickes, их названия переводятся на русский язык как «бесформенные» и «разнообразные», соответственно. К первым относят, например, большинство амебоидных организмов (включая амебу протей и дизентерийную амебу, слизевиков), многоклеточных животных (Metazoa) и их ближайших родственников (рис. 1Б), всех настоящих грибов, а ко вторым – высшие растения и большинство водорослей, а также инфузорий, споровиков, фораминифер, радиоларий и многих других. Филогенетические связи некоторых групп пока еще не установлены, их принято обозначать как *incertae sedis*, то есть группы неопределенного систематического положения. К одной из них (*Discoba*), в частности, принадлежит знаменитая эвглена вместе с ее гетеротрофными родственниками (например, трипаносомой).



**Рисунок 1.** А. Упрощенная схема филогении эукариот (по Leontyev, Schnittler, 2017; Adl et al., 2019, с изменениями). Б. Филогенетические взаимоотношения и положение многоклеточных животных (Metazoa) среди Opisthokonta (по Hehenberger et al., 2017, с изменениями).

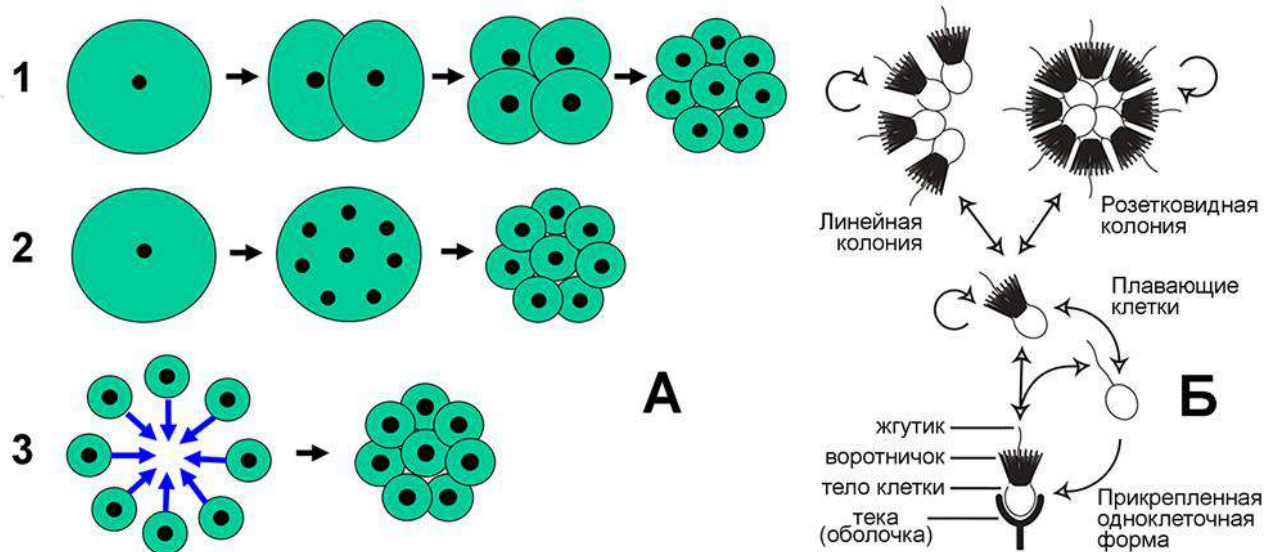
Таким образом, классические царства эукариот – животные, растения и грибы – не могут теперь считаться естественными систематическими группами (таксонами) в их традиционном объеме, так как многие их представители не являются близкими родственниками. Например, так называемые «простейшие животные», оказались среди представителей почти всех ветвей, показанных на рисунке 1А. «Низшие растения» разбежались в основном по разным клатам внутри Diaphoretickes (кроме эвглены с ее гетеротрофными родственниками), а грибы оказались как среди «бесформенных», так и среди «разнообразных». Вместе с тем многоклеточные животные, высшие грибы (с хитридиевыми) и высшие растения (с зелеными водорослями) сохранили таксономическую целостность. На схеме они принадлежат, соответственно, таксонам Holozoa, Holomycota и Viridiplantae. Животными – в самом строгом смысле этого термина – следует считать только

многоклеточных животных (Metazoa), положение которых среди родственных групп более подробно показано на рисунке 1Б.

Заметим, что многоклеточные формы возникали по крайней мере в 25 различных линиях эукариот (причем в большинстве случаев это сопровождалось и появлением дифференцировки клеток), а тканевая организация тела – высший уровень дифференцировки – появлялась как минимум трижды.

## Фрагмент 2.

У эукариот известны три способа формирования многоклеточного тела в онтогенезе, которые схематически изображены на рисунке 2А, причем все они встречаются и среди сравнительно близких родственников животных. Первый способ распространен наиболее широко. Он реализуется в онтогенезе многих организмов, в том числе и Metazoa, когда многоклеточная конструкция формируется в результате последовательного деления единственной исходной клетки-зиготы. Сходным образом формируются и колонии у воротничковых жгутиконосцев (Choanoflagellata). Один из наиболее изученных видов воротничковых *Salpingoeca rosetta* существует как в виде одноклеточных форм, так и в виде линейных или розетковидных (округлых) колоний (рис. 2Б), причем колонии формируются исключительно в результате деления одной исходной клетки. Второй способ реализуется у некоторых Ichthyosporaea. В этом случае сначала формируется многоядерная клетка (ценоцит), которая в дальнейшем делится на отдельные клетки, образующие стабильную многоклеточную конструкцию. Нечто подобное наблюдается и в раннем онтогенезе некоторых Metazoa с крупными яйцеклетками (например, у насекомых, головоногих моллюсков, птиц имеет место неполное дробление зиготы). У некоторых Filasterea, как и у многих слизевиков и даже у миксобактерий, многоклеточное тело образуется в результате агрегации одиночных клеток, изначально живущих вполне самостоятельно (вариант 3).



**Рисунок 2.** А. Три способа формирования многоклеточного тела в ходе онтогенеза: 1 – центробежный, 2 – ценоцитный, 3 – центростремительный (агрегационный). Б. Смена одноклеточных и колониальных форм в онтогенезе воротничкового жгутиконосца *Salpingoeca rosetta* (Choanoflagellata) (Fairclough et al., 2013). Пояснения в тексте.

Очевидно, тело животного – это не просто скопление клеток. Формирование многоклеточности у Metazoa требует наличия разнообразных механизмов интеграции, таких как контроль клеточного деления и апоптоза, обеспечение взаимодействия клеток между собой, образование сложного внеклеточного матрикса («межклеточного вещества») и взаимодействие клеток с его компонентами, наличие систем клеточного распознавания (свой-чужой) и еще многого другого. Разумеется, все это требует появления соответствующих молекулярных и клеточных систем, которые «записаны» в геномах эукариот.



В связи с этим возникает вопрос: «изобретали» ли Metazoa (или другие эукариоты) свои собственные механизмы перехода к многоклеточности или же они использовали какие-то общие инструменты, возникшие у одноклеточных предков? Ответ на этот вопрос современные зоологи получают, используя арсенал сравнительной геномики. К настоящему времени удалось прочесть и расшифровать геномы многих эукариот. Это позволяет средствами биоинформатики получать данные о наличии-отсутствии тех или иных генов у разных организмов, сравнивать их и делать выводы.

Выяснилось, что геном животных, конечно, содержит гены, эволюция которых стала источником ключевых инноваций и во многом определила их специфические черты. Но их не так много, как казалось ранее. Многие гены, обеспечивающие важные интеграционные механизмы в многоклеточном теле животного, распространены среди эукариот гораздо шире, некоторые – даже за пределами Opisthokonta. Причем многие из них обнаруживаются и у одноклеточных форм. Примером тому является распространение доменов, участвующих в обеспечении клеточной адгезии, формировании внеклеточного матрикса (интегрины, кадгерина, коллагены, фибронектин, ламинин и пр.), синтезе нейропептидов, иммуноглобулинов и других молекул. Набор «генетических инструментов», которые возникли еще у одноклеточных форм, оказался в чем-то универсальным: какие-то его элементы были адаптированы многоклеточными животными к новым специфическим функциям.

1. Прочитайте фрагмент 1 и рассмотрите рисунок 1. Выберите все правильные утверждения.
  - a. Клады Amorphea и Diaphoretickes дивергировали еще на ранних этапах эволюции эукариот
  - b. Holomycota и Metazoa – сестринские таксоны
  - c. Многоклеточные животные относятся к таксону Opisthokonta
  - d. *Trypanosoma brucei* (возбудитель сонной болезни человека) принадлежит таксону Discoba – одной из базальных групп эукариот

Ответ: **ac**

2. Прочитайте фрагмент 1 и рассмотрите рисунок 1. Выберите все правильные утверждения.
  - a. Ближе к основанию самых крупных клад, показанных на рисунке 1А, находятся одноклеточные формы
  - b. Таксон Diaphoretickes включает как автотрофных, так и гетеротрофных представителей
  - c. Инфузории и споровики в филогенетическом отношении ближе к многоклеточным животным, чем к высшим растениям
  - d. Все эукариоты, обладающие жгутиками, образуют единый таксон Жгутиконосцы

Ответ: **ab**

3. Прочитайте фрагмент 2 и рассмотрите рисунок 2. Выберите все правильные утверждения.
  - a. У воротничковых жгутиконосцев колонии формируются в результате деления одной клетки-предшественницы
  - b. Клетки колоний *Salpingoeca rosetta* покрыты текой
  - c. Ценоцитный способ формирования многоклеточного тела среди эукариот распространен наиболее широко
  - d. У некоторых прокариот многоклеточные конструкции формируются центростремительным способом

Ответ: **ad**

4. Основываясь на информации из текстовых фрагментов и рисунков, выберите правильные утверждения
  - a. В пределах Opisthokonta можно наблюдать все три способа формирования многоклеточного тела
  - b. Современная зоология использует данные о геномах эукариот

- c. Среди Holozoa многоклеточным телом обладают только представители Metazoa и Holomycota
- d. Интегрины, характерные для Metazoa, встречаются и у одноклеточных эукариот

Ответ: **abd**

5. Основываясь на информации из текстовых фрагментов, рисунков и Ваших знаниях, выберите все правильные утверждения

- a. Все организмы, способные к образованию псевдоподий (ложноножек), принадлежат к таксону Amoebozoa
- b. Переход к многоклеточности – одно из генеральных направлений эволюции эукариот
- c. Взаимодействие клеток со сложным внеклеточным матриксом – одна из черт многоклеточных животных
- d. Геном животных не содержит генов, специфичных для этого таксона

Ответ: **bc**

**Задание 13. Задача по генетике.** Решите задачу и запишите ответы в отведенные поля. Максимальная оценка – 10 баллов.

У кукурузы известна мутация *cms-T*. Она локализована в митохондриальной (мт-) ДНК и приводит к развитию дефектной пыльцы, в результате чего растение оказывается не обоеполым, как в норме, а женским. Действие этой мутации подавляется, если в ядре одновременно присутствуют доминантная аллель гена *RF1* и доминантная аллель гена *RF2*. Гены *RF1* и *RF2* наследуются независимо. Растение  $[N] RF1 rf1 RF2 rf2$  скрещено с растением  $[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2$  (цитоплазматические наследственные задатки принято записывать в квадратных скобках,  $[N]$  – обозначение нормальной мт-ДНК). Какое из этих растений использовано в качестве материнского родителя? Какое расщепление по полу будет среди потомков, полученных в результате этого скрещивания?

Заполните свободные поля таблицы:

Элементы условия:		Ответы:
Пол исходных растений	$[N] RF1 rf1 RF2 rf2$	♀, ♂
	$[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2$	♀
В качестве материнского родителя использовано растение (выпишите генотип)		$[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2$
Потомки, полученные в результате скрещивания	доля растений, несущих нормальную мт-ДНК	0
	доля растений, несущих мутантную мт-ДНК	1 (100%)
	доля растений, доминантных и по гену <i>RF1</i> , и по гену <i>RF2</i>	1/4 (25%)
	доля обоеполых растений	1/4 (25%)
	генотипы таких растений и их соотношение	$[cms-T] RF1 rf1 RF2 rf2$
	доля женских растений	3/4 (75%)
генотипы таких растений и их соотношение		1 $[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2$ 1 $[cms-T] RF1 rf1 rf2 rf2$ 1 $[cms-T] rf1 rf1 RF2 rf2$

Решение:

1. Растение  $[N] RF1 rf1 RF2 rf2$  является обоеполым (нормальные митохондрии).
2. Растение  $[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2$  является женским (мутация  $[cms-M]$  не подавлена).

3. В качестве материнского родителя использовано растение [*cms-T*] *rf1 rf1 rf2 rf2* (оно не может продуцировать нормальную пыльцу, а потому непригодно в качестве отцовского родителя).
  4. У большинства растений, в том числе у кукурузы, митохондрии передаются потомству только через яйцеклетки. Поэтому полученные потомки будут нести лишь мутантные митохондрии (от материнского растения).
  5. Среди этих потомков ожидается расщепление по ядерным генам:  

$$1 [cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2 : 1 [cms-T] RF1 rf1 rf2 rf2 : 1 [cms-T] rf1 rf1 RF2 rf2 : 1 [cms-T] RF1 rf1 RF2 rf2$$
  6. Обоеполыми будут потомки, доминантные по обоим ядерным генам (мутация [*cms-M*] подавлена). Их доля составит 1/4.
  7. Это будут потомки [*cms-T*] *RF1 rf1 RF2 rf2*.
  8. Женскими будут потомки, рецессивные хотя бы по одному из ядерных генов (мутация [*cms-M*] не подавлена). Их доля составит 3/4.
  9. Среди них будет наблюдаться расщепление по генотипу  

$$1 [cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2 : 1 [cms-T] RF1 rf1 rf2 rf2 : 1 [cms-T] rf1 rf1 RF2 rf2$$
- Задача решена.

**Задание 14. Дайте развернутый ответ.** Запишите его в отведенное поле. Максимальная оценка – 10 баллов.

Существование экосистем часто зависит от жизнедеятельности эдификаторов - видов, деятельность которых создает или серьезно изменяет окружающую среду. Большинство эдификаторов относится к растениям. Так, в лесу эдификаторами являются деревья 1-2 яруса, на лугу или в степи - многолетние травы, а на болоте или в тундре - мхи. Приведите не менее пяти примеров животных-эдификаторов. Укажите, какие сообщества они создают, и объясните, в чем состоит эдифицирующее воздействие каждого из них.

Ответ:

1. **Мадрепоровые кораллы** – главные эдификаторы сообщества кораллового рифа. Обладают известковым скелетом, материал которого почти не растворим в воде и поэтому накапливается в среде, что и создает главный механизм формирования рифов в современных морях. В результате madreporовые кораллы формируют огромное разнообразие микробиотопов (убежища, места для прикрепления sessильных форм, субстрат для сверлильщиков), обеспечивают оптимальное распределение организмов рифа в пространстве, защиту от действия волн и течений, служат источником пищи. Заметим, что сам организм madreporового коралла представляет собой часть симбиотической системы, в состав которой входят также и одноклеточные водоросли – зооксантеллы, от которых коралл получает питательные вещества и кислород, предоставляя им местообитание, углекислый газ и источники биогенных элементов. В современном рифообразовании принимают участие и некоторые другие животные (иные кораллы, многощетинковые черви, мшанки), но их роль незначительна.
2. **Мидия.** Эти двусторчатые моллюски часто образуют различные поселения, из которых наиболее известны мидиевые банки – скопления моллюсков площадью от единиц до тысяч квадратных метров. В таком сообществе моллюски располагаются вплотную друг к другу, прикрепляясь нитями биссуса к субстрату и раковинам соседей. Мидия создает убежища для других организмов, служит пищей для хищников, субстратом для эпибионтов. Ее фильтрационная активность способствует изъятию из воды личинок беспозвоночных, что препятствует вселению таких форм в сообщество. Питание и плотное расположение моллюсков затрудняет поступление кислорода в грунт, что создает там анаэробные условия и способствует накоплению сероводорода. В результате на банке складывается весьма своеобразное сообщество, члены которого адаптированы к совместной жизни с мидией.
3. **Рыжий лесной муравей.** Всем известны постройки этого насекомого – муравейники, создаваемые усилиями семьи («колонии»), численность которой может составлять несколько

сотен тысяч особей. Муравейник служит местом обитания не только их создателей, но и разнообразных других организмов – насекомых-мирмекофилов, червей, грибов, бактерий и растений. Для них муравейник является местообитанием, источником пищи и необходимых веществ, защитой. При этом влияние муравьев распространяется далеко за пределы муравейника. Они могут приводить к уменьшению численности насекомых, используемых для питания, тем самым способствуя защите леса. Одновременно они способствуют и увеличению обилия других организмов. Известно, например, что некоторые виды муравьев охраняют тлей, используя их как источник пади (сладких выделений), а другие разводят грибы. Собирая разнообразный материал, они способствуют перемещению веществ и энергии в экосистемах.





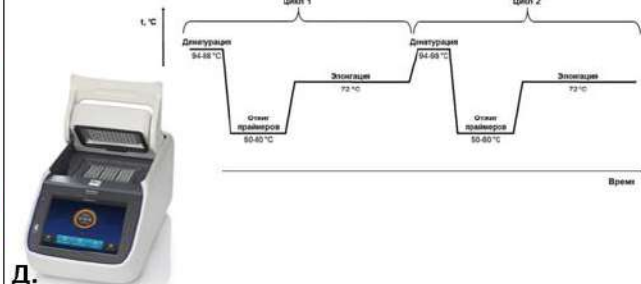
4. **Бобр обыкновенный** – крупный представитель грызунов, живущий группами и тесно связанный с водными биотопами. Известен постройками запруд, которые изменяют гидрологический режим участков местности, создавая особый тип ландшафта. В водоемах, которые возникают в результате строительной деятельности бобра, поселяются различные водные беспозвоночные и растения, рыбы, могут держаться водоплавающие птицы. Поваленные деревья служат источником пищи для копытных и зайцев, для многих редуцентов. Хатки бобров также являются местообитанием разнообразных организмов. Обратим внимание, что в результате постройки плотин происходит подтопление лесных участков, многие деревья погибают, формируется биота, характерная для заболоченных биотопов. Поэтому деятельность бобров не всегда оценивают как положительную.

5. **Копытные млекопитающие** (антилопы, газели, зебры), оказывающие влияние как на растительность саванн, так и на прочее их население. Широко известны дальние миграции огромных стад этих животных, которые перемещаются в поисках пищи и воды. Интенсивное воздействие вызвано питанием растительной пищей, вытаптыванием, образованием помета. Разумеется, копытные привлекают различных хищников, падальщиков. Данные ландшафты служат местом обитания многих птиц, насекомых и других животных.

Возможны и другие правильные элементы ответа. Участники часто писали также о термитах, слонах, сурках, что тоже верно.

### Задание 15. Технологии исследований. Максимальная оценка – 10 баллов.

На рисунках представлены различные приборы и методы, используемые в биологии для работы с нуклеиновыми кислотами. Выполните тестовые задания, дайте краткий ответ.

 <p>A.</p>	 <p>Б.</p>	 <p>В.</p>
 <p>Г.</p>	 <p>Д.</p>	



1. Установите соответствие между изображениями, названиями изображенных приборов и их возможным применением. Запишите в свободные ячейки таблицы соответствующие цифры. В каждую ячейку следует вписать только одну цифру. **ВНИМАНИЕ! В списке один из приборов и один из вариантов применения – лишние!**

Запишите ответ в отведенное поле в виде последовательности: картинка-название-возможное применение. Например: А-1-1.

Названия прибора:

1. Амплификатор для проведения ПЦР
2. Ламинарный шкаф
3. Камера для электрофореза
4. Проточный цитофлуориметр
5. Секвенатор
6. Центрифуга

Возможное применение:

- I. Разделение фрагментов ДНК в агарозном геле
- II. Разделение смеси молекул
- III. Определение нуклеотидной последовательности генома комнатной мухи
- IV. Разделение смеси частиц при помощи центробежной силы
- V. Создание стерильных условий для работы
- VI. Изучение дифференциальной экспрессии генов

Ответ:

А	Б	В	Г	Д
2	6	3	5	1
V	IV	I	III	VI

2.1. Каким(ими) методом(ами) можно секвенировать ДНК? Выберите правильные варианты ответа.

- а) метод секвенирования по Сэнгеру
- б) метод секвенирования по Эдману
- в) масс-спектрометрия
- г) пиросеквенирование

Ответ: **аг**

2.2. Во сколько раз увеличится количество специфического продукта полимеразной цепной реакции, ограниченного праймерами, за 10 циклов, если эффективность каждого цикла составляет 100%? Запишите соответствующее число в поле ответа.

Ответ: **1024**

3. В современной биологии широко применяется метод секвенирования по Сэнгеру. Опишите, для чего нужен метод, его принцип, приведите пример применения этого метода в современных исследованиях.

Ответ:

Секвенирование по Сэнгеру предназначено для установления последовательности нуклеотидов ДНК. Принцип: в четырех разных пробирках происходит синтез комплементарной цепи ДНК с использованием четырех дидезоксинуклеотидов, которые останавливают синтез новой цепи, таким образом получается набор последовательностей разной длины. Более того, можно использовать флуоресцентные метки или радиоактивный изотоп фосфора для визуализации. С помощью гель-электрофореза происходит разделение фрагментов, так что можно определить, на каком нуклеотиде был остановлен синтез. Примеры применения: секвенирование генов интереса до 1 тыс п.н. или секвенирование участка, содержащего информацию о рекомбинантном белке, который необходим исследователю для трансформации бактерий.



ОЛИМПИАДА  
ШКОЛЬНИКОВ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА



Общеобразовательный предмет: **биология**  
2021-2022 учебный год  
**10 – 11 класс**  
**Вариант 2**

**Задания 1-6. Множественный выбор.** Максимальная оценка за каждое задание – 5 баллов.

Выберите ВСЕ правильные ответы.

- Атомы углерода, азота и железа одновременно входят в состав молекул:
  - Пероксидазы*
  - Ферритина*
  - Гемоглобина*
  - Хлорофилла
  - Гемоцианина
- Выберите растения, семена которых используют для изготовления приправ.
  - Горчица черная*
  - Лавр благородный
  - Кардамон настоящий*
  - Хрен обыкновенный
  - Гвоздичное дерево
- Дафнии способны размножаться двумя способами: 1) в благоприятных условиях осуществляется амеиотический партеногенез (развитие происходит из диплоидных яйцеклеток), 2) при наступлении неблагоприятных условий в популяции появляются самцы, которые оплодотворяют гаплоидные яйца, и развитие происходит из диплоидной зиготы. В обоих случаях:
  - Имеет место половое размножение*
  - Формируется личинка, характерная для ракообразных – науплиус
  - У эмбриона образуются производные трех зародышевых листков*
  - Потомство генетически отличается от материнской особи
  - Происходит дифференцировка клеток зародыша в результате дифференциальной экспрессии генов*
- В каких структурах клеток хламидомонады происходит репликация ДНК?
  - Аппарат Гольджи
  - Хлоропласт*
  - Митохондрия*
  - Эндоплазматическая сеть
  - Ядро*
- При травмах у человека в ряде случаев происходит полное или половинное рассечение спинного мозга. При половинном латеральном рассечении спинного мозга развивается синдром Броун-Секара, при этом ниже места поражения:

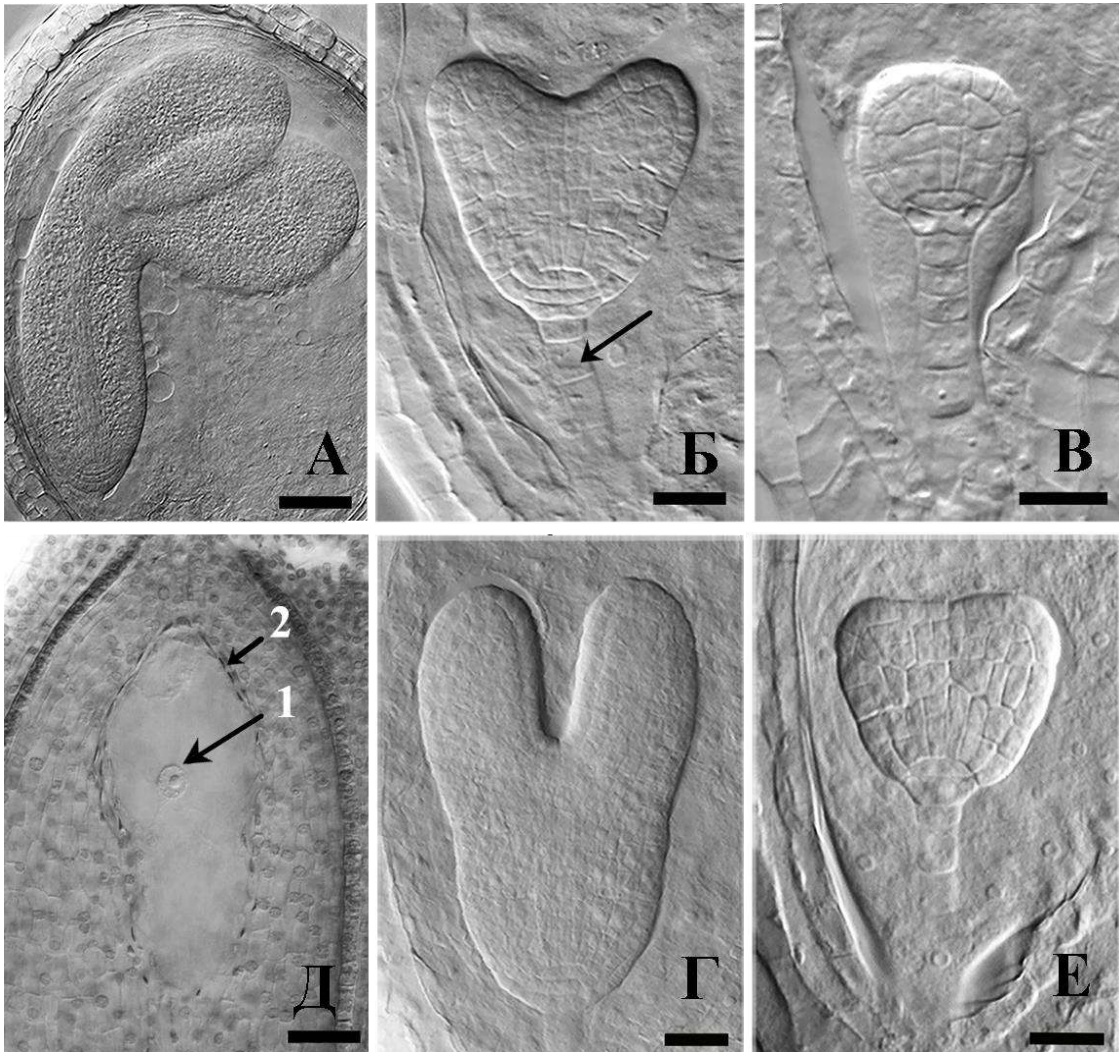
- a. Нарушена работа вегетативных рефлексов на стороне, противоположной пораженной
- b. *Скелетные мышцы на стороне повреждения теряют способность к произвольным сокращениям*
- c. *Сохраняются сгибательные и разгибательные рефлексы мышц на стороне повреждения*
- d. *Теряется чувствительность кожи и мышц на стороне повреждения*
- e. Гладкая мускулатура на стороне повреждения начинает спонтанно сокращаться

б. Экосистемы островов отличаются от материковых. Согласно правилу Фостера, известному как правило острова, виды, попавшие на остров, изменяют размеры тела. Выберите утверждения, верно описывающие этот эффект.

- a. *Размеры тела растительноядных животных, попавших на остров, могут увеличиваться из-за отсутствия крупных хищников*
- b. Островной гигантизм встречается только у животных
- c. *Изначально крупные животные, попав на остров, мельчают*
- d. *Многие животные - островные гиганты - вымерли или находятся на грани исчезновения*
- e. Островная карликовость встречается только у хищников

**Задание 7. Анализ биологического процесса.** Максимальная оценка – 10 баллов.

Перед вами изображение стадий эмбриогенеза некоторого растения. Рассмотрите рисунки и выполните задания.





1. Установите правильный порядок стадий, начиная с яйцеклетки. Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности букв без знаков препинания и пробелов, регистр не важен.

Ответ: ДВЕБГА

2. Выберите верные утверждения о данном объекте. Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности латинских букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов, регистр не важен.

- На рисунке Д стрелка 1 указывает на яйцеклетку
- На рисунке А можно различить 2 семядоли
- Зародыш этого растения на ранних этапах развития питается за счет эндосперма
- Эндосперм этого растения состоит из гаплоидных клеток
- Зародыш этого растения образуется в результате двойного оплодотворения

Ответ: bce

3. По характерным деталям строения определите, к какому классу относится представленное растение, и запишите русское название этого класса в отведенное поле.

Ответ: Двудольные

4. Напишите, из какого зачатка образуется структура, обозначенная стрелкой на рисунке Б.

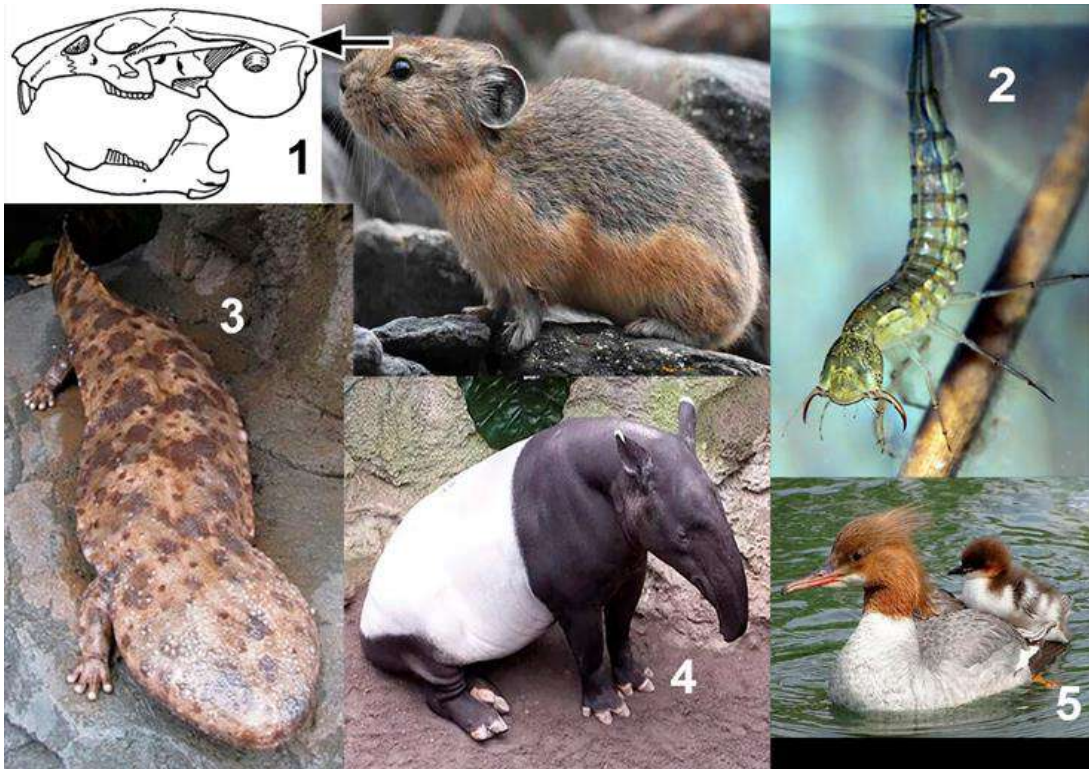
Ответ: зигота

5. Какова ploидность клеток, на которые указывает стрелка 2 на рисунке Д? Дайте ответ в виде единственного слова.

Ответ: диплоидные

**Задание 8. Работа с изображениями объектов.** Рассмотрите рисунки и выполните задания. Максимальная оценка – 5 баллов.

На рисунке изображены различные животные. Определите, к каким отрядам они относятся. Запишите русские названия этих отрядов в отведенные поля рядом с соответствующими номерами.





Ответ:

1. Зайцеобразные
2. Жесткокрылые (жуки)
3. Хвостатые земноводные (хвостатые амфибии, хвостатые)
4. Непарнокопытные
5. Гусеобразные (пластинчатоклювые)

**Задание 9. Работа с текстом (поиск и исправление ошибок).** Максимальная оценка – 5 баллов.

Перед вами текст, содержащий пять биологических ошибок. Внимательно прочтите его, найдите ошибки и объясните, в чем они заключаются, вписав ответ в отведенное поле.

**Внимание!** Исправление фразы исключительно отрицанием (*может – не может, имеет – не имеет* и т. п.) не засчитывается. Необходимо сформулировать утвердительные предложения.

Сигнал в нервной системе передается по нейронам в форме электрических импульсов. Электрический потенциал на мембране аксона измеряют с помощью двух микроэлектродов, один из которых вводят внутрь аксона, а другой помещают в тело нейрона. В состоянии покоя разность потенциалов на мембране равна  $-70\text{ мВ}$ . Она поддерживается за счет разной концентрации как положительно, так и отрицательно заряженных ионов. Например, натрий-калиевый насос поддерживает эту разницу концентраций за счет транспорта ионов натрия из клетки и ионов калия внутрь. Транспорт идет пассивно, т.к. ионы перемещаются против градиента концентраций.

Другой механизм поддержания разницы концентраций ионов – диффузия через ионные каналы. Положительно заряженный калий свободно выходит через них из цитоплазмы, что создает внутри клетки положительный заряд.

При стимуляции аксона разность потенциалов меняется с  $-70\text{ мВ}$  на  $+40\text{ мВ}$ . Это происходит за счет увеличения транспорта ионов натрия через мембрану. Каналы натрия снабжены воротным механизмом – в покое их пора закрыта для ионов, а при возбуждении ворота открываются, пропуская ионы через канал. Сигналом для открытия каналов является уменьшение разности потенциала на мембране – гиперполяризация. Вскоре после скачка заряда происходит открытие кальциевых каналов, за счет этого начинается процесс реполяризации, то есть снижение заряда на мембране. Затем натрий-калиевый насос восстанавливает исходные концентрации ионов, вновь приводя аксон в состояние покоя.

Ответы:

1.	Для измерения потенциала на мембране аксона второй электрод помещают не в тело нейрона, а во внеклеточное пространство.
2.	Насос осуществляет активный транспорт, т.к. перенос ионов против градиента концентраций требует затраты энергии.
3.	Калий выходит из клетки, в то время как отрицательно заряженные молекулы остаются, что создает внутри клетки отрицательный заряд.
4.	Снижение заряда на мембране на мембране называется деполяризацией.
5.	Основные ионы, регулирующие мембранный потенциал, - натрий и калий. При реполяризации открываются калиевые каналы.

## Задание 10. Задача по молекулярной биологии и биоинформатике. Максимальная оценка – 4 балла.

Проанализируйте текст, посвященный методике исследований, и выполните задание.

Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) в настоящее время широко применяется в биологии и медицине. Классическая ПЦР позволяет получить большое количество копий интересующей нас последовательности ДНК. Специфичность данной реакции обеспечивают небольшие последовательности нуклеотидов - праймеры. Их подбирают к обоим концам амплифицируемого участка ДНК таким образом, чтобы последовательность так называемого прямого праймера соответствовала последовательности на 5' конце цепи, тогда как обратный праймер обратно комплементарен последовательности на ее 3' конце. Например, если интересующий нас участок ДНК заканчивается последовательностью 5'-AAGCTA-3', то обратный праймер будет иметь последовательность: 5'-TAGCTT-3'.

Чтобы праймеры могли узнать необходимую последовательность ДНК смесь для ПЦР реакции нагревают до определенной температуры – температуры отжига праймеров. Эта температура рассчитывается путем прибавления к температуре плавления (температура, при которой происходит разъединение двухцепочечной молекулы праймера) 4°C. ДНК-полимераза, осуществляющая репликацию интересующего нас участка ДНК, использует праймер в качестве затравки для начала синтеза. В результате данной реакции получается копия необходимой последовательности ДНК.

Задача. В данной последовательности нуклеотидов закодирован пептид длиной 23 аминокислотных остатка.

Вам необходимо подобрать праймеры для амплификации всей этой последовательности, включая старт-кодон (ATG) и стоп-кодон (TGA, TAG, TAA). Помните, что праймеры должны быть специфичны и обладать примерно одинаковой температурой плавления (различия не более 2-4 °C). Температура плавления рассчитывается по формуле:

$$2(A+T) + 4(G+C),$$

где буквы – это количество нуклеотидов каждого типа. Размер каждого праймера должен составлять 15 нуклеотидов. Запишите последовательности прямого и обратного праймера в отведенные поля.

Последовательность нуклеотидов:

5'-CTGAATTAGTTTATGACCAAAACATGCATTATGTTTCGAAAATACTATTCCAACCTC  
TTATGTGTCTCAATCTATTTGTTCGATAAGCACATGTGATCGA-3'

Ответы:

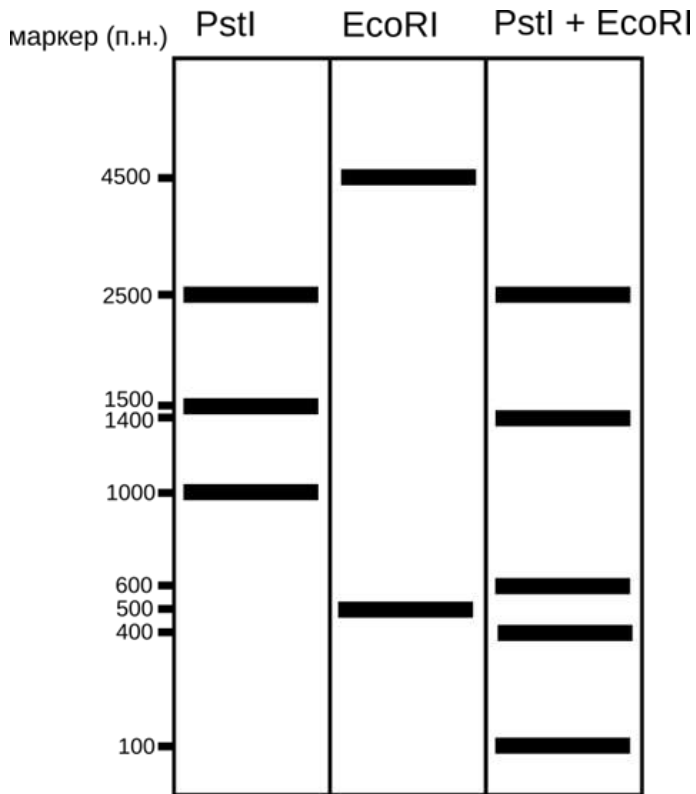
Прямой праймер: 5'-ATGACCAAAACATGC-3'

Обратный праймер: 5'-TTATCGACAAATAGA-3'

## Задание 11. Задача по молекулярной биологии и биоинформатике. Максимальная оценка – 6 баллов.

Для того, чтобы различить последовательности ДНК, можно использовать рестриктазы – ферменты, которые узнают и разрезают строго определенные последовательности нуклеотидов в ДНК (так называемые сайты рестрикции). Например, рестриктаза PfuII, у которой сайт рестрикции несет последовательность 5'-GCATC↓G-3', при реакции с последовательностью ДНК будет разрезать ее на два фрагмента, содержащие на концах последовательности 5'-GCATC-3' и 5'-G-3'.

Вам дана схема результатов электрофоретического разделения ДНК в агарозном геле после реакции рестрикции некоторой плазмиды:



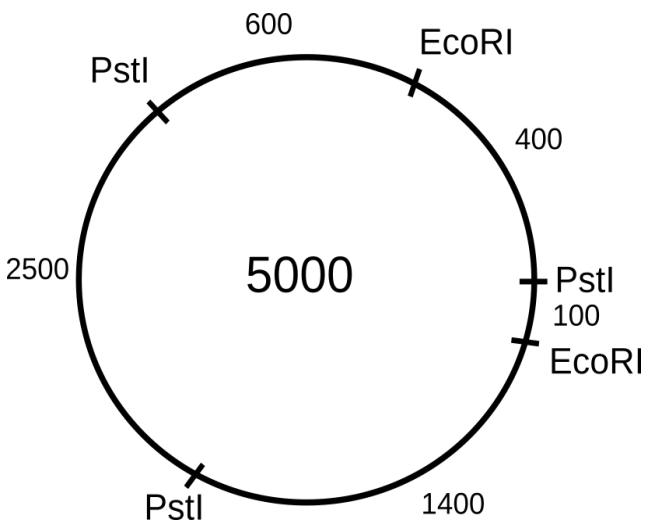
Укажите размер плазмиды в парах нуклеотидов: **5000**

Составьте карту плазмиды, опираясь на результаты электрофоретического разделения ДНК. Запишите последовательность расположения сайтов рестрикции в этой плазмиде и фрагментов между ними, начиная запись с размера самого большого фрагмента, названия следующего за ним сайта рестрикции и так далее до сайта рестрикции, ограничивающего первый фрагмент с другого конца. Ответ запишите в виде последовательности цифр и букв, без пробелов и разделителей. *Пример ответа: 1000BseI100HindI800BseI400HindI600BseI*

Ответ:

**2500PstI600EcoRI400PstI100EcoRI1400PstI**

**2500PstI1400EcoRI100PstI400EcoRI600PstI**



## Задание №12. Работа с информацией. Максимальная оценка – 10 баллов.

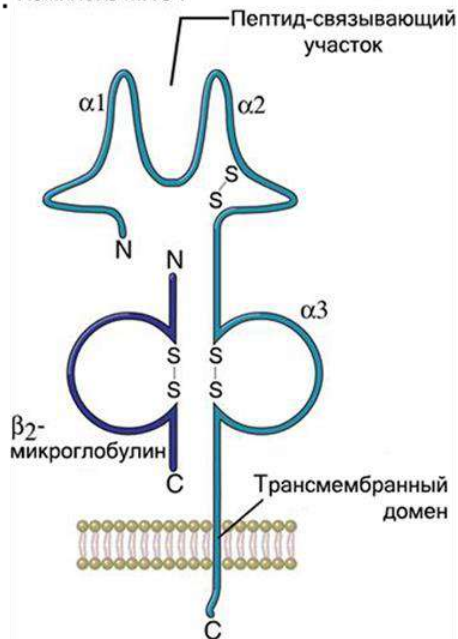
Внимательно прочитайте предложенные фрагменты текста и рассмотрите рисунки, затем переходите к выполнению заданий. Каждый ответ запишите в специально отведенное поле в виде последовательности букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов, регистр не важен.

### Фрагмент 1.

Одна из основных функций CD8<sup>+</sup> цитотоксических Т-лимфоцитов (Т-киллеров) – распознавание раковых клеток или клеток, зараженных внутриклеточными патогенами. Механизм распознавания основан на том, что клетки человека выставляют на своей поверхности пептиды (антигены), полученные путем деградации внутриклеточных белков. В ходе развития CD8<sup>+</sup> Т-лимфоцита его Т-клеточный рецептор (T cell receptor, TCR) приобретает специфичность к определенному антигену. В дальнейшем при обнаружении такого антигена на поверхности клетки Т-киллер запускает ее апоптоз. Выставляемые пептиды связаны с белками главного комплекса гистосовместимости I (major histocompatibility complex I, MHC I). Комплекс синтезируется во всех клетках человека, обладающих ядром, а также в тромбоцитах. MHC I – это гетеродимер, состоящий из тяжелой полипептидной  $\alpha$ -цепи и легкой  $\beta$ -цепи (рисунок 1а).  $\alpha$ -цепь имеет домены  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$  и  $\alpha 3$ , а также трансмембранный и цитоплазматический домены. Домены  $\alpha 1$  и  $\alpha 2$   $\alpha$ -цепи образуют сайт связывания пептида длиной от 8 до 10 аминокислот. Домен  $\alpha 3$   $\alpha$ -цепи и  $\beta$ -цепь имеют глобулярную структуру и стабилизируют связывание MHC I комплекса с TCR.

Схема созревания комплекса MHC I с антигеном представлена на рисунке 1б. Меченные для деградации белки расщепляются посредством 20S-протеасомы. Полученные пептиды связываются с белками теплового шока для избежания дальнейшей деградации. Белки TAP1 и TAP2 (transporter associated with antigen processing, TAP) транспортируют пептиды из цитозоля в полость эндоплазматической сети (ЭПС). ERAP1 и ERAP2 (endoplasmic reticulum aminopeptidase 1, ERAP) обрезают пептиды до нужной длины с N-конца. MHC I заякорен в мембране ЭПС с помощью белков тапазина и кальретикулина. Связывание MHC I и пептида приводит к высвобождению MHC I и его миграции к плазматической мембране через аппарат Гольджи.

#### а. Комплекс MHC I



#### б.

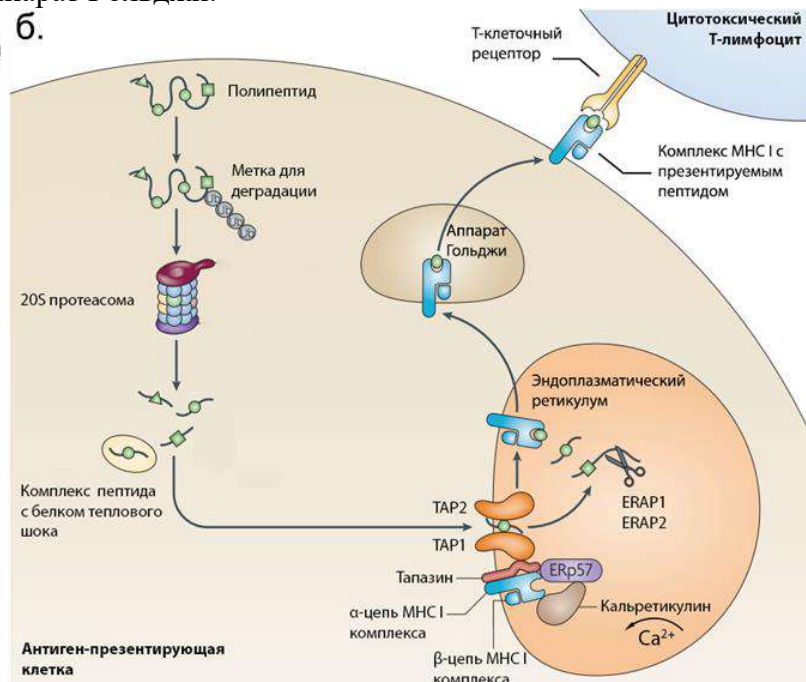


Рисунок 1. А. Схема комплекса MHC I; Б. Схема презентации внутриклеточного пептида.

### Фрагмент 2.

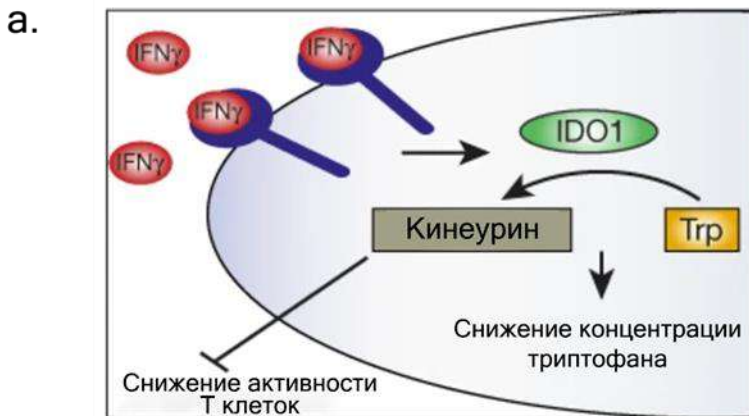
Один из механизмов подавления иммунитета, используемый раковыми клетками – активация фермента IDO1 (indoleamine 2,3-dioxygenase 1) в ответ на INF $\gamma$ -опосредованный



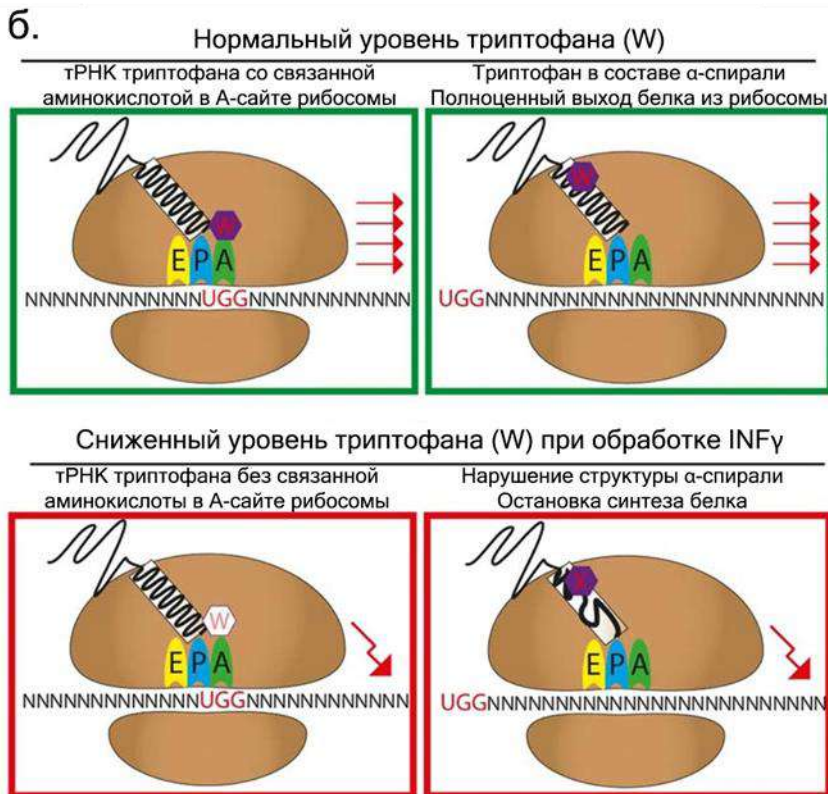
сигналинг (рисунок 2а). IDO1 катализирует образование производных триптофана (Trp, W), в том числе кинуренина, который создает иммуносупрессивное окружение.

С другой стороны, сниженная концентрация триптофана приводит к увеличению концентрации тРНК триптофана без связанной аминокислоты. При попадании такой “свободной” тРНК в антикодон-распознающий сайт (А-сайт) рибосомы происходит сдвиг рамки считывания в районе кодона триптофана UGG на 1 нуклеотид в сторону 3'-конца мРНК.

Триптофан необходим для образования  $\alpha$ -спиралей. Нарушение данной вторичной структуры при сдвиге рамки считывания опосредует блокировку канала рибосомы и прекращение синтеза белка (рисунок 2б). Данные полипептиды, синтез которых не закончен, претерпевают разрушение в протеасомах. Это приводит к тому, что комплексы МНС I на поверхности раковых клеток обогащаются пептидами, полученными при смещении рамки считывания вокруг триптофана. CD8<sup>+</sup> Т-лимфоциты, специфичные к данным пептидам, способны инициировать рецептор-опосредованный апоптоз раковых клеток.



**Рисунок 2.** А. Механизм иммуносупрессии. Б. Схема задержки рибосомы. Пояснения – в тексте.



1. Прочитайте фрагмент 1 и выберите все правильные утверждения.

- Комплекс МНС I можно найти на поверхности эритроцитов
- Глобулярные домены комплекса МНС I стабилизированы дисульфидными связями
- С-конец презентуемых пептидов не меняется после их формирования в протеасоме

- d. Транспорт комплекса МНС I от эндоплазматического ретикулума до плазматической мембраны –  $\text{Ca}^{2+}$  зависимый процесс

Ответ: bcd

2. Прочитайте фрагмент 2 и выберите все правильные утверждения.

- IDO 1 катализирует образование производных триптофана в ответ на сигнал к апоптозу
- Частота сдвигов рамки считывания напрямую зависит от концентрации тРНК триптофана без связанной аминокислоты
- Задержка рибосом в районе кодона UGG обусловлена тем, что “пустая” тРНК триптофана не может покинуть А-сайт рибосомы
- INF $\gamma$  увеличивает число комплексов МНС I со специфичными для раковых клеток пептидами

Ответ: bd

3. Пептид HOOC-ETQRNKGNFPGRFLRAPVL-NH<sub>2</sub> – продукт протеасомного расщепления белка. Данный пептид транспортируется в ЭПС, обрезается и связывается с МНС I. Выберите возможные варианты презентруемых антигенов.

- ETQRNKGNFPGRF
- GRFLRAPVL
- ETQRNKGNFP
- ETQRNKGV

Ответ: c

4. В протеоме нормальной клетки человека содержится пептид KPPSMGCRWLLCCFL. При анализе протеома раковых клеток, которые подвергались воздействию INF $\gamma$ , вы идентифицировали новый пептид KPPSMGCRCCYVAS. Какие потенциальные презентруемые антигены вы выберите для этой линии раковых клеток?

- KPPSMGCRCCYVAS
- KPPSMGCRCC
- KPPSMGCR
- KPPSMGCRW

Ответ: b

5. Выберите последовательности событий, приводящих к появлению специфических для раковых клеток антигенов.

- Действие INF $\gamma$  → увеличение концентрации “свободной” тРНК триптофана → сдвиг рамки считывания → образование дефектных белков и их расщепление
- Действие INF $\gamma$  → увеличение концентрации “свободной” тРНК триптофана → остановка трансляции на кодоне UGG → образование дефектных белков и их расщепление
- Действие INF $\gamma$  → синтез кинеурина → создание иммуносупрессивного окружения
- Действие INF $\gamma$  → снижение концентрации триптофана → сдвиг рамки считывания → образование прионов

Ответ: a

**Задание 13. Задача по генетике.** Решите задачу и запишите ответы в отведенные поля. Максимальная оценка – 10 баллов.

У кукурузы известна мутация *cms-T*. Она локализована в митохондриальной (мт-) ДНК и приводит к развитию дефектной пыльцы, в результате чего растение оказывается не обоеполым, как в норме, а женским. Действие этой мутации подавляется, если в ядре одновременно присутствуют доминантная аллель гена *RF1* и доминантная аллель гена *RF2*. Гены *RF1* и *RF2* наследуются независимо. Цветки растения [*cms-T*] *rf1* *rf1* *rf2* *rf2* (цитоплазматические наследственные задатки принято записывать в квадратных скобках)

опылены пыльцой с растения  $[N] RF1 RF1 RF2 RF2$ , где  $[N]$  – обозначение нормальной мт-ДНК. Затем цветки гибридов  $F_1$  опылены пыльцой с растения  $[N] RF1 rf1 RF2 rf2$ . Какое расщепление по полу будет среди растений, полученных в результате этого скрещивания?

Заполните свободные поля таблицы:

Элементы условия:		Ответы:
Гибриды $F_1$	их генотип по мт-ДНК	$[cms-T]$
	их генотип по ядерным генам	$RF1 rf1 RF2 rf2$
	их пол	♀, ♂
Потомки, полученные при скрещивании гибридов $F_1$ с растением $[N] RF1 rf1 RF2 rf2$	доля растений, доминантных и по гену $RF1$ , и по гену $RF2$	9/16
	доля растений, несущих нормальную мт-ДНК	0
	доля растений, несущих мутантную мт-ДНК	1 (100%)
	доля обоеполюх растений	9/16
	генотипы таких растений и их соотношение	1 $[cms-T] RF1 RF1 RF2 RF2$ 2 $[cms-T] RF1 rf1 RF2 RF2$ 2 $[cms-T] RF1 RF1 RF2 rf2$ 4 $[cms-T] RF1 rf1 RF2 rf2$
	доля женских растений	7/16
	генотипы таких растений и их соотношение	1 $[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2$ 2 $[cms-T] RF1 rf1 rf2 rf2$ 1 $[cms-T] RF1 RF1 rf2 rf2$ 2 $[cms-T] rf1 rf1 RF2 rf2$ 1 $[cms-T] rf1 rf1 RF2 RF2$

Решение:

- У большинства растений, в том числе у кукурузы, митохондрии передаются потомству только через яйцеклетки. Поэтому полученные гибриды  $F_1$  будут нести лишь мутантные митохондрии (от материнского растения).
- Эти гибриды будут гетерозиготами по ядерным генам ( $RF1 rf1 RF2 rf2$ ).
- С учетом совместного действия мутаций  $RF1$  и  $RF2$ , гибриды  $F_1$  будут обоеполюми.
- При скрещивании гибридов  $F_1$  с растением  $[N] RF1 rf1 RF2 rf2$  ожидается расщепление  $9 RF1- RF2- : 3 RF1- rf2 rf2 : 3 rf1 rf1 RF2- : 1 rf1 rf1 rf2 rf2$  (3-й закон Менделя).
- Доля растений, доминантных по обоим ядерным генам, составит среди них 9/16.
- Поскольку гибриды  $F_1$  несли мутантные митохондрии, такими же будут и их потомки.
- Обоеполюми будут потомки, доминантные по обоим ядерным генам (мутация  $[cms-M]$  подавлена). Их доля составит 9/16.
- Среди них будет наблюдаться расщепление по генотипу  
1  $[cms-T] RF1 RF1 RF2 RF2 : 2 [cms-T] RF1 rf1 RF2 RF2 : 2 [cms-T] RF1 RF1 RF2 rf2 : 4 [cms-T] RF1 rf1 RF2 rf2$ .
- Женскими будут потомки, рецессивные хотя бы по одному из ядерных генов (мутация  $[cms-T]$  не подавлена). Их доля составит 7/16.
- Среди них будет наблюдаться расщепление по генотипу  
1  $[cms-T] rf1 rf1 rf2 rf2 : 2 [cms-T] RF1 rf1 rf2 rf2 : 1 [cms-T] RF1 RF1 rf2 rf2 : 2 [cms-T] rf1 rf1 RF2 rf2 : 1 [cms-T] rf1 rf1 RF2 RF2$

Задача решена.

**Задание 14. Дайте развернутый ответ.** Запишите его в отведенное поле. Максимальная оценка – 10 баллов.

В состав тела почти всех многоклеточных животных входят клетки, имеющие реснички или жгутики. Какие функции данные органоиды могут выполнять в организме этих животных? В составе каких органов и тканей они выполняют эти функции? Приведите примеры животных, для которых характерны указанные вами функции, укажите название типа, к которому они относятся.

Ответ:

1. Локомоторная функция: перемещение всего тела или отдельных клеток.

- Взрослый организм. Ресничные клетки входят в состав эпидермиса (покровного эпителия) и обеспечивают перемещение. Пример: молочно-белая планария (тип Плоские черви).
- Личинки. Ресничные клетки входят в состав эпидермиса (покровного эпителия) и обеспечивают перемещение. Пример: парусник (велигер), тип Моллюски.
- Сперматозоиды. Мужские половые клетки несут жгутик, обеспечивающий их перемещение. Пример: человек, тип Хордовые.

2. Гидрокинетическая функция: обеспечение потока воды вблизи поверхности тела.

- Участие в питании. У фильтраторов и седиментаторов поток жидкости приносит съедобные частицы. Ресничные клетки входят в состав специальных участков эпидермиса. Пример: кристателла, тип Мшанки (реснички находятся на поверхности щупалец).
- Обеспечение водообмена у поверхности органов дыхания, что облегчает газообмен. Входят в состав эпидермиса жаберного аппарата. Пример: беззубка, тип Моллюски.

3. Гидрокинетическая функция: обеспечение потока жидкости внутри тела.

- Помогают осуществлять продвижение и перемешивание пищи в пищеварительной системе. Ресничные клетки в составе эпителия, выстилающего пищеварительную систему. Пример: гидра, тип Кишечнополостные (Книдарии).
- Обеспечивают поток жидкости в органах выделения, например в каналах протонефридиев. Пример: молочно-белая планария, тип Плоские черви.
- Создают движение жидкости (слизи) для выведения из организма посторонних частиц. Например, ресничный эпителий слизистых оболочек дыхательных путей человека (тип Хордовые).

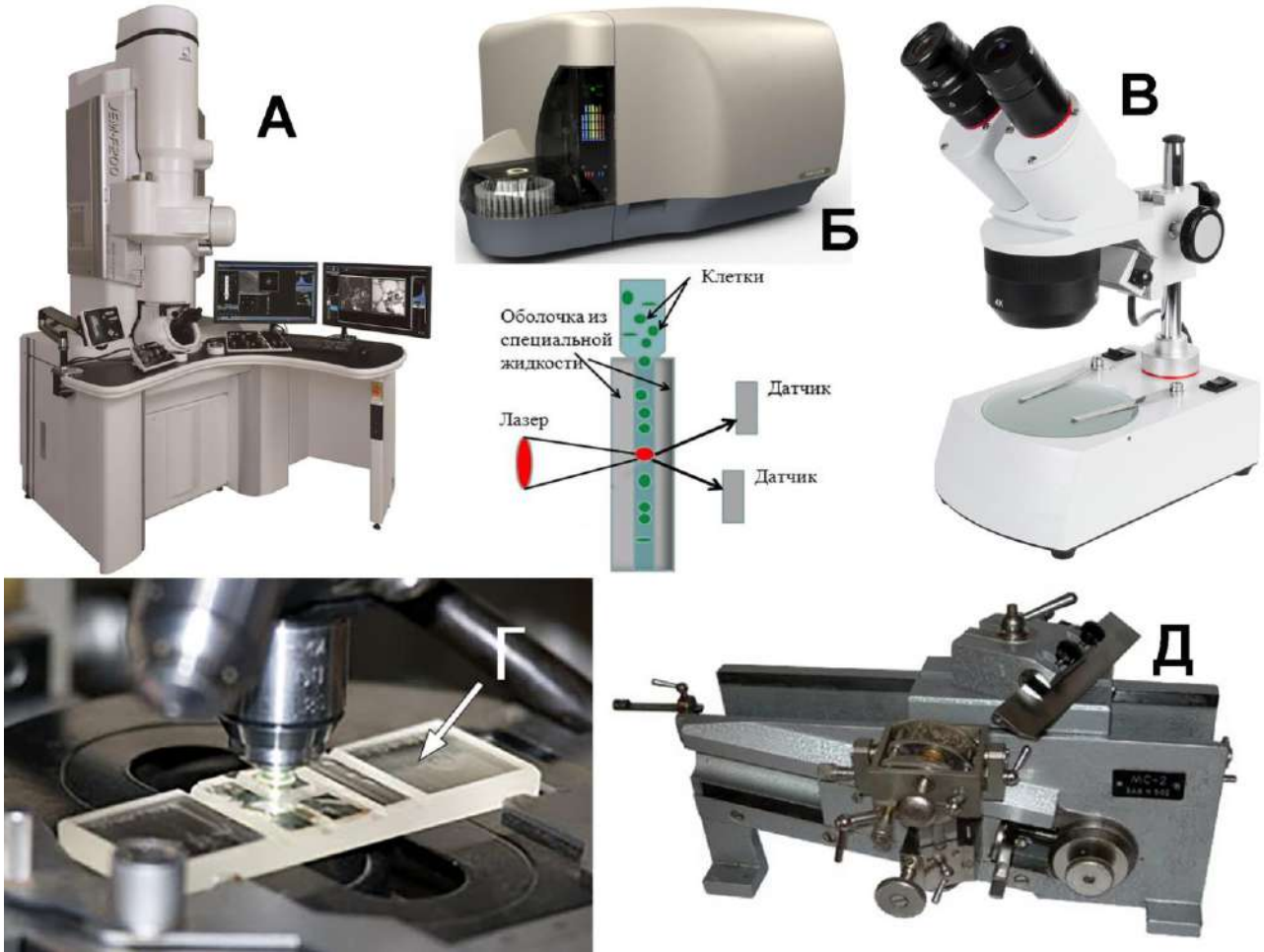
4. Чувствительная функция. Реснички (жгутики) входят в состав многих рецепторов и сенсилл, при этом обычно ригидны. Пример: ресничные фоторецепторы в глазах медузы обелии (тип Кишечнополостные или Книдарии), механорецепторы органов равновесия у речного рака (тип Членистоногие).

Возможны и другие правильные элементы ответа.

**Задание 15. Технологии исследований.** Максимальная оценка – 10 баллов.

На фотографиях представлены различные приборы, используемые в биологии при изучении мелких объектов. Выполните тестовые задания, дайте краткий ответ.





1. Установите соответствие между изображениями, названиями изображенных приборов и их возможным применением. **ВНИМАНИЕ! В списке один из приборов и один из вариантов применения – лишние!**

Запишите ответ в отведенное поле в виде последовательности: картинка-название-возможное применение. Например: А-1-І.

Названия приборов:

1. Микротом
2. Электронный микроскоп
3. Камера для электрофореза
4. Камера Горяева
5. Световой стереомикроскоп
6. Проточный цитофлуориметр

Возможное применение:

- І. Изучение расположения жилок в крыле комнатной мухи
- ІІ. Разделение смеси частиц при помощи центробежной силы
- ІІІ. Подсчет количества клеток фитопланктона в объеме воды в полевых условиях
- ІV. Получение гистологических срезов
- V. Определение уровня активности ферментов в клетке
- VI. Изучение строения вирионов SARS-CoV-2

Ответ:

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Д</b>
<b>2</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>VI</b>	<b>V</b>	<b>І</b>	<b>ІІІ</b>	<b>ІV</b>

2.1. Определите увеличение светового микроскопа, если в нем используется окуляр 8х и объектив 40х, а иные увеличительные системы не используются. Запишите соответствующее число в поле ответа.

Ответ: **320**

2.2. Выберите приборы, позволяющие увидеть увеличенное изображение объекта. Запишите в отведенное поле соответствующие буквенные обозначения фотографий.

Ответ: **AB**

3. В современной биологии широко применяется лазерный конфокальный микроскоп. В чем состоят его особенности по сравнению с классическим световым микроскопом и какие дополнительные возможности исследователю это дает?

Ответ:

Конфокальный микроскоп использует точечный лазерный источник света и очень малую диафрагму, которая ограничивает поток рассеянного света из-за пределов плоскости фокусировки.

Это позволяет увеличить разрешающую способность, усилить контрастность изображения, а также получать серии изображений из различных плоскостей фокуса и в конечном итоге выполнить трехмерную реконструкцию объекта.