



ОЛИМПИАДА  
ШКОЛЬНИКОВ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА



Общеобразовательный предмет: **биология**  
2020-2021 учебный год  
**10-11 класс**  
**Вариант 1**

**Задания 1-6.** Выберите ВСЕ правильные ответы. Максимальная оценка за каждое задание – 5 баллов.

1. Древние финикийские мореплаватели во времена исследования средиземноморского побережья могли в качестве припасов брать с собой
  - a. Картофельную муку
  - b. Сушеные грецкие орехи*
  - c. Вяленые томаты
  - d. Оливковое масло*
  - e. Подсолнечное масло
2. Молекулы АТФ образуются в клетке в ходе
  - a. Субстратного фосфорилирования*
  - b. Окислительного фосфорилирования*
  - c. Фотофосфорилирования*
  - d. Работы АТФ-синтазы*
  - e. Выработки тепла
3. У некоторого вида ламинарии ассимиляционная клетка спорофита содержит в ядре 44 хромосомы. Следовательно, у этого вида в норме
  - a. Зигота содержит 22 хромосомы
  - b. Клетка мужского гаметофита содержит 22 хромосомы*
  - c. Макрогамета содержит 44 хромосомы
  - d. Живая клетка пластины слоевища содержит 44 хромосомы*
  - e. Клетка спорофита на стадии анафазы митоза содержит 88 хромосом*
4. Для популяций морских желудей (ракообразные), обитающих в прибрежной зоне Западной Атлантики показана возможность трансатлантического переноса особей к восточному побережью океана. Каковы возможные механизмы этого переноса?
  - a. Перенос личинок течениями*
  - b. Активное плавание личинок
  - c. Активное плавание взрослых животных
  - d. «Путешествие» рачков на плавающих предметах*
  - e. Перенос рачков при помощи морских судов*
5. Через кожный барьер в организм человека могут пройти
  - a. Вода*
  - b. Витамин D*

с. Личинка шистосомы

д. Ланолин

е. Гиалуриновая кислота

6. Некоторые брюхоногие моллюски в ходе эволюции полностью утратили раковину. Каковы возможные причины этой утраты?

а. Переход к жизни в почве и лесной подстилке

б. Переход к хищничеству

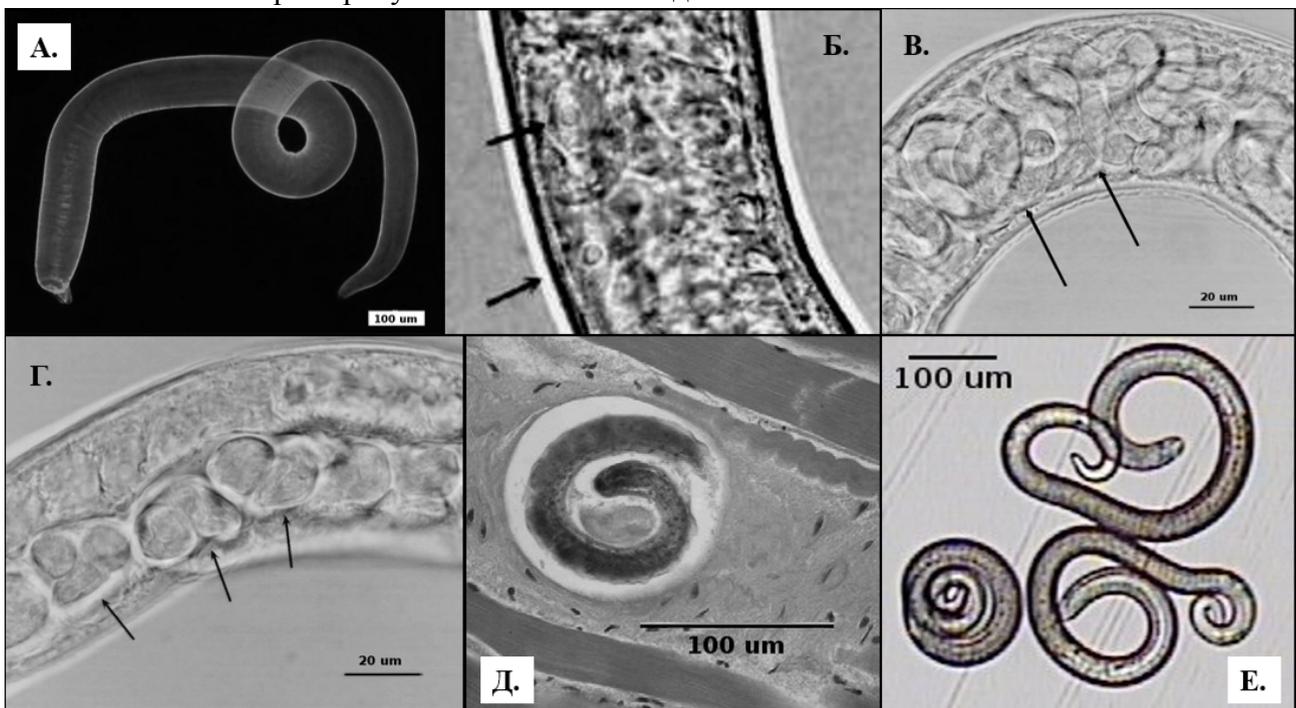
с. Переход к жизни в толще воды

д. Переход к паразитизму

е. Переход к обитанию в пресных водах

**Задание 7. Анализ биологического процесса.** Рассмотрите рисунки и выполните задания. Максимальная оценка – 10 баллов.

Перед вами изображения различных стадий жизненного цикла некоторого паразитического животного. 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: бгвдеа

2. Выберите все правильные характеристики данного вида животных (ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности латинских букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов, регистр не важен).

- а. Для этого организма характерен внутренний способ оплодотворения
- б. Организм размножается яйцеживорождением
- с. На стадии Д организм питается тканями хозяина
- д. В течение жизненного цикла организм несколько раз линяет
- е. На изображении А показана личинка организма

Ответ: abd

3. Впишите в отведенное поле русское название типа, к которому относится данный вид:

Ответ: Круглые черви

4. Впишите в отведенное поле русское название класса, к которому относится хозяин данного вида:

Ответ: Млекопитающие

5. Впишите в отведенное поле буквенное обозначение фотографий, выполненных при помощи флуоресцентной микроскопии.

Ответ: а

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

На рисунке изображены генеративные структуры представителей различных отделов высших растений. Внесите русские названия этих отделов в отведенные поля рядом с соответствующими номерами.



Ответы:

1. Покрытосеменные (Цветковые)
2. Плауновидные (Плаунообразные, Плауны)
3. Голосеменные
4. Папоротниковидные (Папоротникообразные, Папоротники)
5. Хвощевидные (Хвощеобразные, Хвощи)

**Задание 9. Работа с текстом.** Перед Вами текст, содержащий пять биологических ошибок. Внимательно прочтите его, найдите ошибки и объясните, в чем они заключаются, вписав ответ в отведенное поле. Максимальная оценка – 5 баллов.

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

Биологическая эволюция – процесс, который сопровождается изменением генофонда популяций, формированием адаптаций, образованием и вымиранием как видов, так и других таксонов, преобразованием экосистем и биосферы в целом. К числу движущих сил эволюции, согласно синтетической теории, относятся такие механизмы, как мутационный процесс, поток генов, дрейф генов, видообразование и естественный отбор. Причем единственная сила, способная изменять частоту аллелей и генотипов в природных популяциях – естественный отбор, что и отражает его особую роль как ведущего эволюционного фактора. Необходимое условие для действия естественного отбора – наличие наследственной изменчивости. Мутации, которые служат материалом для действия других сил эволюции, возникают только в результате изменений окружающей среды.

Не секрет, что особенности среды изменяются во времени и в пространстве, а организмы приспосабливаются к этим изменениям. При этом мутационный процесс – единственный фактор, приводящий к появлению в данной популяции новых аллелей или генов. В результате носители полезных наследственных свойств имеют больше шансов выжить и оставить потомство. В ходе размножения они передают свои признаки особям следующих поколений, и это может привести к закреплению признака.

На протяжении долгого времени науке был известен лишь один способ передачи генетической информации между особями – от родителей к детям. Теперь доказано существование еще и горизонтального переноса, который осуществляется в том числе и между представителями одного поколения. Агентами передачи наследственной информации в этом случае могут быть вирусы и плазмиды, а результатом передачи – наследование приобретенных признаков, появившихся в результате модификационной изменчивости. Такой вариант передачи наследственных свойств используется в природе при передаче генов как между прокариотами, так и между эукариотическими организмами или от прокариот – к эукариотам. Неудивительно, что горизонтальный перенос широко внедряется человеком в практику селекции, в том числе при создании ГМО.

**Ответы:**

1	Видообразование является результатом действия эволюционных факторов, а не механизмом.
2	К изменению частоты аллелей (генотипов) приводит действие всех перечисленных выше механизмов (факторов) эволюции.
3	Мутации возникают спонтанно; мутагенез идет и при постоянстве окружающей среды.
4	Новые аллели (гены) могут появиться в популяции за счет потока генов (например, при миграции особей)
5	Результат горизонтального переноса генов относится к наследственной изменчивости (и наследования приобретенных признаков при этом не происходит)

**Задание 10. Молекулярная биология и биоинформатика.**

В данном задании вам необходимо проанализировать фрагмент текста и на основании своих знаний и информации из текста выполнить задания. Максимальная оценка – 5 баллов.

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 градусов. 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.

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'.

1. В предложенной последовательности нуклеотидов закодирован пептид длиной 19 аминокислотных остатков.

5' – AGAAAAGCAATGGAAGTAGACCAAGTTGGATTCACAAATCATACACTAAGGCACT  
TTCGACCAAAC TAGACATAG - 3'

Вам необходимо подобрать праймеры для амплификации нуклеотидной последовательности, кодирующей данный пептид, начиная со старт-кодона (ATG), и содержащей 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 в отведенное поле полученные праймеры в направлении от 5'- к 3'- концу **в виде последовательности заглавных латинских букв без пробелов (в том числе концевых)** и укажите температуру их плавления.

Ответы:

Прямой праймер: ATGGAAGTAGACCAA

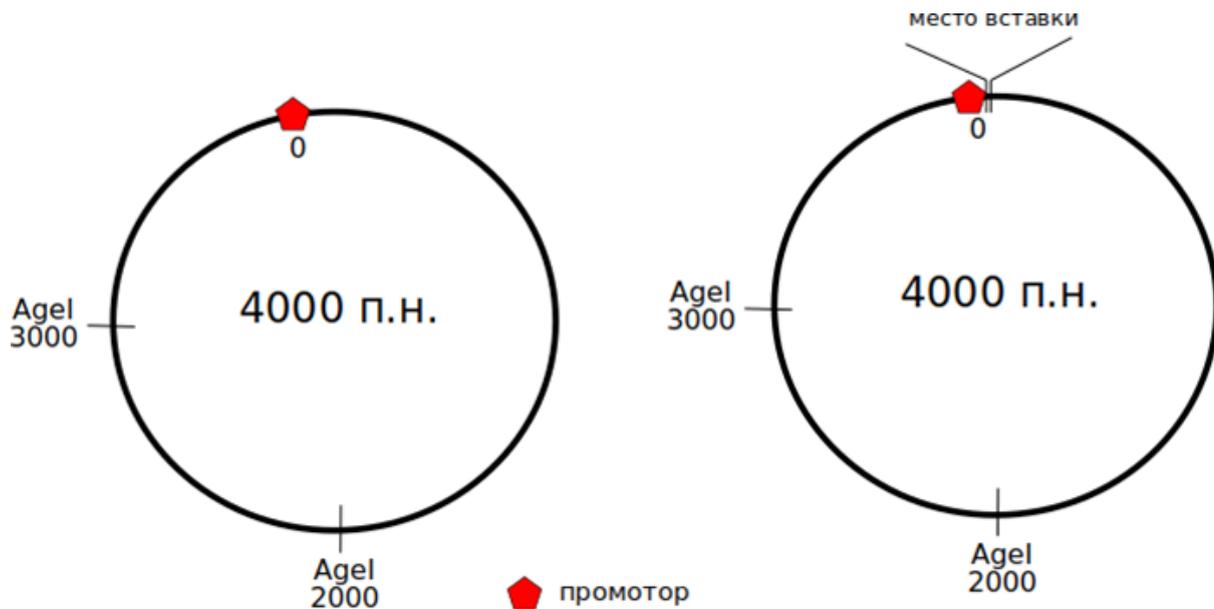
Обратный праймер: CTAGTTTGGTCGAAA

Температура плавления прямого праймера: 42°C

Температура плавления обратного праймера: 42°C

2. Полученный в предыдущей части задания ПЦР продукт встраивается в плазмиду для синтеза белка в бактериях. Вам даны последовательности (сайты рестрикции), по которым две рестриктазы (эндонуклеазы рестрикции) специфично разрезают ДНК. В ответе укажите размер фрагментов, которые получатся в результате реакции рестрикции, произведенной этими рестриктазами для плазмиды, содержащей вставку в правильной ориентации цепи.

BamHI - 5' - G↓GATTC - 3'  
 AgeI - 5' - A↓CCGGT - 3'



Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности чисел, расположенных по возрастанию и разделенных одиночными пробелами.

Ответ: 1000 1019 2041

**Задание 11. Биология клетки. Молекулярная биология.** Дайте краткий ответ, запишите его в отведенное поле. Максимальная оценка – 5 баллов.

Каким образом вы сможете установить правильность последовательности, полученной в результате ПЦР реакции в предыдущем задании? Кратко опишите принцип предложенного метода.

Ответ:

Секвенирование (например, по Сэнгеру) проводится с одной и той же матрицей в четырех пробирках. Каждая из них содержит реакционную смесь, в которую добавлен один из четырех дидезоксирибонуклеотидов (ddATP, ddGTP, ddCTP, или ddTTP), у которых отсутствует 3'-гидроксильная группа, поэтому после их включения в цепь дальнейший рост цепи останавливается. Таким образом, в каждой пробирке образуется набор фрагментов ДНК разной длины, которые заканчиваются одним и тем же нуклеотидом (в соответствии с добавленным дидезоксинуклеотидом). Дидезоксирибонуклеотиды помечены радиоактивной или флуоресцентной меткой. После завершения реакции содержимое пробирок разделяют методом гель-электрофореза и тем или иным способом выявляют метку. Продукты реакций формируют «секвенирующую лестницу», которая позволяет прочитать нуклеотидную последовательность фрагмента ДНК. В настоящее время секвенирование ДНК полностью автоматизировано и проводится в специальных приборах - секвенаторах.

**Задание 12. Работа с информацией.** Внимательно прочитайте предложенные фрагменты текста и рассмотрите рисунки, затем переходите к выполнению заданий. Максимальная оценка – 10 баллов.

**ВАЖНО!** В данном задании обозначения генов даны заглавными буквами и курсивом, а их белковых продуктов – прямым шрифтом.

### Фрагмент 1.

Паразитические растения – экологическая группа организмов, приспособившихся получать необходимые неорганические и органические вещества от своих хозяев - других растений или грибов. Микопаразитизм (т.е. паразитизм на грибах) широко распространен у гаметофитов многих споровых растений, но нередко встречается и среди цветковых. С

другой стороны паразиты высших растений известны только среди семенных. Процесс поглощения питательных веществ у многих паразитических цветковых осуществляется при помощи особого органа - гаустории. Причем у микопаразитов гаустории не формируются, а у единственного представителя паразитических хвойных - *Parasitaxus usta* - образуется специфический контакт с трахеидами хозяина, который однозначно назвать гаусторией нельзя.

Для успешной реализации жизненного цикла паразитическим растениям необходимо найти своего хозяина и установить с ним контакт. На рисунке 1 показан проросток повилики (*Cuscuta sp.*), растущий в направлении своего потенциального хозяина, ориентиром для чего являются выделяемые хозяином вещества - терпены (А-В). Буквой Г обозначено другое «хозяйское» соединение – стриголактон. Вещества из этой группы обычно отвечают за процессы роста растения-хозяина и формирование им микоризы. Однако стриголактоны хозяина служат стимулом для прорастания семян паразитического цветкового растения заразики (*Orobanche sp.*). Важно отметить, что степень специфичности в отношении хозяев у разных видов растений-паразитов неодинакова, например, повилика отличается широким кругом хозяев, тогда как микопаразит поддельник (*Monotropa hypopitys*, сем. Вересковые) приурочен к грибам-симбионтам ели.

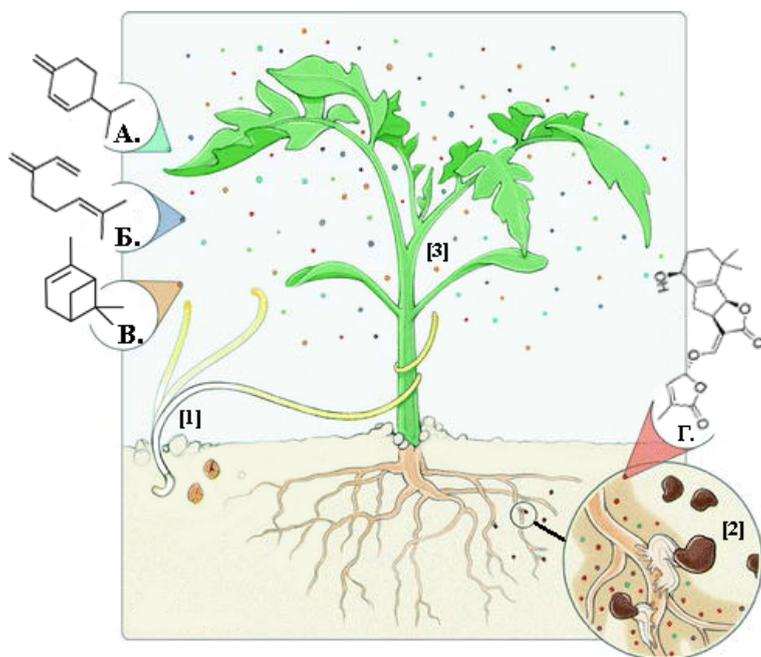


Рисунок 1. Прорастание семян и установление первичного контакта с хозяином {3} у повилики {1} и заразики {2}. Буквами обозначены выделяемые хозяином вещества, которые паразит использует в качестве сигнала. А -  $\beta$ -фелландрен, Б -  $\beta$ -мирцен, В -  $\alpha$ -пинен, Г – стриголактон. Пояснения - в тексте.

### Фрагмент 2. (по Shimizu, Aoki, 2019)

Один из важнейших этапов в жизни растения-паразита - образование контакта с хозяином. Рассмотрим, как это происходит, на примере повилики и ее возможного хозяина – крапивы. Сначала паразит закручивается вокруг стебля хозяина. Затем начинается формирование гаустории, что индуцируется светом синего и дальнего красного спектра. На первом этапе образуется адгезивный диск (рисунок 2, А), служащий для прикрепления паразита к хозяину. Важное значение при этом имеют особые удлиненные клетки, которые формируются из поверхностного слоя, расположенные на кончиках гаустории паразита – поисковые «гифы», выделяющие пектиновый “цемент” (пц), пектин метилтрансферазы (PMEs) и арабиногалактановые белки (AGPs). Специальные AGPs (*attAGPs*) синтезируются хозяином, активация их экспрессии индуцируется паразитом. На следующем этапе «гифы» растут, раздвигая клетки хозяина в поисках проводящей системы, гаустория проникает внутрь (рисунок 2, В). Этому способствует выделение паразитом специфических ферментов,

модифицирующих клеточные стенки хозяина, например, ксилоглюкан-эндотрансглюкозилазы/гидролазы (XTH).

На рисунке 2 (С) представлен следующий этап, и показана экспрессия генов, связанных с дифференцировкой проводящих элементов ксилемы и флоэмы формирующейся гаустории. Поисковые «гифы», вступая в контакт с проводящей системой хозяина, начинают превращаться в клетки проводящих тканей паразита. Клетки гаустории экспрессируют ген *CLE41*, продукт которого активирует *WOX4* и поддерживает экспрессию *GSK3*, что способствует сохранению клеток предшественников проводящих элементов в недифференцированном состоянии. Снижение уровня экспрессии *CLE41*, приводит к началу экспрессии *BES1*, индуцирующего дифференцировку элементов ксилемы паразита. Этот процесс способствует экспрессии гена *TED7*, характерного для развивающихся элементов ксилемы. В конечном итоге клеточная стенка клетки гифы сильно истончается, в ней появляются перфорации, и образуется сквозное соединение с элементами ксилемы хозяина. Развитие элементов флоэмы видоспецифический процесс.

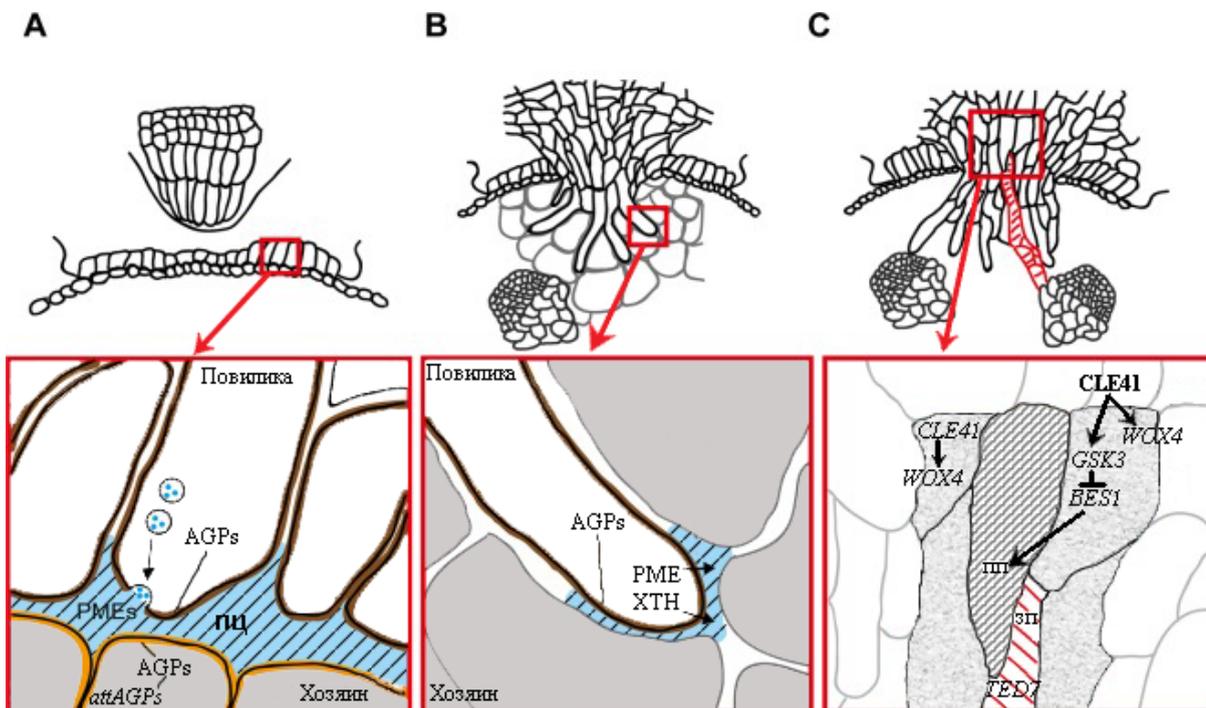


Рисунок 2. Формирование гаустории повилики. А. Образование адгезивного диска. Б. Секретия ферментов, участвующих в перестройке клеточных стенок. С. Экспрессия генов, связанная с дифференциацией элементов проводящей системы. пп - предшественник и зп - зрелый проводящий элемент ксилемы. Пояснения - в тексте. На данном рисунке ↑ обозначает активацию элемента, а Т - ингибирование.

**В каждом из приведённых ниже заданий выберите ВСЕ правильные варианты ответа. Каждый ответ запишите в специально отведенное поле в виде последовательности букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов (регистр не важен).**

1. Прочитайте фрагмент 1 и выберите верные утверждения.

- a. Для нормальной жизнедеятельности всем растениям-паразитам необходимо тесное взаимодействие с хозяином
- b. Все паразитические цветковые растения образуют гаустории
- c. Гаметофиты некоторых моховидных растений паразитируют на грибах
- d. Паразитические растения встречаются среди голосеменных

Ответ: **acd**

2. Прочитайте фрагмент 1, рассмотрите рисунок 1 и выберите верные утверждения.

- a. Среди сигнальных молекул, используемых паразитическими растениями, присутствуют циклические соединения

- b. Стриголактоны имеют ограниченный радиус распространения, поэтому семена заразики прорастают только при очень тесном контакте с корнем хозяина
- c. Сигнальные терпены, на которые реагируют паразиты, выделяются в основном органами побеговой системы хозяина
- d. Семена паразитических растений прорастают только при наличии непосредственного контакта с тканями хозяина

Ответ: abc

3. Прочитайте фрагмент 2 и выберите верные утверждения:

- a. В обеспечении прикрепления участвуют ферменты, вырабатываемые клетками адгезионного диска
- b. Клетки, превращающиеся в поисковые гифы, образуются из паренхимы
- c. Проникновению гаустории способствует размягчение клеточных стенок хозяина под действием ферментов, вырабатываемых клетками самого хозяина при их стимулировании паразитом
- d. Адгезии паразита способствуют как химические, так и физические факторы

Ответ: ad

4. Опираясь на информацию, приведенную во фрагменте 2 и на рисунке 2, выберите правильные утверждения, характеризующие процесс образования проводящих тканей паразита:

- a. Снижение уровня экспрессии *GSK3* приводит к синтезу BES1
- b. Когда снижается уровень экспрессии *WOX4*, начинается процесс дифференцировки проводящих элементов
- c. AGPs накапливаются в клеточных стенках как повилики, так и крапивы
- d. С началом дифференцировки проводящих ксилемы, уровень экспрессии *TED7* повышается

Ответ: abcd

5. Используя информацию, приведенную в текстовых фрагментах и на рисунках, а также ваши знания, выберите верные утверждения:

- a. Ферменты, такие как ХТН, способствуют перестройке клеточной стенки хозяина
- b. *Cuscuta* - стеблевой облигатный паразит
- c. Транспорт воды между паразитом и хозяином осуществляется только по мертвым клеткам, а ассимилятов - по живым
- d. Лишайники, растущие на коре деревьев, являются паразитами

Ответ: ab

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

У сумчатых грибов (аскомицетов) все споры, образующиеся в результате мейоза из одной и той же диплоидной клетки, остаются в общей оболочке – сумке. При этом строение сумок у разных аскомицетов разное. У некоторых видов все споры в сумке расположены в одну линию, в строгом соответствии с порядком расхождения хроматид (I-е и II-е деление мейоза ориентированы у этого гриба одинаково). Как будут выглядеть сумки, если исходный диплоид был гетерозиготой  $f_1f_2$ ? Предположим, что аллель  $f_1$  обеспечивает формирование округлой споры, а аллель  $f_2$  – кубической. Заполните таблицу. В ответах используйте следующие обозначения: округлая спора – R, кубическая спора – S. Фенотипы разных спор не разделяйте пробелами или знаками препинания (пример: RS). В последнем задании запишите варианты расположения клеток в сумке, не разделяя их пробелами, а сами сумки отделите друг от друга одиночным пробелом.

Ответы:

Количество клеток в сумке	4
Плоидность каждой из них (n или 2n)	n (1n)

Среди них:	количество клеток, несущих аллель $f_1$	2
	количество клеток, несущих аллель $f_2$	2
Выпишите расположение клеток в сумке, если известно, что:	третья клетка справа округлая	SSRR
	третья клетка справа кубическая	RRSS
Выпишите все возможные варианты сумок, если в одной из хроматид в исходной диплоидной клетке произошла мутация $f_1 \rightarrow f_2$		RSSS SRSS SSRS SSSR

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

В современной биотехнологической промышленности применяют различные системы для получения целевого рекомбинантного белка, используемого в изготовлении лекарственных препаратов. Одной из таких систем является культура клеток китайского хомячка. Опишите процесс получения клеточной системы для синтеза рекомбинантного белка на основе культуры клеток этого животного. Оцените, какими достоинствами и недостатками обладает данная система.

Ответ:

- Первым шагом для получения последовательности гена рекомбинантного белка чаще всего является проведение полимеразной цепной реакции (ПЦР) с кДНК (комплементарная ДНК, которая синтезируется на матрице мРНК ферментом обратной транскриптазой). Использование кДНК обусловлено тем, что у организма могут присутствовать интроны, как в нашем примере.
- Необходимо секвенировать последовательность, чтобы исключить ошибки. Более того, для получения белка другого организма, может потребоваться провести оптимизацию кодового состава и заменить редко встречающиеся у данного организма кодоны (в данном случае проблема не столь актуальна, т.к. хомячок, как и человек, относится к млекопитающим).
- Для последующей доставки последовательности гена рекомбинантного белка в клетки ооцитов китайского хомячка необходимо сконструировать вектор. Обычно используются методы рестрикции и лигирования фрагментов, наряду с системами основанными на рекомбинационном клонировании (необходимые последовательности для клонирования добавляются к 5' концам в ходе ПЦР реакции).
- Для доставки вектора в клетки млекопитающих могут использоваться:
  - векторы на основе лентивирусов для вирусной трансфекции;
  - системы CRISPR/Cas9 или TALEN, обеспечивающие встраивание последовательности в заданный участок генома.
- Подтверждением того, что искомая последовательность интегрировалась в геном в единственном экземпляре, служит использование ПЦР с праймерами, специфичными к месту вставки. Более того, необходимо убедиться, что в клетке экспрессируется целевой продукт. Для этого можно применить специальные метки, которые добавляются к белку на этапе конструирования вектора (например, знаменитый GFP - зеленый флуоресцентный белок). Альтернативный способ - использование генов резистентности к антибиотикам. Выживать на среде с добавлением антибиотика будут только те клетки, в которые успешно интегрированы целевые последовательности.
- Хорошим улучшением системы будет наличие индуцибельного промотора, чтобы исследователь мог запускать процесс синтеза белка, когда это необходимо.
- Очистка белка из культуры клеток производится чаще всего с использованием аффинной хроматографии (например, используя антитела к His-тегу или к выделяемому белку).
- Достоинства системы. Хомячок, как и человек, относится к млекопитающим, поэтому сходным образом будет осуществляться фолдинг (формирование пространственной

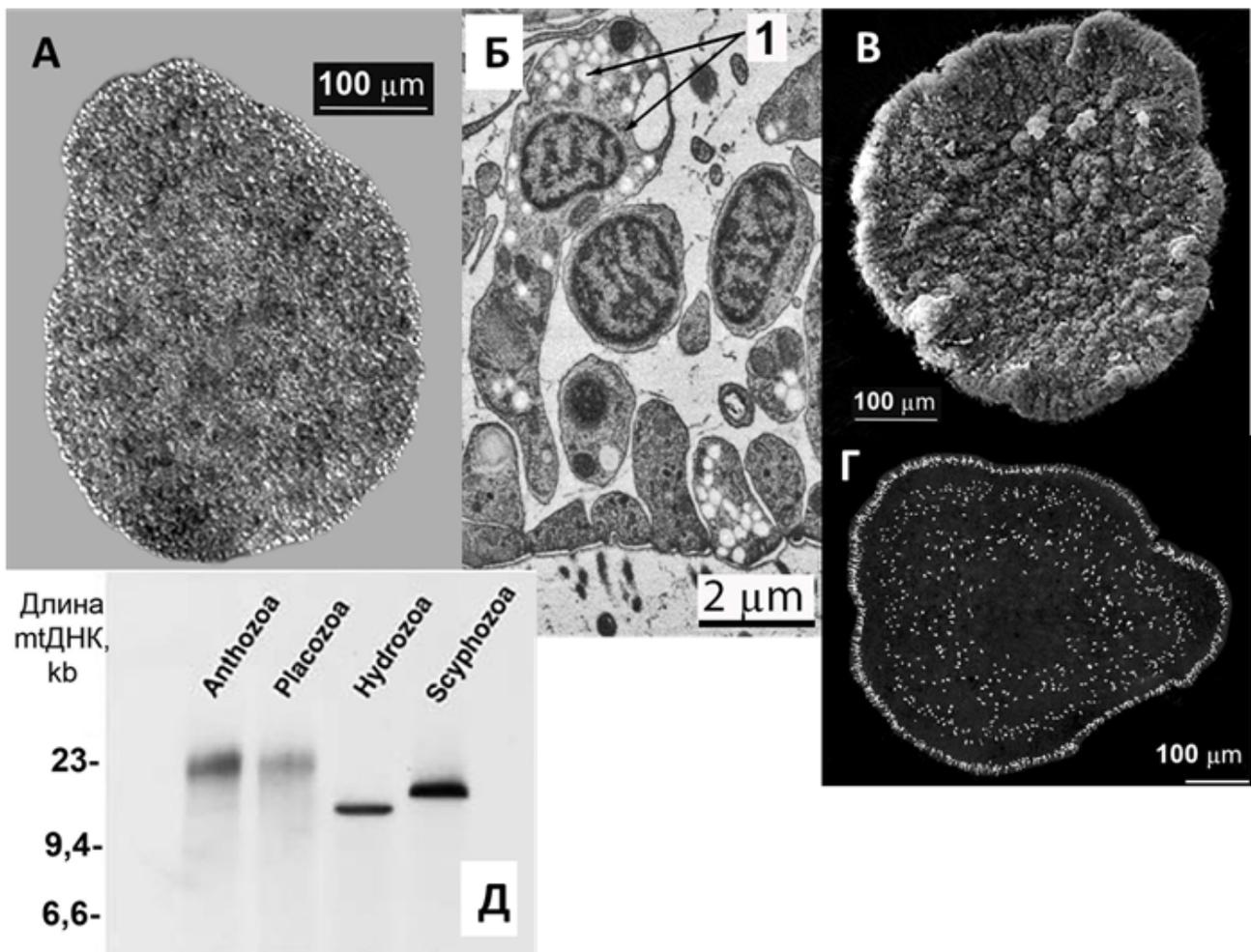
структуры молекулы) и разного рода посттрансляционные модификации белка (например, гликозилирование и др.). По этой же причине нет необходимости модифицировать кодоновый состав.

9. Недостатки также связаны с природой животного:

- малые количества белкового продукта на выходе;
- низкая эффективность трансфекции (введения нуклеиновых кислот в клетку);
- клетки млекопитающих выращивать сложно и дорого, культура легко контаминируется, т.е. «загрязняется» посторонними агентами;
- возникает опасность передачи инфекций, в первую очередь, вирусов.

### Задание 15. Технологии исследований.

Изображения иллюстрируют использование различных методов и технологий при исследовании трихоплакса – представителя многоклеточных животных из типа Пластинчатые (Placozoa). Рассмотрите их и выполните задания, записав ответы в специально отведённое поле. Максимальная оценка – 10 баллов.



1. Установите соответствие между изображениями, приборами и элементами методик, которые использовались при получении данного изображения. Запишите каждое полученное соответствие в поле для ответа в виде X - Y - Z, где X - буквенное обозначение изображения, Y - номер прибора (арабская цифра), Z - номер методики (римская цифра). ВНИМАНИЕ! Один из приборов и одна из методик – лишние!

#### Приборы:

1. Камера для электрофореза
2. Зеркальная фотокамера с объективом для макросъемки
3. Световой микроскоп

#### Элементы методик:

- I. Изготовление стеклянного ножа для получения ультратонких срезов
- II. Окраска объекта анилиновыми красителями по методу Грама

## 4. Электронный микроскоп

III. Приготовление агарозного геля

IV. Использование антител, специфически связываемых с секретиремым материалом, и флуоресцирующей метки

V. Наблюдение за локомоцией живого объекта с использованием фазово-контрастного устройства

VI. Сканирование поверхности объекта пучком электронов

Ответ:

Буквенное обозначение изображения	X	A	B	B	Г	Д
Прибор	У	3	4	4	3	1
Элемент методики	Z	V	I	V	I	II

2.1. Какова функция клетки, отмеченной цифрой 1 на рисунке Б? Объясните свой ответ.

Ответ:

Функция - секреторная, т.к. цитоплазма клетки содержит множество крупных электронно-прозрачных секреторных вакуолей (везикул), заполненных гомогенным содержимым (пищеварительные вакуоли содержали бы перевариваемый материал, а лизосомы гораздо мельче). Вариант с пищеварительной функцией не принимался, т.к. наличие секрета в данном случае не свидетельствует о его функции (например, о выведении именно пищеварительных ферментов). Пищеварение же у трихоплакса происходит вне организма. Липидные капли выглядят более плотными.

2.2. Определите, сколько пар нуклеотидов содержит молекула митохондриальной ДНК у Plasozoa (с точностью до тысячи п.н.).

Ответ: 23000 п.н.

3. Одно из изображений иллюстрирует использование распространенного метода разделения смеси молекул. Опишите принципы, лежащие в основе данного метода, укажите свойства молекул, позволяющие их разделить. В какой среде(субстанции) осуществляется процесс?

Ответ:

Имеется в виду разделение ДНК при помощи электрофореза (рисунок Д).

Растворенные молекулы обладают некоторым суммарным электрическим зарядом, поэтому при помещении в электрическое поле они начинают двигаться к катоду или аноду.

Скорость движения молекулы зависит от величины ее заряда, размера (молекулярной массы) и пространственной конфигурации (формы), что и позволяет разделять молекулы, различающиеся по этим параметрам. Более длинные молекулы движутся медленнее, так как задерживаются гелем.

Многое зависит от среды, в которой происходит процесс, так как именно она оказывает сопротивление движению. Для ДНК обычно используют гели, в данном случае - агарозный.



**ОЛИМПИАДА  
ШКОЛЬНИКОВ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**



Общеобразовательный предмет: **биология**  
2020-2021 учебный год  
**10-11 класс**  
**Вариант 2**

**Задания 1-6.** Выберите ВСЕ правильные ответы. Максимальная оценка за каждое задание – 5 баллов.

1. Древние викинги во времена набегов на Британию могли брать с собой запасы
  - a. Ржаной муки*
  - b. Кукурузных лепешек
  - c. Свежей капусты*
  - d. Бобов какао
  - e. Сушеного гороха*
2. В каких внутриклеточных процессах участвует железо?
  - a. Окислительно-восстановительные реакции*
  - b. Перенос протона
  - c. Обратимое связывание кислорода*
  - d. Транспорт кислорода*
  - e. Образование активных форм кислорода*
3. У одного из видов малярийного плазмодия зигота содержит в ядре 28 хромосом и после формирования делится путем мейоза. Следовательно, у этого вида в норме
  - a. Диплоидный набор включает 56 хромосом
  - b. Мерозоит (клетка, проникающая в эритроцит хозяина) содержит 28 хромосом
  - c. Гамонт (клетка, из которой образуются гаметы) содержит 28 хромосом
  - d. Зрелая женская гамета содержит 14 хромосом*
  - e. Клетка на стадии анафазы первого деления мейоза содержит 28 хромосом*
4. На поверхности океана далеко от берега часто обнаруживаются крупные скопления живых бентосных водорослей-макрофитов, многие месяцы находящиеся у поверхности воды и переносимые течениями на сотни километров. Какие из перечисленных водорослей, на ваш взгляд, могут составлять основу этих скоплений?
  - a. Хламидомонада
  - b. Саргассум*
  - c. Фукус*
  - d. Макроцистис*
  - e. Хара
5. Через гемато-плацентарный барьер в организм плода могут проникнуть
  - a. Эритроциты
  - b. Кислород*

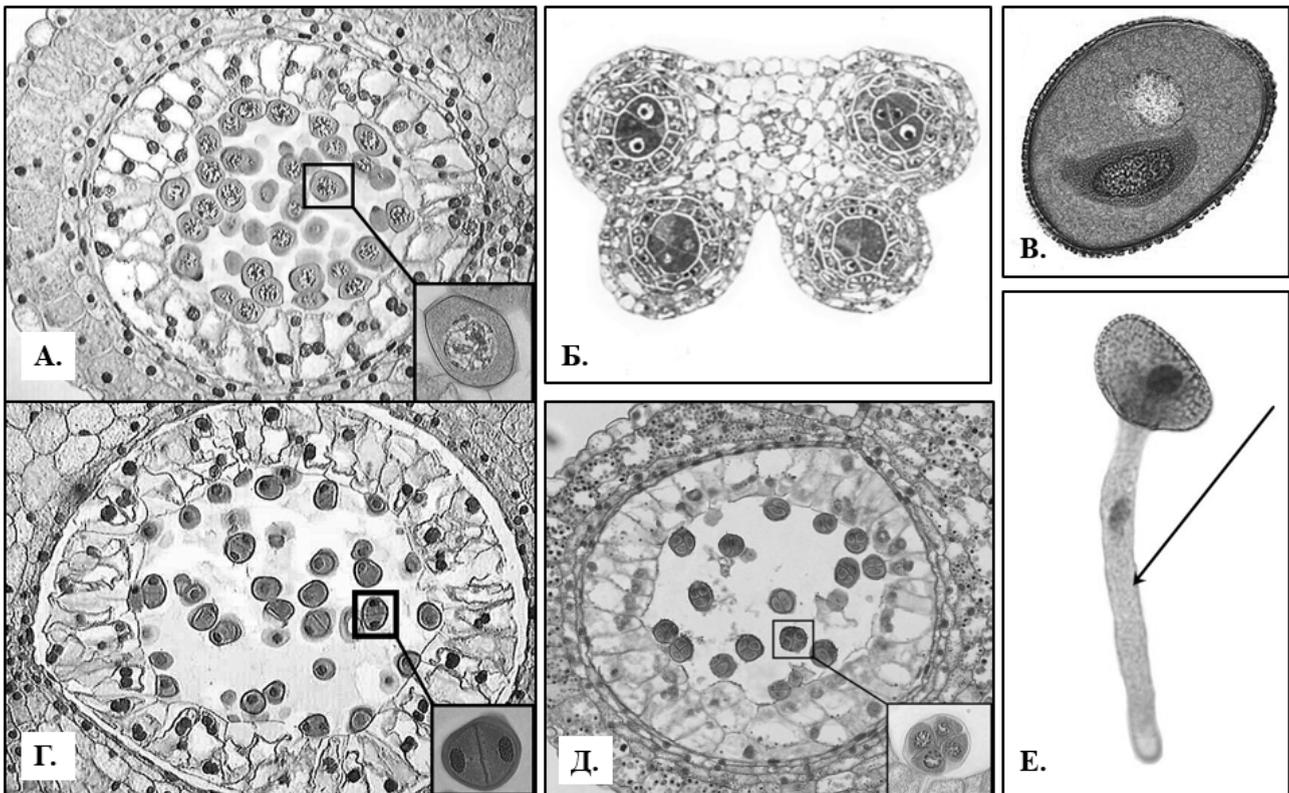
- c. Половые гормоны
- d. Антитела
- e. Вирусы

6. Выберите животных, более или менее отдаленные предки которых когда-то имели развитые крылья и были способны к полету, но позднее утратили эту способность.

- a. Крокодилы
- b. Эму
- c. Вши
- d. Блохи
- e. Многоножки

**Задание 7. Анализ биологического процесса.** Рассмотрите рисунки и выполните задания. Максимальная оценка – 10 баллов.

Перед вами изображения различных стадий некоторого процесса, протекающего у растений. Рассмотрите рисунки и выполните задания.



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

Ответ: багдвс

2. Выберите правильные характеристики данных объектов (ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности латинских букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов, регистр не важен).

- a. На изображении Д представлен этап гаметогенеза
- b. Антеридии представлены одной клеткой
- c. Мужские гаметы этих растений не несут жгутиков
- d. Структура на картинке В состоит из двух клеток
- e. Вегетативные клетки представленного мужского гаметофита быстро дегенерируют в процессе его развития

Ответ: cd

3. По характерным деталям строения определите, к какому отделу относится представленное растение, и запишите **русское название** этого отдела в отведенное поле:

Ответ: **Покрытосеменные (Цветковые).**

4. Запишите в отведенное поле **название** структуры, на которую указывает стрелка на изображении Е.

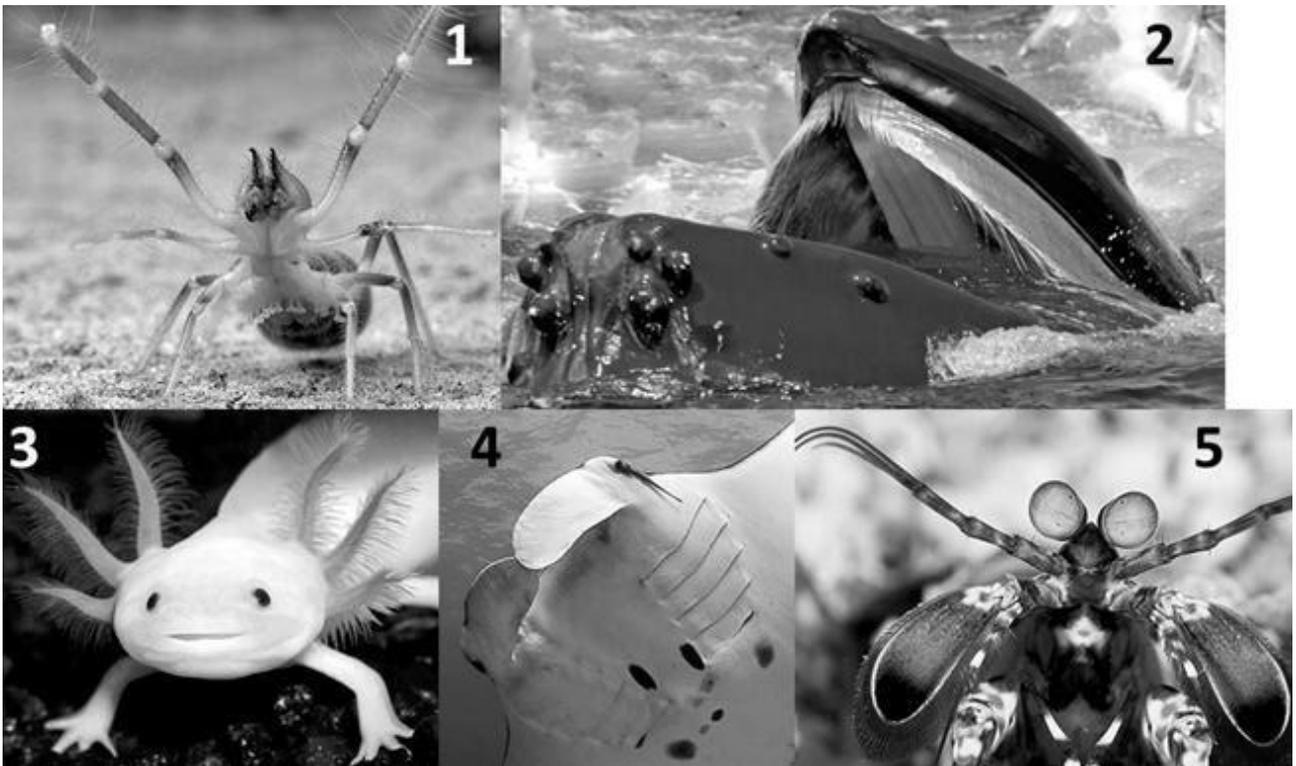
Ответ: **пыльцевая трубка**

5. Запишите в отведенное поле **русское название** фазы мейоза на изображении Г:

Ответ: **телофаза (телофаза первого деления) I**

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

Перед вами - изображения различных животных (соотношения размеров не соблюдены). Определите, к каким классам относятся эти животные. Запишите русские названия этих классов в отведенные поля рядом с соответствующими номерами.



Ответы:

1. Паукообразные
2. Млекопитающие
3. Земноводные (Амфибии)
4. Хрящевые рыбы
5. Ракообразные (Высшие ракообразные, Высшие раки)

**Задание 9. Работа с текстом.** Перед Вами текст, содержащий пять биологических ошибок. Внимательно прочтите его, найдите ошибки и объясните, в чем они заключаются, вписав ответ в отведенное поле. Максимальная оценка – 5 баллов.

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

Овуляция происходит у человека на стадии метафазы первого деления мейоза. Оплодотворение яйцеклетки в норме осуществляется только одним сперматозоидом. Во

время этого процесса акросома сперматозоида, которая содержит лизирующие ферменты и представляет собой особую разновидность митохондрии, сливается с наружной мембраной и выбрасывает свое содержимое, растворяющее яйцевую оболочку. Как только ядро сперматозоида проникает через мембрану яйцеклетки, на ее поверхности происходит электрическая реакция, за которой следуют химические процессы. Это приводит к уплотнению блестящей оболочки вокруг яйцеклетки, что делает ее непроницаемой для других сперматозоидов.

Самые первые этапы развития зародыша происходят во время его нахождения в яичнике. На этом этапе происходит дробление, образуется многоклеточная бластула типа морулы, а затем внутри морулы возникает полость и таким образом формируется бластоциста. Бластоциста достигает матки и начинает проникать в ее эндометрий. Этот процесс называется имплантацией. Следующий этап развития идет параллельно с имплантацией и называется нейруляцией. При этом образуется два зародышевых листка: эктодерма и энтодерма.

Эктодерма позже дает начало покровам, нервной системе, органам чувств. Из энтодермы происходят все отделы пищеварительной системы. Затем между двумя этими листками возникает третий: мезодерма, предшественник опорно-двигательной, выделительной, кровеносной и половой систем. Другие клетки зародыша прорастают внутрь матки и вместе с клетками эндометрия матки дают начало плаценте. Затем из эктодермы зародыша внутрь инвагинирует и отпочковывается нервная трубка - этот этап развития называется нейруляцией.

**Ответы:**

1	Овуляция происходит у человека на стадии второго деления мейоза
2	Акросома образуется из пузырьков аппарата Гольджи, аналогична лизосоме
3	Самые первые этапы развития зародыша происходят во время его движения по фаллопиевой трубе
4	Образование трехслойного зародыша - процесс гастрюляции
5	Передний и задний отдел пищеварительной системы образуются из эктодермы

### **Задание 10. Молекулярная биология и биоинформатика.**

В данном задании вам необходимо проанализировать фрагмент текста и на основании своих знаний и информации из текста выполнить задания. Максимальная оценка – 5 баллов.

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 градусов. 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.

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'.

1. В предложенной последовательности нуклеотидов закодирован пептид длиной 19 аминокислотных остатков.

5'- TTCAACATGACAACCCSTATCCATCTCATACATTAATTTGTTTTGTATTATACAAGGCAA  
TCAATGTGAATAAATCATAATATGTAC - 3'

Вам необходимо подобрать праймеры для амплификации нуклеотидной последовательности, кодирующей данный пептид, начиная со старт-кодона (ATG), и содержащей 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 в отведенное поле полученные праймеры в направлении от 5' - к 3' - концу **в виде последовательности заглавных латинских букв без пробелов (в том числе концевых)** и укажите температуру их плавления.

Ответы:

Прямой праймер: ATGACAACCCSTATCCA

Обратный праймер: TCACATTTGATTGCCT

Температура плавления прямого праймера: 42°C

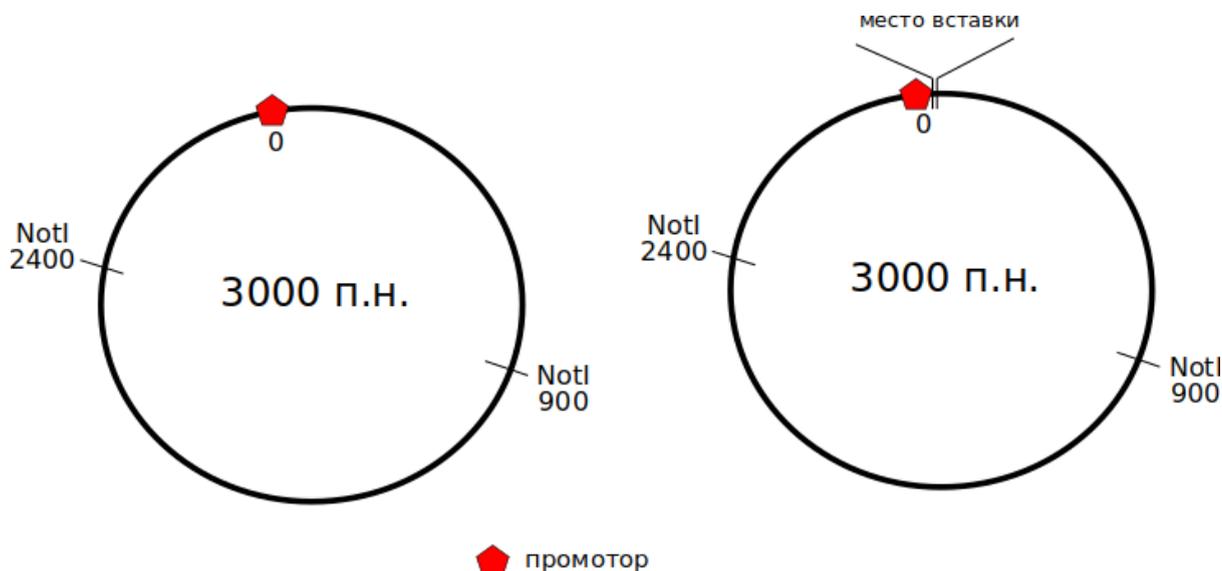
Температура плавления обратного праймера: 42°C

2. Полученный в предыдущей части задания ПЦР продукт встраивается в плазмиду для синтеза белка в бактериях. Вам даны последовательности (сайты рестрикции), по которым две рестриктазы (эндонуклеазы рестрикции) специфично разрезают ДНК. В ответе укажите размер фрагментов, которые получатся в результате реакции рестрикции, произведенной этими рестриктазами для плазмиды, содержащей вставку в правильной ориентации цепи. Обозначения к рисунку: NotI - рестриктаза, число, которое указано рядом - позиция в парах оснований, где происходит разрезание последовательности.

Сайты рестрикции рестриктаз:

SfaNI 5' - CATAC↓C - 3'

NotI 5' - GCGG↓CCGC - 3'



Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности чисел, расположенных по возрастанию и разделенных одиночными пробелами.

Ответ: 622 938 1500

**Задание 11. Биология клетки. Молекулярная биология.** Дайте краткий ответ, запишите его в отведенное поле. Максимальная оценка – 5 баллов.

Каким образом можно разделить полученные в предыдущем задании фрагменты ДНК? Кратко опишите основной принцип данной методики.

Ответ:

Для разделения фрагментов ДНК можно использовать методику гель-электрофореза. В основе данного метода лежит тот факт, что молекула ДНК отрицательно заряжена и может двигаться в электрическом поле от катода, заряженного отрицательно, к положительному аноду. При этом фрагменты разного размера (массы) будут двигаться в геле с разной скоростью: чем больше молекула, тем медленнее она будет перемещаться. Размер молекулы ДНК можно определить, используя фрагменты ДНК известной длины («маркеры длины»), которые разделяют в том же геле и сравнивают с экспериментальными образцами.

Другим методом может служить высокоскоростное центрифугирование в градиенте плотности, например, в растворе хлористого цезия. Молекулы разного размера (массы) и формы будут осаждаться с разной скоростью.

**Задание 12. Работа с информацией.** Внимательно прочитайте предложенные фрагменты текста и рассмотрите рисунки, затем переходите к выполнению заданий. Максимальная оценка – 10 баллов.

### Фрагмент 1.

Большинство наземных растений вступают в симбиотические отношения с грибами, образуя микоризу. Эти грибы играют ключевую роль в регуляции доступности питательных веществ и интенсивности углеводного метаболизма, участвуют в повышении адаптационных возможностей растений. Они оказывают влияние на структуру почвы, биоразнообразие фитоценозов и функционирование экосистем в целом. Согласно современным представлениям выделяют следующие основные типы микориз: эндотрофный, эктотрофный и эктоэндотрофный, сочетающий в себе черты двух первых типов.

Эктомикориза возникает, когда гифы гриба оплетают корень плотной сетью, образуя чехол, или микоризные трубки (рисунок 1). Гифы гриба проникают сквозь ризодерму корня и распространяются по межклетникам, не проникая в клетки. Для корней, образующих такую микоризу, характерно отсутствие корневых волосков и редукция корневого чехлика вплоть до одного-двух слоёв клеток. Эктомикоризу образуют древесные растения, составляющие

примерно 10% современных семенных растений. Грибной партнёр относится к базидиальным, сумчатым или зиготическим грибам. В настоящее время описано около 8000 видов эктомикоризных грибов, но общее их число может достигать 20-50 тысяч. Некоторые из этих грибов, такие как подосиновик или масленок, формируют симбиоз только с одним родом деревьев. Другие, как, например, мухомор, микоризуют большое число родов хозяев. Со стороны растений одно дерево может иметь до 15 и более грибных партнёров. В эктомикоризном симбиозе оба партнёра получают взаимную выгоду: растение обеспечивает микобионта органическими соединениями, а гриб, в свою очередь, снабжает фитобионта преимущественно соединениями азота, в том числе мочевиной – своим главным продуктом обмена, а также фосфором, калием, кальцием и микроэлементами. Кроме того, разветвлённый мицелий гриба поставляет растению воду, функционально заменяя корневые волоски.

Эндомикориза (рисунок 1) характеризуется тем, что гифы микобионта проникают в клетки коры корня. На поверхности корня она выражена слабо, и основная часть мицелия гриба находится внутри корня. В клетках корня могут образовываться скопления гиф гриба в виде клубочков и в виде пузырьков (везикул). Гифы могут разветвляться внутри клетки — эти образования называются арбускулами. К эндомикоризе относятся арбускулярный (везикулярно-арбускулярный), эрикоидный и орхидный тип. Два последних характерны только для представителей семейства Вересковые и Орхидные, соответственно. Наиболее распространенной разновидностью эндомикоризы является арбускулярная микориза (АМ). АМ формируется большинством высших растений (75-90%) с грибами отдела *Glomeromycota* (~150 видов). Не образуют микоризу представители Крестоцветных, Маревых, Амарантовых и Осоковых. Как и в случае с эктомикоризой, микоризованное растение снабжает гриб органикой, а эндомикоризные грибы обеспечивают своего хозяина в первую очередь фосфором, а также калием, медью и кальцием.

Эктоэндомикориза во многом сходна с эктомикоризой: образуется мантия из гиф гриба, однако микобионт проникает внутрь клеток эпидермиса и коры корня. Этот тип микоризы образуется некоторыми растениями семейства Вересковые. Арбускулярный тип эктоэндомикоризы характерен для земляничного дерева, толокнянки, грушанки и др., а монотропоидный - для подбельника. Многие из этих растений являются микотрофными (т.н. «сапрофиты»).

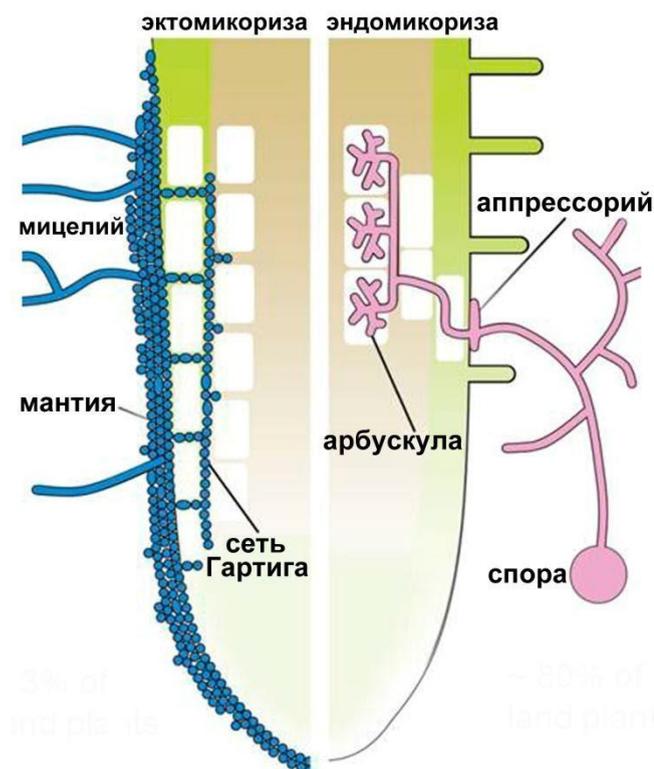


Рисунок 1. Экто- (слева) и эндомикориза (справа). Пояснения в тексте

## Фрагмент 2.

Бобовые растения способны к формированию нескольких мутуалистических эндосимбиозов (рисунок 2). Один из них представляет собой симбиотическое взаимодействие с АМ-грибами. Наличие АМ улучшает минеральное питание растения, прежде всего фосфатное, повышает устойчивость растений к фитопатогенам и абиотическим стрессам. АМ симбиоз сопровождается формированием особых структур, называемых арбускулами. В них происходит взаимный обмен продуктами фотосинтеза и фосфатами. Важными экологическими функциями грибов АМ являются обеспечение взаимодействия растений различных видов в фитоценозах посредством единой сети гиф и участие в формировании структуры почвы.

Особенностью бобово-ризобиального симбиоза (БРС) является высокая специфичность, проявляющаяся в том, что определенные виды/штаммы клубеньковых бактерий образуют совместимые пары лишь с определенными группами бобовых. При этом на корнях растений развиваются специализированные структуры — клубеньки, которые являются видоизменениями боковых корней. Они формируются в результате формирования особой клубеньковой меристемы. Бактерии поселяются внутри клеток клубенька и трансформируются в бактериоиды. В клубеньках создаются оптимальные условия для фиксации атмосферного азота бактериоидным ферментом нитрогеназой. Этот фермент работает в отсутствие кислорода, и растение создаёт микроаэробную среду внутри клубенька, окружая его суберинизированной эндодермой и аккумулируя леггемоглобин в клетках. Именно наличие леггемоглобина придаёт эффективным клубенькам интенсивный розовый цвет. Благодаря образованию БРС бобовые растения могут расти на субстратах, не содержащих связанного азота. Осуществление процесса фиксации азота определяет значительную роль БРС в круговороте азота в природе и повышении плодородия почв. Интенсивность формирования симбиозов зависит от обеспечения элементами почвенного питания растений — фосфором и азотом.

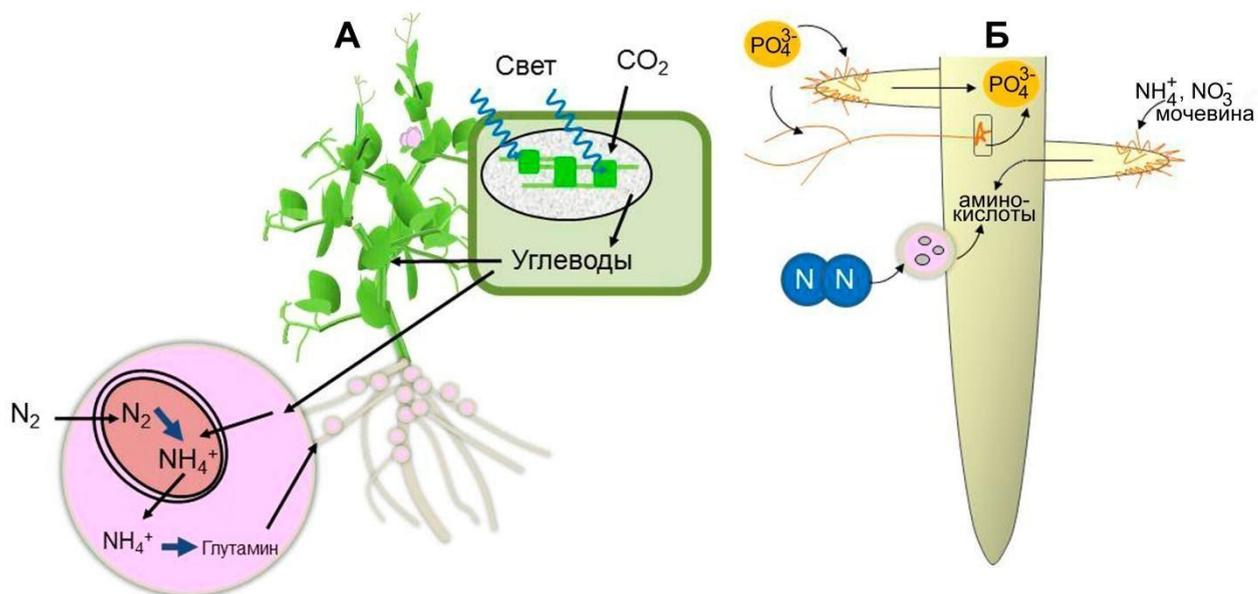


Рисунок 2. А. Поток вещества в бобово-ризобиальном симбиозе. Б. Корневые симбиозы бобовых растений. Пояснения в тексте

**В каждом из приведённых ниже заданий выберите ВСЕ правильные варианты ответа. Каждый ответ запишите в специально отведенное поле в виде последовательности букв в алфавитном порядке без знаков препинания и пробелов (регистр не важен).**

- Прочитайте фрагмент 1 и рассмотрите рисунок 1. Выберите все правильные утверждения.
  - Все растения семейства Вересковые образуют эрикоидную микоризу

- b. Белокочанная капуста – микоризное растение
- c. В отличие от эндомикоризы, эктомикориза обеспечивает растение преимущественно мочевиной
- d. При прорастании внутрь корня, гифа эндомикоризного гриба образует аппрессорий

Ответ: cd

2. Прочитайте фрагмент 2, рассмотрите рисунок 2. Выберите все правильные утверждения.

- a. Бобовые растения НЕ могут одновременно образовать и микоризу, и клубеньковый симбиоз
- b. Растения семейства Бобовые образуют эндомикоризу
- c. Газообразный азот превращается в клубеньке в аминокислоты
- d. За создание микроаэробной среды в клубеньке отвечает только леггемоглобин

Ответ: bc

3. Основываясь на информации из текстовых фрагментов и рисунков, выберите все правильные утверждения.

- a. Если выращивать бобовые растения на достаточном обеспечении азотом и фосфором, они НЕ будут формировать корневые симбиозы
- b. Эктомикориза характерна для всех растений
- c. Нитрогеназа превращает молекулярный азот в аммоний
- d. Бобовые растения НЕ могут формировать эктотрофную микоризу

Ответ: ac

4. Основываясь на информации из текстовых фрагментов и рисунков, ответьте на вопрос: усиление каких процессов происходит при эффективном функционировании взаимовыгодных симбиозов растений, клубеньковых бактерий и АМ-грибов:

- a. Транспорта углеводов из листа в корень
- b. Транспорта воды из корня в лист
- c. Транспорта минеральных элементов от микосимбионта в растение
- d. Транспорта аминокислот из клубеньков в лист

Ответ: abcd

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

- a. Для всех эктомикоризных грибов характерен широкий спектр растений-хозяев
- b. Все «сапрофитные» растения являются облигатными микоризообразователями
- c. Растения НЕ способны усваивать органический азот
- d. Разработка препаратов на основе микоризных грибов позволит увеличить урожайность культурных растений

Ответ: bd

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

У сумчатых грибов (аскомицетов) все споры, образующиеся в результате мейоза из одной и той же диплоидной клетки, остаются в общей оболочке – сумке. При этом строение сумок у разных аскомицетов разное. У *Neurospora crassa* все споры в сумке расположены в одну линию, в строгом соответствии с порядком расхождения хроматид (I-е и II-е деление мейоза ориентированы у этого гриба одинаково). Кроме того, каждая спора делится один раз митозом в той же ориентации. Как будут выглядеть сумки, если исходный диплоид был гетерозиготой  $a_1a_2$ ? Предположим, что аллель  $a_1$  приводит к красной окраске споры, а аллель  $a_2$  – к отсутствию окраски (спора оказывается белой). Заполните таблицу. В ответах используйте следующие обозначения: красная спора – R, белая спора – W. Фенотипы разных спор не разделяйте пробелами или знаками препинания (пример: RW). В последнем задании

запишите варианты расположения клеток в сумке, не разделяя их пробелами, а сами сумки отделите друг от друга одиночным пробелом.

Ответы:

Количество клеток в сумке	8	
Плоидность каждой из них (n или 2n)	n (1n)	
Среди них:	количество клеток, несущих аллель $a_1$	4
	количество клеток, несущих аллель $a_2$	4
Выпишите расположение клеток в сумке, если известно, что:	крайняя левая клетка красная	RRRRWWWW
	крайняя левая клетка белая	WWWRRRRR
Выпишите все возможные варианты сумок, если в одной из хроматид в исходной диплоидной клетке произошла мутация $a_1 \rightarrow a_2$	RRWWWWWW WRRWWWW WWWRRWW WWWWWRRR	

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

В современной биотехнологической промышленности применяют различные системы для получения целевого рекомбинантного белка, используемого в изготовлении лекарственных препаратов. Одной из таких систем является культура пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*). Опишите процесс получения клеточной системы для синтеза рекомбинантного белка на основе клеток дрожжей. Оцените, какими достоинствами и недостатками обладает данная система.

Ответ:

- Первым шагом для получения последовательности гена рекомбинантного белка чаще всего является проведение полимеразной цепной реакции (ПЦР) с кДНК (комплементарная ДНК, которая синтезируется на матрице мРНК ферментом обратной транскриптазой). Использование кДНК обусловлено тем, что у организма могут присутствовать интроны, как в нашем примере.
- Необходимо секвенировать последовательность, чтобы исключить ошибки. Более того, для получения белка другого организма, может потребоваться провести оптимизацию кодонового состава и заменить редко встречающиеся у данного организма кодоны. В данном случае это важно, т.к. речь идет о препарате для человека.
- Для последующей доставки последовательности гена рекомбинантного белка в клетки дрожжей необходимо сконструировать вектор. Обычно используются методы рестрикции и лигирования фрагментов, наряду с системами основанными на рекомбинационном клонировании (необходимые последовательности для клонирования добавляются к 5' концам в ходе ПЦР реакции).
- Доставка вектора в клетки дрожжей может осуществляться несколькими способами:
  - трансформирование плазмидами;
  - использование системы CRISPR/cas9 для встраивания последовательностей в геном.
- Подтверждением того, что искомая последовательность интегрировалась в геном в единственном экземпляре, служит использование ПЦР с праймерами, специфичными к месту вставки. Более того, необходимо убедиться, что в клетке экспрессируется целевой продукт. Для этого можно применить специальные метки, которые добавляются к белку на этапе конструирования вектора (например, знаменитый GFP - зеленый флуоресцентный белок). Альтернативный способ - использование генов резистентности к антибиотикам. Выживать на среде с добавлением антибиотика будут только те клетки, в которые успешно интегрированы целевые последовательности.
- Хорошим улучшением системы будет наличие индуцибельного промотора, чтобы исследователь мог запускать процесс синтеза белка, когда это необходимо.

7. Очистка белка из культуры клеток производится чаще всего с использованием аффинной хроматографии (например, используя антитела к His-тегу или к выделяемому белку).

8. Достоинства системы:

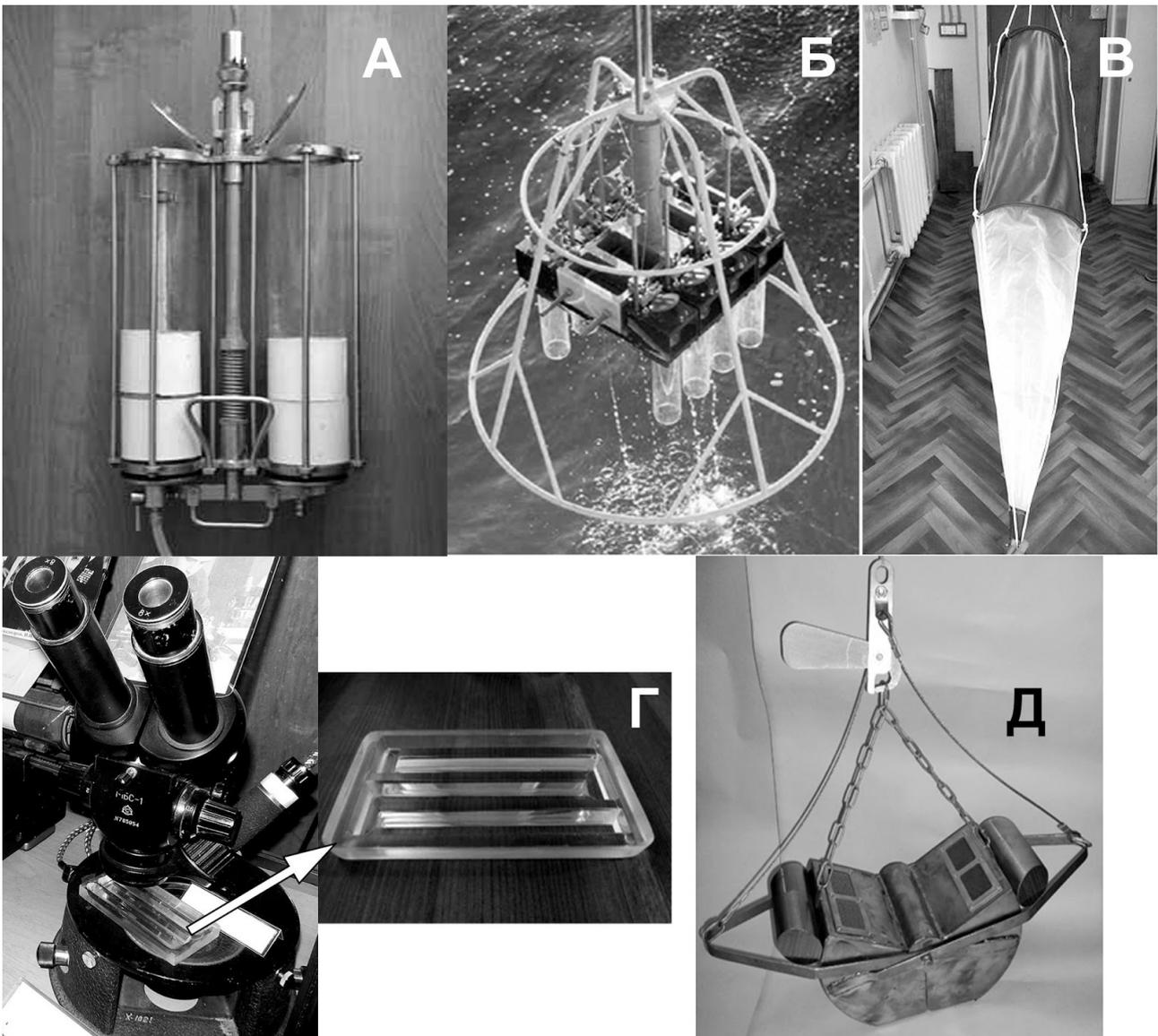
- сравнительно большой выход продукта, относительная простота его синтеза и аккумуляции;
- сравнительная простота доставки генетического материала в клетки дрожжей;
- для некоторых рекомбинантных белков, произведенных дрожжами, не требуется предварительная процедура выделения и очистки, а возможно пероральное их применение, т.е. при использовании в пищу.

9. Недостатки:

- сложности выделения белка из-за наличия у грибов клеточной стенки;
- в клетке дрожжей (грибы!) скорее всего будут происходить иные, нежели у млекопитающих, посттрансляционные модификации белков, включая, например, гипергликозилирование.

### Задание 15. Технологии исследований

На фотографиях представлены изображения различных приборов, используемых при изучении гидробионтов. Рассмотрите фотографии, выполните задания, записав ответы в специально отведённые поля. Максимальная оценка – 10 баллов.



1. Установите однозначное соответствие между изображениями, названиями приборов и результатами их использования. Запишите каждое полученное соответствие в поле для ответа в виде X - Y - Z, где X - буквенное обозначение изображения, Y - номер прибора (арабская цифра), Z - номер методики (римская цифра). ВНИМАНИЕ! Один из приборов и один из результатов – лишние!

Названия приборов:

1. Дночерпатель
2. Планктонная сеть
3. Камера Богорова
4. Камера Горяева
5. Грунтовая трубка
6. Батометр

Результаты использования:

- I. Отобрать пробы воды известного объема с определенной глубины
- II. Подсчитать количество особей веслоногих рачков-циклопов (*Cyclops*) в объеме пробы
- III. Отобрать пробы грунта известной площади
- IV. Отобрать пробы грунта известной площади с сохранением вертикальной структуры осадка
- V. Взять количественную пробу зоопланктона
- VI. Подсчитать количество одноклеточных водорослей в единице объема пробы

Ответ:

Буквенное обозначение изображения	X	A	B	B	Г	Д
Прибор	Y	6	5	2	3	1
Результат применения	Z	I	IV	V	II	III

2.1. Выберите ВСЕ правильные варианты ответа. Ответ запишите в отведенное поле в виде последовательности соответствующих латинских букв в алфавитном порядке, без пробелов и знаков препинания (регистр не важен).

Дночерпатель, изображенный на одной из фотографий, имеет рабочую площадь  $1/40 \text{ м}^2$ . С помощью этого прибора можно с достаточной точностью оценить плотность популяции следующих организмов:

- A. *Portlandia arctica* (роющий двустворчатый моллюск, собирающий детритофаг, максимальная длина раковины – 20 мм)
- B. *Rhizogeton fusiformis* (колониальный гидроид, обитатель поверхности скал, валунов и камней, хищник, максимальная длина полипов 10 мм)
- C. Камчатский краб
- D. *Micronephthys minuta* (роющий многощетинковый червь, хищник, максимальная длина тела 15 мм)

Ответ: AD

2.2. Выберите приборы, которые относят к орудиям лова для количественной оценки плотности популяций. Запишите в отведенное поле соответствующие буквенные обозначения фотографий.

Ответ: БВД

3. Для измерения солености морской воды чаще всего используют ареометры, кондуктометры и рефрактометры - приборы, работа которых основана на связи солености воды и каких-то ее физических свойств. Укажите, о каких свойствах воды идет речь в этих трех случаях.

Ответ:

Ареометр – прибор для измерения плотности жидкости, связь солености и плотности

Кондуктометр – прибор для измерения электропроводности раствора; связь солености и электропроводности

Рефрактометр – прибор для измерения показателя преломления света в жидкости, связь солености и показателя преломления