

Всесибирская олимпиада по биологии 2021–2022.

Третий этап. 6 марта 2022 года.

10 класс

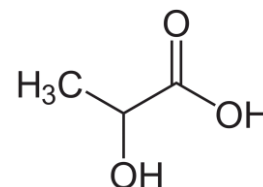
Время выполнения задания – 4 часа.

Задача 1. «Беги, Форрест! Беги» (27 баллов)

«С этого дня я больше не мог ходить. Я мог только бежать»

Форрест Гамп

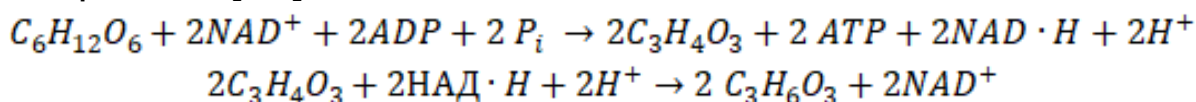
Форрест решил поучаствовать в ежегодном марафоне города Гринбоу, штата Алабама. Он пробежал всю дистанцию и был очень доволен результатом. Придя домой, он почувствовал неприятное жжение в мышцах. Форрест был очень любопытным, поэтому обратился к учебной литературе по биологии в желании найти ответ на свой вопрос. Он выяснил, что дискомфорт вызван накоплением соединения **А** в его мышцах. Формула соединения **А** показана справа.



Задание 1. Назовите **соединение А**, которое доставило неудобства нашему герою.

Известно, что **соединение А** образуется в организме в результате **процессов Б₁ и Б₂**.

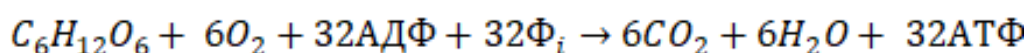
Уравнения **процессов Б₁ и Б₂**:



Дайте названия процессов, которые привели к излишнему накоплению **соединения А** в мышечных клетках Форреста. Почему после выполнения тяжелой физической нагрузки в мышцах накапливается большое количество **соединения А**?

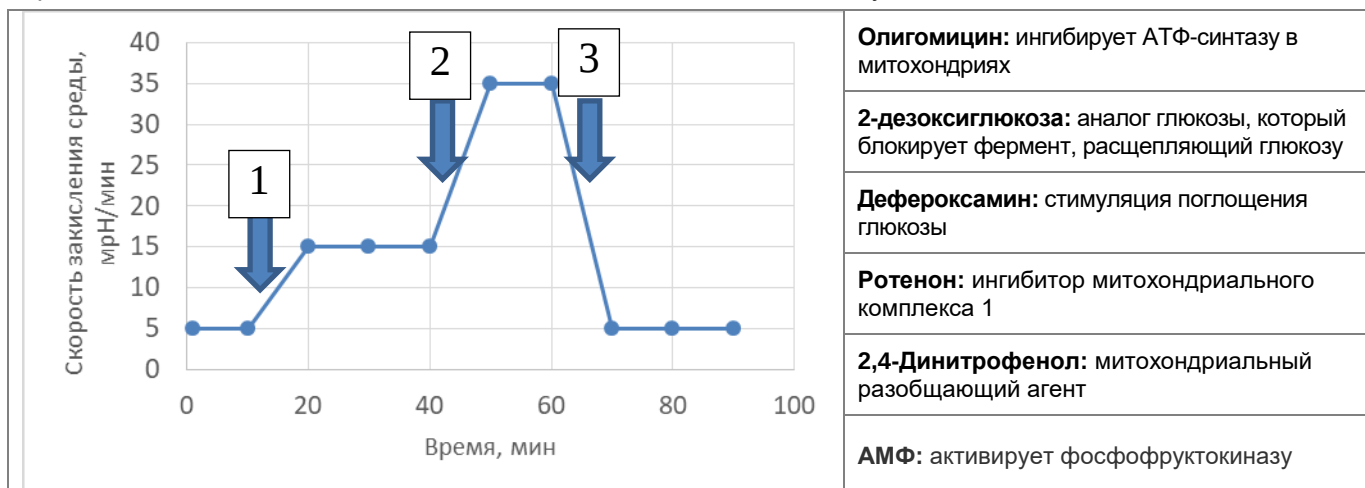
Задание 2. Известно, что при полном сгорании в условиях изолированной системы 1 моль глюкозы выделяет приблизительно 686 ккал энергии в виде тепла. При клеточном катаболизме часть этой энергии идёт на образование АТФ, при этом в одном моле АТФ запасается 7 ккал энергии. Рассчитайте, какой процент запасённой в глюкозе энергии будет преобразован в энергию химических связей АТФ при **процессе Б₁**.

Задание 3. В обычном состоянии работы мышц в них происходит другой процесс - **процесс В**:



Дайте название этого процесса и рассчитайте его КПД. Почему КПД не достигает 100%?

Задание 4. Исследователи изучали прохождение **процессов Б и В** в клетках. Оказалось, что многие клетки способны переходить с одного типа получения энергии на другой для наиболее эффективной адаптации. Исследователи добавляли различные вещества к культуре клеток и снимали показатели скорости закисления среды. Активность какого процесса отражает закисление среды? (ответ поясните) Подумайте, добавление каких веществ могло привести к переходу клеток в состояния, отмеченные на диаграмме стрелками 2 и 3, если в точке 1 была добавлена глюкоза. В таблице укажите 2 или 3 и поясните ответ.



Задача 2. Interstellar (20 баллов)

В далёком будущем, где уже стали доступны межзвёздные путешествия, жил Дмитрий. Дмитрий не любил биологию и постоянно прогуливал ее в школе, зато с удовольствием посещал уроки математического моделирования. Отучившись в университете на программиста, через несколько лет он попал в экспедицию к планете из другой звёздной системы. Планета считалась безжизненной, поэтому биологов в экспедиции не было. Но после приземления члены отряда обнаружили, что земля вокруг корабля плотно покрыта пятнами и разводами красного, синего и жёлтого цветов, площадь которых менялась в течение дня. Было доказано, что каждый цвет обеспечивается колониями микроорганизмов одного вида, и изменения площади пятен происходят из-за изменения численности этих организмов. Но про их питание и образ жизни ничего не было известно.

В последний день члены экспедиции узнали, что одна из их задач - доставить все виды к Солнечной системе для изучения. Но без биологических знаний задача оказалась сложной. Например, если красный вид питается синим, их нужно поселить вместе. Но вероятность того, что виды будут сосуществовать в контейнере так же устойчиво, как в природе, неизвестна: хищник может полностью уничтожить жертву и погибнуть сам. Тогда, чтобы гарантированно довести хотя бы синий вид, часть его особей нужно посадить отдельно от красного. Возможны и любые другие известные варианты взаимоотношений между организмами.

У экспедиции было только 3 контейнера для биологических объектов, в которых можно было создать условия этой планеты. В спешке было решено сажать в них виды наугад, но Дмитрию удалось собрать данные, которые, как он утверждает, могут позволить сделать это осмысленно. В течение дня он фотографировал поверхность вокруг корабля и с помощью компьютера высчитывал площадь, занимаемую организмами каждого вида. В итоге он узнал, как меняется численность каждой пары видов с течением времени и даже вспомнил названия известных популяционных моделей, но всё ещё не может определиться с результатом. Помогите Дмитрию.

— Красный вид
— Желтый вид
— Синий вид

Вопрос 1. Соотнесите каждый график с одной наиболее похожей на него группой известных математических моделей из списка в бланке ответов. Если вы считаете, что одна и та же цифра соответствует нескольким графикам - используйте её несколько раз.

Вопрос 2. Предположите, какие виды являются) автотрофом (автотрофами)?. Обоснуйте свой выбор.

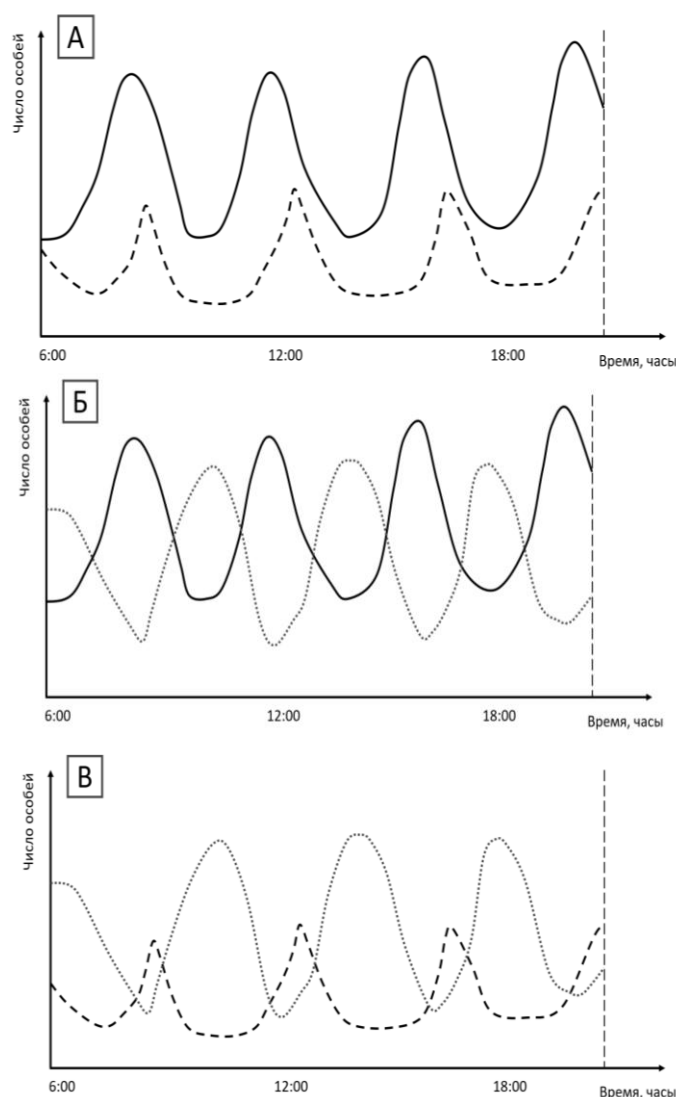
Вопрос 3. Опишите причины колебаний численности для каждого графика.

Вопрос 4. Предложите способ рассадки видов по трём контейнерам, при котором шансы довести всех максимальны. В один контейнер можно помещать от 1 до 3 видов.

Вопрос 5. Ответьте на некоторые теоретические вопросы команды, возникшие в ходе обсуждения.

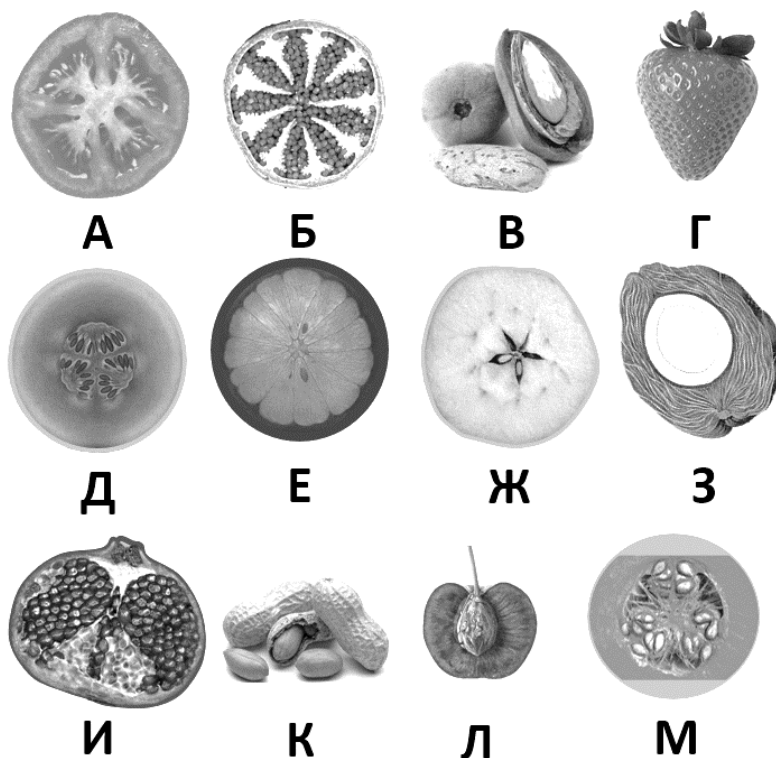
а) Почему хищники в природе никогда не размножаются так, что съедают всех своих жертв, ведь часто самих хищников никто не ест?

б) За какие типы ресурсов могут конкурировать разные виды (не обсуждаемые сейчас, а любые)?



Задача 3. В карпологии рыб не изучают (34 балла)

Карпология – «вкусная» наука, изучающая строение, многообразие и распространение плодов. Ниже представлены плоды известных растений.



Соотнесите плод (**А–М**) с соответствующим видовым/родовым названием растения (**1–12**). Для каждого плода напишите его правильное ботаническое название, а также укажите расположение завязи (**В** – верхняя, **Н** – нижняя), из которой впоследствии и разовьется плод. Ответьте на вопросы ниже.

Названия растений:

- 1) дыня (*Cucumis melo*);
- 2) гранат (*Punica*);
- 3) апельсин (*Citrus × sinensis*);
- 4) мак (*Papaver*);
- 5) арахис подземный (*Arachis hypogaea*);
- 6) яблоня (*Malus*);
- 7) тыква (*Cucurbita*);
- 8) миндаль обыкновенный (*Prunus dulcis*);
- 9) вишня (*Prunus subg. Cerasus*);
- 10) кокосовая пальма (*Cocos nucifera*);
- 11) земляника (*Fragaria*);
- 12) помидор (*Solanum lycopersicum*).

Вопрос 1. Какими способами распространяются плоды у кокосовой пальмы? Что такое кокосовое молоко с ботанической точки зрения?

Вопрос 2. Родиной арахиса считается Южная Америка. Цветки этого растения расположены над землей, но после оплодотворения начинается рост ножки завязи – *гинофора*, который сильно удлиняется и врастает в почву (примерно на 8 см). Только после того, как *гинофор* оказался в почве, из оплодотворенного цветка формируется плод. В чем заключается возможный биологический смысл созревания плодов арахиса под землей?

Вопрос 3. Дуэйн Джонсон разрезал яблоко на две половинки, на одну половинку он накапал свежим апельсиновым соком, после чего обе половинки оставил на столе. Спустя некоторое время он заметил, что одна половинка яблока потемнела, а другая осталась почти такой же светлой. Дуэйн Джонсон знал, что яблоко темнеет из-за работы фермента полифенолоксидазы. Исходя из названия данного фермента, объясните, наблюдаемое им явление.

Задача 4. Здесь изучают рыб (32 балла)

Снижение уровня растворенного кислорода в воде часто является причиной массовых заморов рыб, что очень сильно вредит как аквакультурным, так и промысловым рыбным хозяйствам. В такие моменты к тканям рыб не поступает достаточное количество кислорода, что приводит к угнетению жизненных процессов и, в конечном итоге, к гибели организма.

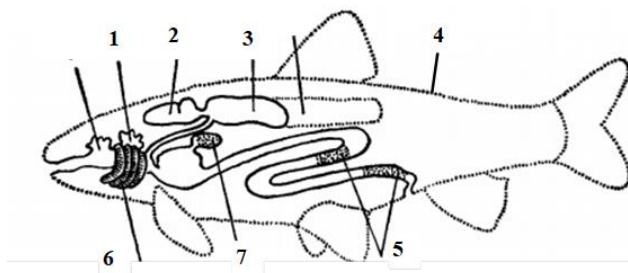
Вопрос 1. Назовите возможные причины снижения уровня кислорода в воде (в естественных водоемах), заполните таблицу.

Некоторые виды рыб обладают повышенной толерантностью к снижению уровня кислорода в воде, ввиду различных стратегий адаптации. Наивысшим пределом толерантности к недостатку кислорода обладает всем известный серебряный карась (*Carassius gibelio*), вид, способный выдерживать месяцы недостаточного уровня кислорода в воде.

Вопрос 2. Используя подсказки в таблице, опишите, какие механизмы и различные особенности строения или физиологии могут использовать рыбы для того, чтобы пережить неблагоприятный период недостатка кислорода в воде.

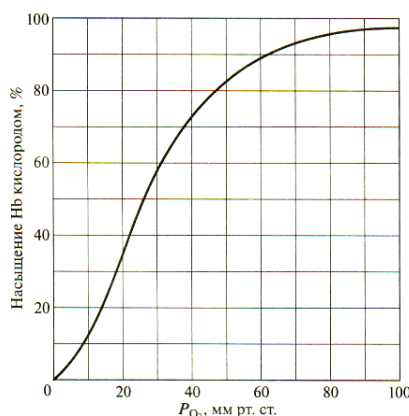
Многие рыбы в качестве адаптации к низкому содержанию кислорода в воде имеют органы воздушного дыхания, позволяющие им дышать атмосферным воздухом.

Вопрос 3. На рисунке приведены органы водного и воздушного дыхания у рыб. Дайте названия органам, соотнесите их с типом дыхания (водным или воздушным, возможно с тем и другим). Укажите какому типу относятся органы **воздушного** дыхания у африканского многопера *Polypterus* (А), илистого прыгуна *Periophthalmus* (Б), лабиринтовой рыбы-ползуна *Anabas* (В) и обыкновенного вьюна *Misgurnus fossilis* (Г)



Вопрос 4. Одним из видов приспособления к низкому содержанию кислорода может быть повышение сродства гемоглобина к кислороду. На графике приведена кривая диссоциации оксигемоглобина. Нарисуйте, как будет выглядеть эта кривая для гемоглобина с повышенным сродством к кислороду. Ответ поясните.

Известно, что снижение pH приводит к сдвигу данной кривой вправо. Как вы думаете, к каким последствиям относительно выживания рыб приведет закисление воды в водоеме (рассмотрите только в аспекте дыхания)?



Вопрос 5. В 1928 году биолог по имени Дитлеф Рустед поймал необычную рыбу на берегу острова Буве в Антарктике. Эта рыба, которая получила название «ледяная рыба» (*Champscephalus gunnari*), оказалась представителем рыб семейства *Channichthyidae*, практически все представители которого **лишены гемоглобина и красных кровяных телец**. Ученые считают, что это произошло в результате «поломки» гена, необходимого для синтеза гемоглобина. Назовите две причины, которые сделали возможным выживание таких рыб именно в холодных водах Антарктики. Укажите, какие еще изменения (не менее трех) в строении тела должны были произойти, чтобы они выжили. Объясните причину.

Задача 5. Серебристо-голубой мех (25 баллов) начало

В 1931 году американский фермер В. Виттингем впервые в истории пушного звероводства сообщил о рождении норки серебристо-голубого окраса. Детёныш был получен от родителей дикого типа, имеющих коричневый мех.

В дальнейшем гибридологический анализ показал, что от скрещивания серебристо-голубых норок с норками дикого типа можно получить либо всех коричневых детёнышей, либо коричневых и серебристо-голубых в соотношении 1:1. При скрещивании серебристо-голубых норок между собой коричневые детёныши никогда не появляются.

Задание 1. Приведите схемы скрещивания (со всеми генотипами, фенотипами и гаметами), показывающие, почему в некоторых случаях от скрещивания норок дикого типа с серебристо-голубыми можно наблюдать расщепление 1:1 (схема 1 в бл. ответов), а в некоторых – единообразие гибридов (схема 2 в бл. ответов).

Доминантный аллель гена обозначьте буквой *E*, а рецессивный – *e*.

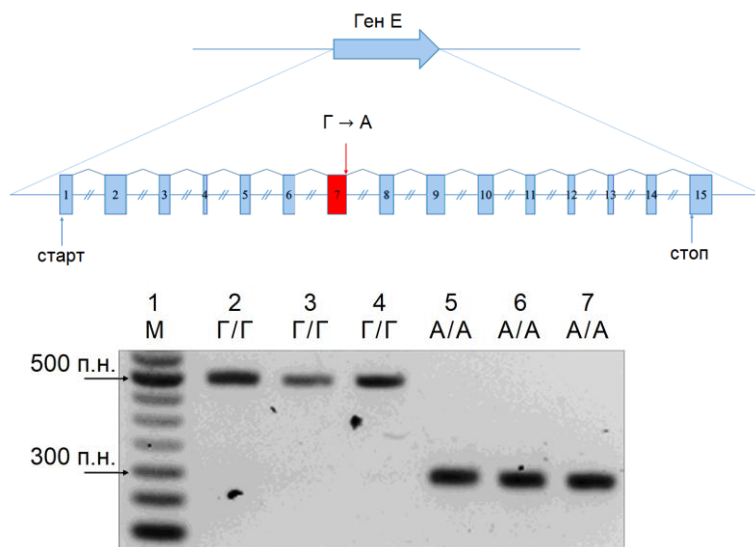
Какой характер наследования имеет серебристо-голубой окрас?

Молекулярно-биологические исследования показали, что ген *E* имеет 15 экзонов. Сравнение первичной структуры ДНК данного гена у норок дикого типа и серебристо-голубых показало, что серебристо-голубой окрас является следствием мутации – однонуклеотидной замены $\Gamma \rightarrow A$. Замена произошла в сайте сплайсинга седьмого экзона.

Далее исследователи выделили зрелые (прошедшие сплайсинг) иРНК гена *E* из клеток норок дикого типа и серебристо-голубых, подвергли обратной транскрипции и получили комплементарную ДНК (кДНК), которую исследовали методом ПЦР и электрофореза в агарозном геле.

Дорожки 2–4 – кДНК норок дикого типа.

Дорожки 5–7 – кДНК серебристо-голубых норок.



Задание 2. Рассмотрите электрофореграмму и ответьте на вопросы.

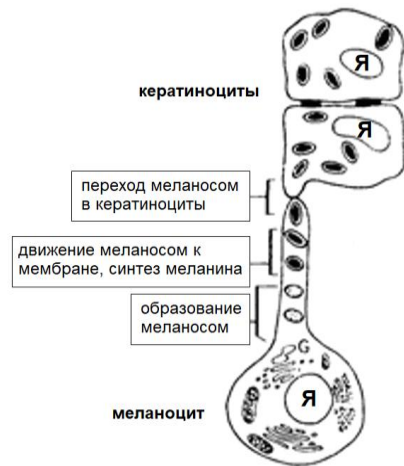
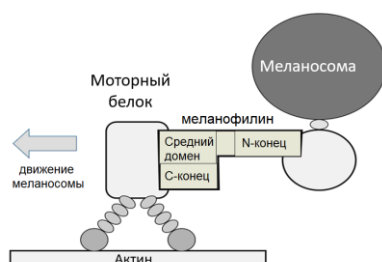
2.1. Что нанесено на дорожку 1, почему она необходима при исследовании ДНК методом гель-электрофореза?

2.2. Предположите, что происходит с иРНК гена *E*, в случае наличия мутации $\Gamma \rightarrow A$.

2.3. Возможно ли увидеть различия, вызванные действием мутации, если для гель-электрофореза использовать не кДНК, а ДНК, выделенную из волоса́ных фолликулов норок? Ответ обоснуйте.

Ген *E* кодирует белок меланофин, ответственный за транспорт особых внутриклеточных везикул (меланосом), содержащих пигмент меланин, придающий окраску волосу. Меланосомы образуются в пигментных клетках (меланоцитах), а затем переносятся в клетки кожного эпидермиса (кератиноциты) и клетки волоса́ных фолликулов, что придаёт цвет коже и волосам.

Меланофин имеет три домена связывания: N-концевой домен для связывания с меланосомой; средний и C-концевой домены для связывания с моторным белком. Причём если моторный белок не свяжется с C-концевым доменом, он не сможет взаимодействовать с актиновыми филаментами.



Дальнейшие исследования показали, что замена $\Gamma \rightarrow A$ в сайте сплайсинга седьмого экзона приводит к сдвигу рамки считывания и формированию преждевременного стоп-кодона в восьмом экзоне.

Задача 5. Серебристо-голубой мех (25 баллов) *окончание*

Задание 3. Зная, что пептид выходит из рибосомы N-концом вперёд, отметьте знаком «+» правильные утверждения и знаком «–» ошибочные.

- 3.1. Однонуклеотидная замена Г → А нарушает процесс транскрипции;
- 3.2. Однонуклеотидная замена Г → А нарушает процессинг иРНК;
- 3.3. Сдвиг рамки считывания, вызванный заменой Г → А, приводит к замене абсолютно всех аминокислот в белке;
- 3.4. У серебристо-голубых норок в иРНК отсутствуют все экзоны, следующие за восьмым, так как в восьмом экзоне содержится стоп-кодон;
- 3.5. У серебристо-голубых норок и норок дикого типа N-концевая часть меланофилина имеет одинаковую аминокислотную последовательность;
- 3.6. У серебристо-голубых норок нарушено взаимодействие актина с моторным белком;
- 3.7. Меланофилин является пигментом и придаёт серебристо-голубую окраску волосу;
- 3.8. Однонуклеотидная замена Г → А влияет на количество пигмента меланина в меланосоме.

Белок меланофилин имеет третичную структуру в форме глобулы, в составе которой преобладают α-спирали. Компьютерное моделирование пространственной структуры меланофилина показало, что участок белка между аминокислотами 440 и 483 (входит в состав среднего домена) у норок дикого типа укладывается в α-спираль. Исследователи предположили, что спиральная структура необходима для связывания меланофилина с моторным белком.

Для того чтобы экспериментально подтвердить свою гипотезу, учёные перевели меланоциты норки дикого типа в культуру клеток. Затем они внесли одну однонуклеотидную замену в ген E, что привело к замене треонина на пролин в 460 положении белка.

Поскольку в культуре клеток невозможно увидеть цвет меха, исследователи изучили поведение меланосом в меланоцитах при помощи микроскопа. Было обнаружено, что в клетках дикого типа меланосомы перемещаются из области, близкой к ядру, в сторону клеточной мембраны и располагаются по всему объёму, а в клетках с искусственно внесённой мутацией находятся вблизи ядра и занимают не более 30% клеточного объёма. Окрашивание при помощи антител показало, что меланофилин связан с меланосомами и в клетках дикого типа, и в клетках с мутацией.

Задание 4. Проанализируйте ход эксперимента и его результаты и ответьте на вопросы. При необходимости используйте таблицу генетического кода.

4.1. Какую единственную однонуклеотидную замену внесли исследователи в ДНК клеток меланоцитов, чтобы в 460 положении меланофилина аминокислота треонин заменилась на аминокислоту пролин? Ответ поясните.

4.2. Как в результате внесения мутации изменилась пространственная структура молекулы меланофилина на участке между 440 и 483 аминокислотами? Ответ поясните.

4.3. Объясните разницу в распределении меланосом в клетках дикого типа и в клетках с искусственно внесённой мутацией.

Мутации, нарушающие функцию меланофилина, описаны и у других животных и у человека. Во всех случаях нарушение функции белка приводит к ослаблению окраски кожи и волос. Чем сильнее нарушена функция меланофилина, тем светлее получается окраска.

Предположим, вы получили чистую линию норок, гомозиготных по искусственно внесённой мутации. Животные имеют ещё более светлый мех, назовём его искристый.

Задание 5. Введите обозначения, помня о том, что мутация внесена в ген E. Приведите схемы скрещиваний, которые вы поставите для выяснения характера наследования искристого меха по отношению к окрасу дикого типа и серебристо-голубому. Приведите возможные варианты взаимодействия этих аллелей и соответствующего проявления фенотипов в полученных гибридах.

Таблица генетического кода

Первая буква в кодоне	Вторая буква в кодоне				Третья буква в кодоне
	У	Ц	А	Г	
У	фен	сер	тир	цис	У
	фен	сер	тир	цис	Ц
	лей	сер	стоп	стоп	А
	лей	сер	стоп	трп	Г
Ц	лей	про	гис	арг	У
	лей	про	гис	арг	Ц
	лей	про	гли	арг	А
	лей	про	гли	арг	Г
А	иле	тре	асн	сер	У
	иле	тре	асн	сер	Ц
	иле	тре	лиз	арг	А
	мет	тре	лиз	арг	Г
Г	вал	ала	асп	гли	У
	вал	ала	асп	гли	Ц
	вал	ала	глу	гли	А
	вал	ала	глу	гли	Г

Желаем успехов в выполнении заданий!