



## Всесибирская олимпиада по биологии 2021–2022.

Третий этап. 6 марта 2022.

### 11 класс

Время выполнения задания – 4 часа.

#### 1. Генетика окрасов собак (26 баллов)

Как у всех млекопитающих, окрас собак определяется сочетанием двух основных пигментов – черного и желтого. Они называются **меланины** (черный – **эумеланин**, а желтый (рыжий) – **феомеланин**).

Синтез пигментов идет в специализированных клетках – **меланоцитах**, причем не в цитоплазме, а специализированных органеллах – **меланосомах**. Для синтеза нужны ферменты, транспортные белки и мембранные рецепторы сигналов.

За каждым из таких белков стоит свой ген. Мы здесь рассмотрим механизм действия и аллели только пяти из них, играющих ключевую роль в формировании окраса: гены С, В, Е, А и К.

Ген	Белок	Аллели	Функции белка
Ген С	Транспортный белок С	<b>С</b>	Транспорт предшественников синтеза пигментов в меланосомы
		<b>с</b>	Белка нет, предшественники не поступают, пигменты не синтезируются
Ген В	Фермент В	<b>В</b>	Эумеланин (черный пигмент) неоднороден и состоит из двух компонентов – черного и коричневого). Белок В необходим для синтеза компонента 1 (черного): если его нет, то синтезируется только коричневый компонент эумеланина. Ферменту В необходим для работы сигнал от рецептора Е, без этого сигнала фермент не активен.
		<b>в</b>	Мутантный вариант фермента В. Синтезирует только коричневый компонент эумеланина (также только при наличии сигнала от рецептора Е).
Ген Е	Рецептор Е	<b>Е</b>	Рецептор в мембране меланоцитов. Сигнал от этого рецептора активирует фермент В и необходим для синтеза обоих компонентов эумеланина (и черного, и коричневого). Аллель Е кодирует нормальный рецептор, но на его действие сильно влияют белки А и К (см. ниже).
		<b>е</b>	Белок-рецептор отсутствует. Соответственно, фермент В не активируется. В меланоцитах может идти синтез только желтого пигмента.
Ген А	Белок (агути) ингибитор (подавитель) рецептора Е	<b>А</b>	Ингибитор рецептора Е. Если соседние клетки производят белок А, то он связывается с рецептором Е и делает его неактивным. Тогда меланоцит синтезирует только желтый пигмент (феомеланин). Аллели этого гена отличаются тем, в какой области тела они активны. Аллель А активен только в клетках нижней части тела (на животе и лапах)
		<b>А<sup>Y</sup></b>	Аллель активен и производит белок А во всех клетках.
		<b>а</b>	Мутантный аллель, его белок не способен связываться с рецептором Е.
Ген К	Белок К «ингибитор ингибитора»	<b>К</b>	Подавляет действие ингибитора А на рецептор Е. Связываясь с рецептором Е, белок К делает его устойчивым к действию ингибитора А. У гена есть два аллеля: Аллель К кодирует белок, который связывается с рецептором в пять раз прочнее, чем ингибитор А. Когда этот белок соединен с рецептором, то рецептор работает, несмотря на присутствие белка А, и меланоцит синтезирует черный пигмент.
		<b>к<sup>Y</sup></b>	Мутантный вариант белка К. Его способность связаться с рецептором Е слабее, чем у белка А, поэтому мутантный белок к <sup>Y</sup> не может компенсировать действие ингибитора А.

**Задание 1.** В таблице описаны функции белков, кодируемых «генами окраса», а на рисунке показано их расположение и действие в меланоците. Прочитайте внимательно данные в таблице и найдите, какой цифрой на рисунке обозначен белок из списка. Ответ запишите в специальном бланке.

Далее необходимо определить типы взаимодействия генов. Учитывайте, что наличие зумеланина «перекрывает» феомеланин, то есть, когда есть оба пигмента, то собака будет черной или коричневой, а когда присутствует только желтый пигмент – рыжей.

**Задание 2.** Определите тип взаимодействия генов между:

Геном С и остальными генами. Объясните свое решение.

Генами В и Е. Объясните своё решение. Приведите расщепление в F1 при скрещивании дигетерозигот.

**Задание 3.** Определите отношения доминирования для трех аллелей гена А, и запишите их в порядке от самого доминантного к самому рецессивному (доминирование обозначается знаком «>»).

Какой генотип будут иметь собаки чепрачного окраса (с темной спиной и светлой нижней частью тела)? Ответ аргументируйте.

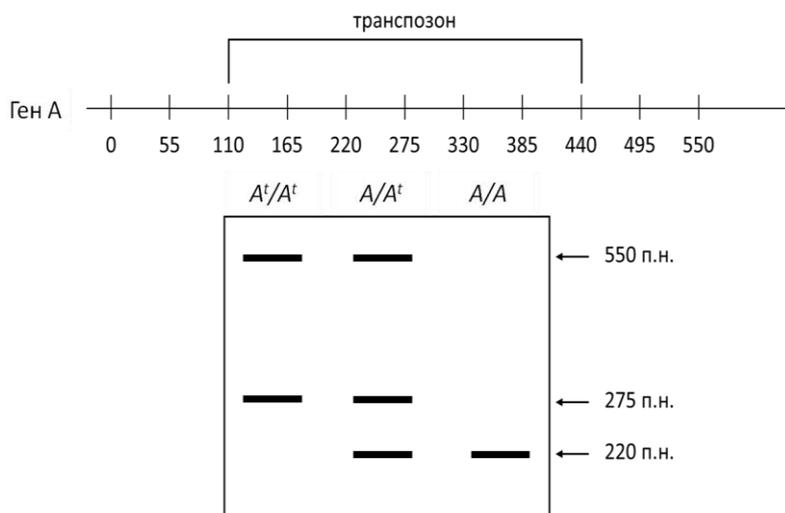
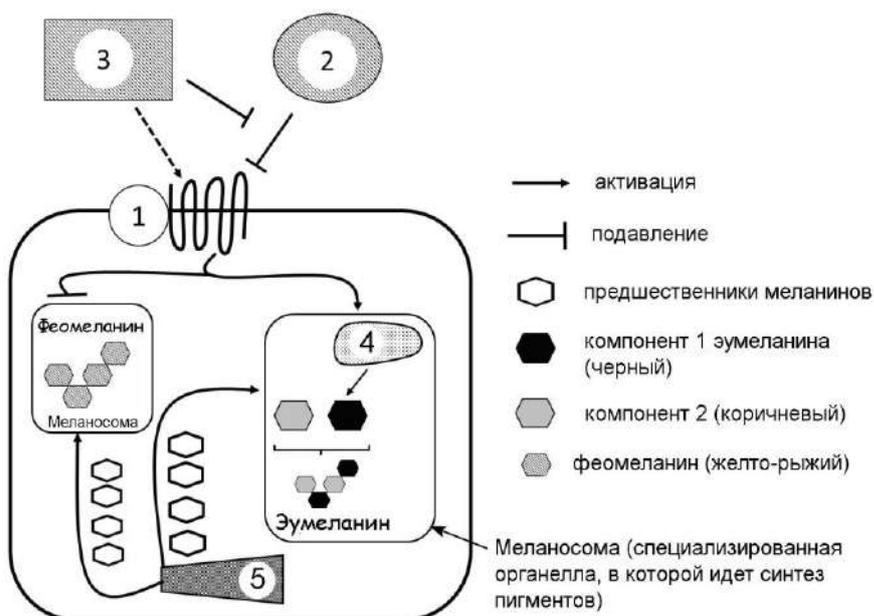
**Задание 4.** Предположите окрас собак, имеющих перечисленные генотипы, объясните свой выбор:

Генотип	Окраска
$aa ee Bb Kk^Y cc$	
$A^Y A Ee Bb k^Y k^Y Cc$	
$A^Y A Ee Bb Kk^Y Cc$	
$Aa EE Bb k^Y k^Y Cc$	
$aa EE bb KK Cc$	

Для гена А известны и другие аллели, в частности аллель  $A^t$ . Возникновение аллеля  $A^t$  вызвано инсерцией транспозона в один из экзонов гена А. Ниже приведен фрагмент гена с этой инсерцией и электрофореграмма продуктов ПЦР, полученных с помощью праймеров, созданных для идентификации аллеля  $A^t$ . Наверху электрофореграммы указаны определенные по ней генотипы собак.

**Задание 5.** Сколько праймеров необходимо для получения таких ПЦР-продуктов?

На схеме гена А в бланке ответов укажите расположение праймеров с помощью стрелок. Начало стрелки должно соответствовать 5'-концу праймера, а конец стрелки – 3'-концу.



## 2. Исследование геномов (20 баллов)

Первые исследования структуры геномов были основаны на изучении реассоциации геномной ДНК. Суть метода следующая. Сначала ДНК клетки гидролизуют до коротких фрагментов (примерно 400 п.н.), затем нагревают до 100 градусов: при нагревании ДНК денатурирует на одноцепочечные фрагменты. Затем смесь постепенно охлаждают, и одноцепочечные фрагменты начинают реассоциировать, т.е. образовывать снова двуцепочечные молекулы с комплементарными фрагментами. Скорость реассоциации зависит от вероятности встретить комплементарный участок, что, в свою очередь, зависит как от количества точно таких же последовательностей в пробирке, так и от их концентрации в общем пуле фрагментов.

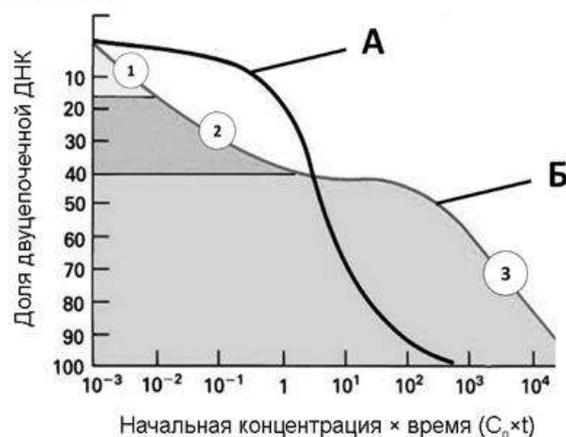
Данные такого вида удобно представлять в виде графика, где на оси Y отложена доля реассоциированной (двуцепочечной) ДНК, а по оси X – начальная концентрация одноцепочечной ДНК ( $C_0$ ) умноженная на время, прошедшее с начала реакции. Известно, что на основе данного графика можно оценить размер генома исследуемого организма.



**Вопрос 1.** На графике 1 показаны кривые реассоциации ДНК трех организмов (*E.coli*, теленок, фог Т4) и коротких синтетических фрагментов поли А – поли У, а также размер их геномов (стрелки сверху). Сопоставьте кривые 1-4 с названиями образцов. Поясните, почему чем больше геном, тем кривая реассоциации располагается правее.

**Вопрос 2.** Оказалось, что кривые реассоциации прокариотических и эукариотических организмов различаются по наклону к оси X. На графике 2 определите, какая буква соответствует ДНК бактерии, а какая – эукариоты (теленка). Ответ поясните.

График 2.



**Вопрос 3.** У ДНК организма Б на графике выделяются три области (отмечены цифрами) с разными скоростями ассоциации. Как вы считаете, ДНК каких элементов генома реассоциирует на этих участках? Укажите характерную особенность этих элементов и приведите примеры.

Известно, что исследование реассоциации молекул ДНК можно использовать для определения степени родства различных организмов. Для этого смешивают вместе ДНК двух организмов, родство которых хотят определить, затем нагревают, чтобы ДНК денатурировала, и остужают для того, чтобы произошла гибридизация между гомологичными последовательностями.

Исследователь решил определить родство видов А, В и С на основе этого подхода.

Образец 1: ДНК вида А.

Образец 2: ДНК вида А + ДНК вида В.

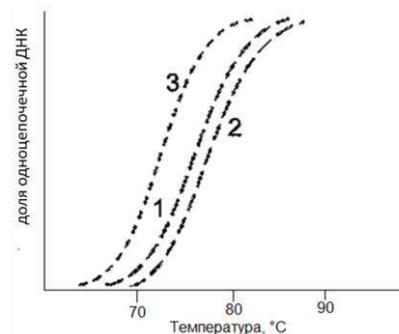
Образец 3: ДНК вида А + ДНК вида С.

После приготовления образцов и нагревания до температуры, когда вся ДНК стала одноцепочечной, каждый образец был медленно охлажден для проведения гибридизации цепей ДНК. Далее при постепенном нагревании исследователь фиксировал процентное содержание одноцепочечной ДНК в образцах. Результаты приведены на графике 3.

**Вопрос 4.** Почему для гибридизации цепей ДНК охлаждение образцов было медленным, а не резким?

**Вопрос 5.** Предложите технологию определения содержания двуцепочечной ДНК в образцах, с помощью которой можно получить график выше? Опишите предложенный способ и его суть.

**Вопрос 6.** На основе имеющихся данных постройте кладограмму, отражающую родство видов А, В и С. Объясните своё решение.



### 3. Кто кого...съел (33 балла)

Представленная схема показывает эволюционные этапы приобретения пластид в разных группах водорослей. Внимательно рассмотрите схему, определите отделы соответствующих водорослей, и установите соответствие между ними и характерными признаками из списка.

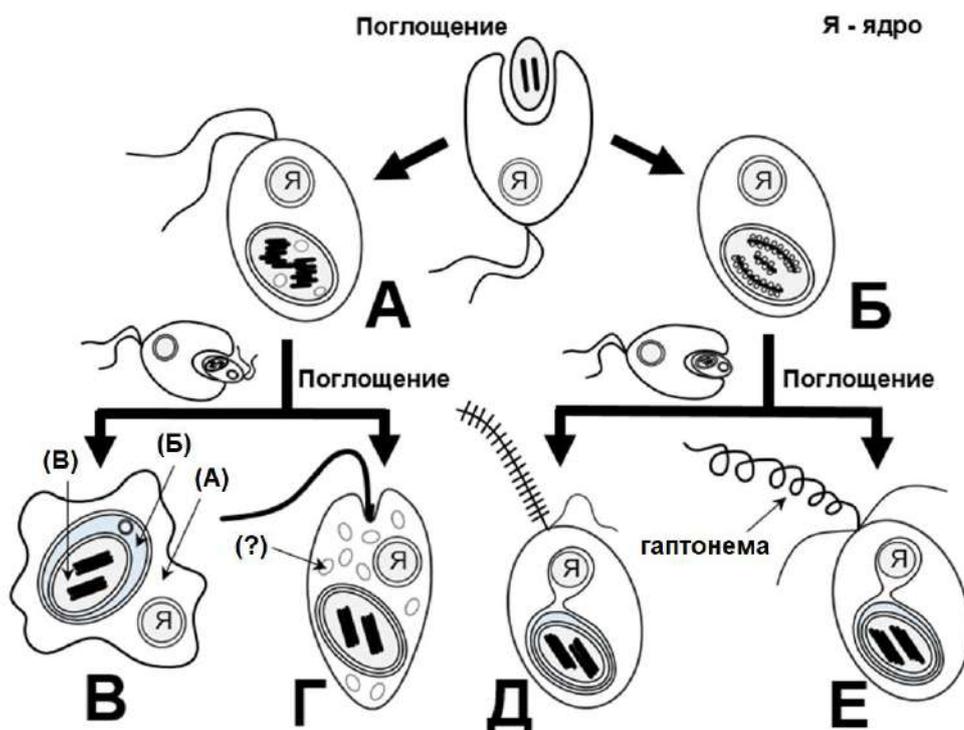
**Задание 1.** Заполните таблицу в бланке ответов.

**Отделы:**

- Сине-зелёные
  - Красные
  - Зелёные
  - Хлорарахниевые
  - Гаптофитовые
  - Криптофитовые
  - Эвгленовые
  - Охрофитовые
  - Глаукофитовые
- (даны с избытком)

**Признаки:**

- 1) двумембранный хлоропласт;
- 2) трёхмембранный хлоропласт;
- 3) четырёхмембранный хлоропласт;
- 4) наличие фикобилисом;
- 5) трёхтилакоидные ламеллы;
- 6) наличие нуклеоморфы;
- 7) наличие хлоропластной ЭПС;
- 8) наличие гран;
- 9) пластинчатые кристы в митохондриях;
- 10) дисковидные кристы в митохондриях.



### **Задание 2.**

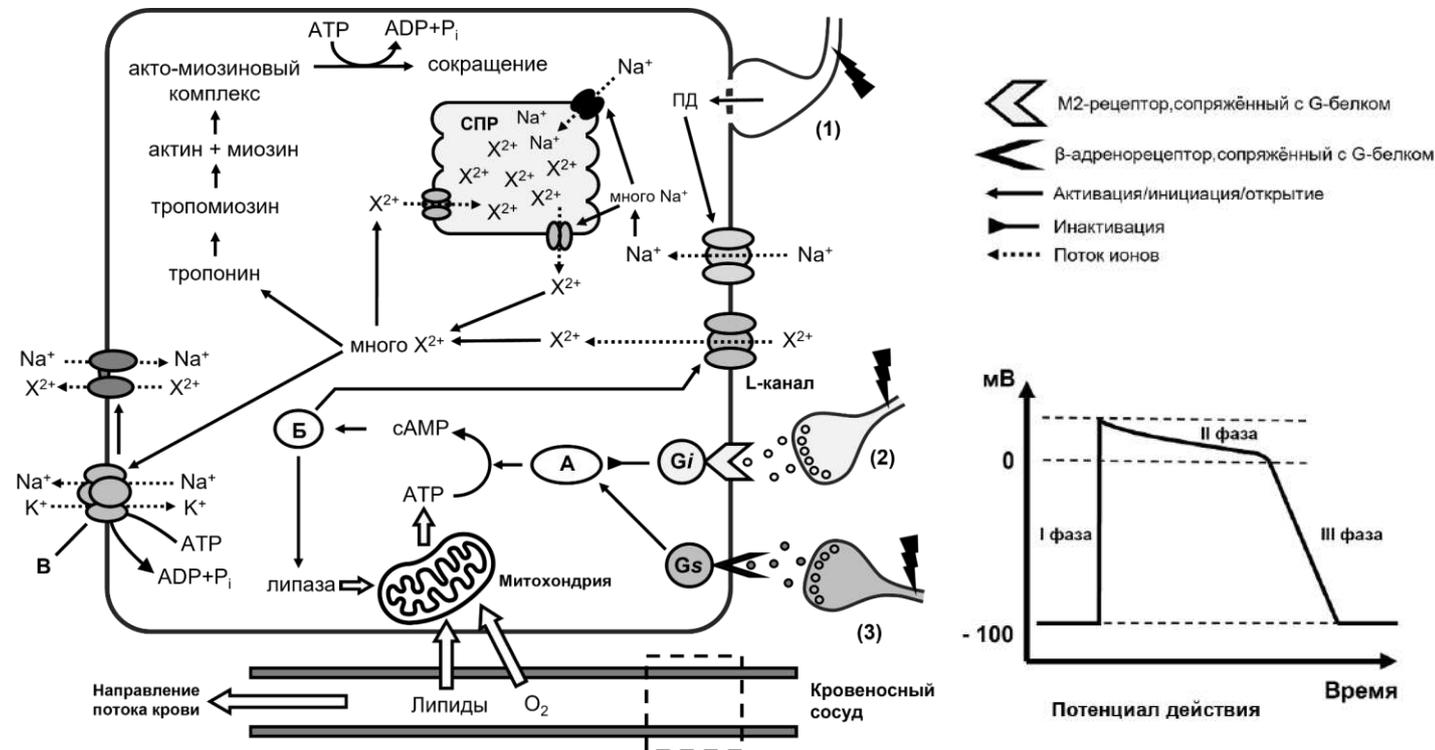
**2.1.** Как называется запасаемый клеткой продукт, отмеченный знаком вопроса на рисунке Г?

**2.2.** Какие типы рибосом (70S или 80S) находятся в местах, обозначенных буквами (А), (Б) и (В) на рисунке В? Как называется место, отмеченное буквой (Б)?

**Задание 3.** Обычно количество мембран в хлоропласте не превышает четырёх, хотя не так давно был обнаружен представитель динофитовых водорослей, у которого пластида произошла в результате третичного эндосимбиоза и состояла из пяти мембран! Объясните, в чём заключается проблема наличия большого количества мембран в хлоропласте.

**4. Как запустить сокращение (27 баллов)**

На рисунке вы видите схему передачи внутриклеточного сигнала, ведущего к сокращению акто-миозинового комплекса. Во внутриклеточный каскад вовлечено множество посредников, белков и ионов. Важнейший сигнальный ион –  $X^{2+}$ , обычно депонирован в сарко-плазматическом ретикулуме (СПР), но при возбуждении и при увеличении концентрации ионов натрия,  $X^{2+}$ -каналы открываются, и ионы выходят в цитоплазму, что приводит в результате к сокращению. Также представлен график потенциала действия, характерный для изображенной клетки. Рассмотрите внимательно схему и ответьте на вопросы ниже.



**Вопрос 1.** Как называется клетка, изображённая на схеме?

**Вопрос 2.** Какой ион подразумевается под  $X^{2+}$ ?

**Вопрос 3.** Белок **А** активируется Gs-белком и катализирует превращение АТФ в цАМФ. Активность белка **Б** зависит от уровня концентрации цАМФ в клетке, сам белок **Б**, является регулятором, фосфорилируя белки-мишени. Как вы бы могли назвать белок **А**; белок **Б**?

**Вопрос 4.** Сколько ионов Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> переносит ионный насос **В** за один цикл работы?

**Вопрос 5.** Напишите 4 основных структурно-функциональных отличия электрического синапса (аналогом которого, является щелевой контакт - 1) от синапсов (2–3).

**Вопрос 6.** Импульсы, поступающие на синапс (2), идут от парасимпатической или симпатической нервной системы? А на синапс (3)? Объясните.

**Вопрос 7.** Человек постоянно испытывает стресс, как это повлияет на функциональную работу данной клетки? Ответ объясните как можно подробнее.

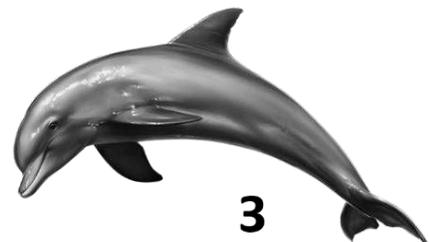
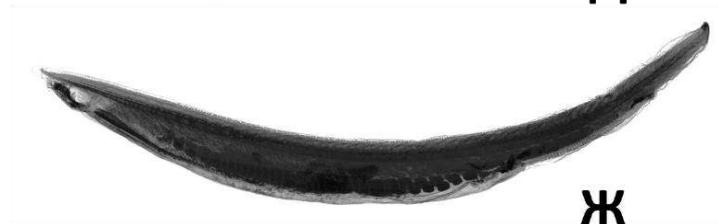
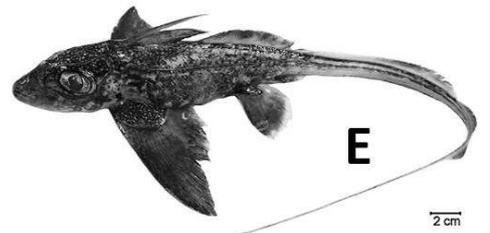
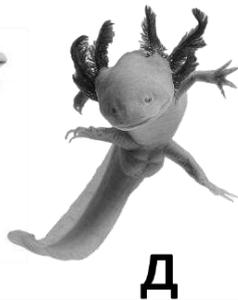
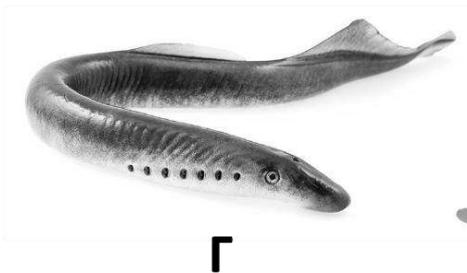
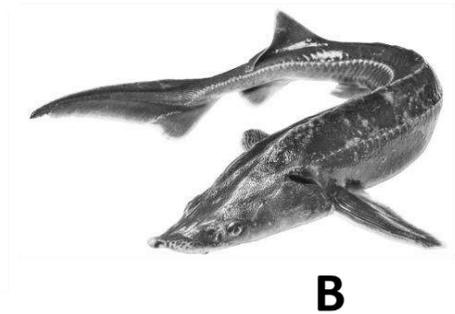
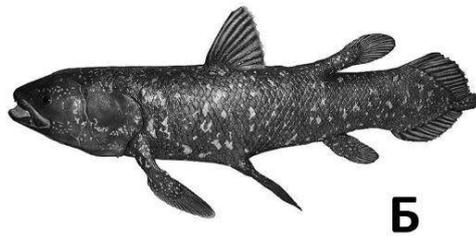
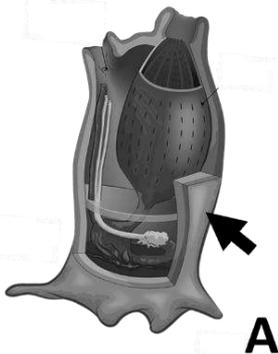
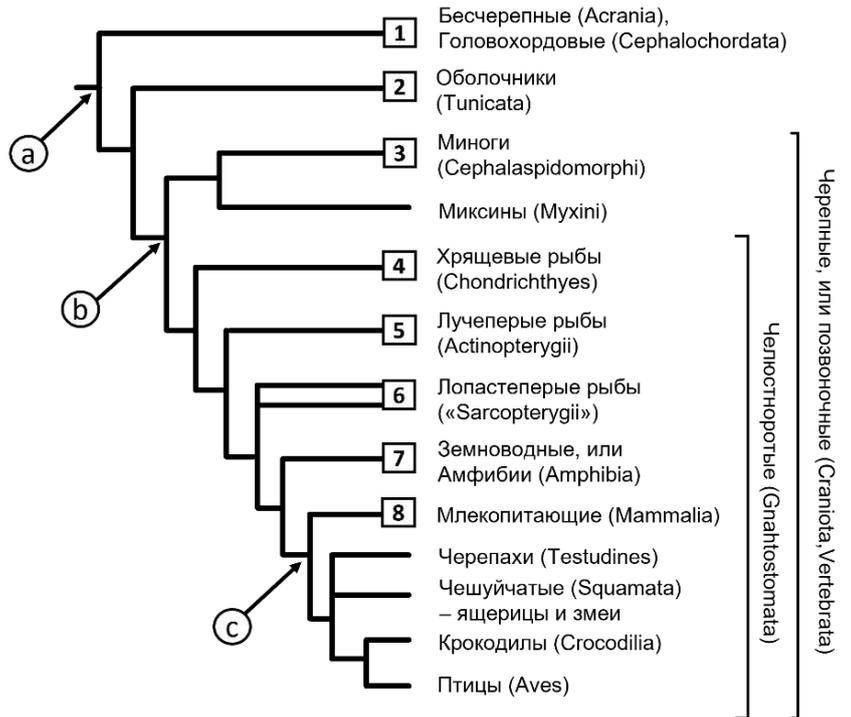
**Вопрос 8.** Что будет с клеткой, если в пунктирной зоне кровеносного сосуда образуется тромб, полностью препятствующий кровотоку? Ответ объясните как можно подробнее.

**5. Родственные связи (18 баллов)**

Перед Вами кладограмма основных современных групп Хордовых животных, отражающая родственные связи между ними. Соотнесите группу (1–8) с ее характерным представителем (А–З).

Напишите по 3 общих признака для всех тех групп, которые отходят от каждой из трех точек ветвления (а, б и с) на кладограмме. Признаки должны быть уникальными (новыми) для всех групп, отходящих от конкретной точки ветвления. Если признаки имеются у организмов только лишь на эмбриональном этапе, то необходимо это указать. Признаки не должны повторяться!

Известно, что организм на рис. А получил от бактерий в процессе горизонтального переноса генов возможность синтезировать полимерный структурный компонент, входящий в состав его внешнего опорного «скелета» (отмечен стрелкой). Интересно, что ни одна другая группа животных не умеет самостоятельно синтезировать этот прочный структурный полимер. О каком структурном веществе идет речь



Желаем успехов в выполнении заданий!