

Генеральный партнер олимпиады – Сбербанк - приветствует участников! Сбер сегодня – это команда единомышленников, которые разрабатывают новые крутые технологии и горят идеей менять мир к лучшему.



Для нас твоё участие в олимпиаде «Высшая проба» означает, что ты не боишься сложных задач, ориентирован на развитие, личностный рост и ответственно относишься к своему будущему. Верим в тебя, искренне желаем удачи на заключительном этапе.

**Время выполнения заданий — 240 минут.**

**Пишите разборчиво. Ответ пишите на странице с соответствующим номером вопроса. Если используете дополнительный лист, обязательно напишите об этом на основном листе ответа. Если не знаете ответа, ставьте прочерк. Черновики не оцениваются.**

**Максимальное количество баллов — 100.**

**Задание №1 (12 баллов). Эксперимент.**

Всем школьникам и студентам известно такое явление как экзаменационный стресс. Проявляется он с разной силой у разных людей. Во многом это зависит от вегетативного статуса организма, то есть от преобладания симпатического или парасимпатического звена регуляции. Для определения стрессоустойчивости можно использовать опросники, но, несомненно, намного более объективным является измерение частоты сердечных сокращений и артериального давления с помощью обычного тонометра.

Предложите пошаговый план исследования влияния экзаменационного стресса на сердечно-сосудистую систему старшеклассников с использованием тонометра.

**Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.**

**Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.**

Известно, что медоносные пчелы – общественные насекомые и живут семьями. Средняя численность одной семьи в летний период составляет 70000 особей. В каждой пчелиной семье обязательно есть матка – половозрелая диплоидная самка, чьей единственной функцией является размножение. За одни сутки матка способна отложить до 1800 яиц! Для оплодотворения яиц необходимы трутни – гаплоидные самцы, которые развиваются из неоплодотворенных яиц. Численность трутней составляет 10% от общей численности семьи. Обеспечивают же существование улья рабочие пчелы, из которых 40% ежедневно осуществляют полеты для сбора нектара. Одна рабочая пчела может за один полет собрать 50 мг нектара. Однако транспортировка нектара – энергозатратный процесс. Пчелы тратят

40% взятого нектара на полет, если несут его даже с расстояния менее 1 км. С расстояния 3 км пчелы приносят лишь 1/3 часть собранного корма.

В улей пчеловод вставляет рамки с восковыми пластинами, пчелы достраивают ячейки до полного размера. В каждой рамке около 12 000 ячеек-сот. В некоторых рамках до 70% ячеек используется для выращивания личинок. Остальные заполняются нектаром, который затем превращается в мёд. Обычно пчеловод забирает заполненные медом ячейки, стимулируя пчелиную семью продолжать запасать мед на зиму. Как правило, для зимовки пчелиной семье необходимо 10-20 кг меда, а сибирским пчелам даже больше.

Процесс преобразования нектара в мед включает три стадии: испарение лишней воды (содержание влаги в нектаре составляет 70%, в то время как в мёде – 20%), разложение сложных сахаров и закисление получившегося продукта. Для двух последних процессов в слюне пчелы содержатся специализированные ферменты – инвертазы, амилазы и глюкозооксидазы. Пчелы заполняют соты постепенно, дожидаясь испарения лишней влаги, а затем запечатывают вход воском. При этом вместимость одной заполненной ячейки составляет примерно 300 мг меда.

Сколько дней потребуется пчелиной семье на заполнение одной рамки медом (расплода в этой рамке нет, все ячейки заполняются медом), если пчела совершает 10 вылетов в день? Сбор нектара осуществляется с расстояния менее 1 километра. Объемом вносимой слюны пчелы можно пренебречь.

Ответ округлите до целого числа.

### Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача.

Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия.

В распоряжении исследователей есть две линии мушек-дрозофил – с белыми и с розовыми глазами. Учёные поставили два скрещивания, ниже представлены результаты.

	<u>Прямое скрещивание</u>	<u>Обратное скрещивание</u>
P	♀ белые (линия 1) × ♂ розовые (линия 2)	♀ розовые (линия 2) × ♂ белые (линия 1)
F1	♀ красные, ♂ белые	♀ красные, ♂ красные
F2	красные ♀: 3/16      красные ♂: 3/16 розовые ♀: 1/16      розовые ♂: 1/16 белые ♀: 4/16      белые ♂: 4/16	красные ♀: 6/16      красные ♂: 3/16 розовые ♀: 2/16      розовые ♂: 1/16 белые ♀: нет      белые ♂: 4/16

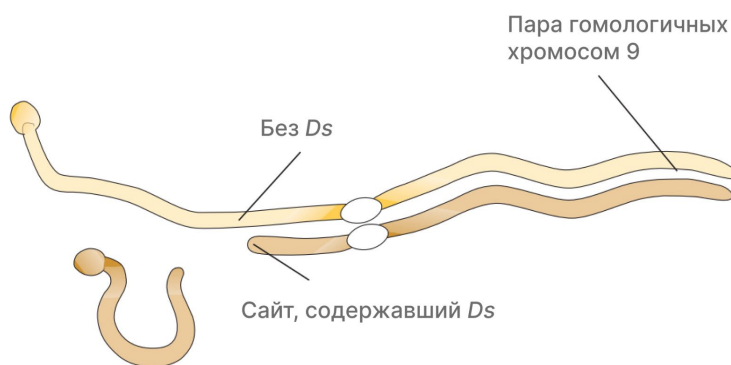
Каким будет потомство, если скрестить самок с розовыми глазами из F2 прямого скрещивания и самцов из F1 обратного скрещивания? У дрозофилы гетерогаметный пол – мужской, на плодовитость и жизнеспособность окраска глаз не влияет.

Ответ запишите в процентах с точностью до первого знака после запятой (например, вместо «13,25%» запишите «13,3%», а вместо «20%» запишите «20,0%»).

## Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.

В середине прошлого века Барбара МакКлинток, изучавшая окрашенные зерна кукурузы, обнаружила, что в клетках одной из линий хромосома 9 ломается очень часто и, что наиболее интересно, в одном и том же месте (Рис. 1). Она также выяснила, что для поломки необходимо наличие двух генетических факторов: первый располагался в месте разлома и получил название *Ds* (от англ. Dissociation), в то время как второй был необходим для активации процесса, за что был назван *Ac* (от англ. Activator). МакКлинток заподозрила, что *Ac* и *Ds* — мобильные генетические элементы, поскольку не смогла локализовать *Ac*. В некоторых растениях он находился в одном месте, в других — в совершенно ином. Сегодня мы знаем, что *Ac* и *Ds* — это транспозоны (англ. transposable elements, TEs), иногда называемые «прыгающими генами», то есть последовательности ДНК, которые обладают способностью к перемещению (транспозиции) внутри генома.



**Рисунок 1.** Разлом хромосомы 9 кукурузы в месте, содержащем элемент *Ds*.

Транспозоны эукариот делят на два класса в зависимости от механизма перемещения (Рис. 2). К ретротранспозонам (класс 1) относят те из них, транспозиция которых осуществляется с использованием РНК-интермедиата по принципу «копировать и вставить» (англ. copy-and-paste). Для ДНК-транспозонов (класс 2) характерен механизм «вырезать и вставить» (англ. cut-and-paste), при котором исходный ТЕ переносится из донорной последовательности в новый сайт.

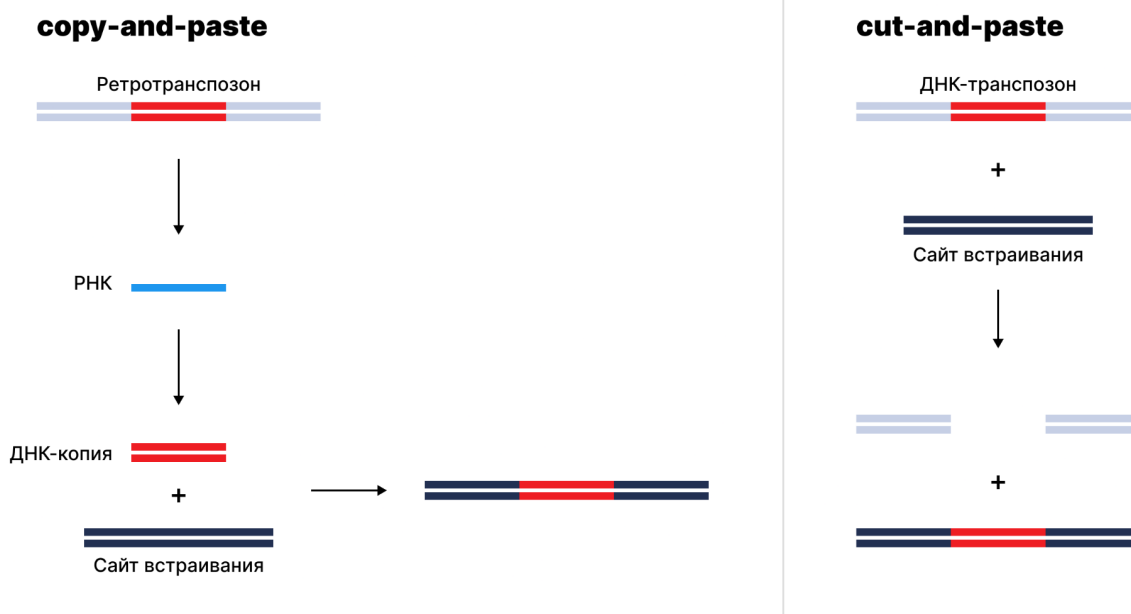
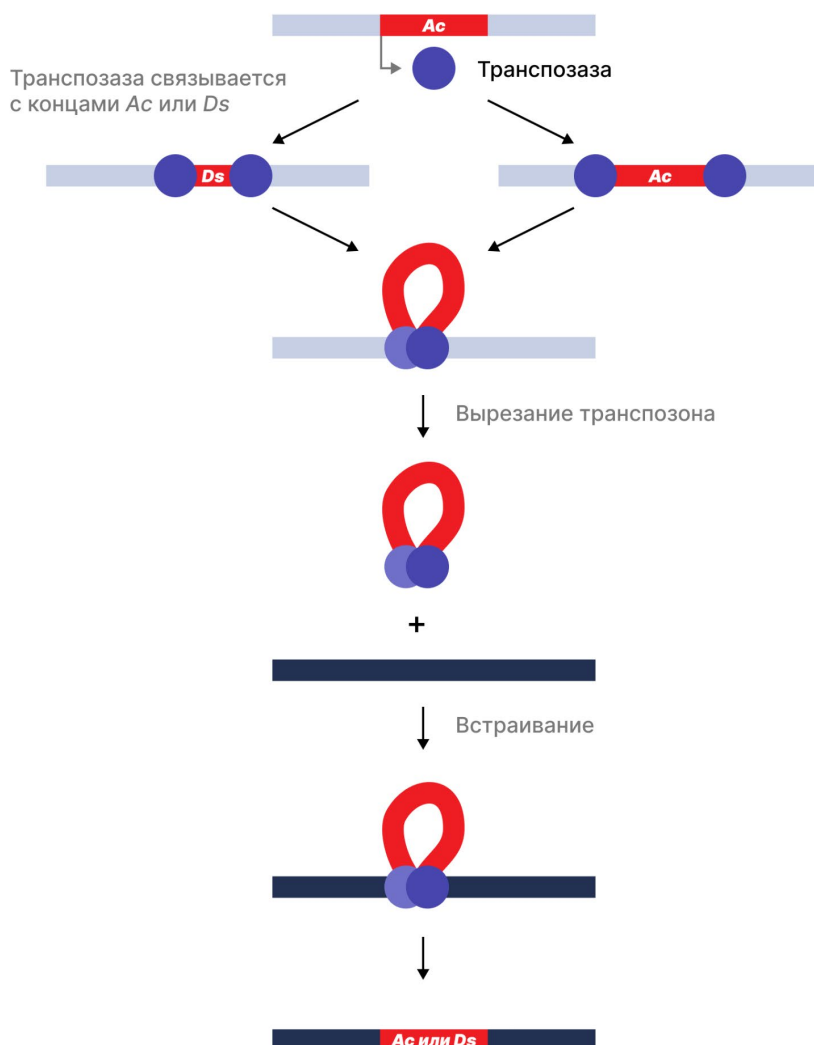


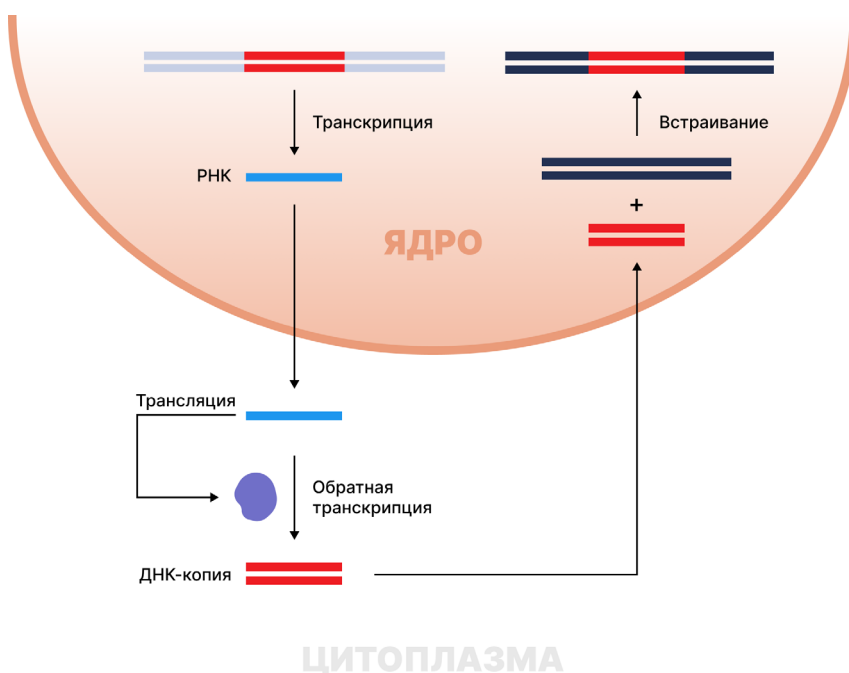
Рисунок 2. Механизмы транспозиции.

Подробнее рассмотрим механизм перемещения ДНК-транспозонов на примере элементов *Ac* и *Ds* (Рис. 3). На концах ДНК-транспозонов расположены инвертированные концевые повторы (англ. *inverted terminal repeats*, ITRs) — последовательности ДНК, с которыми связывается фермент транспозаза. Транспозаза вырезает ТЕ из хромосомной ДНК и переносит его к целевому сайту, где происходит встраивание. *Ac* относится к автономным элементам, поскольку он кодирует собственную транспозазу, и, как следствие, может перемещаться самостоятельно. Напротив, *Ds* является неавтономным, так как он не кодирует транспозазу — для транспозиции ему требуется фермент, кодируемый *Ac*.



**Рисунок 3.** Механизм перемещения ДНК-транспозона на примере *Ac* и *Ds*.

Как было отмечено ранее, перемещение ретротранспозонов протекает по иному механизму. В нем принимают участие не только ферменты, кодируемые ретротранспозоном, но и клеточные компоненты. На первом этапе РНК-полимеразы клетки транскрибируют ДНК ретротранспозона. РНК далее транслируются для получения белков, необходимых при транспозиции. Один из них, обратная транскриптаза, использует молекулы РНК для синтеза двухцепочечных ДНК-копий ретротранспозона, которые затем встраиваются в геном. Транскрипция ДНК ретротранспозона может приводить к образованию множества молекул РНК, что обуславливает способность ТEs класса 1 быстро распространяться и накапливаться в геномах.



**Рисунок 4.** Механизм перемещения ретротранспозона.

Данные секвенирования свидетельствуют о том, что почти половина генома человека состоит из последовательностей транспозонов. Большинство из них — это ретротранспозоны двух типов: длинные автономные LINEs и короткие неавтономные SINEs. Вместе они составляют около 34% нашего генома, тогда как на ДНК-транспозоны приходится лишь 3%. Наиболее распространенный SINE носит название *Alu*, в геноме человека содержится свыше 1 млн его копий. К счастью, многие из транспозонов утратили мобильность вследствие накопления мутаций. Более того, клетки имеют специальные механизмы для подавления активности TE, например, в клетках зародышевой линии экспрессируются короткие РНК (англ. Piwi-interacting RNAs, далее piRNAs), сдерживающие перемещение активных транспозонов. Тем не менее, случайные транспозиции могут приводить к развитию тяжелых заболеваний.

Несмотря на потенциальный вред, транспозоны играют важную роль в эволюции геномов организмов. В процессе мутаций TEs могут приобретать новые функции и свойства, полезные организму, — такое явление получило название «молекулярное одомашнивание». Так, ферменты RAG1 и RAG2, необходимые для синтеза антител, и, как следствие, обеспечивающие формирование приобретенного иммунитета, по современным представлениям произошли от транспозазы.

## Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения (или неверные – в зависимости от формулировки вопроса). Запишите соответствующие им буквы (А-Е) в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

1. Выберите вариант, в котором указана верная последовательность событий, происходящих при перемещении ретротранспозона.
  - A. (1) синтез РНК-интермедиата в ходе транскрипции  
(2) экспорт РНК-интермедиата из ядра в цитоплазму  
(3) взаимодействие РНК-интермедиата с piRNAs  
(4) синтез двухцепочечной ДНК в ходе обратной транскрипции  
(5) импорт двухцепочечной ДНК-копии в ядро  
(6) встраивание ДНК-копии ретротранспозона в геном
  - B. (1) синтез РНК-интермедиата в ходе транскрипции  
(2) экспорт РНК-интермедиата из ядра в цитоплазму  
(3) синтез обратной транскриптазы в ходе трансляции  
(4) синтез двухцепочечной ДНК в ходе обратной транскрипции  
(5) импорт двухцепочечной ДНК-копии в ядро  
(6) встраивание ДНК-копии ретротранспозона в геном
  - C. (1) синтез РНК-интермедиата в ходе транскрипции  
(2) экспорт РНК-интермедиата из ядра в цитоплазму  
(3) синтез транспозазы в ходе трансляции  
(4) импорт транспозазы в ядро  
(5) вырезание ТЕ из хромосомной ДНК  
(6) встраивание ДНК ретротранспозона в новый сайт
  - D. (1) синтез РНК-интермедиата в ходе трансляции  
(2) экспорт РНК-интермедиата из ядра в цитоплазму  
(3) синтез обратной транскриптазы в ходе транскрипции  
(4) синтез двухцепочечной ДНК в ходе обратной транскрипции  
(5) импорт двухцепочечной ДНК-копии в ядро  
(6) встраивание ДНК-копии ретротранспозона в геном
2. Выберите верные утверждения об элементе *Ds*.
  - A. Относится к ДНК-транспозонам
  - B. Относится к ретротранспозонам
  - C. Кодирован транспозазу
  - D. Содержит инвертированные концевые повторы
  - E. Является неавтономным ТЕ
3. К каким последствиям может привести активность ТЕ в геноме?
  - A. Изменение экспрессии гена при встраивании ТЕ в область промотора
  - B. Сдвиг рамки считывания, приводящий к синтезу нефункционального белка
  - C. Утрата фрагмента хромосомы
  - D. Рекомбинация негомологичных хромосом при наличии в них идентичных ТЕs

4. Выберите верные утверждения о транспозонах в геноме человека.
- A. В геноме человека преобладают ТЕ класса 1
  - B. В геноме человека преобладают ТЕ класса 2
  - C. LINEs кодируют обратную транскриптазу
  - D. *Alu* перемещается по механизму «copy-and-paste»
5. Выберите неверные утверждения о механизме «cut-and-paste».
- A. Используется для перемещения LINEs
  - B. Используется для перемещения *Ds*
  - C. Приводит к увеличению числа копий ТЕ в геноме
  - D. Приводит к появлению двухцепочечных разрывов в ДНК
  - E. Задействует транспозазу

**ВНИМАНИЕ! Часть заданий приведена на дополнительном листе. Требуется  
выдачи дополнительного листа с текстом заданий у организаторов в  
аудитории.**





**Особенность заданий № 5-№7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!**

**Задание №5 (16 баллов).**

Известно, что растения могут образовывать на своей поверхности разнообразные выросты, выполняющие широкий спектр функций. А какими функциями могут обладать волоски (одноклеточные и многоклеточные), покрывающие поверхность всего растения или его части? Если можете, для каждой версии приведите по одному примеру.

**Задание № 6 (16 баллов).**

Как можно поставить медицинский диагноз давно умершему человеку – например, деятелю древней или средневековой истории?

**Задание №7 (16 баллов).**

Специалист по внеземным организмам Василий нашел на новой планете неизвестный вид бактерий. В лаборатории на своем космическом корабле он долго изучал этих бактерий и на основе знаний о земных микроорганизмах изобрел препарат, направленный против этого вида. Однако после воздействия препарата бактерии остались невредимыми. Попробуйте объяснить, как такое могло произойти. Учитывайте, что Василий не совершал ошибок в эксперименте, а бактерии были устроены схожим образом с земными.