

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени Н.И. Пирогова**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Пироговская олимпиада для школьников по химии и биологии.**

**Заключительный этап 2023-2024 г.г.**

**А**

**А**

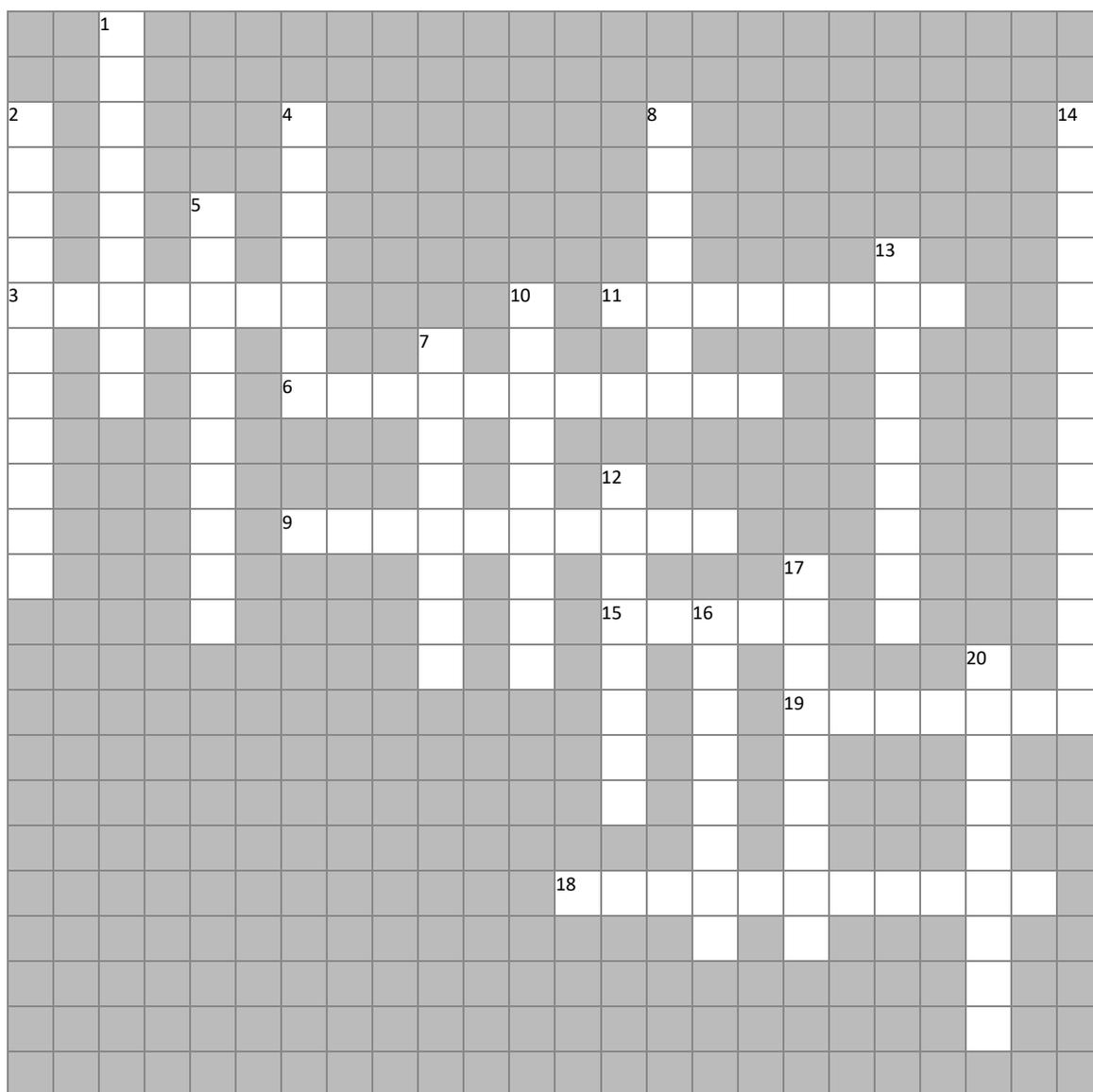
**биологии**

**с ответами и критериями оценивания**

**10 класс**



## «Кроссворд»



### По горизонтали:

3. Пигмент.

6. Скопление ДНК у трипаносом в одном участке митохондрии.

9. Вещество, покрывающее внутреннюю поверхность альвеол.

11. Биологически активное химическое вещество для передачи нервного импульса от одной клетки к другой.

15. Протеолитический фермент позвоночных животных, который вырабатывается юкстагломерулярными клетками.





18. Изменение кариотипа, при котором число хромосом в клетках не кратно гаплоидному набору.

19. Часть органа равновесия у некоторых беспозвоночных, всех позвоночных и человека.

По вертикали:

1. Пигмент у глаукоцистофитовых и красных водорослей.

2. Эндокринное заболевание, которое характеризуется укрупнением черт лица, деформацией грудной клетки, увеличением кистей и ступней.

4. Городская ласточка.

5. Поверхностные клетки губок.

7. Ткань листа.

8. Тип стелы, характерный для двудольных и голосеменных растений.

10. Образование семян без участия полового процесса.

12. Антиген-продуцирующая клетка.

13. Витамин с кобальтом в составе.

14. Полимеры, молекулы которых состоят из нескольких разных типов мономеров.

16. Личинка ракообразных.

17. Орган ланцетника, выделяющий тиреоидные гормоны.

20. Личинка печеночного сосальщика.







## Задание 2

*Пусть нету ни кола и не двора,  
Зато не платят королю налоги  
Работники ножа и топора –  
Романтики с большой дороги*  
Ю. Энтин

Коллагены – это белки, который входит в состав межклеточного матрикса животных, обеспечивая структурную поддержку и существуя во множественных формах, организованных в различные структуры. На коллагены приходится 25-30% общего количества белка взрослого человека. Все белки семейства коллагенов характеризуются одним общим свойством: они собраны в тройные суперспирализованные структуры, состоящие из трех субъединиц коллагеновых белков ( $\alpha$ -спирали), которые удерживаются вместе ковалентными и нековалентными связями. Известно свыше 20 типов коллагенов. В геноме человека более 30 генов, кодирующих коллагеновые цепи.

Известно несколько десятков заболеваний, связанных с мутациями в генах коллагена с различными типами наследования. Характер клинических проявлений этих заболеваний определяется типом пораженного коллагена и конкретной мутацией. Одним из таких заболеваний является синдром Альпорта, с частотой 1:5000-1:10000 и соотношением больных мужчин и женщин 1:2, возникающее в результате мутаций в генах коллагена IV типа *COL4A3*, *COL4A4* и *COL4A5*. Коллаген IV (ColIV) — это тип коллагена, обнаруживаемый преимущественно в базальной мембране. В базальных мембранах существует несколько различных коллагенов IV типа: распространенный коллаген, включающий  $\alpha 1(IV)$  и  $\alpha 2(IV)$  цепи; и другие менее распространенные, состоящие из цепей  $\alpha 3(IV)$ ,  $\alpha 4(IV)$  и  $\alpha 5(IV)$  или цепей  $\alpha 5(IV)$  и  $\alpha 6(IV)$ . Мутации в гене *COL4A5* (цепь  $\alpha 5(IV)$ ) являются преобладающими, доля пациентов, с такой формой заболевания составляет порядка 85%. Заболевание характеризуется сложной симптоматикой в зависимости от степени мутации и может проявляться с возрастом (рис. 1Б). Пораженные органы могут быть разными, но наиболее часто поражается орган, часть которого представлена на рисунке 1А. Еще один распространенный симптом может быть выявлен при помощи специального метода, результат которого представлен на рисунке 2. В редких случаях симптомом может являться миопия.

1) Укажите какие органы поражаются при синдроме Альпорта? Объясните вашу точку зрения, опираясь на представленный материал.





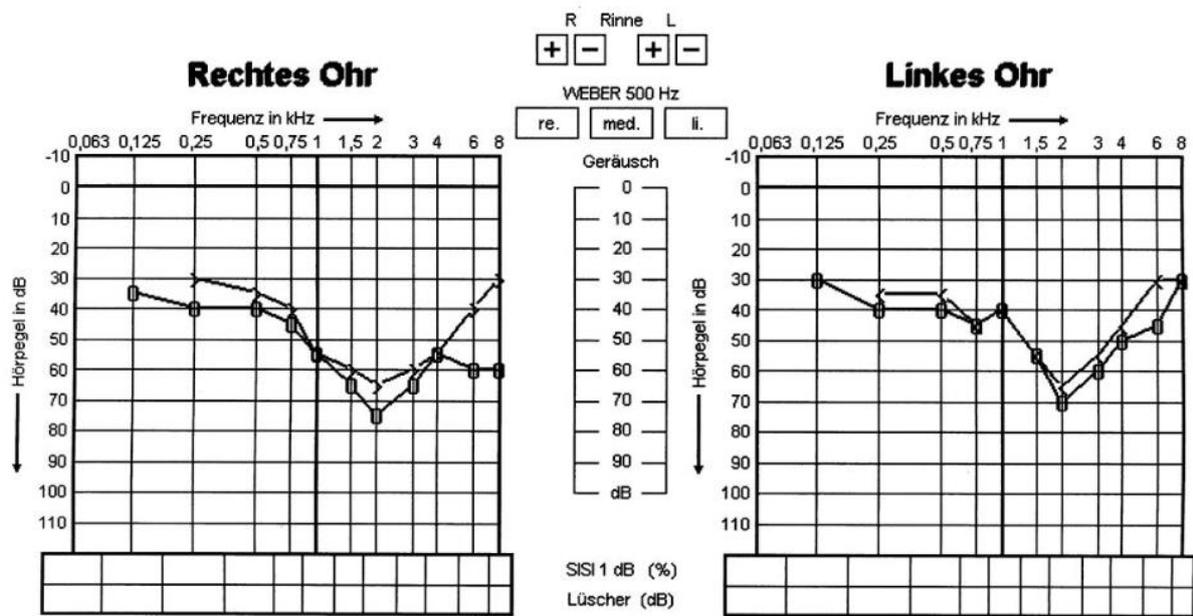
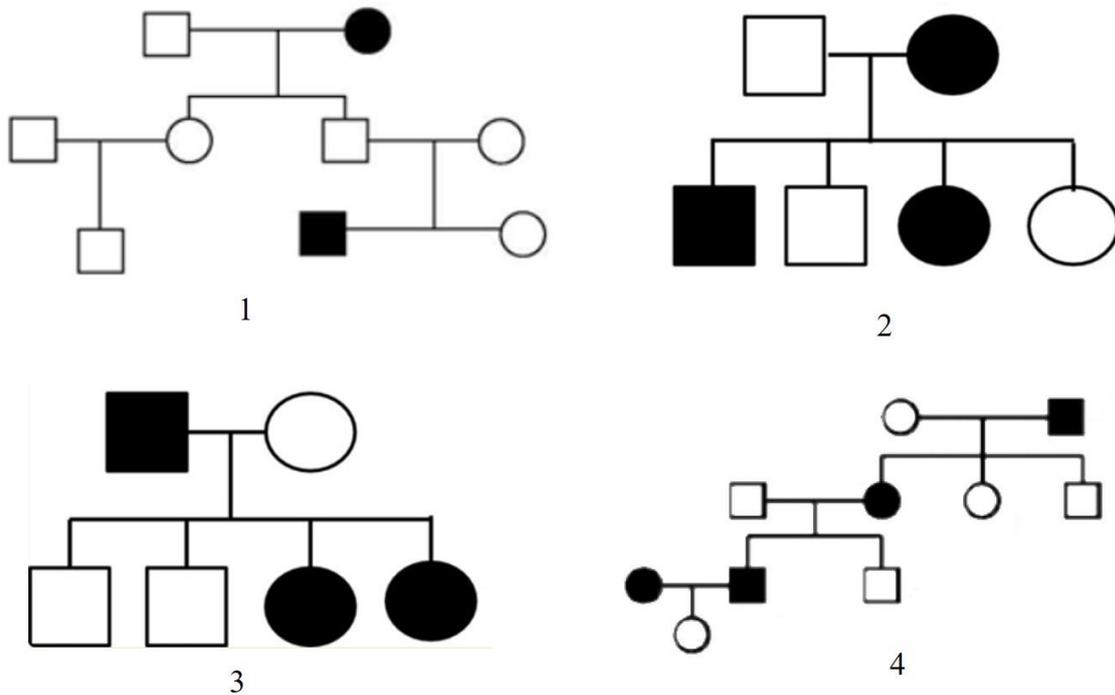


Рисунок 2.



Родословные

**Ответ:**

1) Почки: на рисунке 2А почечный клубочек (2 балла)

Ухо: на рисунке 3 – аудиограмма (2 балла)

Глаза: миопия – заболевания глаз (2 балла)





2) Цепь  $\alpha 5$  коллагена IV входит в состав базальных мембран почечного клубочка, сетчатки, хрусталика и улитки. Так как существуют другие цепи, например,  $\alpha 1(IV)$  и  $\alpha 2(IV)$ , то они входят в состав других органов **(2 балла)**

3) Доминантное X-сцепленное **(1 балл)**:

У мужчин выше вероятность проявления терминальной стадии (рисунок 1Б), значит ген *COL4A5* находится на X-хромосоме. У пациента 2 полностью отсутствует в почечном клубочке цепь  $\alpha 5(IV)$ , у пациента 3 также поражается в клубочке присутствует около половины цепей  $\alpha 5(IV)$ . При этом женщины страдают чаще, но не так серьезно, значит заболевание доминантное **(2 балла)**.

4) 2 и 3 родословные **(2 балла)**

5) 1 –  $X^aX^a$  или  $X^aY$

2 –  $X^AX^A$  или  $X^AY$

3 –  $X^AX^a$

**(1 балл за каждого пациента, в сумме 3 балла)**

6) Так как ген закодирован на X-хромосоме, и доминантный тип наследование, заболевание будет передаваться всем девочкам. Вероятность рождения двух подряд девочек  $(\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}$ . **(2 балла)**

7) Иммунофлуоресценция ИЛИ иммуногистохимия и аудиометрия. **(2 балла)**.





### Задание 3

#### «Не на своем месте»

*«О, знал бы я, что так бывает,  
Когда пускался на дебют,  
Что строчки с кровью — убивают,  
Нахлынут горлом и убьют!»*

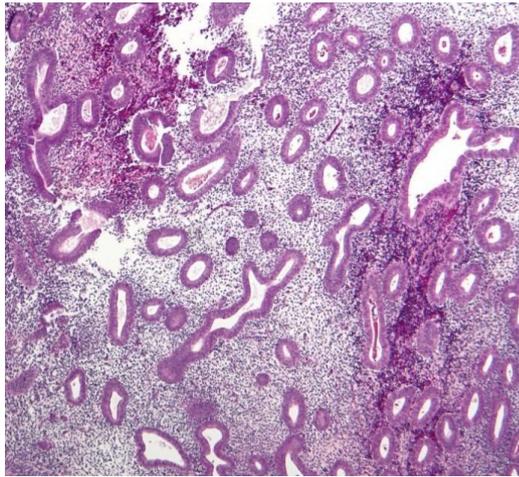
*Борис Пастернак*

Микроскопия (греч.  $\mu\kappa\rho\acute{o}\varsigma$  — мелкий, маленький и  $\sigma\kappa\omicron\pi\acute{\epsilon}\omega$  — вижу) — изучение объектов с использованием микроскопа. Микроскопы для медицинских исследований предназначены, прежде всего, для оценки мельчайших структур на уровне клетки и ткани. С такой информацией специалист окажет правильную помощь с наименьшими рисками для здоровья пациента. Частным случаем использования микроскопии в диагностике заболеваний является микроскопия кусочков опухолевого материала.

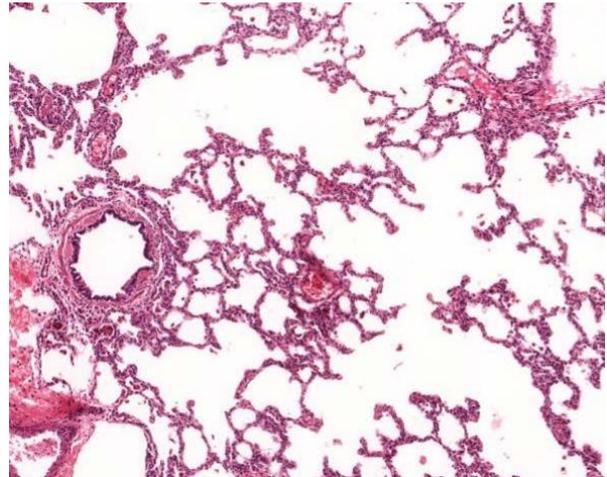
Пациентка Е., 27 лет, поступила в отделение торакальной хирургии с жалобами на кровохарканье до 10 мл в сутки, боль и жжение в грудной клетке, общую слабость. Больной себя считает в течение последних 3 месяцев, когда стали беспокоить вышеперечисленные жалобы. Также пациентка сообщает, что заметила цикличность во времени появления кровохарканья - каждый месяц в течение 3-4 дней. Первый эпизод был 17 мая, второй – 18 июня, третий – 18 июля. Менструальный цикл 30 дней. Кровохарканье начиналось на второй или третий дни от начала цикла.

На компьютерной томограмме выявлены участки инфильтрации в нижней доле правого лёгкого. При бронхоскопии: на шпоре S6 правого бронха обнаружено красное пятно овальной формы, размером до 4 мм, покрытое кровяным сгустком, в норме в бронхе не наблюдаемое. При биопсии образования бронха обнаружена гистологическая картина, показанная на рисунке 1.





**Рисунок 1.** Микроскопия биопсии пациентки



**Рисунок 2.** Лёгочная паренхима в норме

Задание 1. Какому органу и системе в норме принадлежит ткань, обнаруженная в бронхе? Какая часть органа представлена на рис.1?

Задание 2. Объясните свой вариант ответа, приведите не менее двух основных утверждений, основываясь на особенностях строения тканей на микропрепарате?

Задание 3. Объясните, в чем разница эпителиев между двумя органами, в норме которых представлены ткани на рисунке 1 и 2?

Задание 4. Рассматривая гистологический препарат, представленный на рис. 1, опишите к какому типу эпителиальных тканей относится ткань, выстилающая изнутри полость органа. Аргументируйте свой выбор, основываясь на особенностях строения клеток ткани и выполняемой ими функции.

Задание 5. Рассматривая гистологический препарат, представленный на рис. 2, опишите к какому типу эпителиальных тканей относится ткань, выстилающая изнутри полость органа. Аргументируйте свой выбор, основываясь на особенностях строения клеток ткани и выполняемой ими функции.

Задание 6. Какой гормон влияет на кровохарканье у пациентки? Укажите железу, которая его продуцирует.

Задание 7. Зачем в норме данный гормон необходим внутренним органам? На какой физиологический процесс он оказывает влияние? Приведите не менее двух функций.

Задание 8. Что запускает процесс кровотечения в норме и кровохарканье у пациентки?





Задание 9. Укажите, как данная кровопотеря может повлиять на системное артериальное давление? При ответе учитывайте, что в лёгких экспрессируется ангиотензинпревращающий (ангиотензинконвертирующий) фермент.

Задание 10. Дайте названия веществам, принимающим участие в реакции, катализируемой данным ферментом.

### Ответы:

Задание 1. Система - женская репродуктивная система, орган – матка. (1 балл). Эндометрий матки. (1 балл).

Задание 2. Цикличность кровотоков и соответствие с менструальным циклом показывает взаимосвязь с женской репродуктивной системой (1 балл). Эндометрий матки богат на сосуды, которые мы видим на биоптате. (1 балл).

Задание 3. В дыхательной системе – однослойный плоский эпителий (приведён в дополнение мерцательный эпителий). В эндометрии матки однослойный цилиндрический эпителий. (2 балла).

Задание 4. Однослойный цилиндрический (призматический или столбчатый) эпителий – образован клетками, с резко выраженной полярностью (клетки имеют форму, близкую к цилиндрической); выполняет секреторную функцию – участвует в обеспечении питания зародыша в первое время после имплантации. (2 балла).

Задание 5. Однослойный плоский эпителий – образован уплощенными клетками (м.б. приведён в дополнение реснитчатый эпителий); вследствие малой толщины эпителиального пласта через него легко диффундируют газы и быстро транспортируются различные метаболиты. (2 балла).

Задание 6. Прогестерон. Желтое тело (2 балла).

Задание 7. Данный гормон способствует созреванию слизистой полости матки (эндометрия) для имплантации оплодотворенной яйцеклетки. (2 балла).

Задание 8. В первый день менструации происходит резкое снижение уровня прогестерона и происходит отторжение функционального слоя эндометрия, что проявляется менструальным кровотечением. (2 балла).

Задание 9. Артериальное давление падает, так как замещение паренхимы легкого на эндометрий матки снижает эффективность работы системы РААС (ренин-ангиотензин-альдостероновая система). (2 балла).

Задание 10. Фермент ангиотензинпревращающий (ангиотензинконвертирующий) катализирующий расщепление декапептида ангиотензина I до октапептида ангиотензина II. (2 балла).





## Задание 4 Загадочная болезнь

*«Врач должен обращать внимание  
Не только на закономерности,  
Но и на случайности».*  
(Гиппократ)



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3

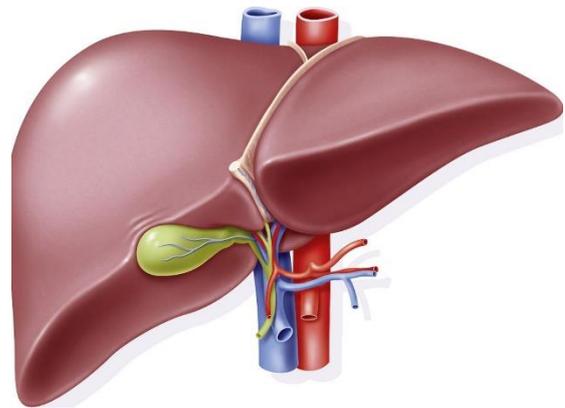


Рисунок 4

Представленные изображения связаны с возбудителем опасного заболевания человека. Внимательно рассмотрите их и ответьте на вопросы:

1. Предположите о каком заболевании идёт речь. Какого происхождения названия этого заболевания?
2. Назовите возбудителя данного заболевания. К какому типу (или отделу) он относится?
3. Как связаны с этим заболеванием и возбудителем изображения 1 и 2?
4. Как связаны с этим заболеванием и возбудителем изображения 3 и 4?
5. Каковы основные меры борьбы с данным заболеванием?
6. Назовите отряд и род переносчика возбудителя данного заболевания.
7. Каким хозяином – окончательным или промежуточным – является переносчик? Обоснуйте свой ответ.
8. Как называется разновидность бесполого размножения, которая происходит в клетках человека при данном заболевании? В чём её значение?





9. Назовите наиболее типичное проявление заболевания у человека. Чем оно объясняется?

10. Назовите ещё одно опасное заболевание человека, вызываемое родственным организмом. Для кого оно представляет наибольшую опасность?

### Ответы:

1. Малярия (**1 балл**). В переводе с итальянского означает «плохой воздух», так как считалось, что причина заболевания – тяжёлый болотный воздух (**1 балл**),

2. Возбудитель заболевания – малярийный плазмодий (**1 балл**). Тип Апикомплексы (**1 балл**).

3. Стадия «кольца» - одна из стадий развития плазмодия в эритроцитах человека (**1 балл**). Болота – места выплода переносчика малярийного плазмодия – комара анофелеса (**1 балл**). Возможен вариант ответа – предполагаемая связь заболевания с болотным воздухом, что дало название заболеванию.

4. Кора хинного дерева долгое время использовалась в качестве средства от малярии (**1 балл**). В печени проходит одна из стадий жизненного цикла паразита – тканевая шизогония (**1 балл**).

5. Устранение мест выплода малярийного комара – осушение болот, подвалов и т.д. (возможен вариант ответа – биологические и генетические методы снижения численности малярийного комара) (**1 балл**). Выявление и лечение больных малярией и носителей малярийного плазмодия.

6. Малярийный комар из рода анофелес (**1 балл**). Отряд Двукрылые (**1 балл**).

7. Переносчик – малярийный комар – является окончательным хозяином паразита (**1 балл**). В окончательном хозяине происходит половое размножение паразита (**1 балл**).

8. Шизогония (**1 балл**). Позволяет в короткие сроки получить большое количество особей паразита (**1 балл**).

9. Приступы лихорадки, повторяющиеся в зависимости от вида плазмодия через 40-48 часов или 72 часа (**1 балл**). Приступы лихорадки связаны с синхронным выходом паразитов из эритроцитов после цикла шизогонии и попаданием в кровь токсических продуктов их жизнедеятельности (**1 балл**).

10. Токсоплазмоз, вызываемой токсоплазмой (**1 балл**). Особенно опасен для лиц с низким иммунитетом и плода во время беременности (**1 балл**).

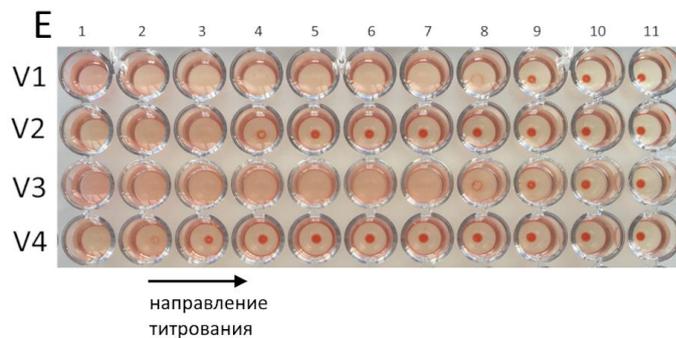
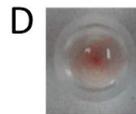
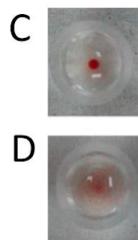
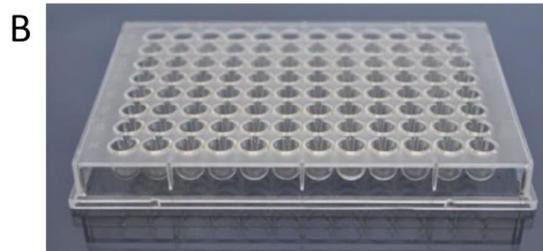
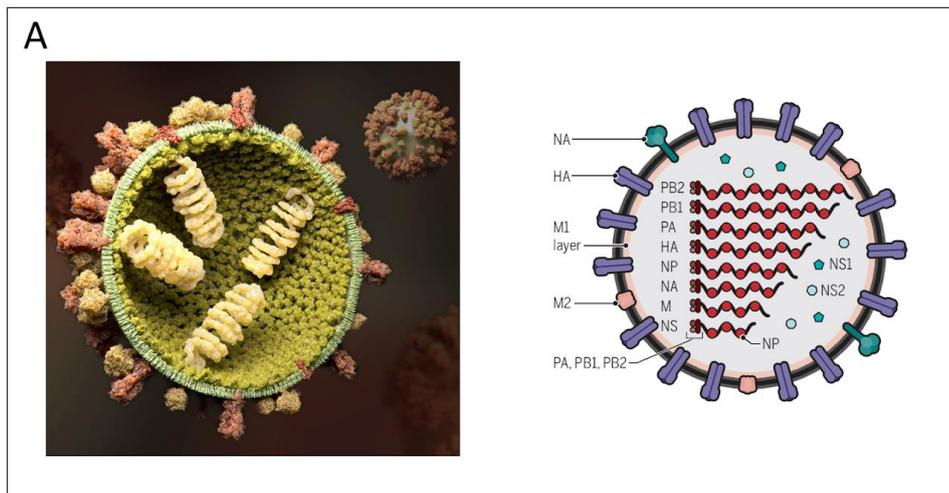




## Задание 5

*«Вирусы - это нежить живого мира,  
Зомби древнейших геологических эпох.  
Никому не ведомо происхождение вирусов,  
Как и на каком этапе истории жизни  
На Земле они зародились».*  
Ричард Престон

В этом задании мы предлагаем Вам ответить на ряд вопросов из области вирусологии.



### Задание 1.

А) Элементарной инфекционной частицей вируса является вирион. Какое важнейшее отличие вирионов любых вирусов от клеточных форм, даже самых





примитивных, вы можете назвать? Какие свойства вирусов дают основание не относить их к жизненным формам?

Б) Каковы основные структурные элементы вириона, какие классы веществ входят в их состав?

Задание 2.

А) Какое главное отличие оболочечных и безоболочечных вирусов? Верно ли утверждение, что последние лишены любых иных структурных элементов помимо непосредственно вирусного генома? (ответ поясните). В результате какого процесса оболочечные вирусы получают свою оболочку и из чего она главным образом состоит?

Б) Какой термин, характеризующий ход процесса, используют при описании общих закономерностей того, как образуются зрелые вирионы?

Задание 3.

А) Какие отличия от клеточных форм имеются у вирусов в плане использования нуклеиновых кислот в процессе передачи наследственной информации? (у абсолютного большинства только один вид нуклеиновых кислот в качестве генома, может быть как ДНК, так и РНК)

Б) Какими функциональными типами РНК могут быть представлены геномы РНК-содержащих вирусов? Очищенная РНК каких вирусов (какой тип РНК-геномов) может проявлять инфекционность? Почему?

Задание 4.

А) Известно, что средние уровни возникновения мутаций в ходе репликации РНК-содержащих вирусов значительно превышают таковые для ДНК-содержащих. Какие явления или характеристики называют основными причинами таких различий?

Б) Какое преимущество может давать высокий уровень возникновения мутаций вирусам.

Задание 5.

А) Существует закономерность, заключающаяся в том, что для высокоспециализированных вирусов, глубоко приспособленных к паразитированию в клетках определенного хозяина, часто характерно менее выраженное негативное влияние на здоровье хозяина, нежели у вирусов, сравнительно недавно "научившихся" поражать какой-либо вид. Подумайте, чем может объясняться подобная закономерность.

Б) Вышеуказанная закономерность, однако, в реальности наблюдается далеко не всегда, поскольку имеется множество дополнительных факторов, которые должен "учесть" вирус, выбирая оптимальную стратегию в отношении хозяина. Подумайте, какие факторы влияют на "выбор" оптимальной стратегии.





### Задание 6.

А) Геном некоторых вирусов, таких как вирусы гриппа - сегментированный. У вирусов гриппа А и В имеется по 8 молекул РНК, у вируса гриппа С - 7. Вышеуказанная сегментированность делает возможным интересное явление, называемое реассортацией и заключающееся в том, что при попадании в одну клетку разных вирусов гриппа, может происходить "смешивание" сегментов генома "родительских" вирусов в вирусном потомстве. Так могут возникать вирусы гриппа с новыми свойствами, меняться спектр чувствительных хозяев. Зная это попробуйте решить следующую задачу: предположим в организм свиньи попали два разных вируса гриппа А (упрощенно считаем, что в среднем в каждую инфицированную клетку попадают вирионы разных вирусов в примерно равных количествах). Один из вирусов - вирус гриппа человека с низкой вирулентностью, но достаточно высокой трансмиссивностью. Второй - высоковирулентный вирус гриппа птиц. Известно, что вирулентность и специфичность в отношении хозяина определяется взаимодействием между собой (разными путями) продуктов генов вируса и внутри одного вируса гены очевидно наиболее "подогнаны" друг к другу. Вопрос - какова вероятность возникновения высоко вирулентного вирусного потомства, способного инфицировать человека, если известно, что за спектр хозяев в первую очередь отвечают продукты генов, занимающих 4 и 6-й геномные сегменты - гемагглютинин (НА) и нейраминидаза (N). Упрощенно считаем, что вирулентность определяется сочетанием остальных генов (один сегмент геном - один (или два) гена). При решении не учитываем факторы отбора и факторы, связанные с функциональным несоответствием генов от разных родительских вирусов, все сочетания сегментов - случайны.

Б) Вышеупомянутая реассортация является причиной такого явления как антигенный сдвиг, резко меняющий антигенные свойства вируса при замене сегментов, кодирующих главные поверхностные антигены гемагглютинин и нейраминидазу. Это явления относительно редкое, однако имеется другой вариант антигенной изменчивости, характерной, в том числе, для вирусов гриппа. Что это за вариант? Чем он вызван и чем характеризуется? Как эти два варианта антигенной изменчивости влияют на актуальность вакцин?

### Задание 7.

А) Что из себя представляют неспецифические и специфические противовирусные защитные механизмы у человека и высших животных? Какие основные иммунные механизмы (специфические защитные механизмы) задействованы в противовирусной защите?

Б) Какие механизмы противовирусной защиты имеются у растений? У бактерий?

### Задание 8.

А) Выявление вирусной инфекции в организме возможно различными лабораторными методами. Среди прочих достаточно эффективны так называемые





серологические методы. Что это за методы (требуется не перечислить, а объяснить, что они собой представляют)?

Б) Какие два направления по выявляемому объекту можно выделить в этой группе методов?

#### Задание 9.

А) При изучении различных свойств выявляемых вирусов, разработке методов лекарственной терапии, получении вакцинных штаммов и для множества иных целей бывает необходимо пассировать эти вирусы в лаборатории. При этом необходимо проводить количественную оценку получаемых вирусных препаратов с точки зрения их концентрации - титр вируса.

Пассажи вирусов гриппа часто проводят на куриных эмбрионах, при этом титр можно определять в простейшей реакции гемагглютинации (РГА). Для ее постановки предварительно во все лунки специального серологического планшета с круглодонными лунками (рис В) вносится по 1 объему буферного раствора (0,15 М NaCl, 0,01 М Tris-HCl, pH 7,2), затем, туда же, вносят анализируемый вирусный препарат последовательными двукратными разведениями. Для этого в первую лунку по горизонтали вносится 1 объем взвеси вируса, перемешивается, и объем, равный внесенному, переносится в следующую лунку. Таким образом делаются последовательные разведения во всей линии лунок, из последней лунки в линии после перемешивания удаляется объем равный вносимому. К разведениям вирусного препарата в лунках планшета добавляют равный объем взвеси куриных эритроцитов (1%) и проводят инкубацию (30 мин). Гемагглютинин вируса гриппа позволяет ему связываться с поверхностью клетки, в том числе эритроцита. Из-за этого происходит связывание вирусами эритроцитов в агрегаты. Там, где РГА не прошла, эритроциты в круглодонных лунках скапливаются на дне в виде яркого локального кружка (рис С), там, где РГА прошла, обнаруживаются специфические "зонтики" агрегатов эритроцитов (рис D). В качестве титра вируса берут величину обратную последнему разведению вируса, которое еще дает гемагглютинацию. Титр, соответственно, выражают в гемагглютинирующих единицах (ГАЕ).

Посмотрите на рис. Е и скажите, какие титры показывает РГА. Для простоты - частичную гемагглютинацию считаем полной.

Б) Попробуем оценить количество вирионов в препаратах. Известно, что одна гемагглютинирующая единица составляет порядка ( $10^4 - 10^6$ ) вирионов. Оцените количество вирионов в препаратах, титровавшихся на рис Е (от минимального значения - до максимального значения) в тех объёмах, которые были внесены в первые лунки (0.5 мл)

#### Задания 10.

А) При создании противовирусных вакцин для человека в настоящее время используется множество разных подходов. "Классические" методы включали либо использование слабо вирулентных для человека вирусов, близких к тому, против которого создается вакцина, либо использование искусственно ослабленных





(аттенуированных) штаммов. Назовите ученого, впервые осознанно использовавшего первый подход, с каким вирусным заболеванием он (достаточно успешно) пытался бороться? Какой вирус был использован в качестве вакцинного?

Б) Кто был "изобретателем" подхода к созданию вакцин, построенного на искусственном ослаблении изначально высоко вирулентного вируса? Что за вирус он таким способом ослаблял? Какой метод был положен в основу подхода? В чем он заключается?

### Ответы:

1А Очевидное важнейшее отличие вирусов от клеточных форм - отсутствие клеточного уровня организации. Из этого следуют и те свойства вирусов, которые позволяют рассматривать их не как жизненные формы - при нахождении вне клетки хозяина вирусы совершенно лишены какой-либо биологической активности. У них нет самостоятельного метаболизма, они не растут и не могут самостоятельно размножаться (1 балл).

1Б Основные структурные элементы, входящие в состав вириона любого вируса - геномная нуклеиновая кислота (вирусный геном) и капсид (вместе с геномом - нуклеокапсид). У разных вирусов могут быть дополнительные структурные элементы, такие как внешняя оболочка, различные фибриллы (как у бактериофагов) и пр. Основные классы веществ, входящие в состав любых вирусов, - нуклеиновые кислоты и белки. Также, в случае оболочечных вирусов, - липиды. Встречаются липопротеины, гликопротеины и пр (1 балл).

2А Наличие оболочки, формирующейся вокруг вирусных нуклеопротеидов из ЦПМ клетки-хозяина - главное и очевидное отличие оболочечных от безоболочечных вирусов. Получают они эту оболочку в процессе "почкования" - когда прикрепленные к ЦПМ с внутренней стороны нуклеопротеиды выходят в "пузырьке" из мембраны из клетки наружу. Таким образом, оболочка таких вирусов состоит в основном из элементов ЦПМ (двойной слой липидов, трансмембранные белки и пр.) дополненных в ряде случаев специфическими вирусными белками, которые были предварительно интегрированы в ЦПМ в месте почкования (1 балл).

2Б Нуклеопротеиды вирусов (нуклеокапсиды), как и капсиды сами по себе (пустые) обладают способностью к так называемой самосборке. Именно этот процесс и лежит в основе сборки вирусных частиц (1 балл).

3А В отличие от клеточных форм, у вирусов обычно присутствует один какой-то типа нуклеиновой кислоты РНК или ДНК. С другой стороны, в отличие от всех клеточных форм, вирусный геном может быть представлен как молекулами ДНК, так и РНК. Причем разнообразие типов РНК и ДНК у вирусов даже шире,





чем у клеточных форм. Так у вирусов встречаются как кольцевые, так и линейные двух- и одноцепочечные ДНК, двух- и одноцепочечные РНК. Это только в составе вириона. В процессе репликации вируса в клетке, в некоторых случаях могут быть обнаружены кольцевые молекулы РНК (1 балл).

3Б Функциональные типы РНК у РНК-содержащих вирусов - это (+)РНК и (-)РНК. Первые могут быть использованы как мРНК для прямой трансляции белков на рибосомах хозяина, вторые для синтеза кодируемых белков требуют предварительного ферментативного получения (+)-нитевых информационных иРНК, с использованием вирусных РНК-репликаз. Очищенная геномная РНК вирусов с (+)РНК геномом является инфекционной (хотя и в меньшей степени, чем целые вирионы) т.к. способна сразу, без задействования ферментов в составе вириона (которых в случае очищенной РНК и нет), стать матрице для синтеза вирусных белков (1 балл).

4А В отличие от ферментов, задействованных в репликации ДНК, ферменты, обеспечивающие репликацию вирусной РНК (собственные РНК-полимеразы) в основном не обладают способностью корректировать ошибки, связанные с встраиванием "неправильных" нуклеотидов - отсутствует 3'-экзонуклеазная активность. Это, по-видимому, приводит к более высокой частоте мутаций у РНК-содержащих вирусов (1 балл).

4Б Высокий уровень возникновения мутаций с одной стороны может позволять адаптироваться к новым условиям, избегать действия защитных механизмов хозяина. Например в поверхностных белках вирусов, являющихся основными антигенами, частота фиксации мутаций может быть значительно выше по сравнению с более консервативными внутренними структурными белками и ферментами в составе вириона. Однако частота мутаций все-же должна быть сбалансированной, в противном случае каждая мутация, дающая конкурентное преимущество, может сопровождаться дополнительными мутациями, снижающими или делающими невозможной "выживаемость" несущего ее вирусного "потомства" (1 балл).

5А Данная закономерность объясняется тем, что в целом, при игре "в долгую" для вируса невыгодно "убивать" хозяина, так как при этом сокращается количество объектов, пригодных для поддержания вирусной популяции, так и может становиться затрудненной передача вируса. Поэтому эволюционное преимущество получают варианты вируса, которые не провоцируют такое неблагоприятное для их сохранения развитие событий (1 балл).

5Б То, что такая закономерность проявляется не всегда может быть





объяснено наличием множества дополнительных факторов, которые делают систему более сложной. Высокая плотность популяции (хозяина) снижает необходимость в оптимальной стратегии, зависимость факторов трансмиссивности и патогенности вынуждает вирус "идти на издержки" связанные с уменьшением "кормовой базы" так как возможность эффективно распространяться оказывается важнее. Исходная высокая трансмиссивность при большом объеме популяции хозяина также позволяет вирусу "пренебрегать" адаптацией к организму хозяина со снижением патогенного эффекта, т.к. вирус успеет распространиться даже в случае быстрой смерти носителя (**1 балл**).

6А Вероятность получения каждого из сегментов от одного из родительских вирусов составляет  $1/2$  при условии, что геномный сегмент с каждым номером из 8 будет присутствовать в гибридном вирионе, но будет взят от одного из 2 родительских вирусов. Тогда вероятность 2 сегментов взятых от одного из родительских  $1/2 * 1/2$ , а вероятность всех остальных, взятых от второго вируса  $(1/2)$  в степени 6. Поскольку все события независимые, то вероятности нужно перемножить, итого:  $(1/2)$  в степени 8 составит  $1/256$  или 0,00390625. Это число и будет ответом (**1 балл**).

6Б Другой вариант изменчивости у вируса гриппа (возможна и у других вирусов) - это антигенный дрейф, при котором происходит постепенное накопление таких мутаций, которые имеют фенотипическое (а конкретнее - антигенное) проявление. Вызваны такие мутации, по-видимому, преимущественно ошибками репликации, а также, возможно, отчасти мутагенными факторами внешней среды. Если антигенный дрейф приводит к постепенному устареванию вакцин, при котором формируемый ими иммунитет все-еще позволяет какое-то время защищаться от "дрейфующих" вариантов вирусов, то антигенный сдвиг делает неактуальные вакцины бесполезными, т.к. приводит к полной замене антигенов (**1 балл**).

7А. К неспецифическим защитным механизмам у человека и высших животных можно отнести систему интерферонов - группа белков, синтезируемых клеткой в ответ на вирусную инфекцию и блокирующих репликацию вируса в клетке, а также стимулируют активацию защитных механизмов соседних клеток. Клетки "натуральные киллеры" уничтожают клетки, на поверхности которых обнаруживаются несвойственные им белки, кодируемые вирусом. Макрофаги выполняют функцию фагоцитоза, поглощая и уничтожая различные частицы, в том числе вирусы (хотя иногда сами могут становиться хозяевами для этих вирусов). К специфическим защитным противовирусным механизмам у человека и высших животных относят системы гуморального иммунитета (связанного с выработкой специфических нейтрализующих антител против антигенов вируса) и клеточного иммунитета. Основными эффекторами клеточного противовирусного иммунитета являются Т-цитотоксические лимфоциты ( $CD8^+$ -клетки) (**1 балл**).





7Б. У растений обнаруживают такие механизмы противовирусной защиты, как РНК-интерференция, активация экспрессии генов устойчивости (R-гены) и активация PR-белков, синтезирующихся в ответ на различные инфекции. Под РНК-интерференцией подразумевается система, в которой двухцепочечные (на определенном этапе) вирусные РНК разрезаются специальным белком (dicer) на короткие двухцепочечные РНК, одна из цепей которых затем, в составе RISC комплекса участвует в нахождении (по принципу комплементарности) и инактивации (разрезании белками участниками комплекса) вирусных РНК. У бактерий среди защитных противофаговых механизмов можно назвать систему CRISPR/Cas, систему эндонуклеаз рестрикции и некоторые другие (1 балл).

8А. Серологическими называют методы в основе действия которых лежит взаимодействие антиген-антитело (1 балл).

8Б. Прямые методы используются с известными антителами для поиска соответствующих антигенов, непрямые используют для поиска антител с использованием известного антигена - данные методы позволяют выявлять развивающееся заболевание в тех случаях, когда возбудитель обнаружить в крови сложно (1 балл).

9А. Смотрим на номер лунки, в которой еще наблюдается агглютинация - n  
Тогда разведение =  $1/2^n$ , а количество ГАЕ в исходном объеме вирусного препарата (титр) =  $2^n$  (величина обратная разведению)  
V1 - 256 ГАЕ, V2- 16ГАЕ, V3 - 256ГАЕ, V4 - 4ГАЕ (1 балл).

9Б. Умножаем титр на количество вирионов в 1ГАЕ:

V1 минимум -  $256 * 1.0E+4 = 2\ 560\ 000$  вирионов в 0.5 мл или  $5\ 120\ 000$  вирионов в мл.

V1 максимум -  $256 * 1.0E+6 = 256\ 000\ 000$  вирионов (512 000 000 в мл)

V2 - от 160 000 до 16 000 000 (320 000 - 32 000 000)

V3 - от 2 560 000 до 256 000 000 (5 120 000 - 512 000 000)

V4 - от 40 000 - до 4 000 000 (80 000 - 8 000 000) (1 балл)

10А. Ученый: Эдвард Дженнер. Вирусное заболевание: Оспа. Вирус, использованный в качестве вакцинного: Вирус коровьей оспы (1 балл).

10Б. Луи Пастер искал способ борьбы с таким заболеванием, как бешенство, вызываемое, соответственно вирусом бешенства. Для создания вакцинного штамма Пастер изобрёл способ "аттенуирования" вируса посредством многократного пассирования его в организме слабочувствительных к нему кроликов, получив с использованием этой методики вакцинный штамм (1 балл).

