



## Всесибирская олимпиада по биологии 2024–2025 Заключительный этап. 2 марта 2025 года.

### 11 класс

Время выполнения задания – 4 часа

#### 1. В чём сила? (20 баллов)

Мидихлорианы – эндосимбиотические органоиды во всех живых клетках персонажей из «Звездных войн». Орден джедаев активно изучает работу мидихлориан у всех известных видов в далекой-далекой галактике. Они узнали, что за чувствительность к силе отвечает ген FSP (forse-sensitivity protein), который локализуется в ядре клетки. В мидихлорианах был найден ген FSA (forse-sensitivity activator), продукт активного аллеля этого гена (A) активирует транскрипцию FSP. Другой найденный ген, FSI (forse-sensitivity inhibitor), лежит в X-хромосоме и регулирует трансляцию FSP. Продукт доминантного аллеля (I) узнает FSP на поздней стадии трансляции и прерывает ее.

Все персонажи «Звездных войн» диплоидны, женский пол гомо-, а мужской — гетерогаметен. В мидихлорианах гаплоидный набор генов, на большинстве планет мидихлорианы наследуются только по материнской линии.

**Вопрос 1.** Для активации транскрипции гена FSP достаточно присутствия небольшого количества продукта гена FSA. При этом для гена FSI наблюдается эффект неполного доминирования: полное отсутствие чувствительности (ингибирование трансляции) наблюдается только у гомозигот II, гетерозиготы и гемизиготы по этому гену некоторую долю чувствительности имеют. Подумайте, с чем это может быть связано.

**Вопрос 2.** Джедаи исследовали планеты Датомир и Альдераан. Датомир известен тем, что там наибольшая чувствительность к силе, тогда как на Альдераане такие люди очень редки. Как показало исследование, на Датомире частота аллеля  $i$  – 0,9, а частота аллеля  $a$  – 0,3. На Альдераане же частоты этих аллелей 0,2 и 0,6 соответственно. Напишите, какая доля среди мужчин и среди женщин на этих планетах будут нечувствительны, чувствительны и очень чувствительны к силе. Для каждого варианта фенотипа укажите все возможные генотипы, а также рассчитайте частоты их встречаемости.

**Вопрос 3.** Магистр Йода пытался разработать подход для увеличения чувствительности к силе у мужчин. Ему удалось активировать проникновение мидихлориан из сперматозоида в зиготу, при этом в зиготе количество «мужских» и «женских» мидихлориан быстро уравнивается. Он применил свой подход на планете Альдераан. Какова будет вероятность рождения на этой планете детей с нечувствительностью к силе, чувствительных и очень чувствительных к силе, если подход магистра Йоды применялся абсолютно ко всем жителям планеты? Успешен ли подход Йоды для увеличения силы у мужского населения? Если да, то доля каких мужчин увеличится больше: с высокой или средней чувствительностью к силе? Аргументируйте свой ответ.

## 2. Диабет (20 баллов)

Термин «**диабет**» возник еще в Древней Греции для описания группы заболеваний, при которых человек терял способность удерживать воду в организме. Такие больные страдали **полиурией** (избыточным выделением мочи) и жаловались на постоянную жажду. Позже было установлено, что диабет является гетерогенным заболеванием и его причины могут иметь различную природу. Самым известным в настоящее время является сахарный диабет, который возникает из-за нарушений эндокринной регуляции углеводного обмена.

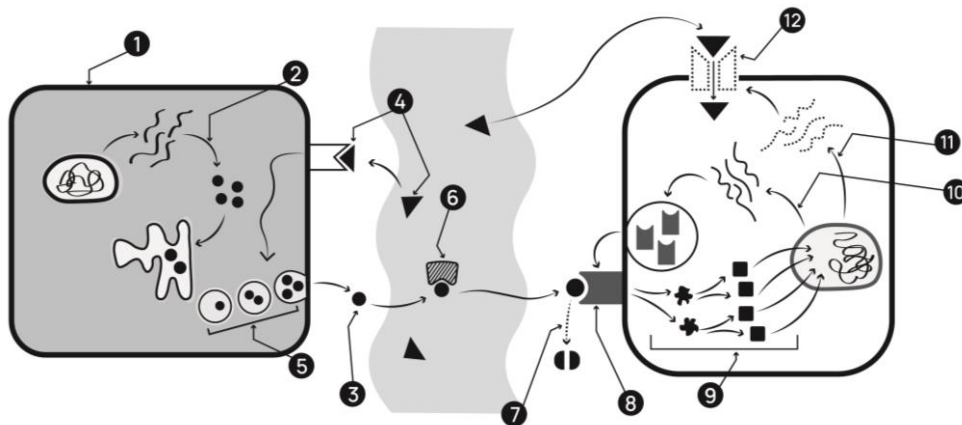
**Вопрос 1.** На уровень глюкозы в крови влияют разные гормоны. В бланке ответов заполните таблицу: для каждого гормона подпишите, в каком органе он вырабатывается и какое влияние оказывает на концентрацию глюкозы.

**Вопрос 2.** Какой из перечисленных в бланке ответов гормонов вовлечен в развитие сахарного диабета? Что будет происходить с уровнем глюкозы при отсутствии эффектов этого гормона (повысится / понизится / не изменится)? Почему отсутствие эффектов других гормонов на уровень глюкозы в крови является для организма более опасным состоянием, чем сахарный диабет?

**Вопрос 3.** Подпишите структуры нефрона на рисунке в бланке ответов. Опишите механизм возникновения полиурии у пациентов с сахарным диабетом, заполнив пропуски тексте:

Изменение концентрации глюкозы в моче связано с (А) *фильтрацией/реабсорбцией /секрецией (выбрать нужное)*, которая в норме происходит в (Б) отделе нефрона (*поставить одну цифру с рисунка*), но при повышении количества глюкозы в крови при сахарном диабете интенсивность этого процесса значительно (В) *увеличивается/снижается /не изменяется (выбрать нужное)*, что приводит к (Г) *повышению / снижению / сохранению (выбрать нужное)* прежнего количества глюкозы в первичной моче. По этой причине основной объем воды, который должен уходить из первичной мочи в (Д) (*поставить одну цифру с рисунка*) нефрона остается в составе вторичной мочи. Увеличение осмоляльности крови и потеря больших объемов воды при сахарном диабете приводит к дополнительной секреции (Е) (*название гормона*), который синтезируется в (Ж) (*название органа*). Этот гормон действует на (З) (*поставить одну цифру с рисунка*) нефрона, а также активирует центр жажды. Его секреция позволяет немного сократить потери воды в организме и избежать полного обезвоживания при диабете.

**Вопрос 4.** Ниже приведена схема работы гормона, который задействован при развитии сахарного диабета. Сопоставьте подписи компонентов эндокринной системы с цифрами на рисунке. Результат внесите в таблицу в бланке ответов.



|                          |
|--------------------------|
| Глюкоза                  |
| Гормон                   |
| Инактивация              |
| Передача сигнала в ядро  |
| Рецептор                 |
| Система секреции         |
| Трансляция               |
| Транспортер глюкозы      |
| Транспортные белки крови |
| Увеличение числа мРНК    |
| Уменьшение числа мРНК    |
| Эндокринная клетка       |

Существует два типа сахарного диабета, при каждом из них отсутствуют эффекты гормона на организм. В случае сахарного диабета 1 типа у больных наблюдается низкое содержание гормона в крови, а при 2-м типе уровень гормона может быть достаточно высоким, но несмотря на это развивается патология. Проанализировав схему действия гормона, объясните из-за чего развивается каждый из типов диабета.

**Вопрос 5.** Известно, что многие внешние и внутренние факторы могут нарушать приведенную выше схему передачи сигнала и приводить к развитию диабета. В бланке ответов сопоставьте причину с типом диабета (1 и 2 тип), к которому она может приводить, и кратко опишите каким образом данный фактор может быть связан с развитием заболевания.

**Вопрос 6.** Какой из типов диабета можно успешно лечить, вводя дополнительное количество гормона в кровь? Почему для другого типа диабета позитивные эффекты лечения наблюдаются только в начале, а затем метод становится неэффективен?

### 3. Присаживайтесь! (20 баллов)

Животные, приспособленные к сидячему образу жизни, обычно сильно отличаются по строению от своих предков и современных родственников. Однако некоторые характерные черты могут сохраняться и даже в этом случае, особенно на личиночной стадии.

**Вопрос 1.** На *рис. 1* изображены три взрослых животных, ведущих прикрепленный образ жизни (римские цифры), и их подвижные личинки (буквы), а также показаны некоторые особенности их внешнего и внутреннего строения.

1.1. Сопоставьте личинку и взрослую форму.

1.2. Для чего в жизненном цикле таких организмов есть подвижная стадия?

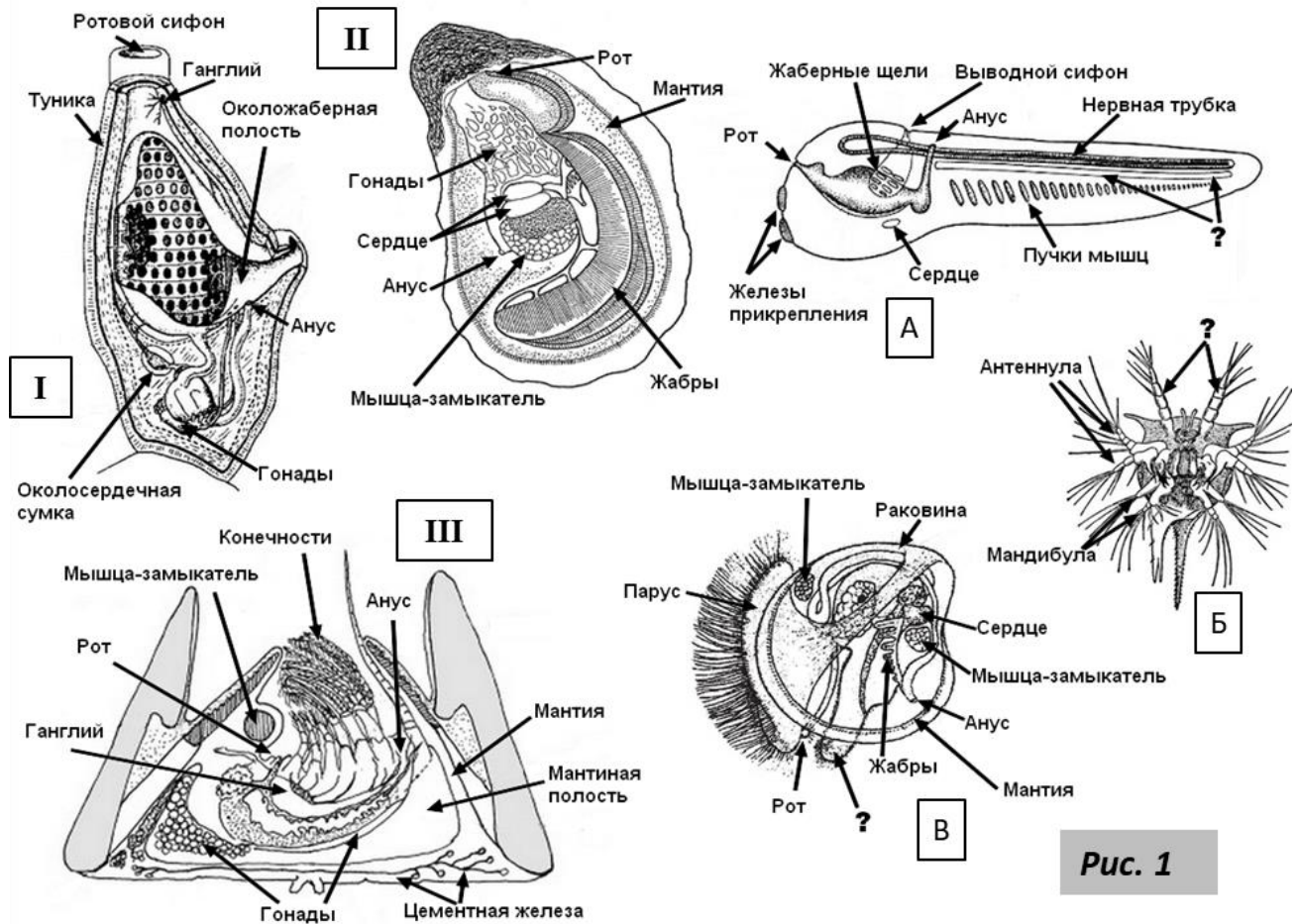


Рис. 1

### Вопрос 2.

2.1. К какому типу и классу принадлежит каждый из этих организмов?

2.2. Приведите для каждого животного по 2 признака, по которым можно определить принадлежность к соответствующему типу.

На *рис. 1* некоторые органы личинок отмечены вопросительным знаком.

2.3. Назовите эти структуры.

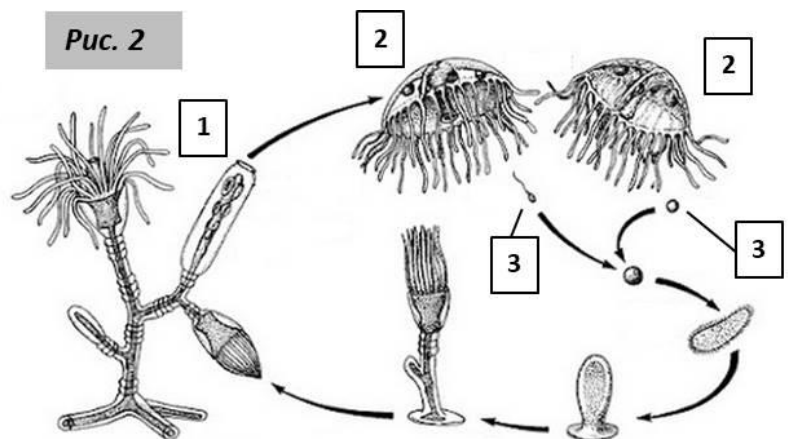


Рис. 2

**Вопрос 3.** Для некоторых животных характерен метазенз (чередование полового и бесполого поколений). На *рис. 2* показан жизненный цикл представителя гидроидных кишечнополостных.

3.1. Как называются стадии, обозначенные арабскими цифрами?

3.2. Какие из них являются гаплоидными?

3.3. Назовите гаплоидные стадии жизненного цикла животных, изображенных на *рис. 1*.

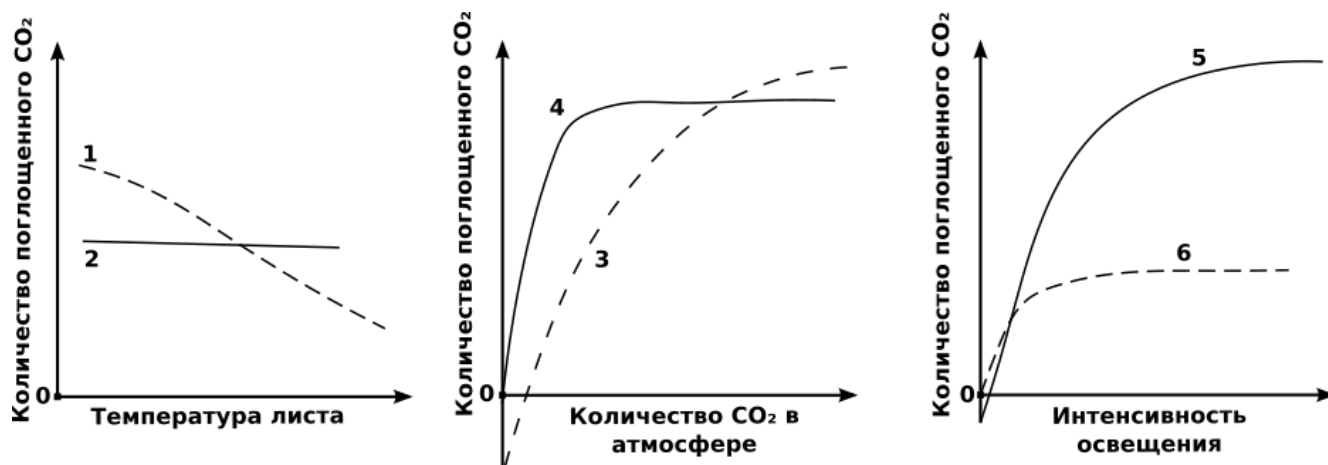


#### 4. Испытание трав (20 баллов)

Копаясь долгим зимним вечером в подвалах замка Каэр Морхен, ведьмак Весемир нашел уникальную книгу — ботанический атлас, описывающий растения, необходимые для испытания травами. К сожалению, значительная часть страниц оказалась повреждена. Тем не менее, ведьмак решил попытаться счастья и отправил ее ботанику в Оксенфуртский университет, откуда получил ответ следующего содержания: разобраться можно, но в книге большой акцент делается на некое неизвестное ботанику свойство растений. Мол, большинство растений в жаркий день могут начать интенсивно «дышать» (выделять больше углекислого газа, чем усваивать в процессе фотосинтеза), они в атласе подписаны как С3-растения, но есть те, которые такой особенностью не обладают, и они везде указаны как С4. Если бы получилось как-то растения по этому параметру оценить, то с остальным профессор справится сам.

**Вопрос 1.** Как называется процесс, о котором идет речь? С низкой специфичностью к  $\text{CO}_2$  какого фермента связано это явление?

Весемир решил обратиться к магии и рассказал ситуацию чародейке Трисс Меригольд. Что-то поколдовав над собранными ведьмаком растениями, она начертила три графика, заявив, что их должно быть достаточно, чтобы разобраться, к какому типу относятся собранные растений. Однако она просто перерисовала свои видения и ничего в них не понимает. К тому же, каждый график оказался построен для разных пар растений.

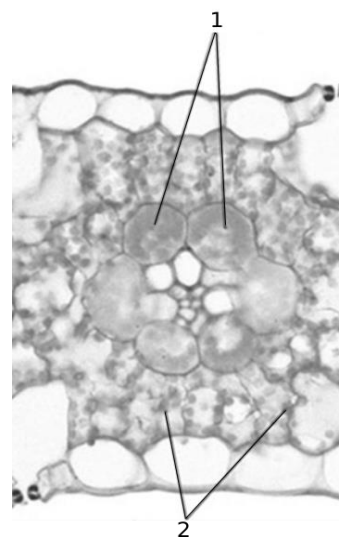
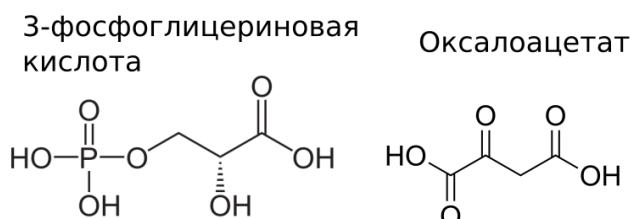


**Вопрос 2.** Для каждого растения из пары (1 и 2, 3 и 4, 5 и 6) укажите тип (С3 или С4). Аргументируйте свой выбор. Учтите, чутье ведьмака подсказывает Весемиру, что один из графиков лишь частично относится к интересующему его свойству и сделать выбор по нему не получится. Для пары растений с этого графика можно указать «определить невозможно», однако этот выбор все еще необходимо аргументировать.

**Вопрос 3.** Пользуясь графиками, предположите, растения какого типа ведьмак с большей вероятностью встретит в окрестностях замка Каэр Морхен (средняя температура летом  $19^\circ\text{C}$ , преобладают леса), а за какими с большей вероятностью придется ехать в Нильфгаард (средняя температура летом  $28^\circ\text{C}$ , преобладают степи). Аргументируйте свой выбор.

Определив несколько растений, Весемир послал новое письмо в Оксенфуртский университет с вновь полученной информацией. Вскоре оттуда пришел ответ: ботаник сравнил растения, определенные Весемиром, и пришел к выводу, что они различаются анатомически, то есть для дальнейшего определения можно не прибегать к помощи чародейки. Он даже прислал свою зарисовку среза листа и предложил ведьмаку угадать, к какому типу она относится.

**Вопрос 4.** Определите, к какому типу растений, С3 или С4, относится данный лист, и аргументируйте свое решение. Как называются клетки под цифрой 1 и под цифрой 2, в каких из них активен фермент из вопроса 1? В каких клетках в процессе фотосинтеза образуются 3-фосфоглицериновая кислота и оксалоацетат?



**Вопрос 5.** Предположите, какие растения могли быть в атласе. Приведите по два примера растений, относящихся к С3 и С4.

## 5. Вирус в Сумеру (20 баллов)

В регионе Сумеру распространено опасное заболевание — элеазар. Считается, что причина развития — вирус Элеазар. Когда герой Тарталья заразился элеазаром, доктор Дотторе, ищущий лекарство от данного заболевания, ввел ему сыворотку, полученную из крови своей дочери Коллеи, имеющей иммунитет к данной болезни. В течение 5 дней у Тартальи полностью пропали симптомы элеазара, и он смог вернуться в отряд.

**Вопрос 1.** Объясните, почему Тарталья выздоровел при проведении данной процедуры. Какие клетки обуславливают процесс выздоровления?

**Вопрос 2.** Узнав об этом, доктор Бай Чжу решил проверить, можно ли таким образом предотвратить заражение. Он взял сыворотку крови Коллеи и ввел их другому герою — Венти. Как вы считаете, выработается ли у Венти после этого иммунитет к данному заболеванию? Ответ поясните.

**Вопрос 3.** Опишите, что надо сделать доктору Бай Чжу, чтобы получить вакцину от элеазара. Приведите не менее трех подходов, которым он может воспользоваться. Подробно расписывать подходы не нужно.

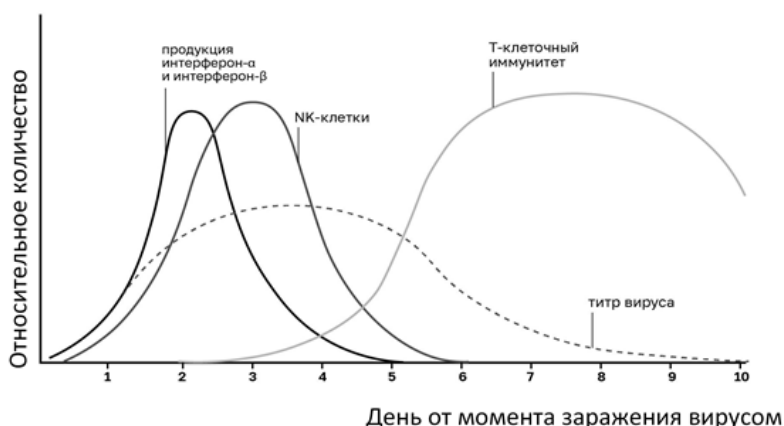
**Вопрос 4.** После разработки вакцины, ее стали использовать для предотвращения заболевания. Ниже представлены стадии развития специфического иммунного ответа, расположите их в правильном порядке. Некоторые стадии могут быть лишними.

- А** Синтез специфических антител против возбудителя
- Б** Перенос компонентов вакцины в лимфатические узлы
- В** Введение Вакцины
- Г** Развитие цитотоксического шока
- Д** Нейтрализация патогена антителами
- Е** Размножение В-клеток
- Ж** Гибель клеток организма

**Вопрос 5.** Вакцину начали производить, однако, часть населения Сумеру отказываются вакцинироваться, так как считают, что Элеазар — это Божественная кара и нельзя препятствовать свершению судьбы. Необходимо каким-то образом облегчить симптомы заболевания у этой группы людей.

В академии Сумеру выяснили, что важную роль в противовирусном иммунном ответе играют интерфероны (ИФН), которые вырабатываются макрофагами и В-лимфоцитами. ИФН-α и ИФН-β активируют NK-клетки (клетки «естественные киллеры») к лизису вирусинфицированных клеток еще до формирования специфического Т-клеточного иммунитета. NK-клетки распознают клетки, инфицированные вирусом не по специфическим антигенам, а потому что в них нарушено формирование молекул главного комплекса гистосовместимости.

Ниже представлен график зависимости продукции интерферонов, количества NK-клеток, вируса и клеток специфического Т-клеточного иммунитета от дня заболевания.



**5.1.** Как вы думаете, зачем организму нужна активация NK-клеток, ведь она не приводит к снижению титра вируса?

**5.2.** Что будет происходить, если человеку постоянно будут вводить интерфероны α и β после заражения вирусом (до 8-10 дня)?

**5.3.** Стоит ли назначать интерфероны человеку, если с момента заражения прошло уже 4-5 дней?

**5.4.** Можно ли использовать препараты интерферонов в качестве профилактики при контакте с инфицированными людьми?

**Вопрос 6.** Дополнительные исследования показали, что интерфероны α и β, выделяются клетками, зараженными вирусами и воздействуют на соседние клетки, чтобы препятствовать распространению вируса. Связываясь с рецепторами на мембране соседних клеток, интерфероны активируют РНК-азу и инактивируют фактор трансляции eIF-2. Предположите, как это может препятствовать распространению вируса.