

## Всесибирская олимпиада по биологии 2023–2024.

Заключительный этап. 3 марта 2024

### 10 класс

Время выполнения задания – 4 часа.

#### 1. В траве сидел...клевц (40 баллов)

В 30-е годы началось активное освоение Дальнего Востока. К сожалению, в этом районе наблюдалось сезонное заболевание, признаки которого (внезапное начало и тяжелое течение болезни, высокая смертность и симптомы поражения мозга) не были похожи на известные ранее инфекции. Благодаря самоотверженному труду советских исследователей было проведено несколько экспедиций на Дальний Восток, в результате которых удалось установить переносчика заболевания — иксодового клеща, а также выявить возбудителя — вирус клещевого энцефалита.

Ниже описана последовательность событий, приводящая к передаче вируса клещами.

- Поиск хозяина. Клещи используют специальные органы, например, орган Галлера, расположенный на передней паре ног (А). Сигнал от чувствительного органа поступает в центральный ганглий (В).
- Прикрепление к телу хозяина. Чтобы внедриться в кожу, клещи используют специальные приспособления ротового аппарата — гипостомы (С) и хелицеры (D). Дыхание клеща осуществляется через трахеи (Е).

- Переработка в организме паразита всасываемой крови.

Эритроциты хозяина лизируются в кишечнике (F) клеща, при этом гемоглобин поглощается эндосомами пищеварительных клеток. Излишки гема и старые клетки кишечника выводятся из организма через анальное отверстие (G). Накопление всасываемой крови происходит за счёт выведения излишней жидкости из кишечника в гемолимфу (H), после чего жидкость передается обратно в организм хозяина либо через слюнные железы (I), либо через коксальные железы (K), либо через мальпигиевы сосуды (M) (путь выведения зависит от вида клеща). Гем транспортируется через кишечник в гемолимфу, где связывается с вителлогенином. Вителлогенин транспортируется в яичники (N). Данный белок требуется для созревания ооцитов клеща.

- Размножение вирусов в организме клеща. Вирусы накапливаются в слюнных железах и яичниках.
- Трансмиссивная передача вирусов хозяину-прокормителю при кровососании.
- Трансовариальная передача следующему поколению клещей при откладке яиц.

**Вопрос 1.** Отметьте на рисунке в бланке ответов все органы клеща, помеченные в тексте латинскими буквами (их может быть избыточное количество).

<p><b>Вопрос 2.</b> К какому классу по Балтимору относится этот вирус? Почему вы сделали такой вывод? На рисунке представлен <b>жизненный цикл</b> вируса.</p>	<p><b>Классификация вирусов по Балтимору</b> (основана на строении вирусного генома)</p>	
	<p><u>Класс I.</u> Вирусы, содержащие двуцепочечную ДНК (дцДНК)</p>	<p><u>Класс IV.</u> Вирусы, содержащие одноцепочечную (+) РНК (оцРНК)</p>
	<p><u>Класс II.</u> Вирусы, содержащие одноцепочечную ДНК (оцДНК)</p>	<p><u>Класс V.</u> Вирусы, содержащие одноцепочечную (-) РНК (оцРНК)</p>
	<p><u>Класс III.</u> Вирусы, содержащие двуцепочечную РНК (дцРНК)</p>	<p><u>Класс VI.</u> Вирусы, содержащие одноцепочечную (+) РНК (оцРНК), способные к обратной транскрипции</p>

**Вопрос 3.** Лекарства против вируса клещевого энцефалита на данный момент не существует, и единственная эффективная мера борьбы с этой болезнью — вакцинация. Ученые из НГУ решили проверить препарат, который должен остановить развитие вируса клещевого энцефалита (ВКЭ).

**Контроль А.** Контрольную группу мышей заражали обычным ВКЭ. Сначала у них повышалась температура и появлялась слабость, после этого наступало улучшение, за которым следовали моторные нарушения.

**Эксперимент Б.** Мышей заражали ВКЭ. При появлении первых симптомов мышам добавляли в пищу разработанный препарат. Наблюдали длительное улучшение без ухудшения состояния.

**Эксперимент В.** Мышей заражали ВКЭ. Препарат вводили при проявлении моторных нарушений. Заболеваний вылечить не удавалось.

Предположите, механизм действия препарата, объясните результаты экспериментов Б и В.

**Вопрос 4.** Самые распространенные методы диагностики вирусных инфекций — это тесты на антитела класса IgM (короткоживущие, обеспечивают агглютинацию) и антитела класса IgG (длительноживущие).

Заполните таблицу с ожидаемыми результатами анализов при заражении ВКЭ (контроль А из вопроса 3) и при введении препарата (эксперимент Б).

**Вопрос 5.** В другой лаборатории исследовали развитие иммунного ответа при заражении ВКЭ.

**Эксперимент Г.** При заражении линии мышей с низкой активностью макрофагов повышение температуры и слабость наступали позже, но потом все этапы болезни проходили таким же образом.

**Эксперимент Д.** При заражении обычных мышей, модифицированным вирусом (в его капсиде отсутствовал белок, связывающий гепаринсульфат), не наблюдалось наступления даже первых симптомов.

Предположите на основании всех экспериментов, что происходит при развитии заболевания в контроле А, объясните результаты экспериментов Г и Д.

**Вопрос 6.** Две студентки — Маша и Даша, вечером при осмотре обнаружили у себя присосавшихся клещей. Наутро они отнесли своих клещей в лабораторию, где проходили практику, выделили нуклеиновую кислоту и поставили ПЦР. В итоге они получили отрицательный результат. Они обрадовались, однако, внимательный аспирант Петр указал им на ошибку. Оказывается, для диагностики ВКЭ требовалось сделать еще один шаг. Какой и почему?

Подружки исправили свою ошибку и получили корректный результат ПЦР (Ct – цикл начала экспоненциального роста количества ДНК в пробирке). Также они на всякий случай сдали анализ на наличие у себя антител. Поясните, какая из студенток имеет шанс заболеть и почему?

	ПЦР (Ct)	IgG	IgM
<b>Маша</b>	Нет	низк	низк
<b>Даша</b>	25	выс	низк

## 2. Тайна планеты растений (40 баллов)

Писатели прошлого века любили жанр космической фантастики, в котором герои, оказавшись на других планетах, встречают необычных живых существ. Представьте, что один из таких писателей оказался ботаником и наделил разные виды инопланетян жизненными циклами, аналогичными жизненным циклам некоторых растений. Вот их описания.

А) Каждое из этих существ не имеет пола. Иногда оно выделяет множество неподвижных частиц, рассыпающихся на землю. Из каждой вырастает маленькое слабое существо-гермафродит, выращивающее на себе микроскопических мужчин и женщин, которые способны образовывать гаметы. Женские гаметы остаются с микроскопической женщиной на теле гермафродита, а мужские уплывают в поисках подруги. Множество их гибнет в одиночестве, некоторым удается слиться с женской гаметой прямо на теле организма-гермафродита, который погибает после того, как из него вырастает большое бесполое существо.

Б) Мужчины и женщины этого вида выделяют наружу множество подвижных частиц. Если две частицы разного пола находят друг друга, из них вырастает бесполое существо, внешне похожее на родителей. Оно выделяет наружу подвижные частицы, из которых возникают мужчины и женщины.

В) На теле этих бесполох существ иногда образуются складки, в которых созревают микроскопические мужчины и женщины. Мужчины вскоре покидают родителя, а женщины ждут мужчин из других мест в складках. Если встреча происходит, из женщины и мужчины образуется зародыш бесполого существа и пища для него. Складки тела родителя формируют вокруг зародыша несколько слоёв, служащих для защиты и перемещения, после чего он отделяется от родителя и, дождавшись подходящих условий, вырастает в бесполое существо.

Г) Эти существа бесполы. Каждый сезон на их телах образуются складки: в одних прорастает множество маленьких женщин, в других образуются микроскопические мужчины. Женщины не отделяются от родителя, а мужчин после созревания уносит ветер. Если они попадут на женщин, в складке возникнет и после созревания выпадет наружу зародыш бесполого существа.

Д) Мужчины этого народа почти неотличимы от женщин. Но на теле женщин каждый год прорастает ребёнок, не имеющий пола. Он не способен жить отдельно от матери и получает от неё всё необходимое. Спустя короткое время часть его лопаается, выбрасывая множество частиц, а всё оставшееся погибает. Из каждой частицы вырастает мужчина или женщина.

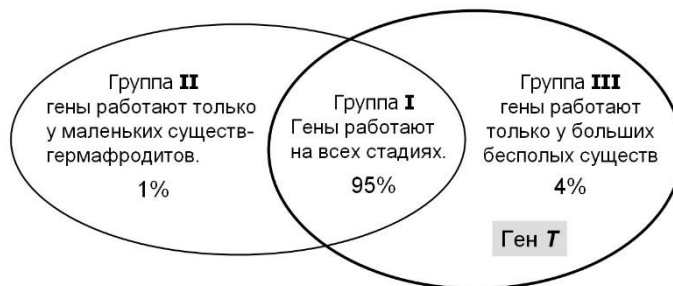
**Вопрос 1.** Отметьте в таблице в бланке ответов, представитель какого отдела растений был взят за основу для каждого описания? Отделы: 1) Зеленые водоросли, 2) Мхи, 3) Папоротники, 4) Голосеменные, 5) Цветковые.

В бланке ответов укажите, у каких отделов земных растений встречаются следующие структуры: свободноживущий гаметофит, корень, пыльца, подвижные сперматозоиды, ксилема, ситовидные трубки.

Более детальное изучение существ, описанных в пункте А, показало, что они имеют большие геномы. При этом не все их гены работают у всех стадий. Схема распределения активности генов по стадиям показана на рисунке. Часть генов эти существа попросту украли у других существ.

Один из таких генов, ген *T*, был украден у существ, подобных земным бактериям. Этот ген принадлежит к группе III. Белок, кодируемый доминантным аллелем этого гена, защищает организмы от поражения существами, подобными земным грибам. Рецессивный аллель защиты не дает.

Космобиологи привезли на Землю одно большое бесполое существо, гетерозиготное по гену *T*.



**Вопрос 2.** Каких потомков они могут получить? Определите генотипы и фенотипы (есть защита от грибоподобных существ или нет) разных стадий. Если ген где-то отсутствует или не проявляется, так и пишите.

**Вопрос 3.** Ответьте на вопросы:

Какую функцию украденный ген мог выполнять у бактериоподобных существ?

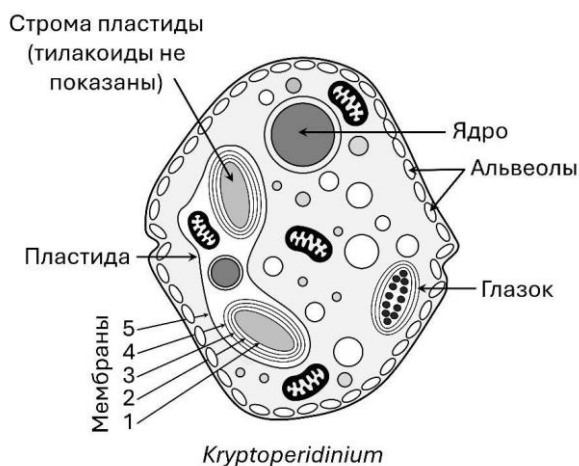
Как называется такой механизм передачи генов у земных организмов?

Остался ли ген защиты у бактериоподобных существ, или он был похищен навсегда? Ответ поясните.

### 3. Пластидный переполох (40 баллов).

Известно, что пластиды исходно произошли в ходе первичного эндосимбиогенеза от свободноживущих цианобактерий, которые были поглощены более 1-1,5 млрд лет назад гетеротрофным эукариотом. Это дало начало трем линиям фотосинтетических организмов, составляющих супергруппу *Archaeplastida*: красная линия (красные водоросли), синяя линия (глаукофитовые водоросли) и зеленая линия (зеленые и харовые водоросли, а также высшие растения). Однако, помимо этого, были также обнаружены и другие случаи независимого приобретения «первичных» пластид. Более того, в эволюции различных групп эукариот зафиксированы случаи образования пластид в ходе серийного эндосимбиогенеза, при котором происходило поглощение одноклеточных водорослей с первичными/вторичными пластидами хищными гетеротрофными эукариотами. Одна из таких примечательных групп — динофитовые водоросли (*Dinophyta*).

Они содержат трехмембранные пластиды, возникшие, согласно общепринятым данным, в результате вторичного эндосимбиогенеза от красных водорослей. Любопытно, что примерно половина представителей динофитовых вторично перешла к гетеротрофному образу жизни за счет полной или частичной утраты своих пластид. Интересно, что некоторая часть из таких вторичных гетеротрофов вернула себе пластиды в ходе эндосимбиогенеза от зеленых, гаптофитовых или даже охрофитовых водорослей. Самый удивительный пример — водоросль Криптоперидиниум (*Kryptoperidinium*), имеющая пластиды, происходящие от диатомовых водорослей. Эти пластиды состоят из пяти мембран и включают в себя ядро, эндоплазматическую сеть (ЭПС) и митохондрию, оставшиеся от клетки диатомовой водоросли! Рассмотрите схему строения клетки *Kryptoperidinium* и ответьте на вопросы.



**Вопрос 1.** В результате какого по счету эндосимбиоза произошло приобретение пятимембранных пластид у *Kryptoperidinium*?

**Вопрос 2.** Предполагают, что пятая (внешняя) мембрана пластиды *Kryptoperidinium* происходит от цитоплазматической мембраны диатомовой водоросли. Какое происхождение имеют оставшиеся четыре мембраны?

**Вопрос 3.** Предположите, из какой органеллы в ходе эволюции возник глазок у *Kryptoperidinium*? Ответ кратко обоснуйте.

**Вопрос 4.** Перечислите и назовите разновидности геномов, которые содержит в себе клетка *Kryptoperidinium*.

**Вопрос 5.** Динофитовые водоросли принадлежат к группе Альвеоляты (*Alveolata*) и под цитоплазматической мембраной содержат множество альвеол — мембранных пузырьков. Какую роль играют альвеолы у большинства динофитовых водорослей? Перечислите еще две крупные группы эукариот, относящиеся к Альвеолятам.

**Вопрос 6.** Другая яркая группа фотосинтетических эукариот, обладающая пластидами уникального строения, — Криптофитовые водоросли (*Cryptophyta*). Их клетки содержат четырехмембранные пластиды, внешняя мембрана которых сливается с ядерной мембраной через мембрану ЭПС, образуя при этом

единую мембранную сеть, называемую хлоропластной ЭПС. В пластидах криптофитовых очень хорошо выражено перипластидное пространство, в котором располагается остаток ядра (нуклеоморф) несчастной красной водоросли, которую когда-то поглотил предок криптофитовых в ходе вторичного эндосимбиогенеза. На основании вышеуказанных данных схематично изобразите строение фрагмента клетки криптофитовой водоросли, на котором подпишите следующие структуры: 1, 2, 3 и 4 (внешняя) мембраны пластиды, строма, перипластидное пространство, нуклеоморф, ЭПС, внешняя и внутренняя мембраны клеточного ядра.

#### 4. Морфей (40 баллов)

Состояние сна с давних времён вызывает у людей интерес, а в древних культурах существовали разнообразные божества, покровительствующие сну. Это неудивительно, ведь человек проводит во сне треть своей жизни.

**Вопрос 1.** Как изменяются физиологические параметры, перечисленные в таблице, во время сна у здорового человека (↑ - увеличивается, ↓ - уменьшается, 0 - не изменяется)?

**Вопрос 2.** Многие из приведенных в таблице параметров могут изменяться под действием нервной и эндокринной системы. Также смещение значений может происходить при некоторых заболеваниях. В соответствующих столбиках укажите, какие изменения параметров относительно нормы характерны для человека: 1) при введении адреналина, 2) активации парасимпатической нервной системы (НС), 3) во время базедовой болезни (↑ - увеличивается, ↓ - уменьшается, 0 - не изменяется).

Параметр	Изменения во сне относительно бодрствования	Введение адреналина	Активация парасимпатической НС	Базедовая болезнь
Частота сердечных сокращений				
Артериальное давление				
Частота дыхательных движений				
Катаболические процессы				
Анаболические процессы				
Температура тела				
Секреция слюнных желез				
Секреция НСІ париетальными клетками желудка				
Чувствительность сенсорных систем				

**Вопрос 3.** Сравнив изменения при воздействии адреналина, активации парасимпатической НС с характеристиками во время сна, предположите, как изменится время засыпания в каждом из приведенных состояний, кратко объясните почему.

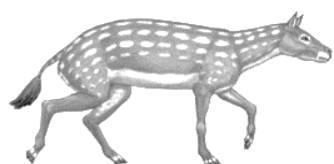
**Вопрос 4.** Похожим на сон состоянием является кома, однако причины, по которым она возникает, совершенно иные. Кома — это патология, и, в отличие от сна, ее невозможно прервать. В большинстве случаев коматозное состояние связывают с невозможностью некоторых структур центральной нервной системы выполнять свои функции, вследствие чего человек погружается в состояние подобное сну. Факторы и механизмы их действия, из-за которых нарушается функционирование нервной системы, могут быть разными. На их основе выделяют несколько видов комы. В таблице описано несколько клинических ситуаций, которые привели к коматозному состоянию пациента. Вам необходимо правильно поставить диагноз (выбрать название вида комы из предложенного ниже списка), предположить, почему каждая из ситуаций может привести пациента в состояние комы, и описать, каким образом можно предотвратить данное состояние или уменьшить тяжесть симптомов.

Клиническая ситуация	Виды комы
1. У пациента сахарный диабет. Длительное время для терапии использует инъекции инсулина. По ошибке ввёл себе дозу инсулина, значительно превышающую необходимую.	А. Гипогликемическая Б. Гипоксическая В. Гиперосмолярная Г. Кетоацидотическая Д. Уремическая (отравление азотистыми токсинами) Е. Нейроинфекционная Ж. Постравматическая
2. У пациента длительная дыхательная и сердечная недостаточность, асфиксия. Кожа бледная, испытывает головокружение и слабость.	
3. Пациент с сахарным диабетом стал раздражительным. У него постоянная жажда и снижен аппетит. Диурез резко снижен, в выделяемой моче высокая концентрация солей.	
4. Пациент недавно переболел бактериальным заболеванием. Начались сильные головные боли, судороги и рвота.	
5. Пациент попал в автокатастрофу, при этом сильно ударившись о приборную панель. Во время удара потерял сознание.	
6. У пациента наблюдается почечная недостаточность, выдыхаемый воздух имеет запах мочи.	

### 5. Малоизвестный предшественник (40 баллов)

До середины 19 века в мире преобладало мнение о божественном сотворении живых организмов и их неизменности. В 1859 году Чарльз Дарвин пошатнул это убеждение, опубликовав книгу "Происхождение видов путем естественного отбора", однако, как он упоминает в письмах, открытие могло не состояться, если бы эта же идея не пришла в голову еще одному человеку. За несколько месяцев до Дарвина те же принципы эволюции были изложены другим менее известным англичанином — Альфредом Уоллесом. Он показал, что даже у внешне непохожих видов наблюдается множество общих черт, которые могут говорить о происхождении от общего предка. Однако, как Уоллесу, так и Дарвину не хватало данных палеонтологической летописи, что впоследствии исправили миллионы ископаемых находок.

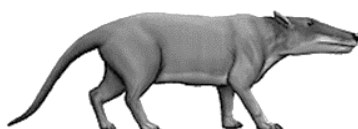
Конечно, мы не можем уверенно назвать любой ископаемый вид с «подходящими» признаками предком какого-либо современного организма: часто это оказываются представители полностью вымерших таксонов, лишь похожие на настоящих предков. Но для примерного представления на крупных филогенетических деревьях такие виды часто помещают в начала ветвей.



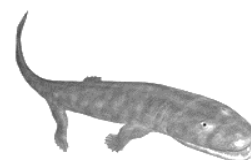
1. *Hyracotherium*



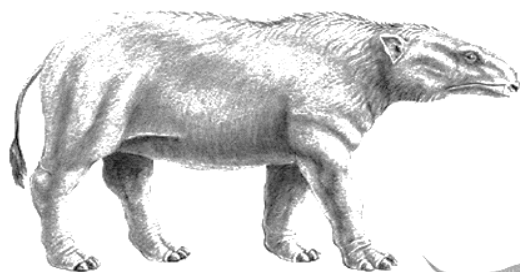
2. *Petrolacosaurus*



3. *Pakicetus*



4. *Acanthostega*



5. *Moeritherium*



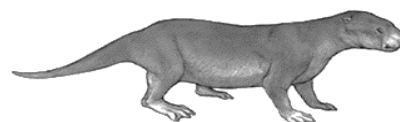
6. *Purgatorius*



7. *Oviraptor*



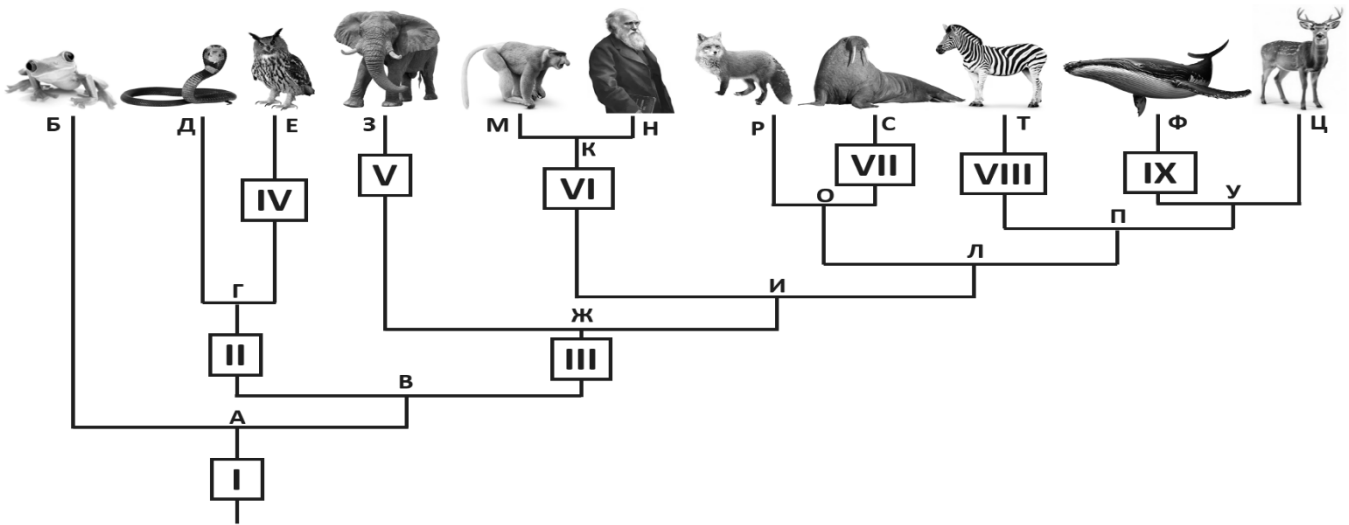
8. *Tetraceratops*



9. *Puijila*

Ископаемое животное	Некоторые морфологические признаки
1	30-40 см в высоту. Коренные зубы с гребневидной поверхностью. 4 пальца на передних, 3 — на задних ногах, на среднем пальце утолщение в виде костной подушечки, остальные пальцы укороченные, пятый палец не касался земли.
2	30-40 см длиной. Острые зубы разного размера, но схожего строения. Челюсти длинные, ориентированные на быстрый, но слабый укус. 5 пальцев. В черепе два височных окна. Был пойкилотермным организмом.
3	40-50 см в высоту. Зубы конусовидные. Череп уплощенный и вытянутый, с мощными челюстями, шея короткая. Огромная барабанная полость, позволяющая воспринимать большой диапазон звуков. Кости скелета имеют повышенную плотность. На каждом из 5 пальцев твердое роговое образование. Хвост мускулистый, вкпе с развитыми мышцами корпуса позволял хорошо плавать.
4	50-60 см длиной. Зубы многочисленные, мелкие и острые. На передних конечностях по 8 пальцев. Конечности не могли сгибаться так, чтобы принять на себя вес тела.
5	70 см в высоту. Зубы приспособлены к питанию растительной пищей, вторые верхние резцы слегка загнуты. Длинная мускулистая верхняя губа помогала захватывать водную растительность. Ноги пятипалые с амортизирующей подушкой на подошве, на каждом пальце утолщенный ноготь.
6	10-15 см длиной. Передние зубы острые, задние уплощенные. Конечности адаптированы к прыжкам и повисанию. Зрение бинокулярное, обонятельные способности уменьшены.
7	150-200 см длиной. Челюсти без зубов. На передних конечностях по 3 пальца, на задних по 4.
8	60-80 см длиной. На верхней челюсти острая первая пара зубов, далее выраженные клыки и за ними мелкие моляры, на нижней все зубы примерно одинаковые. В черепе одно височное окно. Возможно, частично гомойотермный организм.
9	До 1 м длиной. Зубы с выраженными клыками. Шея относительно длинная, хвост неспециализированный, короче, чем у предковых форм. Конечности с удлинёнными пальцами, между которыми были небольшие перепонки.

Вам попала в руки современная кладограмма для нескольких животных и описания представителей девяти родов ископаемых организмов. Буквами обозначены общие предки и современные таксоны, цифрами - места, по которым нужно распределить ископаемых представителей.



**Вопрос 1.** Распределите вымерших организмов по позициям на кладограмме. Для животных, оказавшихся на позициях V-IX, укажите отряды.

**Вопрос 2.** При анализе какого-либо признака на одной конкретной кладограмме выделяют следующие характеристики: **плезиоморфия** (признак унаследован от предков), **апоморфия** (признак приобретён в одной ветви в ходе эволюции) и **гомоплазия** (признак независимо приобретён в нескольких ветвях). Для каждого указанного в таблице признака укажите его характеристику с точки зрения данной кладограммы. Для апоморфий укажите одну букву — место, где на этой кладограмме впервые появляется этот признак. Для гомоплазий укажите все такие места. Напротив плезиоморфий оставьте пустую ячейку.

**Вопрос 3.** Ещё Аристотель начал разбивать живых существ на группы по общим признакам, создав первую искусственную систематику и первые названия этих групп, некоторые из которых используются по сей день. Сейчас путём анализа нуклеотидных и аминокислотных последовательностей биологи пытаются выстроить естественную систематику, основанную на реальных эволюционных связях между организмами. Группы, в которые с современной точки зрения входит общий предок и все его известные потомки, называются **монофилетическими**. Группы, в которые попадает только часть потомков общего предка, называются **парафилетическими**. Группы, объединяющие потомков неродственных ветвей, развивших признак независимо, называются **полифилетическими**. Для каждой перечисленной в таблице группы укажите, моно-, пара- или полифилетической она является с точки зрения данной кладограммы. Для монофилетических групп отметьте место, где на этой кладограмме впервые появляется обсуждаемый признак. Для полифилетических отметьте все такие места. Напротив парафилетических оставьте пустую ячейку.