



Всесибирская олимпиада по биологии 2024–2025

Отборочный этап. 27 октября 2024

11 класс

Время выполнения задания – 4 часа.

1. Кудрявые воины (25 баллов)

Род Вуки — гуманоиды во вселенной «Звёздных войн», обитающие на планете Кашиик. Изменение условий обитания оказало сильное влияние на один из видов этого рода — *Wookiee wookiee* (Вуки обыкновенный). Для вида характерен высокий рост, наличие длинной шерсти и высокая агрессивность. Средняя продолжительность жизни — 400 стандартных лет. Геном диплоидный, $2n = 64$. Популяции представляют собой колонии размером в несколько сотен особей. Размножение половое, особи формируют моногамные пары, наиболее фертильный возраст — 200 лет. Самцы могут мигрировать в соседние колонии для поиска самок и образования пары.



Планета Кашиик покрыта тропическими лесами вроширских деревьев, которые являются важной частью жизни вуки и используются в качестве жилищ, для изготовления лекарств, еды, оружия и топлива. С приходом Галактической Империи началась массовая вырубка деревьев и добыча полезных ископаемых. Большая часть семей вуки была угнана в рабство на Кессель и другие планеты. В результате действий Империи на Кашиике остались небольшие разрозненные популяции вуки и сильно изменились условия обитания: из-за вырубки деревьев и добычи радиоактивных ископаемых повысился уровень ультрафиолета и радиации, таким образом, возросла вероятность появления мутаций. Гнет Империи длился около 20 лет — очень небольшой в эволюционных масштабах срок, особенно учитывая время смены поколений вуки. Но изменённые условия среды будут сохраняться долго, так как восстановление лесов займёт длительное время.

Рассмотрим две популяции обыкновенных вуки, которые остались на Кашиике и пережили времена Империи. Существенного притока особей извне после падения Империи не было. Из-за вырубки лесов изменились условия среды, и процессы терморегуляции у вуки оказались менее эффективными в новом климате, в связи с чем особи начали перегреваться.

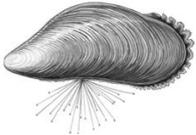
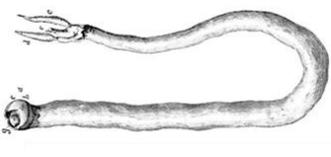
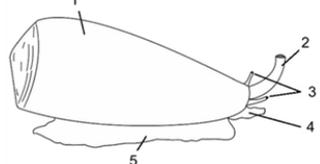
В обеих популяциях есть аллель (**A**) гена *TCHN^m*, отвечающий за формирование кудрявых волос, тип наследования аутосомно-доминантный. За формирование прямых волос отвечает аллель **a**.

Вопрос 1.	Ген <i>TCHN^m</i> кодирует белок, аналогичный трихогалину (<i>TCHN</i>) — белку, способствующему формированию кудрявых волос у человека. В чем может заключаться биохимическая функция данного белка? Что меняется в строении волоса при его работе?
Вопрос 2.	Кудрявые волосы обеспечивают защиту от нагревания, уменьшая приток тепла извне и, следовательно, способствуют уменьшению потоотделения. Перегрев организма способствует значительному снижению фертильности самцов вуки, так как сперматозоиды плохо развиваются при высокой температуре, таким образом кудрявые особи с хорошей терморегуляцией размножаются эффективнее, получают преимущество, и частота аллеля A растёт. Пусть в исходной популяции 1 численностью 300 особей частота аллеля A была 0,1. С приходом Империи численность популяции резко сократилась до 30 особей, но через 20 лет Империя покинула планету, и популяция довольно быстро начала возвращаться к быллому размеру, при этом доля кудрявых вуки начала расти и при достижении нового равновесия составила 96%. Рассчитайте, какой процент исходной популяции (до прихода Империи, численностью 300 особей) составляли кудрявые вуки , считая, что притока новых аллелей не было, скрещивания случайны, отбор и мутационный процесс тогда отсутствовали.
Вопрос 3.	Какими стали частоты аллелей A и a в новой популяции, достигшей нового состояния равновесия?
Вопрос 4.	Нарисуйте примерный график изменения частоты аллеля a в рассматриваемой популяции (по оси абсцисс — число поколений, по оси ординат — частота аллеля a). Объясните, какие факторы эволюции привели к такому изменению его частоты.
Вопрос 5.	Объясните вид нарисованного вами графика: какие факторы эволюции определяли изменение частоты аллеля a на разных этапах жизни популяции?
Вопрос 6.	Теперь рассмотрим популяцию 2 . Из-за повысившегося радиационного фона увеличилась частота мутаций, и в гене вуки <i>C1orf10^m</i> произошла рецессивная мутация потери функции (аллель b). У человека похожий ген является геном-супрессором опухолей: белок его нормального аллеля B подавляет экспрессию циклина D, что приводит к остановке G1-фазы клеточного цикла и снижает скорость размножения раковых клеток. (<i>Циклины</i> — белки-регуляторы клеточного цикла и митоза). Организмы, гомозиготные по аллелю b , сильнее подвержены развитию опухолей, причем опухоли обычно появляются до среднего возраста размножения (200 лет), и больные особи часто умирают до того, как успеют передать свои гены. Исходя из функции белка, объясните, почему аллель b рецессивный, т.е. почему гетерозиготы здоровы?
Вопрос 7.	Для популяции 2 также характерно увеличение частоты аллеля A из-за большей приспособленности его носителей к изменённому климату. При этом при увеличении частоты A происходит одновременное увеличение частоты b . При скрещивании гетерозиготных по обоим генам здоровых и кудрявых вуки в потомстве присутствуют особи только трёх генотипов . Чем можно объяснить увеличение частоты аллеля b , снижающего приспособленность? Запишите схему скрещивания двух гетерозиготных по обоим генам здоровых и кудрявых вуки и опишите фенотипы потомства. Какова вероятность появления потомства, предрасположенного к раннему развитию онкологического заболевания?
Вопрос 8.	Выберите из потомков предыдущего скрещивания пару вуки, которые при скрещивании произведут половину потомков кудрявых, половину — с прямыми волосами, и всех — не болеющих раком. При записи схемы скрещивания рядом с генотипами укажите пол родителей. Считайте, что самцы вуки, гомозиготные по гену a , — стерильны.

2. Медленные охотники (25 баллов)

Представители типа моллюски различаются по своим пищевым предпочтениям.

Вопрос 1. Соотнесите представителей типа моллюски с их названиями и заполните сравнительную таблицу в бланке ответов.

Названия	Главк атлантический	Виноградная улитка	Аргонавт	Корабельный червь	Конус географический	Съедобная мидия
А		Б		В		
Г		Д		Е		

Вопрос 2. Подпишите структуры организма **Е**, обозначенные на рисунке цифрами.

Вопрос 3. Известно, что представители семейства *Конусы* (*Conidae*) используют токсины для охоты и защиты. Исследователи обнаружили у одного из представителей семейства *Конусы* в ядовитой железе белок **X**. Белок **X** по первичной последовательности напоминает гомологичный белок рыб. Белок **X** состоит из цепей **A** и **B**.

- Посчитайте процент сходства двух белковых последовательностей цепи **A**. Приведите расчет в бланке ответов.
- Как вы считаете, приведет ли замена во втором положении валина на изолейцин в цепи **A** к изменению структуры белка? Свой ответ обоснуйте.
- Рассмотрите первичную последовательность цепи **B** и нарисуйте схематично четвертичную структуру белка конусов — димера цепей **A** и **B**: покажите, в каких местах могут возникнуть ковалентные связи между цепочками.

Цепь А

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Конус GVVENHCCHRPCSNAEFKKYC

Рыба GIVEQCCKKPCSIFELQNYC

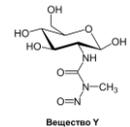
Цепь В

Конус TFDTPKHKRCGSEITNSYMDLCYR

Аминокислота	Однобуквенный код	Аминокислота	Однобуквенный код
Аланин	A	Лейцин	L
Аргинин	R	Лизин	K
Аспарагин	N	Метионин	M
Аспарагиновая кислота	D	Фенилаланин	F
Цистеин	C	Пролин	P
Глутамин	Q	Серин	S
Глутаминовая кислота	E	Треонин	T
Глицин	G	Триптофан	W
Гистидин	H	Тирозин	Y
Изолейцин	I	Валин	V

Вопрос 4.

Функция белка **X** у рыб известна, необходимо было проверить, обладает ли такой же функцией белок **X**, выделенный из конусов. Для этого был проведен тест с веществом **Y**. Известно, что вещество **Y**, попадая в клетки поджелудочной железы рыб, вызывает их гибель. Было несколько экспериментальных групп *Danio rerio*: 1) не вводили ничего, 2) вводили вещество **Y** и физиологический раствор, 3) вводили вещество **Y** и белок **X** из рыб, 4) вводили вещество **Y** и белок **X** из конуса. После этого измеряли уровень глюкозы в крови. Результаты представлены на **графике 1**.



- Как вы считаете посредством транспортеров какого вещества вещество **Y** попадает в клетки поджелудочной железы? Свой ответ обоснуйте.
- Предположите, с чем может быть связано селективное проникновение в клетки поджелудочной железы?
- Что происходит с рыбой *Danio rerio* при введении вещества **Y** (группа 2)?
- Какой эффект наблюдается при введении вещества **Y** и вещества **X** (группа 4)?
- Для чего необходима была экспериментальная группа 3?
- Предположите, на действие какого гормона похоже действие белка **X**? Свой ответ обоснуйте.

Вопрос 5.

Помимо этого, был проведен эксперимент, в котором в воду к рыбам *Danio rerio* добавляли белок **X** и детектировали долю времени в движении. Результаты эксперимента показаны на **графике 2**. Исходя из полученных данных, предположите вероятную стратегию охоты конусов на рыб. Учитывая, что конусы, у которых есть белок **X**, используют специальную сеть, образуемую рострумом, в которую и попадает рыба.

График 1

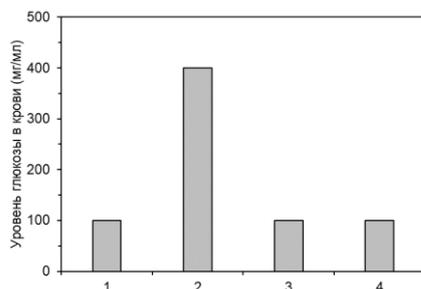
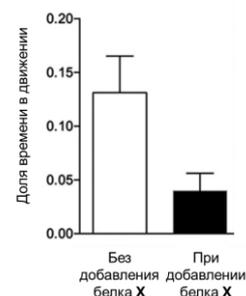


График 2



3. Ацетабулярии (25 баллов)

Ацетабулярии (*Acetabularia* spp.) — это необычно крупные одноклеточные водоросли (достигают, в зависимости от вида, длины от 2 до 18 см), которые растут асимметрично, образуя «ногу» (ризоид), которая используется для прикрепления к субстрату. От ризоида отходит длинный стебелек, который у зрелых особей заканчивается шляпкой диаметром около сантиметра.

Вопрос 1.

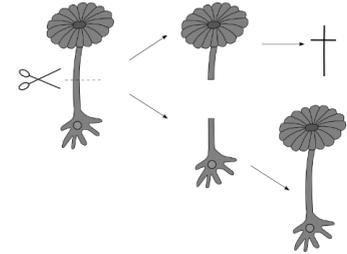
Ацетабулярии были описаны еще в XVI веке, а Карл Линней включил один из самых распространенных видов — *A. acetabulum* — под названием *Madrepora acetabulum* в тип стрекающих. Наличие каких органелл указало на то, что ацетабулярия является водорослью? Как вы думаете, в какой части клетки сосредоточены эти органеллы? Кратко объясните свой ответ.

Вопрос 2.

Ацетабулярия сильно отличается от других представителей группы Зеленые водоросли (*Chlorophyta*). Например, у нее *сифональный таллом*, клеточная стенка состоит из *ксиланов* и укреплена *минеральными солями*, а запасным продуктом является *фруктан*, который откладывается в цитоплазме. Сравните и опишите эти признаки для другой известной зеленой водоросли — улотрикса. Какой минеральной солью пропитана ацетабулярия, если ее ископаемые останки находят в известковых породах?

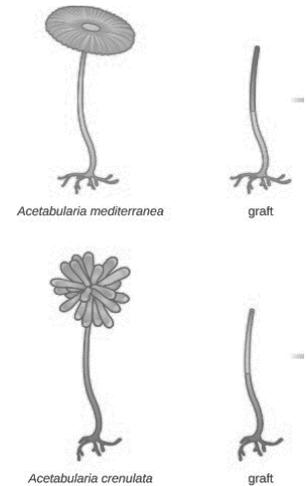
Вопрос 3.

Ацетабулярии обладают удивительной способностью к регенерации. Заметив эту особенность, ученые начали детально изучать ее. В 1930-х и 1940-х годах немецкий ученый Иохим Геммерлинг проводил эксперименты с этой водорослью. В ранней серии экспериментов Хаммерлинг удалял либо шляпку, либо ножку клеток и наблюдал, регенерировались ли новые шляпки или ножки. Он обнаружил, что при удалении ножки этих клеток новые ножки не вырастали; однако при удалении шляпок с клеток происходила регенерация новых шляпок. Какой вывод можно сделать из этого эксперимента? Как вы думаете, для чего ацетабулярии высокая регенерация?



Вопрос 4.

В другой серии экспериментов Геммерлинг использовал два вида *Acetabularia*, которые имеют различную морфологию шляпки: *A. crenulata* и *A. mediterranea*. Он срезал шляпки с обоих видов клеток, а затем прививал ножку *A. crenulata* к ножке *A. mediterranea* и наоборот. Исходя из выводов предыдущего эксперимента, нарисуйте результат опыта Геммерлинга. Объясните, почему вы сделали такое предположение.

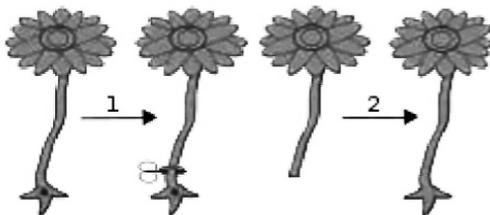


Вопрос 5.

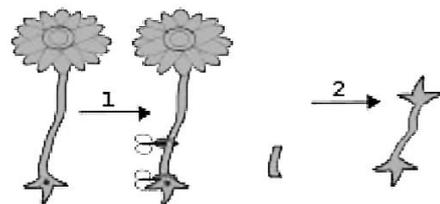
Какой еще эксперимент следует провести, чтобы доказать функцию конкретной органеллы в реализации наследственной информации?

Вопрос 6.

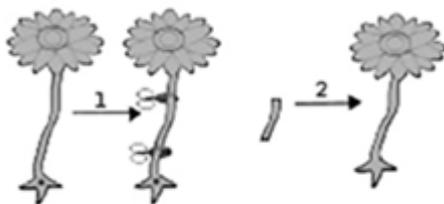
Известный советский биолог Лев Степанович Сандахчиев проводил подобные эксперименты, но после ампутации части ацетабулярии он помещал ее в благоприятные условия, что значительно продлевало ее жизнь. Рассмотрите результат этих экспериментов и предположите причину наблюдаемого эффекта. Как вы думаете, почему через некоторое время ацетабулярии, полученные в этих экспериментах, погибли.



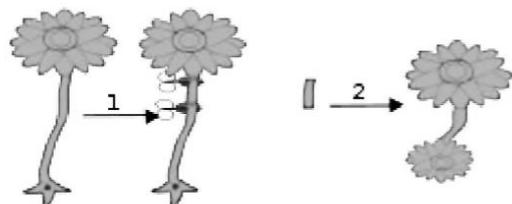
После ампутации ризоида образовывался новый ризоид без ядра, но клетка больше не размножалась.



Стебелек отрезался чуть выше ризоида. Это приводило к образованию второго ризоида



Стебелек отрезался посередине. Образовывался зонтик и ризоид без ядра.



Стебелек отрезался ближе к зонтику. Образовывался второй зонтик.

4. Анализ крови (25 баллов)

Кровь — одна из составляющих внутренней среды. Состав крови может изменяться в зависимости от состояния организма, в том числе при болезнях. По этой причине анализ крови часто используется в медицинской практике для подтверждения диагноза у пациента.

Чтобы предположить, как изменится содержание тех или иных форменных элементов крови во время патологического процесса, нужно знать, какую функцию они выполняют в норме.

Вопрос 1.

В бланке ответов перечислены основные форменные элементы крови. Соотнесите название форменного элемента с его основной функцией. Одному форменному элементу соответствует одна функция.

Функции (в бланке ответов указать только номер):

- | | |
|----------|--|
| 1 | Участие в аллергических реакциях, воспалении |
| 2 | Выделение гормонов, необходимых для водно-солевого обмена |
| 3 | Участие в иммунных реакциях; основной участник 2 этапа воспаления |
| 4 | Перенос кислорода и углекислого газа; поддержание кислотно-основного баланса |
| 5 | Перенос аммиака к органам выделения; перенос избыточных солей к почкам |
| 6 | Участие в иммунных, аллергических реакциях, воспалении; антигельминтное действие |
| 7 | Исключительно противовирусное действие; доставка антигенов в тимус и селезенку |
| 8 | Участие в свертывании крови, остановке кровотечения |
| 9 | Обеспечение гуморального и клеточного иммунитета; обеспечение защитной реакции организма на раздражители |

Функция клетки всегда влияет на ее строение. По этой причине у форменных элементов некоторые органеллы развиты хорошо, а другие, напротив, — развиты слабо или отсутствуют вовсе

Вопрос 2.

Для каждого форменного элемента опишите его клеточное строение. Для этого в бланке ответов укажите наличие ядра у форменного элемента (поставьте + или -) и перечислите номера органелл, которые должны быть хорошо развиты у форменного элемента для выполнения своей функции

Органеллы	1 Рибосомы	2 Аппарат Гольджи	3 ЭПС	4 Митохондрии	5 Специфические гранулы
------------------	-------------------	--------------------------	--------------	----------------------	--------------------------------

Некоторые из перечисленных клеток крови обладают способностью к фагоцитозу, который необходим для выполнения некоторых функций

Вопрос 3.

Укажите, какие клетки способны к фагоцитозу (поставьте «+» или «-»). Зачем указанные клетки используют фагоцитоз? Схематично изобразите этот процесс в бланке ответов и подпишите на рисунке органеллы, которые в нем участвуют

К врачу обратились несколько пациентов с жалобами:

- | | |
|----------|---|
| А | Пациент Н. жаловалась на упадок сил, головокружение, низкую работоспособность |
| Б | Пациент К. в течение месяца работал на даче, а так как он неуклюж — поранился садовыми приборами. Каждый раз он наблюдал одну и ту же картину: из раны очень долго идет кровь и не останавливается (хотя раньше такого никогда не было) |
| В | Пациенту В. несколько дней назад была проведена аппендэктомия — операция по удалению червеобразного отростка. Из-за недобросовестного ухода за послеоперационной раной появился гной, покраснение, боль, поднялась температура |
| Г | Пациент О. неделю назад побывала в сомнительном ресторане японской кухни. Спустя некоторое время она обнаружила ряд неприятных симптомов: общее недомогание, потеря веса, боли в животе и сыпь |
| Д | Пациент С. никогда не пробовал гуаву. Вчера вечером он решил попробовать ее, но столкнулся с проблемой — у него опухли руки, щеки, он покраснел, появилась сыпь, зуд. Пациент был срочно доставлен в больницу |
| Е | Пятилетняя пациентка А. после посещения детского сада покрылась розовыми пятнышками, у нее поднялась высокая температура и заболела голова |

Вопрос 4.

Проанализировав историю недомоганий пациентов, предположите, какой предварительный диагноз им можно поставить. Для этого возле каждого пациента в бланке ответов подпишите название заболевания.

Заболевания	Туберкулёз	Аскаридоз	Злокачественная опухоль костного мозга	Ветряная оспа	Сепсис
	Аллергия	Гастродуоденит	Железодефицитная анемия	Гемофилия	Чума
					Тромбоцитопения

Для подтверждения диагноза каждого пациента врач назначил им общий анализ крови. Внесите в таблицу повышение (↑) или понижение (↓) каких форменных элементов крови стоит ожидать в случае каждого заболевания (одно заболевание — одно изменение количества форменных элементов).

Вопрос 5.

В клиническом случае одной из пациенток наблюдалось снижение транспорта кислорода кровью, из-за чего возникло общее недомогание. В этой ситуации врачу необходимо понимать, какое количество кислорода кровь транспортирует в норме, чтобы оценить результаты анализа при патологии.

1 г гемоглобина может связать 1,34 мл кислорода. В среднем, в одном эритроците содержится $3,2 \times 10^{-11}$ г гемоглобина. Количество эритроцитов в крови человека — $4,5 \times 10^{12}/л$. За одно сокращение левый желудочек выбрасывает в кровоток 80 мл крови, частота сердечных сокращений — 80 уд/мин. Посчитайте, сколько литров кислорода переносит кровь ежедневно.

Вопрос 6.