

Время выполнения заданий — 240 минут.  
Максимальное количество баллов — 100.

**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.**

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

*Внимательно прочитайте текст задания. Найдите ошибки, допущенные при постановке эксперимента и интерпретации результатов. Перечислите их и объясните, почему Вы считаете, что это ошибки. Для каждой ошибки объясните, как нужно было действовать Кате, чтобы получить достоверный ответ на поставленный вопрос.*

Девочка Катя решила определить, насколько сильно загрязняет воздух автозаправочная станция, недавно построенная недалеко от школы. Катя прочитала, что один из самых простых, но информативных методов - это оценка уровня флуктуирующей асимметрии листьев, то есть, определение уровня загрязнения по тому, насколько несимметричными развиваются листья различных растений.

Катя решила использовать листья берёзы, потому что они выглядят достаточно симметричными. Однако у автозаправки нашёлся только пень от спиленной берёзы, который дал обильную поросль. С неё Катя в мае собрала 50 листьев. В начале сентября Катя обсудила свою работу с учителем биологии, и они вместе решили, что нужно взять контрольные образцы из незагрязнённого местообитания для сравнения. В качестве контроля Катя взяла берёзу в городском сквере, также собрав 50 листьев с её ветвей.

В обоих случаях Катя засушивала листья в книге, а затем проводила измерения линейкой. У каждого листа она отмечала точку, расположенную посередине между кончиком и основанием листовой пластинки. От этой точки Катя измеряла кратчайшие расстояния до правого и левого краёв, обозначив их соответственно П и Л. В качестве показателя асимметрии Катя посчитала модуль разности  $|П-Л|$  и определила среднее значение этого модуля для каждой из двух групп (собранных у заправки и в сквере). Оказалось, что в сквере среднее значение показателя  $|П-Л|$  было больше, чем около заправки. Катя сделала вывод, что автозаправка не сильно загрязняет воздух.

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

*Напишите подробное решение и поясните Ваши действия.*

Белки выполняют широчайший спектр функций и имеют различную локализацию в клетке. Одни находятся целиком в цитоплазме, другие частично связаны с мембранами или полностью пронизывают их, иногда многократно. К последнему типу относится примерно 27% всех белков человека. Это разнообразные рецепторы, ферменты и транспортеры. Примером транспортеров могут служить потенциал-зависимые калиевые каналы в мембране. Они осуществляют транспортировку ионов калия, участвуя таким образом в проведении нервного импульса. Одна из разновидностей калиевых каналов сформирована четырьмя молекулами белка KCNQ1. Одна молекула белка KCNQ1 имеет 6 альфа-спиральных участков, каждый из которых пересекает мембрану насквозь, перпендикулярно плоскости мембраны. Молекулярная масса KCNQ1 составляет 74,7 кДа. Вычислите долю аминокислотных остатков белка KCNQ1, участвующих в формировании трансмембранных участков альфа-спиралей. Ответ выразите в процентах.

*Справочная информация:* альфа-спираль имеет шаг 5,4 ангстрем и содержит 3,6 аминокислотных остатка на виток. Толщина мембраны составляет 7 нм. Средняя масса аминокислотного остатка в белке составляет 110 Да, 1 ангстрем = 0,1 нм =  $10^{-10}$  м.

### Задание №3 (11 баллов). Расчетная задача.

*Напишите подробное решение и поясните Ваши действия.*

Окраска оперения у сизых голубей определяется одним геном, локализованным в уникальной части Z-хромосомы. Его доминантный аллель (назовём его  $Z^A$ ) определяет серую окраску, рецессивный ( $Z^a$ ) – коричневую. Гетерозиготы имеют серую окраску.

Половой диморфизм у голубей выражен слабо, поэтому визуально отличить самцов от самок сложно. Исследователи провели подсчёт голубей в городе N, всего насчитав 1017 особей обоего пола. Основная часть голубей – 961 птица – имели серую окраску. Предполагая, что популяция голубей города N. находится в состоянии генетического равновесия, определите доли (в процентах) самцов и самок разной окраски в описанной выборке.

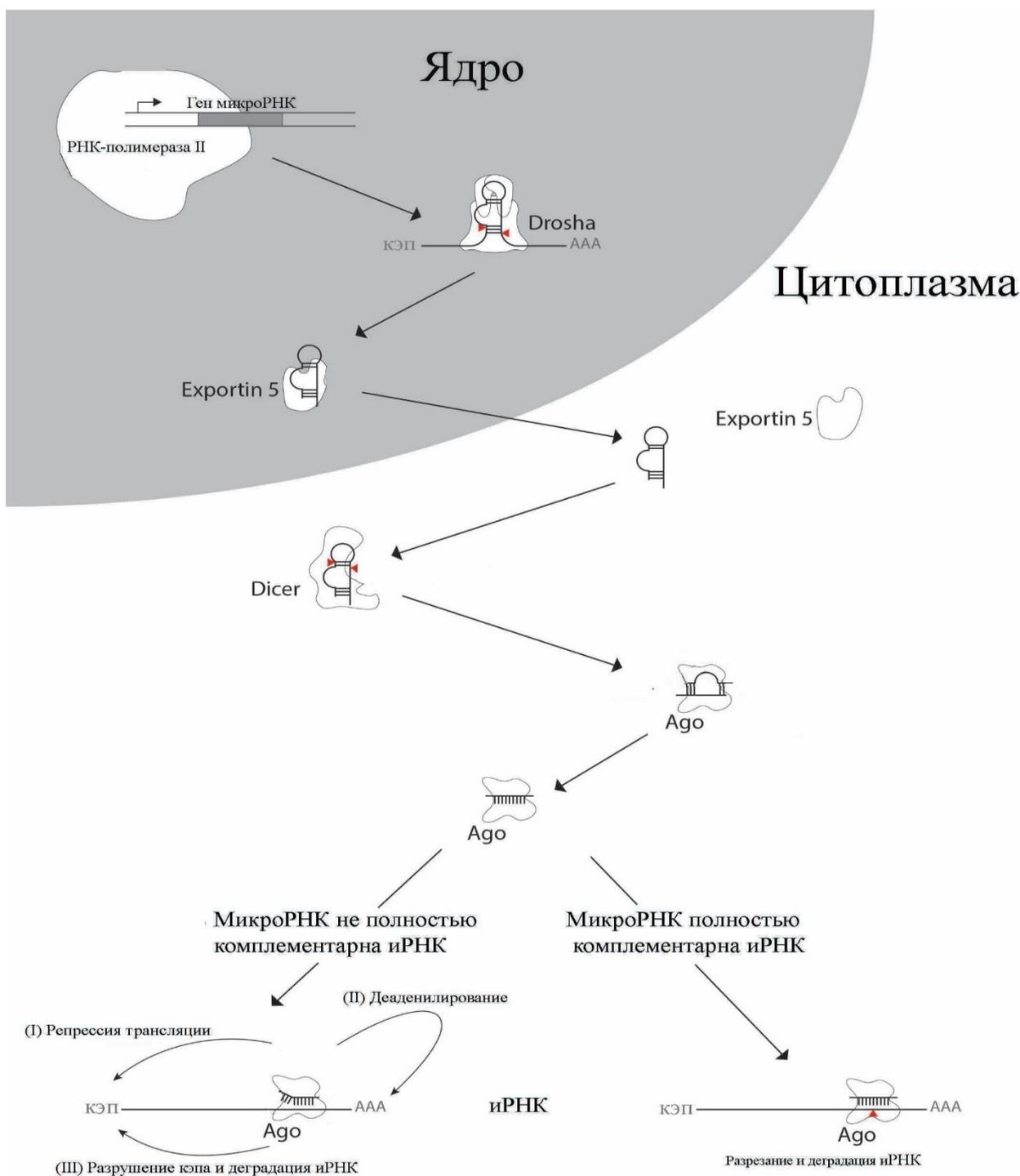
### Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

*Внимательно прочитайте текст и проанализируйте рисунок. Затем начинайте выполнять задания.*

Не все гены кодируют белок. Продуктами некоторых генов являются только молекулы РНК: например, рРНК и тРНК. Такие РНК получили название «некодирующие РНК» (нкРНК). На самом деле, генов нкРНК очень много: примерно столько же, сколько генов белков, а, возможно, даже больше. Например, в геноме человека содержится около 25 000 генов белков и, вероятно, не меньшее число генов нкРНК. Эти РНК обладают удивительным разнообразием функций. Одним из самых больших классов нкРНК являются т.н. микроРНК. У человека их уже известно около 2000, и продолжают обнаруживаться новые. Это короткие нкРНК длиной 21-22 нуклеотида. Они кодируются в геноме в составе более длинных некодирующих генов-предшественников, а также могут располагаться в интронах генов белков. После транскрипции РНК-полимеразой II участок РНК-предшественника, содержащий микроРНК, образует вторичную структуру длиной примерно 60 нуклеотидов, напоминающую шпильку. Эту шпильку (ее называют пре-микроРНК) узнает и вырезает ядерный белок Drosha. Затем пре-микроРНК с помощью белка Exportin 5 транспортируется из ядра в цитоплазму, где ее узнает белок Dicer, который обрезает ее с другой стороны. Образовавшийся короткий 21-22 н. дуплекс присоединяется к белку с красивым названием Аргонавт (Ago), после чего одна из цепей разрушается, а вторая - зрелая микроРНК - остается в комплексе с Ago. МикроРНК в составе этого комплекса может узнавать комплементарные участки иРНК и связываться с ними. В случае, если комплементарность между микроРНК и иРНК полная, белок Ago разрезает иРНК. Таким образом, синтез белка с этой иРНК прекращается, а микроРНК-Ago могут ассоциировать с новой иРНК, разрезая и ее: цикл повторяется вновь и вновь. Однако у животных почти всегда комплементарность между микроРНК и иРНК неполная. В этом случае белок Ago не способен разрезать иРНК, но с ним связываются белки, осуществляющие угнетение трансляции и последующую деградацию иРНК, которая происходит намного менее эффективно, чем в первом случае (см. рисунок). Таким образом регулируется не менее 2/3 всех генов белков человека. То есть для большей части

белков у клетки есть своего рода цифровой ключ, с помощью которого можно индивидуально регулировать интенсивность синтеза каждого белка.

За открытие этого механизма, получившего название РНК-интерференция, ученым Крейгу Меллоу и Эндрю Файру в 2006 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине. Это открытие произвело настоящую революцию в понимании регуляции работы генов и в методах изучения клетки. Были разработаны и в настоящее время широко используются т.н. сиРНК (siRNAs, small interfering RNAs – малые интерферирующие РНК) – РНК размером 22 нуклеотида, полностью комплементарные фрагменту выбранного гена. При добавлении в клетку они образуют комплекс с белком Ago, связываются с иРНК-мишенью, которая затем разрезается белком Ago. Один такой комплекс Ago-сиРНК может разрезать много иРНК, что эффективно подавляет трансляцию иРНК выбранного гена. Теперь у ученых есть очень тонкий инструмент, позволяющий изучать функции отдельных белков в клетке.



**Задания**

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите их в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

**1. Выберите варианты, верно описывающие последовательность событий, происходящих в ходе созревания микроРНК.**

А. Транскрипция гена микроРНК РНК-полимеразой II - транспорт пре-микроРНК в цитоплазму с помощью белка Exportin 5 - вырезание пре-микроРНК белком Drosha - разрезание Dicer - ассоциация микроРНК-дуплекса с белком семейства Ago - разрушение одной цепи дуплекса - комплементарное взаимодействие связанной с Ago зрелой микроРНК с иРНК-мишенью - репрессия трансляции иРНК - разрушение поли(А)-последовательности на 3'-конце иРНК - разрушение кэпа и деградация иРНК.

Б. Транскрипция гена микроРНК РНК-полимеразой II - вырезание пре-микроРНК белком Drosha - транспорт пре-микроРНК в цитоплазму с помощью белка Exportin 5 - разрезание Dicer - ассоциация микроРНК-дуплекса с белком семейства Ago - разрушение одной цепи дуплекса - комплементарное взаимодействие связанной с Ago зрелой микроРНК с иРНК-мишенью - репрессия трансляции иРНК - разрушение поли(А)-последовательности на 3'-конце иРНК - разрушение кэпа и деградация иРНК.

В. Транскрипция гена микроРНК РНК-полимеразой II - вырезание пре-микроРНК белком Drosha - разрезание Dicer - комплементарное взаимодействие связанной с Ago зрелой микроРНК с иРНК-мишенью - ассоциация микроРНК-дуплекса с белком семейства Ago - репрессия трансляции иРНК - разрушение поли(А)-последовательности на 3'-конце иРНК и деградация иРНК.

Г. Транскрипция гена микроРНК РНК-полимеразой II - вырезание пре-микроРНК белком Drosha - разрезание Dicer - ассоциация микроРНК-дуплекса с белком семейства Ago - комплементарное взаимодействие иРНК-мишени с комплексом одноцепочечная микроРНК-Ago - репрессия трансляции иРНК - деградация иРНК.

Д. Транскрипция гена микроРНК РНК-полимеразой II - вырезание пре-микроРНК белком Drosha - транспорт пре-микроРНК в цитоплазму с помощью белка Exportin 5 - разрезание Dicer - ассоциация микроРНК-дуплекса с белком семейства Ago - разрушение одной цепи дуплекса - комплементарное взаимодействие связанной с Ago зрелой микроРНК с иРНК-мишенью - разрушение поли(А)-последовательности на 3'-конце иРНК - репрессия трансляции иРНК - разрушение кэпа и деградация иРНК.

**2. В отличие от микроРНК, сиРНК для успешного функционирования не нужно взаимодействовать с:**

А. Exportin 5

Б. Dicer

В. Ago

Д. Drosha

Г. иРНК

**3. У вас есть фрагмент гена, к которому вы хотите подобрать сиРНК: 5'AGCCSTAGTGGGATCCAGTTTCGGA 3' (в соответствии с общепринятыми правилами последовательность гена приведена в направлении от 5'-конца к 3'-концу). Выберите из приведенных ниже все правильные последовательности сиРНК.**

- А. 5' CGGGAUCACCCUAGGUCAAAGC 3'  
Б. 5' UCCGAAACUGGAUCCCACUAGG 3'  
В. 5' CGAAACUGGAUCCCACUAGGGC 3'  
Г. 5' GAAACTGGATCCCAC TAGGGCT 3'  
Д. 5' CCGAAACUGGAGCCCACUUGGG 3'

**4. Известно, что при введении в клетку сиРНК уменьшается не только синтез белка с иРНК-мишени, но и изменяется интенсивность синтеза десятков других белков (и увеличивается, и уменьшается). С чем это связано?**

- А. СиРНК связываются с Dicer, так как очень похожи на его естественные субстраты. В результате клеточные микроРНК не могут взаимодействовать с Dicer, что приводит к нарушению их нормального созревания и функции.
- Б. СиРНК конкурируют с клеточными микроРНК за связывание с белками Ago. В результате часть клеточных микроРНК оказывается не связанными с Ago и не может функционировать.
- В. СиРНК могут иметь частичную комплементарность с нецелевыми мРНК. В этом случае они будут функционировать как микроРНК, подавляя трансляцию нецелевых иРНК.

**5. Онкологические заболевания (рак) - это заболевания, связанные с неконтролируемым делением и ростом клеток и выключением механизмов гибели мутировавших клеток. Известно, что мутации в микроРНК могут приводить к развитию онкологических заболеваний. Мутации в каких из перечисленных микроРНК могут повышать риск развития онкологических заболеваний? Выберите наиболее подходящие ответы.**

- А. МикроРНК, комплементарная иРНК гена, подавляющего апоптоз (программируемую клеточную смерть).
- Б. МикроРНК, комплементарная мРНК гена, участвующего в запуске М-фазы клеточного цикла.
- В. МикроРНК, комплементарная иРНК гена, временно блокирующего S-фазу клеточного цикла в случае обнаружения повреждений ДНК.

**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 (15 баллов)** Для паразитических животных характерны дегенерация различных органов и наличие приспособлений к жизни в организме хозяина. Помимо паразитических животных, известно огромное число патогенных микроорганизмов. А что может исчезнуть или упроститься в связи с паразитизмом у них, и какие адаптации к паразитизму у них есть?

**Задание №6 (18 баллов).** Известно, что у некоторых бабочек присутствует половой диморфизм: самцы окрашены намного ярче самок, вследствие чего более заметны. Такие различия сформировались в результате полового отбора и требуются для привлечения самок: наиболее привлекательные самцы имеют большие шансы оставить потомство.

Однако у этого явления есть и обратная сторона: яркоокрашенных бабочек проще заметить хищникам. Предположите, какие адаптации могут выработать самцы таких бабочек, чтобы сохранять яркую окраску, не подвергая при этом свой вид риску чрезмерного выедания хищниками.

**Задание №7 (18 баллов).** Группа студентов провела два месяца летней практики на биостанции за пределами города. Все студенты жили в одном и том же доме, питались в столовой, посещали одни и те же занятия. После возвращения с практики обнаружилось, что у одного из студентов авитаминоз, а у другого – гипervитаминоз, причем по одному и тому же витамину. С чем это может быть связано?