



**Биология для школьников 7 – 11 класса (заключительный этап)  
 Вариант II**

**Задача 1. Зашифрованный город (8 баллов)**

Учёные синтезировали пептид, в котором зашифровали место, где будут проводиться Олимпийские игры.

Дана последовательность нуклеотидов из части участка ДНК, комплементарная мРНК, которая содержит информацию о пептиде, включая стартовый и стоп кодон.

ACG ACG TAA TAC AAA GCA CGA TTG ACA CTT GGT CGG GCG TAG TCA ACT ACG TAA TAA

1. Напишите участок мРНК. **(1 балл)**
2. Используя таблицу кодонов, определите закодированный пептид. **(2 балла)**
3. Используя буквенный код аминокислот, расшифруйте закодированное слово. **(1 балл)**
4. Средняя относительная молекулярная масса аминокислоты 110, а нуклеотида 300. Сколько будет весить закодированный пептид, а сколько кодирующий его ген? **(2 балла)**.
5. Назовите аминокислоту, которая содержится в этом пептиде и является эндогенным источником оксида азота **(1 балл)**
6. Какова длина гена, если длина одного нуклеотида 0,34 нм? **(1 балл)**

Таблица кодонов				
1-е основание	2-е основание			
	U	C	A	G
U	UUU Фенилаланин (F) UUC Фенилаланин (F) UUA Лейцин (L) UUG Лейцин (L)	UCU Серин (S) UCC Серин (S) UCA Серин (S) UCG Серин (S)	UAU Тирозин (Y) UAC Тирозин (Y) UAA Стоп-кодон (Ochre) UAG Стоп-кодон (Amber)	UGU Цистеин (C) UGC Цистеин (C) UGA Стоп-кодон (Opal) UGG Триптофан (W)
C	CUU Лейцин (L) CUC Лейцин (L) CUA Лейцин (L) CUG Лейцин (L)	CCU Пролин (P) CCC Пролин (P) CCA Пролин (P) CCG Пролин (P)	CAU Гистидин (H) CAC Гистидин (H) CAA Глутамин (Q) CAG Глутамин (Q)	CGU Аргинин (R) CGC Аргинин (R) CGA Аргинин (R) CGG Аргинин (R)
A	AUU Изолейцин (I) AUC Изолейцин (I) AUA Изолейцин (I) AUG Метионин, (M) Стартовый	ACU Треонин (T) ACC Треонин (T) ACA Треонин (T) ACG Треонин (T)	AAU Аспарагин (N) AAC Аспарагин (N) AAA Лизин (K) AAG Лизин (K)	AGU Серин (S) AGC Серин (S) AGA Аргинин (R) AGG Аргинин (R)
G	GUU Валин (V) GUC Валин (V) GUA Валин (V) GUG Валин (V)	GCU Аланин (A) GCC Аланин (A) GCA Аланин (A) GCG Аланин (A)	GAU Аспарагин. кислота (D) GAC Аспарагин. кислота (D) GAA Глутамин. кислота (E) GAG Глутамин. кислота (E)	GGU Глицин (G) GGC Глицин (G) GGA Глицин (G) GGG Глицин (G)

## Задача 2. Холодно ли березке весной? (8 баллов)

Известно, что скорость химических реакций подчиняется правилу Вант-Гоффа. В частности, для химических реакций, протекающих в растениях, при увеличении температуры на каждые  $10^{\circ}\text{C}$  скорость реакций повышается в 2,5 раза. В то же время, активность ферментов темновой стадии фотосинтеза зависит от температуры более сложным образом и имеет свои особенности для разных видов растений. Предположим, что для лиственных растений средней полосы, например, березы, активность ферментов меняется так, как показано на графике (конечно, каждый отдельный фермент имеет свою зависимость активности от температуры, но для простоты предположим, что все эти зависимости одинаковы):

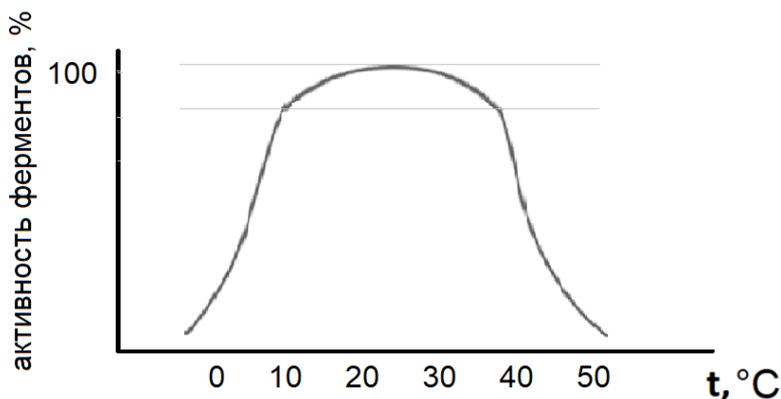


Рис. 1. Зависимость активности ферментов темновой стадии фотосинтеза от температуры.

1. Ферменты — это катализаторы биохимических процессов. К каким соединениям они (в основном) относятся по химической структуре? **(2 балла)**
  - а. липиды
  - б. полифосфаты
  - в. макроэргические соединения
  - г. белки
2. Исходя из ответа на вопрос 1, объясните, что произойдет с процессами фотосинтеза при повышении температуры до  $80^{\circ}\text{C}$ ? **(2 балла)**
3. Как вы думаете, как изменится скорость потребления углекислого газа, измеренная в светлое время суток весной при температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  по сравнению с летними условиями, когда температура составляет  $+15^{\circ}\text{C}$ ? **(2 балла)**
  - а) Скорость потребления не изменится, т. к. известно, что падает скорость темновой стадии, а измерения проводили в светлое время суток.
  - б) Скорость увеличится пропорционально увеличению продолжительности светового дня, т. к. фотосинтез идет на свету.
  - в) Скорость уменьшится пропорционально уменьшению продолжительность темного времени суток, т. к. поглощение углекислого газа происходит в темновую стадию фотосинтеза.

- г) Скорость уменьшится согласно правилу Вант-Гоффа в 25 раз.
  - д) Скорость уменьшится согласно кривой зависимости активности ферментов от температуры.
4. Как изменится скорость фотосинтеза при температуре 0°C по сравнению с температурой +10°C? **(2 балла)**

При необходимости ответы поясните расчетами.

### **Задача 3. Очередь на клонирование (8 баллов)**

Аспирантка Маша с детства мечтала увидеть живого мамонта, шерстистого носорога, динозавров и других животных, которые давно вымерли и о которых мы знаем только по их останкам, сохранившимся в земле. Работая в генно-инженерной лаборатории, она решила попробовать «оживить» шерстистого носорога. В настоящее время существует несколько подходов к клонированию животных, Маша выбрала один из них.

1. Помогите Маше составить правильный план работы, выбрав нужные этапы и расположив их в правильной последовательности. Ответ представьте в виде последовательность букв. **(4 балла)**
- а) Поместить модифицированную эмбриональную клетку в матку носорога, дождаться рождения детеныша носорога.
  - б) Найти достаточно хорошо сохранившийся фрагмент тканей шерстистого носорога.
  - в) Определить нуклеотидную последовательность ДНК (секвенирование).
  - г) Поместить фрагмент ткани ископаемого животного на питательную среду в чашке Петри.
  - д) Генно-инженерными методами модифицировать геном носорога тех местах, где он отличается от генома шерстистого носорога, внедрив в него гены шерстистого носорога.
  - е) Ввести измененный геном носорога в эмбриональную клетку.
  - ж) Дождаться дифференцировки клеток в чашке Петри.
  - з) Выделить сохранившиеся фрагменты ДНК.
  - и) Быстро нагреть образец ископаемой ткани до 60°C.
  - к) Сравнить полученную последовательность ДНК шерстистого носорога с известной последовательностью ДНК его ближайшего родственника, живущего в настоящее время, — носорога.

2. Известно, что период полураспада ДНК в ископаемых останках животных составляет 512 лет. Распад ДНК – это разрушение химических связей. Связи разрушаются в разных местах, но для простоты будем считать, что разрушаются связи между соседними нуклеотидами в цепочках ДНК. За 512 лет разрушается половина этих связей. Организм крупного животного состоит из примерно  $10^{15}$  клеток ( $10^{15}$  приблизительно равно  $2^{50}$ ). Длина ДНК, содержащейся в одной клетке, приблизительно составляет  $4.7 \cdot 10^9$  пар оснований ( $4.7 \cdot 10^9$  приблизительно равно  $2^{32}$ ). Если распадутся практически все связи между основаниями в ДНК, секвенировать геном будет невозможно даже при помощи самых современных методов. Выберите из списка животных, которых в принципе можно попробовать клонировать. Ответ подтвердите расчетами **(4 балла)**.

Индрикотерии – самые большие сухопутные млекопитающие в истории Земли, весом до 20 тонн. Обитали во многих районах Азии в период 30-20 млн. назад.

Целодонт – шерстистый носорог, последние особи жили 70 тыс. лет назад.

Эласмотерии – род носорогов, обитавших в степях Евразии, вымерли около 30 тыс. лет назад.

Пещерный медведь – доисторический вид медведей, живший в Евразии и вымерший примерно 15 тыс. лет назад.

Гомотерии – вымерший род саблезубых кошек, обитавших в Евразии, Африке и Северной Америке 10 тыс. лет назад.

#### **Задача 4. Определение наличия ДНК вируса (8 баллов)**

В 1990е годы перспективным методом детекции нуклеиновых кислот был почти забытый сейчас метод Digene – основанный на принципе гибридизации участка ДНК или РНК в растворе пробы с комплементарной последовательностью - мишенью.

В одном из вариантов метод работает так – на подложку прикреплен белок, связанный с зондом (последовательности ДНК или РНК, комплементарной той последовательности, которую мы хотим обнаружить в пробе). Этот белок также имеет домен, активирующийся при успешной гибридизации искомой последовательности с зондом. Активация в данном случае – это изменение конфигурации этого домена.

Активированный домен белка способен связаться с флуоресцентным белком-меткой, который мы добавили в раствор заранее. Метка, связанная с доменом белка на подложке, начинает флуоресцировать при определенной длине волны – то есть она тоже активируется. А на нее может сесть еще несколько таких же меток, а на них еще и еще, образуя целую гроздь активированных меток – таким образом достигается усиление сигнала. Если же белок-метка «сорвался» с грозди, он теряет способность к флуоресценции.

Этот метод был предложен для автоматического детектирования ДНК вируса папилломы человека (ВПЧ), выделенной из клеток эпителия.

В случае заболевания в биопсии из эпителиальной ткани может быть от 3 до 70 тысяч единиц ДНК. При изготовлении пробы из взятой биопсии получают ровно 1 миллилитр раствора для исследования его этим методом. Изобретатель Архимедочевский решил создать прибор, который будет автоматически детектировать ДНК ВПЧ методом Digene:

Изобретатель хотел использовать четыре разных метода нанесения пробы на подложку:

- 1) внести каплю пробы в микропробирку, наполненную нейтральным раствором с зондом на дне пробирки;
- 2) нанести каплю пробы, содержащей ДНК, на сухую подложку с зондом;
- 3) внести каплю пробы в микропробирку, наполненную нейтральным раствором, затем осадить на центрифуге, после чего раствор над осадком перенести в новую микропробирку для исследования в приборе;
- 4) внести каплю пробы в микропробирку, наполненную нейтральным раствором с зондом на дне пробирки, после чего раствор осадить на центрифуге.

1. Какой из способов вы бы порекомендовали Архимедочевскому и почему? **(4 балла)**
2. Изобретатель хотел также, чтобы прибор мог работать с пробой минимального возможного объема, при этом прибор должен подавать сигнал, если концентрация ДНК вируса превысит 50 тысяч копий на миллилитр. При выбранном оптимальном методе вероятность того, что единичная молекула ДНК взаимодействует с зондом, составляет 85%. Вероятность того, что активированная молекула зонда даст флуоресцентный ответ и будет зафиксирована прибором, составляет 70%. Для точного срабатывания детектора достаточно, чтобы прибор зафиксировал примерно 300 активированных молекул зонда. Каков будет минимальный объем пробы? **(4 балла)**

**Задача 5. Антитела (8 баллов)**

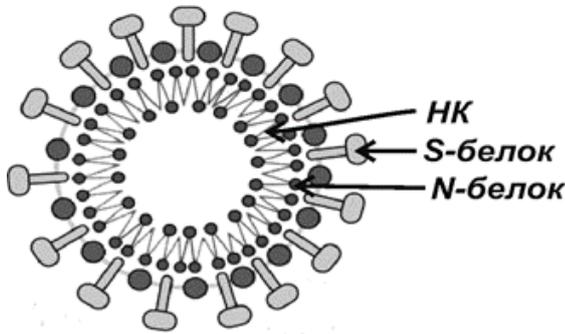


Рис. 1.

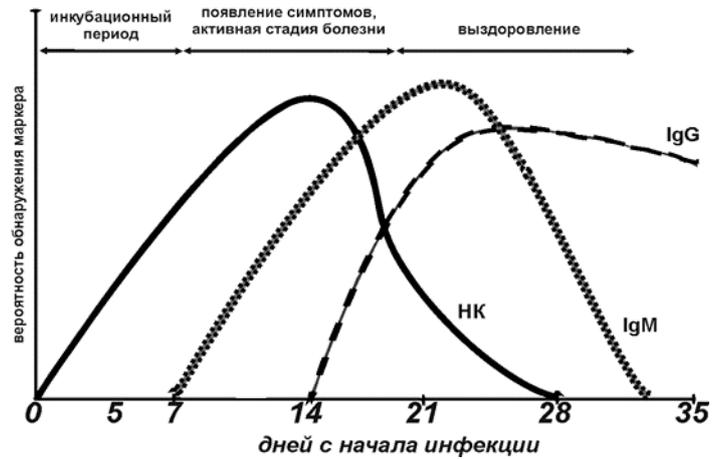


Рис. 2.

Этот вопрос, как и ряд вопросов заочного тура, посвящен иммунитету. В этот раз речь пойдет о некоторых особенностях работы антител (здесь мы считаем, что антитела и иммуноглобулины одно и то же). Антитела – это белки плазмы крови, синтезируемые клетками иммунной системы, и предназначенные для нейтрализации или мечения различных патогенов, которые в дальнейшем уничтожаются другими компонентами иммунной системы. Антитело распознает уникальный элемент патогена – антиген. К антигену может быть синтезировано несколько антител, распознающих его различные участки.

Существует несколько классов антител, из которых нас будут интересовать два: антитела класса М (IgM) и антитела класса G (IgG). IgM — наиболее большие (тяжелые) и сложно организованные антитела, при первичном столкновении с антигеном IgM образуются первыми, довольно быстро исчезают, наличие в плазме крови IgM против определённых возбудителей свидетельствует о ранних этапах инфекции, могут подходить к нескольким антигенам одновременно. IgG — наиболее часто встречаемые антитела в плазме крови, формируются несколько недель спустя после появления антигена, связывание IgG с патогенами вызывает их иммобилизацию и связывание друг с другом, это наиболее специфичные и эффективные среди антител.

1. Существует некий вирус, который содержит нуклеиновые кислоты (НК), связанные с белком-нуклеокапсидом (N-белком), окружённый оболочкой в которой находятся белки шипы (S-белки) при помощи которых вирус прикрепляется к клетке (см. рисунок 1 к задаче). Есть несколько методик обнаружения вируса в организме, основанные на обнаружении специфичного участка нуклеиновых кислот (оценивается мазок из носоглотки, наличие положительного мазка подразумевает возможность заражать окружающих), наличии специфичного IgM к S-белку и наличии специфичного IgG к S-белку. Время появления каждого признака от начала инфекции показано на рисунке 2 к задаче.

Таблица 1.

№	HK	IgM	IgG
1	+	-	-
2	+	+	-
3	+	+	+
4	-	+	+

У испытуемого одновременно берут три теста, основанного на различных методиках. Результаты тестов можно представить в виде таблицы, где плюс обозначает наличие тестируемого признака (специфических нуклеиновых кислот, специфических IgM и/или IgG), а минус – его отсутствие (это качественные тесты). Перед вами несколько вариантов результатов тестов (см. Таблица 1). Объясните их значение. **(4 балла)**

2. Существуют тест-системы, оценивающие в организме наличие только S- или только N-белка (см. рисунок 1 к задаче). Добровольцы, некоторые из которых были привиты вакциной создающей антитела к S-белку, сделали одновременно оба этих теста. Объясните полученные результаты (Таблица 2). **(4 балла)**

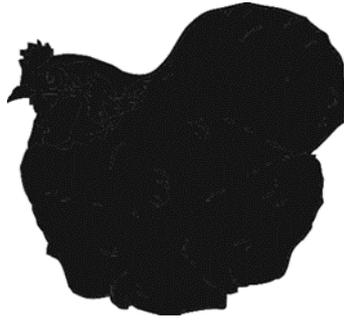
Таблица 2.

№	S-белок	N-белок
5	-	-
6	+	-
7	-	+
8	+	+

!!! Пожалуйста, объяснения пишите коротко и понятно, а главное, чтобы было понятно к какому пункту они относятся. Давайте считать, что результаты тестов верны (нет ошибки измерения или других ошибок).

За каждый правильный ответ (пункт в Таблицах) вы получаете один балл.

## Задача 6. Одинокая курица (20 баллов)



На изолированный остров в Нанонезии попала курица. Местные слышали о таком звере, но никогда его не видели и восприняли его как дар богов. Когда курица стала нести яйца их вместе с гнездом и курицей поместили в пещеру-храм, заходить куда мог только жрец, где постоянно горел огонь, и было жарко даже для тропического острова. Впрочем, курица это вытерпела, более того появился цыпленок, появление которого восприняли как чудо. Впоследствии куры расплодились на острове и, хотя их и продолжали воспринимать как дар, но это не мешало использовать яйца и самих кур как источник еды. Впоследствии попавшими на остров учеными было объяснена загадка появления первого цыпленка, да и сами куры оказались родственны курам с соседних островов, отличались они, главным образом долей курчавых кур. Если на ближайших островах соотношение было близко к 1:1, то на этом острове оно стремилось к 1:3 (курчавые: обычные).

**Примечание:** Курчавость обусловлена изгибом перьев, что придает птицам пышный и слегка всклокоченный вид. За курчавость у кур отвечает два гена, расположенных на аутосомных хромосомах F и Mf. Генотип ff обуславливает нормальные перья, независимо от действия второго гена, Ff – изогнутые перья, также его наличие приводит у некоторому увеличению внутренних органов (FF – летальная форма, поскольку помимо изгиба перьев происходит увеличение внутренних органов, что приводит к смерти в эмбриональном состоянии). Ген Mf влияет на степень изгиба пера, mfmf – перо практически неизогнуто (куры выглядят как обычные), Mfmf – небольшой изгиб пера (среднекурчавые куры), MfMf – большой изгиб пера (сильнокурчавые куры).

### Подсказки:

1. В неоплодотворенном яйце изначально один набор генов, затем он удваивается (дублируется).
2. У птиц другие обозначения половых хромосом Z и W (и вообще там все по-другому), WW формы нежизнеспособны и гибнут на стадии эмбриона.
3. На ближайших островах соотношение фенотипов кур на самом деле было 1:2:3 (сильнокурчавые : среднекурчавые : обычные).
4. Птица, попавшая на остров, была средней курчавости.

**Вопросы:**

1. Как называется тот процесс, благодаря которому появился самый первый цыпленок (попытайтесь написать больше одного слова)? **(2 балла)**
2. Каков был генотип кур по степени курчавости на ближайших островах? **(8 баллов)**
3. Какой у него был пол, каков его генотип и фенотип первого цыпленка (была ли птица курчавой и в какой степени)? **(6 баллов)**
4. Каков генотип и какова степень курчавости кур на изолированном острове? **(4 балла)**

**Задача 7. Метаболизм Флэша (20 баллов)**

Во время взрыва в химической лаборатории в организм студента Флэша попали загадочные химические вещества, которые привели к тому, что процессы энергетического обмена у него стали в два раза эффективней, чем у обычного человека.

Обычный человек весом 60 кг при беге с темпом 6 мин/км тратит в течение часа порядка 2400 кДж. При этом первые 45 минут в его организме происходит полное окисление глюкозы, а последние 15 минут только гликолиз. Флэш за час такого же бега тратит в два раза меньше энергии.

**Примечание:** 1 моль АТФ дает 50 кДж энергии, молекулярная масса глюкозы 180, каждую минуту бегун тратит одинаковое количество энергии, полученная энергия тратится только на бег.

1. Рассчитайте, сколько молей АТФ потратил обычный бегун в течение часового бега? **(7 баллов)**
2. Рассчитайте, сколько граммов глюкозы потребовалось Флэшу для часового бега, при условии, что у него также первые 45 минут происходит полное окисление глюкозы, а последние 15 минут только гликолиз? **(7 баллов)**
3. Рассчитайте, сколько молекул молочной кислоты и углекислого газа образовалось в течение часового бега Флэша? **(6 баллов)**

## Задача 8. Фотобатарейка (20 баллов)

Растения и некоторые бактерии обладают удивительной способностью производить органическое вещество буквально из воздуха под действием космического излучения солнца. Этот процесс называется фотосинтез. Однако при низком содержании  $\text{CO}_2$  в воздухе, например, в условиях избыточной инсоляции и повышенной температуры, растениям труднее усваивать  $\text{CO}_2$  из атмосферы для синтеза органических соединений. Поэтому некоторые растения «придумали» способ усваивания углерода в растворенной форме.

1. В какой форме такие растения усваивают  $\text{CO}_2$ ? (1 балл)

- а)  $\text{CO}_2$  (в пузырьках)
- б)  $\text{CO}_3^{2-}$
- в)  $\text{HCO}_3^-$
- г)  $\text{H}_2\text{CO}_3$

2. Какие растения из перечисленных обладают такой способностью? (2 балла)

- а) Сахарный тростник
- б) Клюква
- в) Папоротник орляк обыкновенный
- г) Ананас
- д) Черника
- е) Молодило («каменная роза»)

3. Какова эффективность фотосинтеза растений? (1 балл)

- а) 100%
- б) 50%
- в) 10%
- г) 1%

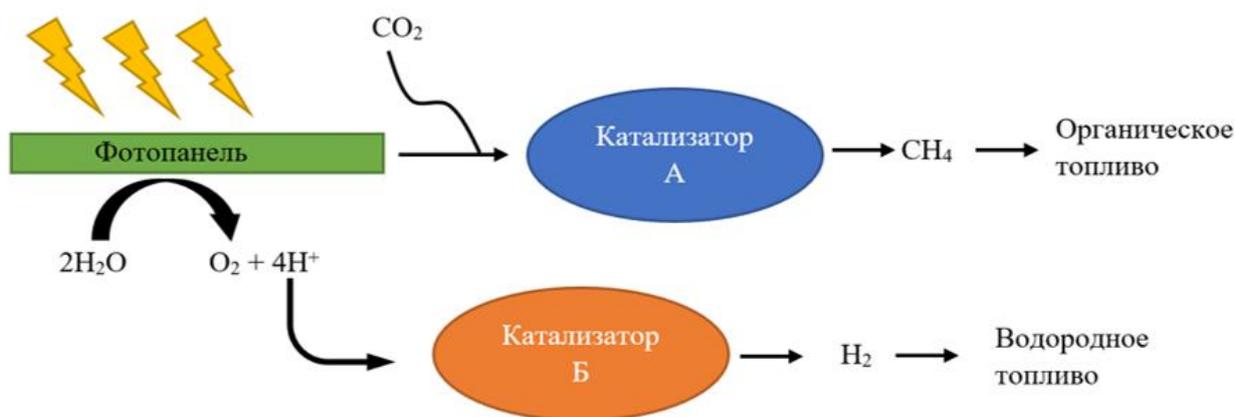


Рис. 1. «Искусственный фотосинтез»

Многие годы ученые пытаются использовать идею фотосинтеза для производства топлива с помощью энергии света. Перед вами гипотетическая схема устройства, производящего водородное и органическое (гидрокарбонатное) топливо за счет энергии света.

Сопоставив представленную схему с реальным процессом фотосинтеза в тканях растения, ответьте на вопросы:

4. На фотопанели происходит возбуждение фоточувствительных молекул, в результате чего они передают электрон в электрическую цепь и могут стать акцепторами электронов, поступающих от воды. Какая молекула ведет себя так же в реальных фотосинтетических мембранах? **(1 балл)** В чем опасность избыточного накопления электронов в электрон-транспортных цепях растений? **(1 балл)**
5. Какой процесс фотосинтеза имитирует катализатор А? **(1 балл)** В какой фазе фотосинтеза он происходит? **(1 балл)**
6. Какие молекулы улавливают свет в фотосинтетических мембранах растений? **(2 балла)**
7. Как называется реакция с образованием кислорода под действием света? **(1 балл)**
8. Как используются протоны в реальных фотосинтетических мембранах? **(1 балл)** Где еще в клетках эукариот происходит аналогичное применение протонов? **(1 балл)**
9. Что является «органическим топливом» для живых растений? **(1 балл)** В какой фазе фотосинтеза оно синтезируется? **(1 балл)**
10. Вообразим, что жители глубоководного города Атлантида решили построить электростанцию, получающую энергию из солнечного света. Какой спектр света должны улавливать солнечные батареи в таких условиях? **(1 балл)** Пигменты каких реально существующих фотосинтезирующих растений могли бы использовать жители Атлантиды для этих целей? **(1 балл)**
11. Какие соединения могут использоваться как доноры электронов для организмов, обитающих возле глубоководных «черных курильщиков»? **(2 балла)** Какой тип получения энергии чаще всего используют автотрофные организмы в таких условиях? **(1 балл)**