

# ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

## ВТОРАЯ ЧАСТЬ: 13.30 - 16.30

---

### Инструкции

Каждая часть состоит из 46 вопросов, на которые Вы будете отвечать на компьютере.

Вы **ДОЛЖНЫ** ответить на **ВСЕ** части **ВСЕХ** вопросов. В заданиях с несколькими утверждениями, вы должны отметить каждое утверждение как верное или неверное. В каждом вопросе любое число утверждений может быть верным, в том числе могут быть верны как все утверждения, так и ни одно из них. При расчетах вы должны выбрать число, ближайшее к правильному ответу. Если вы не уверены, попробуйте угадать: за неверные ответы баллы сниматься не будут, но вы можете получить дополнительные баллы, если угадаете.

За каждый правильный ответ Вы получите 1 балл. За каждый неправильный или отсутствующий ответ Вы получите 0 баллов.

**Старайтесь** отвечать на вопросы **ПО ПОРЯДКУ**, но Вы сможете вернуться к тем вопросам, на которые не смогли ответить сразу. Вы можете отметить такие вопросы флажком. Вы также можете увидеть, на сколько вопросов Вы уже ответили, открыв панель содержания с левой стороны. В некоторых случаях идеи, которые вы рассматривали в предыдущих вопросах могут помочь вам ответить на последующие вопросы.

Некоторые рисунки можно увеличить, нажав на них.

Вы можете поменять язык задания, выбрав его в правом верхнем углу экрана.

Вы должны творчески использовать информацию, данную вам в каждом вопросе, но ни один из вопросов не требует очень специализированных или технических знаний.

Вы обязаны взять с собой на тест следующее:

- "Одобренный" калькулятор
- Ручку или карандаш
- Вам будет дана бумага для черновика. Вам запрещается приносить или выносить какую-либо бумагу в/из аудиторию/и. Копия этого файла будет доступна на первой странице обеих частей теоретического теста.

## Правила

Вам запрещено переговариваться или как-то иначе общаться с любыми участниками на протяжении всего теста.

Вам запрещено открывать любые другие окна на компьютере.

Во время теста вам запрещено пользоваться любой информацией, которая может помочь Вам ответить на вопросы нечестным путем.

Если вам требуется помощь гида, Вы должны поднять руку, не поворачивая при этом голову, пока не получите дальнейших указаний.

Вам запрещается покидать свое рабочее место за компьютером помощи гида.

Если у вас возникли технические проблемы, Вы должны сообщить об этом gidу НЕМЕДЛЕННО.

**Желаем удачи!**

# НАУЧНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВАМ ПРИГОДИТЬСЯ

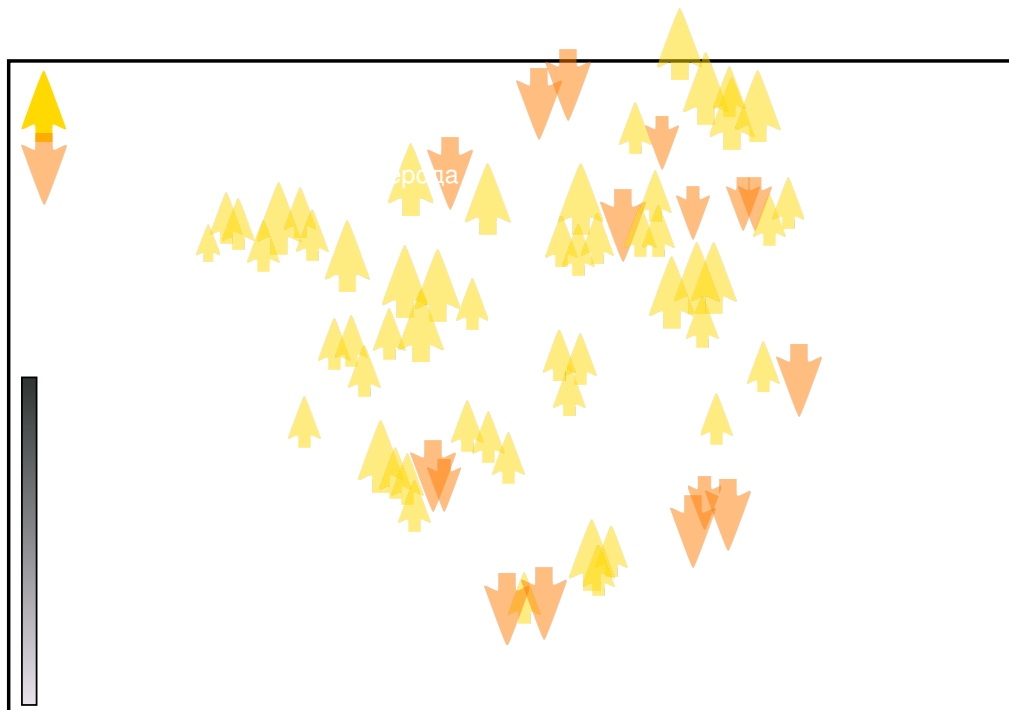
<b>WT</b>	Во всех случаях, WT означает дикий тип. Организмы дикого типа не подвергались генетическим манипуляциям, а также не были выбраны из-за своих конкретных генетических особенностей.
<b>Нокаут</b>	Термин "нокаут" относится к организму, у которого специфический ген, о котором идет речь в вопросе, мутирован таким образом, что продукт этого гена не образуется.
<b>Гаплотип</b>	<p>Гаплотип - это комбинация аллелей, расположенных на одной молекуле ДНК.</p> <p>Например, если гены A, B, C, D и E расположены на одной хромосоме, и каждый из генов имеет по два аллеля, этот участок генома может иметь множество разных гаплотипов (AbCdE, abcDE, ABCde и т.д.). Если эти локусы генетически тесно сцеплены между собой, то некоторые гаплотипы будут встречаться в популяции чаще, чем ожидалось бы при случайной комбинации аллелей. Т.е. конкретные аллели одного гена будут, как правило, встречаться вместе с конкретными аллелями сцепленных с ними генов.</p> <p>Мутации в таком участке приводят к образованию новых гаплотипов из старых. Мейотический кроссинговер в пределах рассматриваемого участка разрушает существующие гаплотипы и случайными образом перекомбинирует аллели, со временем приводя к исчезновению ассоциации между аллелями.</p>
<b>mmHg</b>	Миллиметр ртутного столба. Биологи обычно используют mmHg в качестве единицы давления. Давление mmHg, прямо пропорционально давлению в паскалях или в смH <sub>2</sub> O (сантиметрах водяного столба), но значения в mmHg обычно округляются в большинстве биологических исследований.
<b>Парциальное давление (P<sub>газ</sub>)</b>	<p>Парциальное давление газа в растворе - это парциальное давление, которое имел бы данный газ в воздухе, который находится в равновесии с этим раствором. Например, парциальное давление кислорода в стакане с водой, длительное время находящимся в контакте с атмосферным воздухом, также составит 160 мм рт.ст. Поэтому парциальное давление используется биологами чтобы оценивать скорость и направление переноса газов и состояние равновесия.</p> <p>Парциальное давление НЕ ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНО концентрации газа в растворе. Концентрация зависит от парциального давления, растворимости, температуры и т.д.</p>
<b>Экспрессия</b>	<p>Многие гены транскрибируются, в результате чего образуется РНК, которая потом транслируется в полипептид. Полипептид принимает определенную конформацию и может быть модифицирован, в результате чего образуется функциональный белок. Если не указано иное, уровень экспрессии гена отражает количество функционального продукта, образующегося в результате совместного протекания этих процессов.</p> <p>Таким образом, если уровень экспрессии повышается, скорость образования функционального белка тоже повышается. Это не</p>

	обязательно означает, что общее количество белка увеличивается (белок может быстро разрушаться). Для активации функционального продукта могут потребоваться дальнейшие шаги.
<b>Стрелки</b>	На схемах, стрелки обозначают "приводит", "активирует", "превращается/становится", или просто используются как указатели.
<b>Стрелки с плоскими концами</b>	На схемах, стрелки с плоским концом обозначают "ингибирует", "блокирует", "снижает".

# АДАПТАЦИЯ К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

## БИОМАССА АМАЗОНИИ

Леса поглощают больше чем 30 % антропогенного CO<sub>2</sub>, но в последнее время в этом процессе происходят изменения. На этой карте показано изменение общего количества фиксированного углерода в Амазонии за последнее десятилетие. Дождевой лес Амазонии реагирует на изменение климата аналогично большинству тропических лесов.

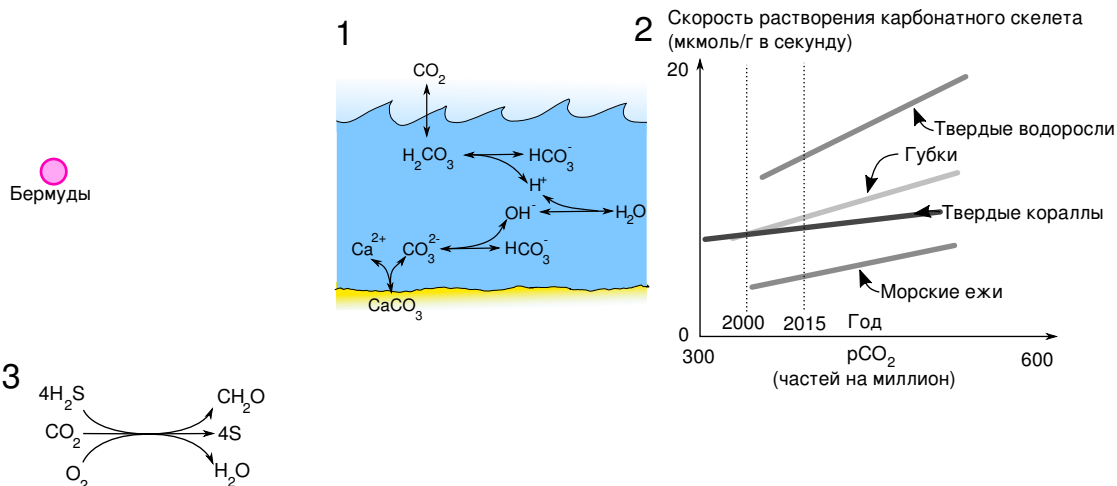


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Если не учитывать вырубку лесов, за последние годы произошло увеличение общей биомассы углерода в тропических лесах.
- B.** Увеличение интенсивности УФ излучения из-за разрушения озонового слоя может повысить интенсивность фиксации углерода.
- C.** Увеличение концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере может повысить интенсивность фиксации углерода.
- D.** Небольшое повышение температуры увеличивает скорость работы фотосинтетических ферментов.

## БЕРМУДСКИЕ КОРАЛЛЫ

Океаны также поглощают более 30% антропогенного углекислого газа, который растворяется, образуя кислоту, которая влияет на растворимость карбоната кальция (1). Многие морские беспозвоночные имеют скелеты из карбоната кальция, из которых образуются морские отложения и рифы. Британский остров Бермуды является центром изучения коралловых рифов и глубоководных впадин, поэтому там изучалось влияние  $\text{CO}_2$  на бермудские отложения в морской воде (2). В пяти тысячах метров глубже рифов морские бактерии растут за счет фиксации  $\text{CO}_2$  (3).

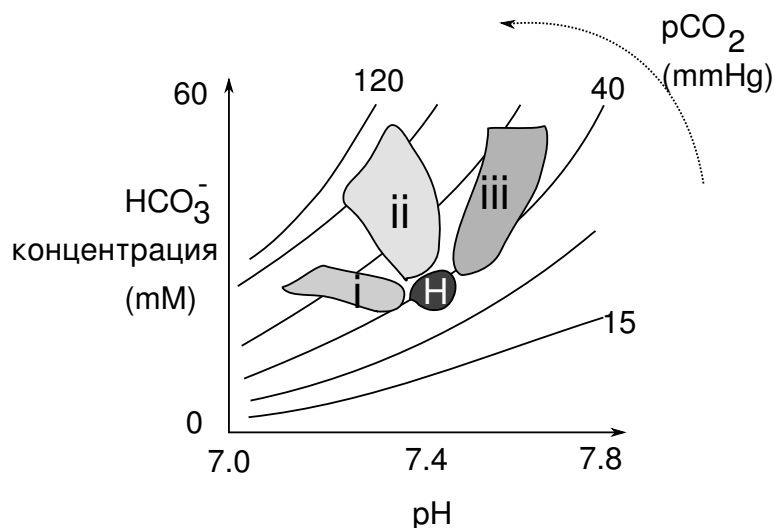


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Антропогенный углекислый газ повреждает скелеты беспозвоночных.
- B.** Бермудский барьерный риф находится под угрозой разрушения из-за изменений в химическом составе морской воды.
- C.** Рост беспозвоночных вносит вклад в способность океанов поглощать углерод.
- D.** Бактерии в гидротермальных источниках используют модифицированные фотосинтетические ферменты для фиксации углерода.

## АЦИДОЗ

Уровень pH крови должен строго контролироваться. Чтобы добиться этого, легкие выделяют  $\text{CO}_2$  из организма, а почки изменяют уровень  $\text{HCO}_3^-$  в крови. Химический состав крови был проанализирован у здоровых людей (Н) и у людей с болезнями i, ii и iii, и полученные диапазоны показаны на рисунке.



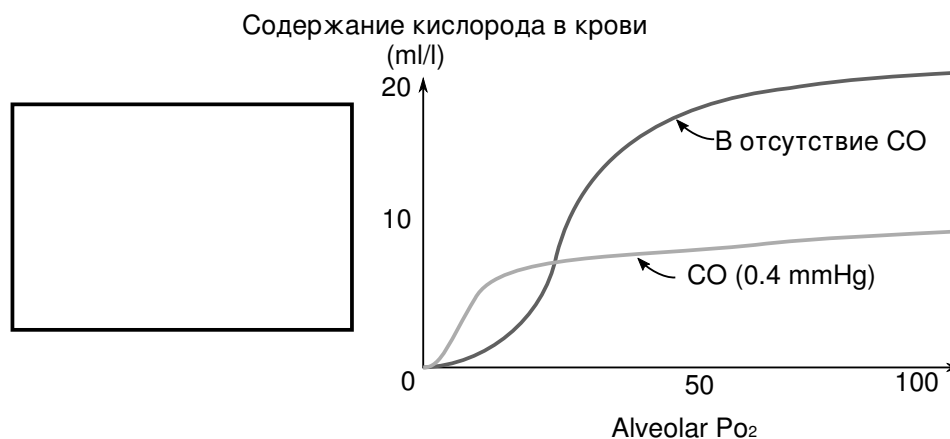
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верными или неверными.

- A. Заболевание i закисляет кровь.
- B. Болезнь ii связана с повышенной интенсивностью газообмена в легких.
- C. Болезнь ii связана с патологическими изменениями функции почек.
- D. Рвота может привести к фенотипу iii

## ОТРАВЛЕНИЕ УГАРНЫМ ГАЗОМ

Сэр Джон Кендрю (1917-1997) опубликовал структуру гемопротенинов, показав, как кислород транспортируется кровью.

Оксид углерода - это ядовитый газ, который может проникнуть в кровь через легкие и влияет на перенос кислорода кровью. При дыхании нормальным воздухом  $P_{O_2}$  в легких составляет 100 mmHg. После добавления CO при  $P_{CO} = 0,4$  mmHg в крови достигаются равные молярные количества CO и  $O_2$ .



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Угарный газ увеличивает сродство ('прочность связывания') гемоглобина к кислороду.
- B.** 0.4 mmHg угарного газа уменьшает растворимость кислорода в плазме.
- C.** Угарный газ в физиологических условиях уменьшает количество функционально-активных молекул гемоглобина в крови.

Рассчитайте, во сколько раз сродство угарного газа к гемоглобину выше по сравнению со сродством кислорода к гемоглобину.

- A.** Выберите относительное сродство, максимально приближенное к правильному ответу.

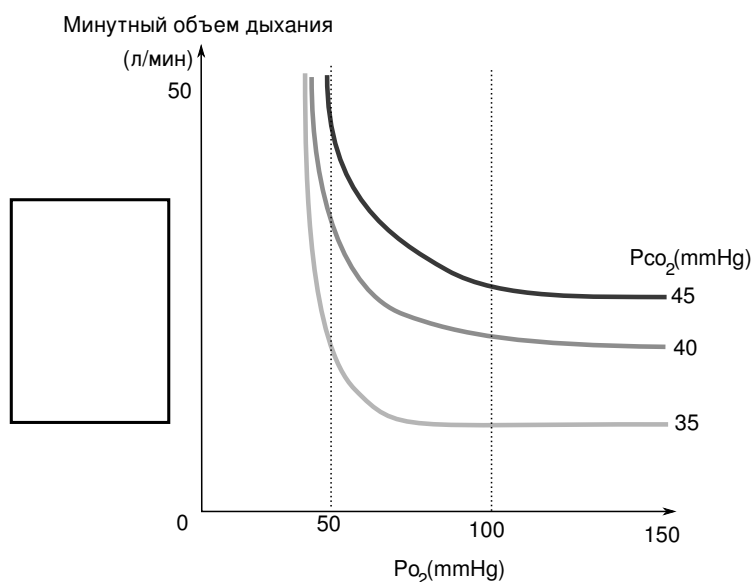


## ГАЗЫ В АЛЬВЕОЛАХ

Джон Холдейн (1892-1962) открыл множество механизмов, которые контролируют газообмен и дыхание.

Был измерен эффект от изменения давления кислорода или углекислого газа в альвеолах легких человека на объем вдыхаемого за минуту воздуха.

В альвеолярном воздухе на уровне моря обычно  $P_{O_2} = 100$  mmHg,  $P_{CO_2} = 40$  mmHg.

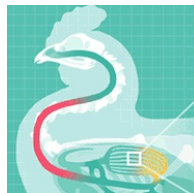
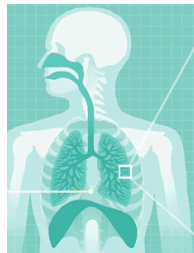
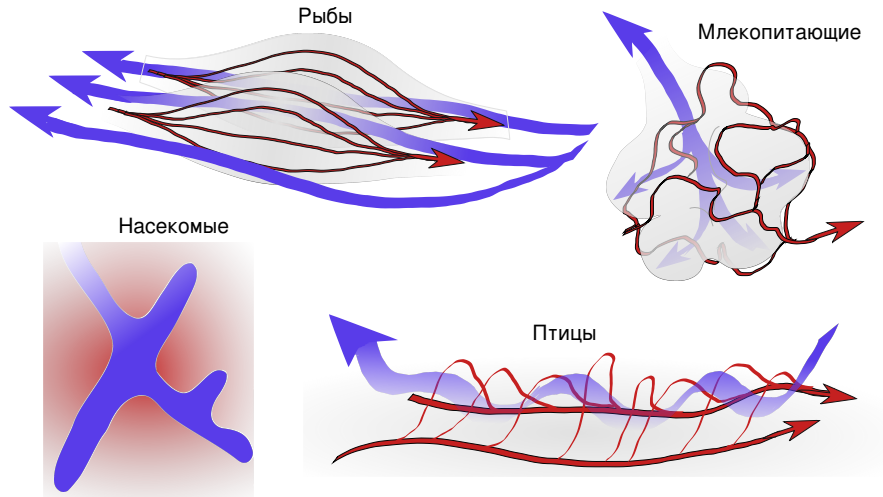


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Повышение кислотности крови (снижение pH) увеличивает частоту дыхания.
- B.** Частота дыхания в нормальных условиях определяется содержанием кислорода в крови.
- C.** На большой высоте (атмосферное давление < 50% от уровня моря) снижение давления углекислого газа в крови оказывает большее влияние на дыхание, чем снижение давления кислорода.
- D.** Общее содержание кислорода в крови изменяется весьма незначительно при увеличении альвеолярного давления кислорода с 50 до 150 mmHg.

# ДЫХАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИВОТНЫХ

Ниже нарисованы поверхности газообмена разных животных и направления движения среды, с которой происходит газообмен, и кровотока. Млекопитающие и птицы должны использовать дыхательные мышцы для подачи воздуха к поверхностям, на которых происходит газообмен.

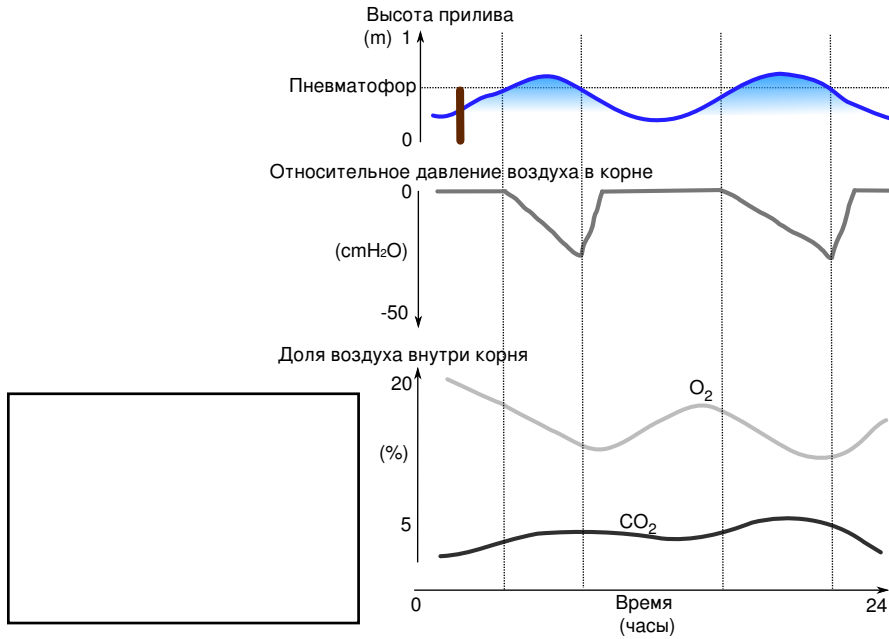


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Для газообмена млекопитающих необходима пассивная диффузия.
- B.** Млекопитающие извлекают большую долю кислорода, содержащегося в воздухе, чем рыбы извлекают из воды
- C.** Воздух должен подходить на расстояние в несколько мкм к активным клеткам насекомых.
- D.** Легкие птиц обмениваются газами с воздухом на протяжении более продолжительной части дыхательного цикла по сравнению с млекопитающими.

## ВОЗДУШНЫЕ КОРНИ

Мангровые деревья растут в приливно-отливной зоне и могут иметь вертикальные корни (пневматофоры), которые действуют как дыхательные трубки для подводных корней. Механизм, посредством которого они обеспечивают газообмен, был исследован путем регистрации давления газов, в сравнении с атмосферным воздухом, по мере того как пневматофоры покрываются водой во время прилива и снова открываются во время отлива.

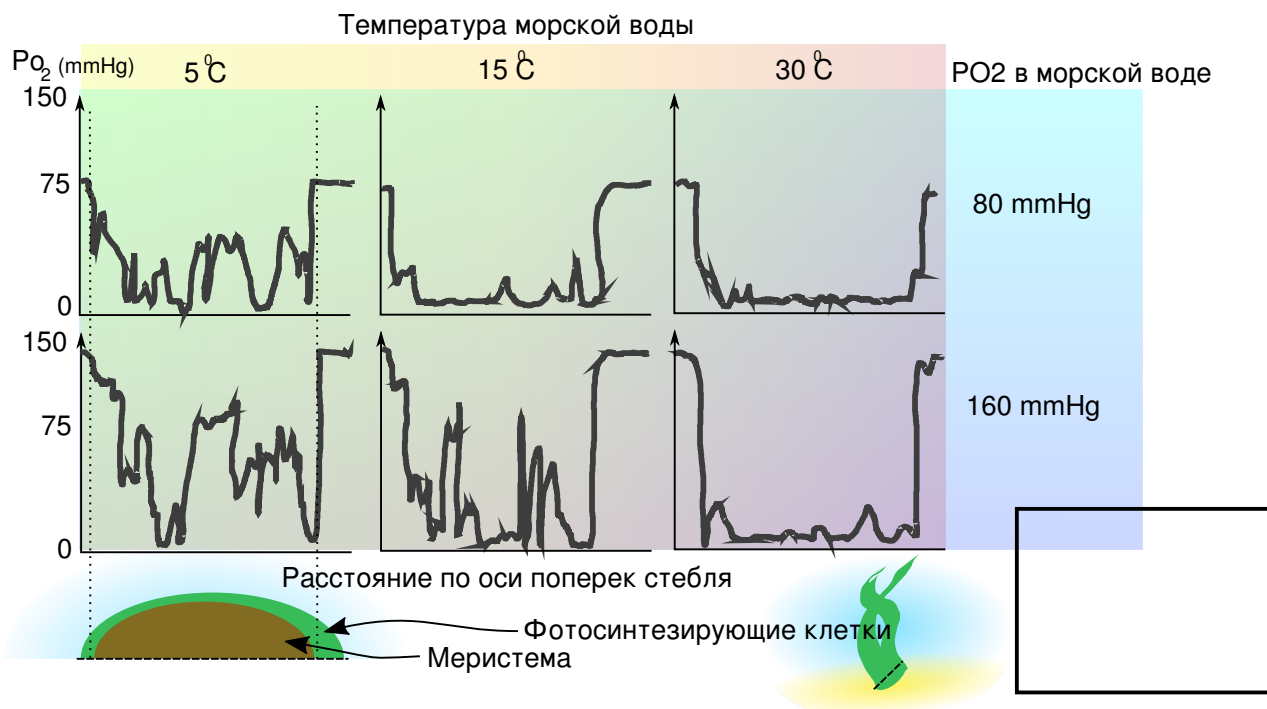


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Воздух всасывается в корни, когда пневматофоры открываются во время отлива.
- B.** Дыхание в корнях вносит вклад в изменение давления воздуха в корнях.
- C.** Пневматофоры поставляют CO<sub>2</sub> для фотосинтеза.
- D.** Интенсивность дыхания в корнях замедляется при погружении пневматофоров под воду.

## КИСЛОРОД В МЕРИСТЕМЕ

Морские травы быстро растут за счет меристемы у основания стебля. Тем не менее, слабый рост и гибель целых "лугов" морских трав стали обычным явлением в последние годы. Парциальное давление кислорода в стебле морских трав на разном расстоянии по оси поперек стебля измеряли при разных температурах морской воды и разном насыщении воды кислородом. Атмосферное  $P_{O_2}$  обычно равно 160 mmHg.

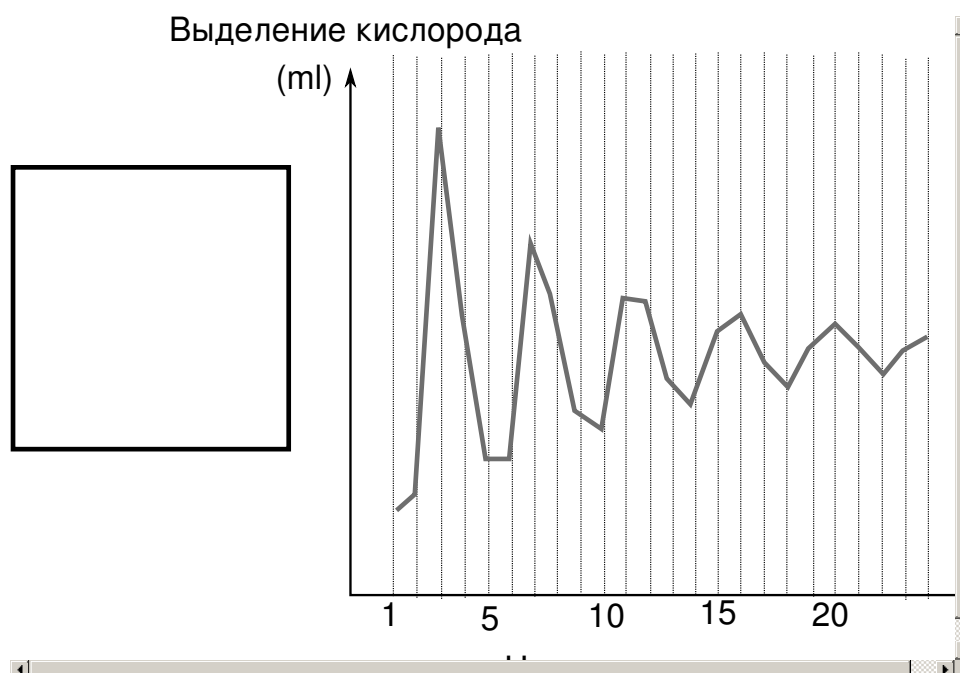


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Повышение температуры морской воды может объяснить исчезновение "лугов" морских трав.
- B.** Эти эксперименты проводились в темноте.
- C.** Меристема имеет более высокую скорость метаболизма, чем окружающая ткань.
- D.** Содержание  $CO_2$  в меристеме при 30 °C выше, чем при 5 °C.
- E.** Меристема будет получать больше кислорода в бурных (с сильными штормами) морских водах, чем в спокойных.

## КИСЛОРОД, ОБРАЗУЕМЫЙ В ХОДЕ ФОТОСИНТЕЗА

Джозеф Пристли (1733-1804) обнаружил, что растения поглощают  $\text{CO}_2$ . Он также обнаружил, что в этом процессе они производят элементный кислород. В хлоропластах комплекс, ответственный за образование кислорода, отдает одиночные электроны под действием света. После того, как комплекс отдает определенное количество электронов, он восполняет нехватку электронов за счет электронов из воды, образуя при этом кислород. Этот процесс происходит циклически. Суспензию хлоропластов освещали следующими одна за другой вспышками света, при этом измеряли количество кислорода, выделенного в ответ на каждую вспышку.



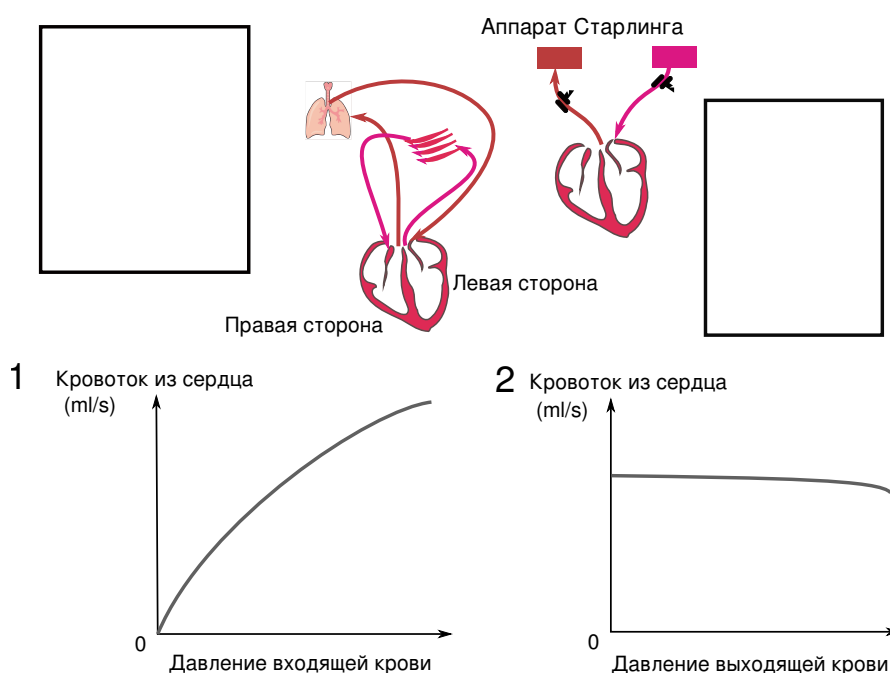
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Двух световых вспышек достаточно для прохождения всего цикла образования кислорода.
- B.** Комплекс может отдать максимум 4 электрона.
- C.** На момент начала эксперимента большинство комплексов уже отдали 1 электрон.
- D.** Больше кислорода образуется в ответ на одинаковое количество света в конце эксперимента (по сравнению с началом эксперимента).

## ЗАКОН ФРАНКА-СТАРЛИНГА

Уильям Харви (1578-1657) обнаружил, что сердце качает кровь по телу в замкнутой системе кровообращения. Эрнест Старлинг (1866-1927) открыл многие фундаментальные свойства системы кровообращения, в том числе и то, как контролируется сердечный выброс (количество крови, выталкиваемой сердцем за единицу времени). Старлинг полностью извлек бьющееся сердце из тела и подключил его к аппарату, который позволил ему изменять давление входящей в сердце «венозной» (1) или выходящей «артериальной» (2) крови. Затем он измерил сердечный выброс.

Результаты были похожими для левой и правой стороны сердца.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным для животного, не подвергавшегося каким-либо воздействиям.

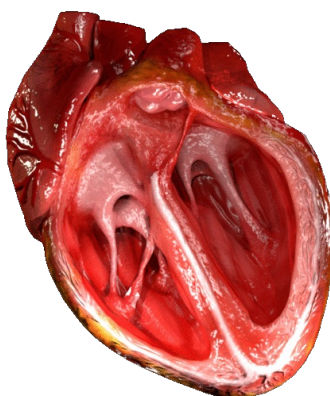
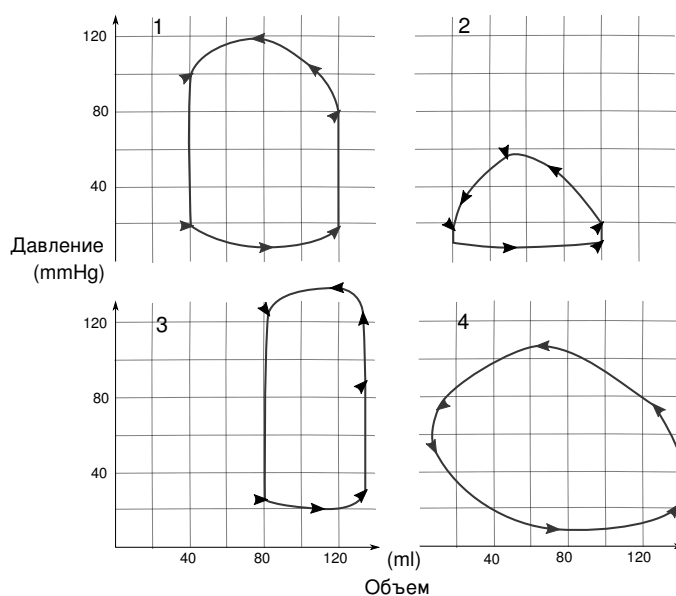
- A.** Одним из результатов тренировок является повышение тонуса (степени сокращения гладкой мускулатуры) вен.
- B.** Если кровоток из правой стороны сердца увеличится, необходимо участие нервной или гормональной регуляции, чтобы привести кровоток из левой стороны сердца в соответствие с этим изменением.
- C.** Энергия, необходимая для сокращения сердца, увеличивается по мере увеличения венозного кровяного давления.
- D.** На ранних стадиях сердечной недостаточности сердечный выброс может поддерживаться на нормальном уровне за счет увеличения объема крови.

## ПЕТЛЯ ОБЪЁМ-ДАВЛЕНИЕ

Давление и объем сокращающихся желудочков можно измерить по мере того, как эти параметры меняются во времени.

Данные (1) и (2) получены от одного и того же здорового сердца в состоянии покоя, бьющегося с частотой 60 уд / мин. При максимальном сердечном выбросе 28,8 л/мин, максимальный объем желудочков удваивается, а минимальный объем желудочков уменьшается на половину.

Данные (3) и (4) получены от разных, имеющих патологии сердец.



Вычислите сердечный выброс (минутный объем сердца), измеренный в (1).

**A.** Выберите значение, наиболее близкое к правильному ответу.



Рассчитайте частоту сердечных сокращений, измеренную в (1), когда сердце генерирует максимальный минутный объем.

**A.** Выберите значение, максимально близкое к правильному ответу.

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

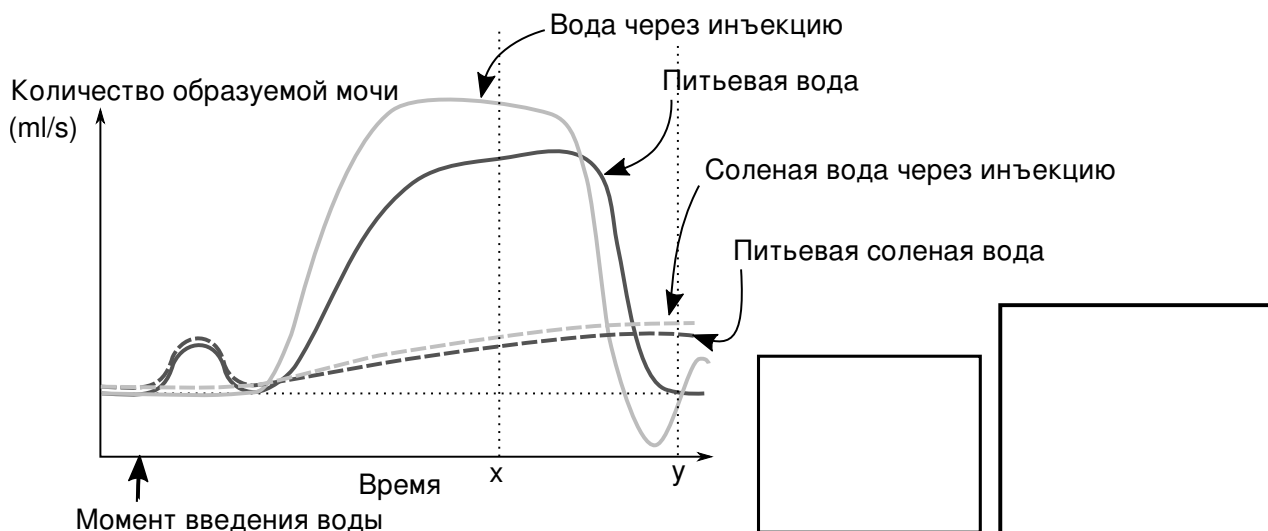
**A.** Запись 1 получена от правой стороны сердца, а запись 2 - от левой стороны сердца.

**B.** Запись 3 указывает на обструкцию (закупорку) аорты (артериальную обструкцию).

**C.** Запись 4 указывает на дефект (неполное закрывание) клапанов сердца.

## ОСМОЛЯРНСТЬ КРОВИ

Эрнест Верни (1894-1967) объяснил регуляцию образования мочи. В указанное время собакам (*Canis lupus familiaris*) давали равные объемы пресной воды или соленой воды с той же концентрацией (осмолярностью), что и у крови, орально (как питьевую) или через инъекцию в яремную вену. Объем произведенной мочи измеряли катетером.

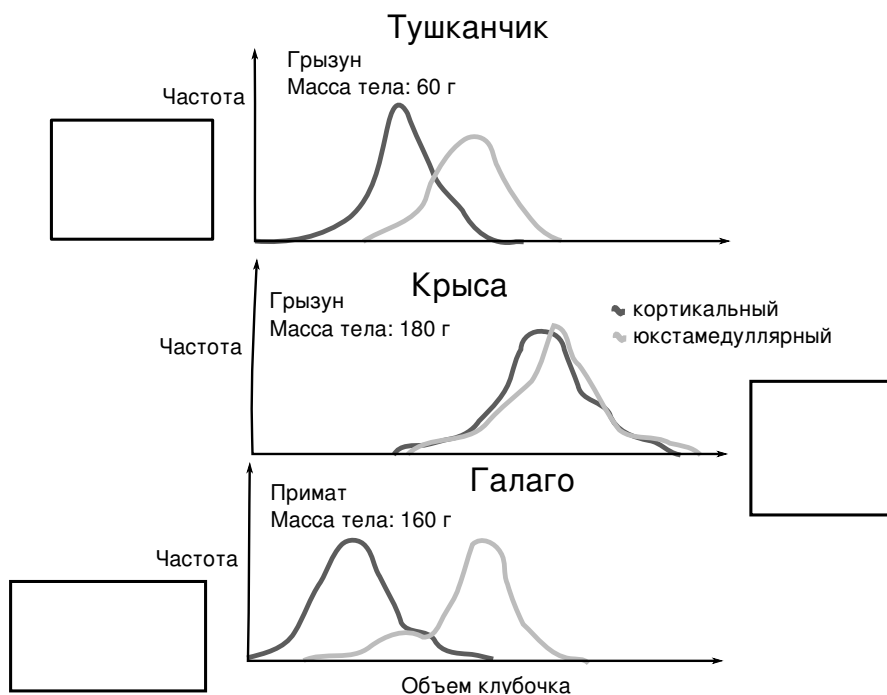


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Объем крови регулируется (изменяется) быстрее, чем осмолярность крови.
- B.** Рецепторы осмолярности крови являются основными регуляторами образования мочи.
- C.** Рецепторы в желудочно-кишечном тракте регулируют работу почек.
- D.** Моча в момент времени X имеет более высокую осмолярность, чем моча в момент времени Y.

## НЕФРОНЫ ЖИВОТНЫХ

В почках клубочки представляют собой сита, которые фильтруют плазму в нефроны. Нефроны модифицируют эту жидкость, а затем реабсорбируют или выделяют ее. Объем индивидуальных клубочков, несущих жидкость к двум типам нефронов, измерялся у разных животных. У всех видов животных количество юкстамедуллярных нефронов намного меньше, чем кортикальных нефронов, но они производят более концентрированную мочу.

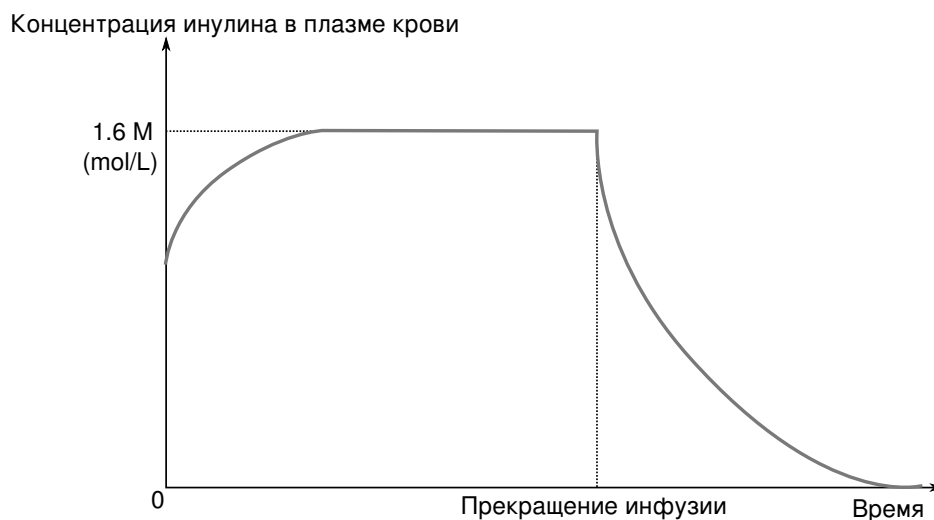


Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Объем клубочков пропорционален размеру тела.
- B.** Галаго (*Galagidae*) живут в засушливых местах обитания.
- C.** Распределение объемов нефронов у *тушканчиков* (*Dipodidae*) и *галаго* эволюционировало конвергентным образом, т.е. не унаследовано от общего предка.
- D.** У крыс (*Rattus*) большая часть мочи образуются юкстамедуллярными нефронами.

## ПОЧЕЧНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Инулины представляют собой инертные полисахариды, которые не могут проходить сквозь клеточные мембраны. Инулины вводили в вену человеку с постоянной скоростью 0,2 моль в минуту. После прекращения инфузии (введения) из мочи было собрано 25 молей инулинов.



Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Скорость секреции инулина пропорциональна его концентрации в крови.
- B.** Вещество, которое свободно проходит через клеточные мембраны, будет выводиться с мочей из организма с более высокой скоростью, чем инулины, если концентрация этого вещества и инулинов в крови одинакова.

Вычислите объем плазмы, который почки фильтруют в минуту.

- A.** Выберите объем, наиболее близкий к правильному ответу.

Рассчитайте общий объем внеклеточной жидкости этого человека.

- A.** Выберите объем, наиболее близкий к правильному ответу.

## СОЛЕННЫЕ БОЛОТА

Большинство лучших сельскохозяйственных земель, в том числе английские болота, расположены на малой высоте и находятся под угрозой затопления при повышении уровня моря. *Spartina patens* и *Typha angustifolia* - болотные растения. Чтобы исследовать воздействие на них морской воды, они были посажены на болотах с соленой и пресной водой, при наличии и отсутствии других растений по соседству (1), а также в теплицах при шести разных концентрациях соли (2).



		1			
		Средняя биомасса (g/cm <sup>3</sup> )			
Соседи		<i>Spartina patens</i>		<i>Typha angustifolia</i>	
		Соленые	Пресные	Соленые	Пресные
+		8	3	0	18
-		10	20	0	33

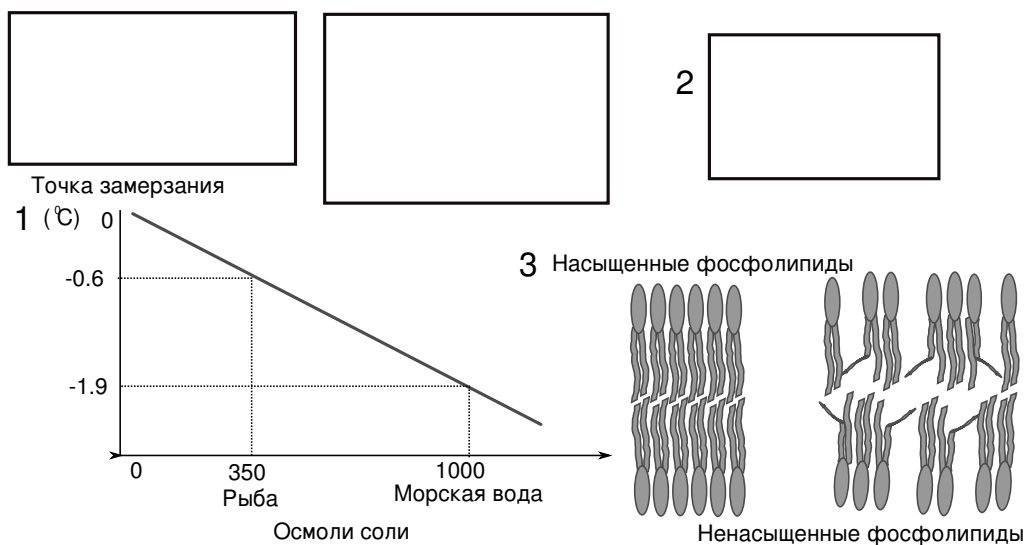
		2					
		Соленость (частей на тысячу)					
Максимальная биомасса (g/cm <sup>3</sup> )		0	20	40	60	80	100
		<i>Spartina patens</i>	77	40	29	17	9
	<i>Typha angustifolia</i>	80	20	10	0	0	0

Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A. *Spartina patens* более устойчива к соли, чем *Typha angustifolia*.
- B. Физиологически *Spartina patens* лучше приспособлена к воздействию соленой воды, чем к воздействию пресной воды.
- C. *Spartina patens* станет шире распространена по мере повышения уровня моря.
- D. Распределение *Typha angustifolia* в местах обитания с различной соленостью определяется конкуренцией.

## АНТАРКТИЧЕСКАЯ РЫБА

Исследовательское судно "Сэр Дэвид Аттенборо" и подводная лодка *Boaty-McBoatface* будут исследовать Британскую Антарктику. Жизнь здесь проходит при температуре ниже температуры замерзания обычной рыбы, которая определяется осмолярностью их тканей (1). Соль вносит основной вклад в осмолярность крови. Поэтому антарктические рыбы рискуют замерзнуть, что обычно происходит за счет роста ранее присутствовавших в воде кристалликов льда. Некоторые антарктические рыбы снижают точку замерзания на  $> 2^\circ\text{C}$  за счет секреции в кровь белков-антифризов (2). Кроме того, антарктическая рыба должна обладать соответствующим химическим составом клеточных мембран, чтобы эти мембраны не становились слишком жесткими (ригидными) при низких температурах (3).



Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Рыбы, находящиеся на большой глубине под плавучими льдинами, должны производить белки-антифризы.
- B.** Белки-антифризы функционируют главным образом за счет увеличения осмолярности рыбы.
- C.** Антарктические рыбы имеют повышенный уровень экспрессии десатураз (ферментов, превращающих насыщенные липиды в ненасыщенные) фосфолипидов.
- D.** Антарктические рыбы имеют более чувствительные температурные рецепторы и быстрее подстраиваются к изменению температуры, чем рыбы умеренных широт.

## ЭВОЛЮЦИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Ученые не уверены в том, как естественный отбор влияет на размер геномов, число генов, физиологическую гибкость и другие важные особенности организмов в ответ на влияние окружающей среды. В таблице приведены экологические и генетические характеристики четырех видов морских цианобактерий. *Prochlorococcus* - наиболее распространенные цианобактерии на Земле. *Prochlorococcus* произошел от *Synechococcus*.

	<i>Synechococcus</i>	<i>Prochlorococcus</i> <i>eNATL</i>	<i>Prochlorococcus</i> <i>eMED4</i>	<i>Prochlorococcus</i> <i>eMIT</i>
<b>Глубина на которой обитает</b>	Очень глубоко	Глубоко	Мелко	Мелко
<b>Регион в котором встречается</b>	Повсеместно	Повсеместно	Полюса	Экватор
<b>Способность переносить нехватку питательных веществ</b>	Не может переносить	Может переносить	Может переносить	Может переносить
<b>Способность переносить сильное освещение</b>	Не может переносить	Не может переносить	Может переносить	Может переносить
<b>Способность переносить высокие температуры</b>	Не может переносить	Не может переносить	Не может переносить	Может переносить
<b>Размер генома (м.п.н.)</b>	2,4	1,87	1,66	1,71
<b>Количество генов в геноме</b>	2700	2100	1900	1700

Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Виду требуется больше генов, чтобы приспособиться к новым условиям среды.
- B.** Виды *Prochlorococcus* могут переносить нехватку питательных веществ, потому что у них больше генов, с помощью которых они могут использовать свою среду.
- C.** Интенсивное солнечное излучение на экваторе способствовало эволюции светоустойчивости.
- D.** Размер генома можно использовать для оценки числа генов у *Prochlorococcus*.

# РАЗМНОЖЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ

## МАСШТАБИРОВАНИЕ ОРГАНИЗМОВ

---

Арчибальд Хилл (1886-1971) положил начало биофизике как науке, которая позволяет использовать простые геометрические уравнения, чтобы предсказать, как будет различаться анатомия крупных и мелких животных.

- (1) Организмы обмениваются веществами с окружающей средой через поверхность тела. Эти вещества используются для поддержания объема ткани.
- (2) Максимальное усилие, которое может развивать мышца, пропорционально количеству одновременно сокращающихся мышечных волокон.
- (3) Максимальное усилие, которое может выдерживать столб, пропорционально площади его поперечного сечения.



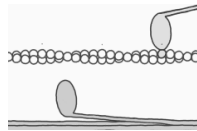
Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Увеличение массы организма в 8 раз уменьшает отношение площади поверхности к объему примерно в 2 раза.
- B.** Скорость диффузии, скорее всего, будет неадекватно низкой для крупных животных, по сравнению с мелкими.
- C.** Более крупные животные могут переносить более тяжелые предметы по сравнению с их массой тела, чем мелкие животные.
- D.** Кости кошек (*Felis silvestris catus*) толще по отношению к общим размерам тела, чем кости слонов (*Elephantidae*).

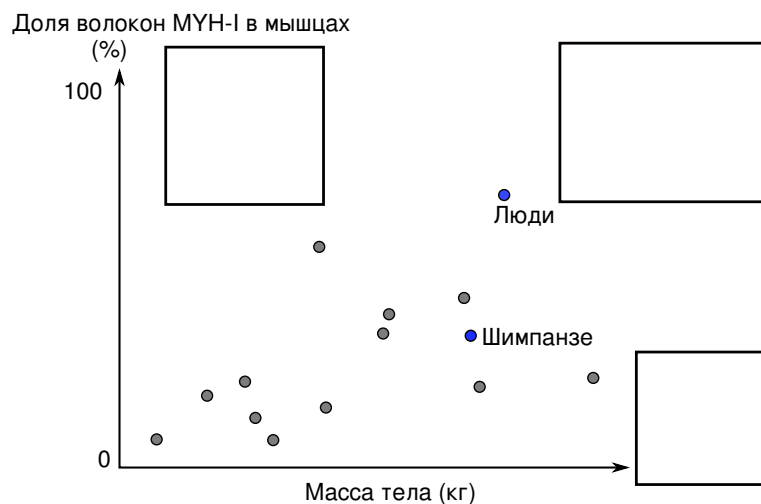


## MUSCLE ANATOMY

Хью Хаксли (1924-2013) предложил теорию "скользящих нитей" для объяснения сокращения мышц. Миозин может связывать актиновые филаменты, затем менять конформацию, подтягивая актин. Миозин скелетной мышцы может подтягивать волокна актина только путем изменения конформации и сразу же освобождает актин после того, как цикл изменений конформации завершен. Во время каждого цикла связывания миозин гидролизует одну молекулу АТФ.



Миозин встречается в виде двух альтернативных форм; МҮН-I или МҮН-II. Отдельные мышечные волокна содержат МҮН-I или МҮН-II, но каждая мышца содержит смесь волокон разных типов. Было измерено соотношение волокон разных типов у разных видов млекопитающих (точки). У МҮН-II цикл сокращения проходит быстрее, чем у МҮН-I.

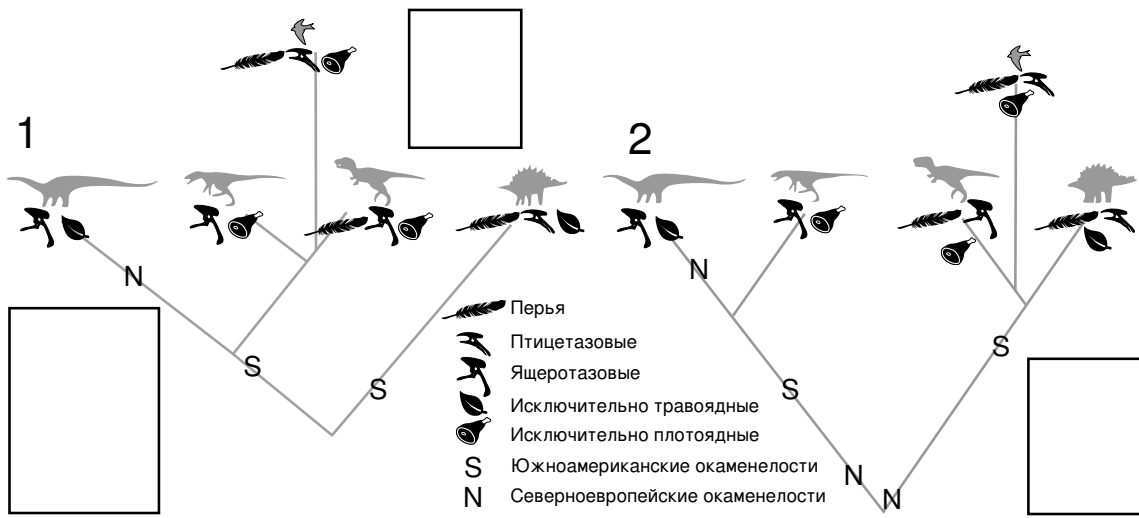


Укажите является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- Мышцы человека сокращаются быстрее, чем мышцы шимпанзе (*Pan*), при условии, что они подвергаются одной и той же нагрузке.
- Мышечное волокно развивает большую силу, когда оно сокращается быстро, по сравнению с тем, когда его сокращению противостоит нагрузка.
- Шимпанзе генерируют большую часть АТФ в их мышцах аэробно, по сравнению с людьми.
- У последнего общего предка людей и шимпанзе, вероятно, были мышцы, более похожие на мышцы людей, чем на мышцы шимпанзе.
- Напряженная мышца, если она *не* сокращается, *не* потребляет АТФ

# ДИНОЗАВРЫ

Мэри Аннинг (1799-1847) разработала концепцию доисторической жизни, собирая ископаемые находки. Ричард Оуэн (1804-1892) впервые предложил термин "динозавр", в то время как Томас Хаксли (1825-1895) использовал окаменелости, чтобы показать, что птицы (*Aves*) эволюционно происходят от динозавров (*Dinosauria*) и являются ими. До прошлого года ученые полагали, что филогения динозавров выглядит как показано на (1). В 2017 Британские ученые проанализировали множество других ископаемых и построили новое древо (2) основанное на сотнях признаков, часть которых показана на рисунке. В случае птиц показаны признаки древних птиц.

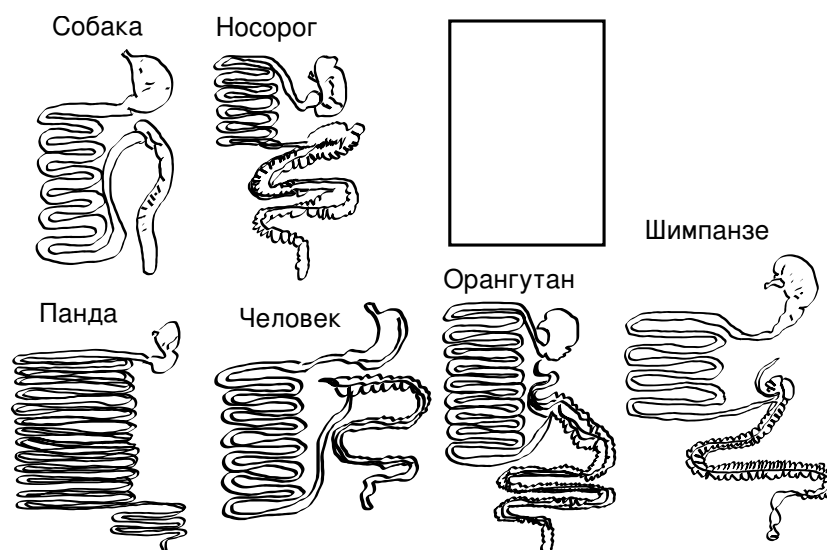


Укажите, для какой филогении (Филогения (1) или (2)) каждое из приведенных ниже утверждений с большей вероятностью является правильным.

- A. Некоторые Зауроподы (*Sauropoda* группа, крайняя слева на каждом древе) были пернатыми.
- B. Птицетазовость возникала несколько раз (конвергенция)
- C. Исключительная плотоядность возникала несколько раз.
- D. Самые ранние динозавры возникли в южном полушарии.

## ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Джейн Гудолл (1934-н.в.) обнаружила, что человекообразные обезьяны (*Hominidae*) используют орудия, чтобы добывать мясо и получать более питательную пищу. Медведи (*Ursidae*) демонстрируют подобное поведение, а Большие Панды (*Ailuropoda melanoleuca*) едят только бамбук. Как показано на рисунке, у этих животных наблюдаются различия в строении пищеварительной системы, которые отражают особенности их диеты. Эти схематические рисунки были увеличены до аналогичных размеров для удобства сравнения. Собаки (*Canis lupus*) являются типичными плотоядными животными, носороги (*Rhinocerotidae*) - типичными травоядными.



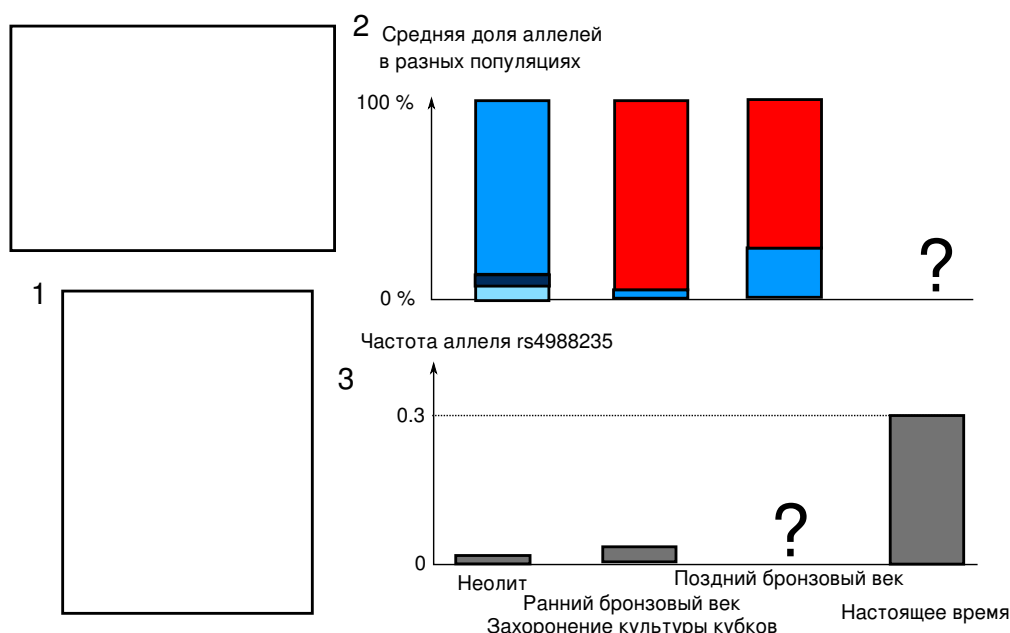
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Люди затрачивают больше энергии на пищеварение, по сравнению с шимпанзе (*Pan*), для получения такого же количества питательных веществ.
- B.** Шимпанзе едят больше мяса и фруктов, чем орангутаны (*Pongo*).
- C.** Пищеварительная система большой панды извлекает большую часть питательных веществ, присутствующих в бамбуке.
- D.** Пища проходит быстрее через пищеварительный тракт орангутанов, чем людей.

## ДОИСТОРИЧЕСКИЕ БРИТАНЦЫ

Стоунхендж был построен в позднем неолите (Каменный век ~ 3000 г. до н.э.) на пути между Корнуолом и Восточным Средиземноморьем, который был самым важным торговым путем в Европе на тот момент. В раннем бронзовом веке (~ 2500 г. до н.э.) культура колоколовидных кубков распространилась по всей Европе, и многие народы начали производить характерную керамику (1). Чтобы узнать, произошло ли это из-за того, что британцы начали покупать и производить такие кубки, или в Британию вторглись люди, которые производили такие кубки, были секвенированы полные геномы людей, останки которых были найдены в разных захоронениях разного периода. Была сравнена средняя доля аллелей, происходящих из разных популяций, в геномах представителей неолитической, кубковой и позднебронзовой культур (аллели из разных популяций обозначены разным цветом) (2).

Аллель rs4988235 гена лактазы приводит к образованию этого фермента во взрослом возрасте. Изменение частоты этого аллеля у британцев во времени показана на рисунке (3). Лактоза - это молочный сахар.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

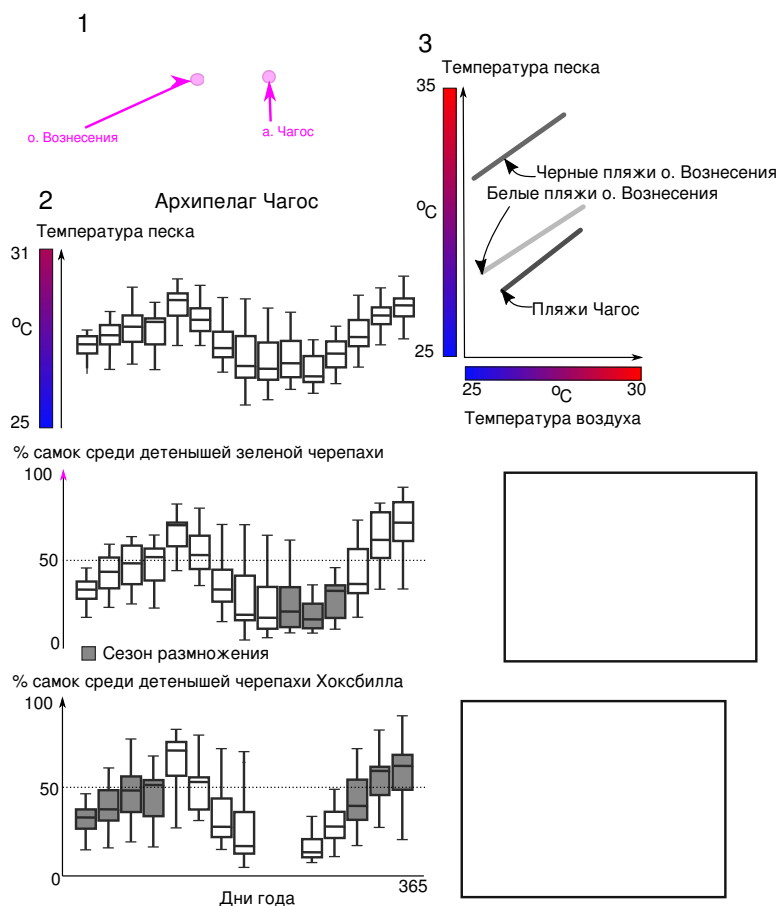
- А.** Большинство представителей культуры колоколовидных кубков в Великобритании были исконными британцами.
- В.** Представители культуры колоколовидных кубков в Британии почти полностью заменили представителей другой культуры.
- С.** Из приведенных данных можно сделать вывод, что современные британцы генетически значительно отличаются от жителей Британии в бронзовом веке.

Оцените долю современных британцев, способных переваривать молоко во взрослом возрасте.

**A.** Выберите долю, наиболее близкую к правильному ответу.

# ЧЕРЕПАХИ

Британские Территории в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах, а также в Средиземном море являются обширными новыми морскими заповедниками, в которых обитают зеленые черепахи (*Chelonia mydas*) и черепахи Хоксбилла (*Eretmochelys imbricata*) (1). Определение пола у черепах зависит от температуры развития эмбрионов, как показано для детенышей на архипелаге Чагос (2), Температура песка, в свою очередь, зависит от места расположения гнезда (3). Нехватка самцов снижает скорость размножения.

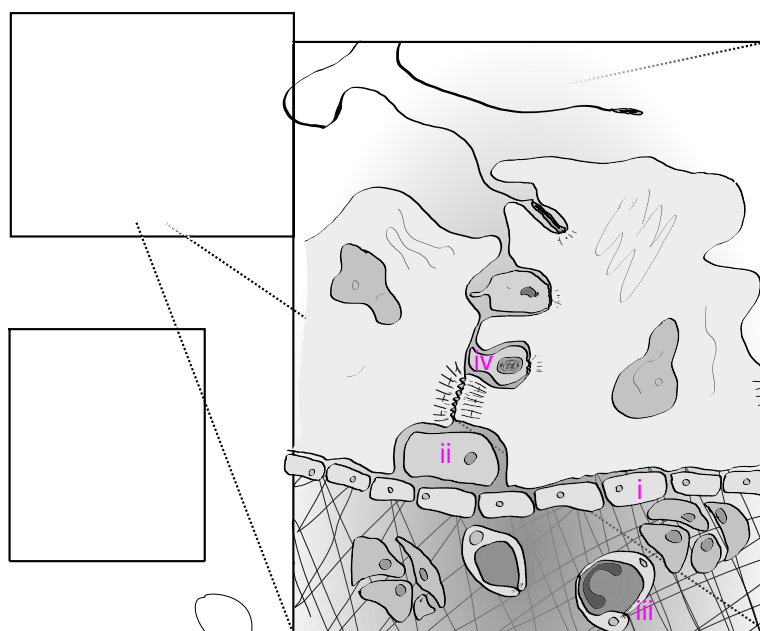


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** В океане вокруг о. Вознесения самок черепах больше, чем самцов
- B.** Черепахи Хоксбилла на архипелаге Чагос имеют примерно равное соотношение полов.
- C.** Глобальное потепление нанесет меньший ущерб размножению черепах на о. Чагос, чем размножению черепах на о. Вознесения.
- D.** Защитники природы должны в первую очередь сохранять сильно затененные пляжи, на которых размножаются черепахи (по сравнению с незатененными).

## ГИСТОЛОГИЯ СЕМЕННИКОВ

Роберт Гук (1635-1703) популяризировал микроскопию в своей знаменитой книге "Микрография" и предложил термин «клетки». Анализ размера и формы клеток позволяет определить их тип, в то время как внешний вид их ядра может указывать, насколько транскрипционно активна клетка и делится ли она. Особые контакты между клетками позволяют переносить вещества между клетками, а также задерживать вещества, находящиеся вне клеток. Как показано на рисунках, семеники имеют характерный вид в электронном микроскопе. Герминативные клетки (клетки-предшественники сперматозоидов, которые могут передавать свой генетический материал следующему поколению) могут проходить мейоз и постепенно приобретают черты строения, необходимые для движения. Эти зрелые сперматозоиды выходят в центр заполненных жидкостью канальцев в ходе процесса, который происходит непрерывными волнами.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Клетка i помогает предотвратить аутоиммунную реакцию на специфические антигены семенников.
- B.** Клетка ii является диплоидной (имеет две копии каждой хромосомы) клеткой-предшественницей.
- C.** Клетка iii облегчает перенос половых гормонов (тестостерона).
- D.** Клетка iv использует уникальные гистоны (связывающие ДНК белки) для суперкомпактизации ДНК.

## ЦВЕТОЧНЫЕ АРОМАТЫ

---

Цветы выделяют летучие пахнущие вещества из своих лепестков, чтобы привлечь опылителей, но только после того, как цветки становятся способными к оплодотворению. Некоторые летучие молекулы диффундируют в воздух через мембраны из клеток лепестков (рисунок).

Суперсемейство трансмембранных ABC-транспортеров использует АТФ для выкачивания веществ из клеток. К ним относятся белки-насосы, отвечающие за множественную лекарственную устойчивость, которые экспортируют многие чужеродные химические вещества из бактериальных, растительных и раковых клеток. Чтобы определить, выделяют ли ABC-транспортеры некоторые летучие вещества в воздух, ученые высказали несколько проверяемых гипотез.



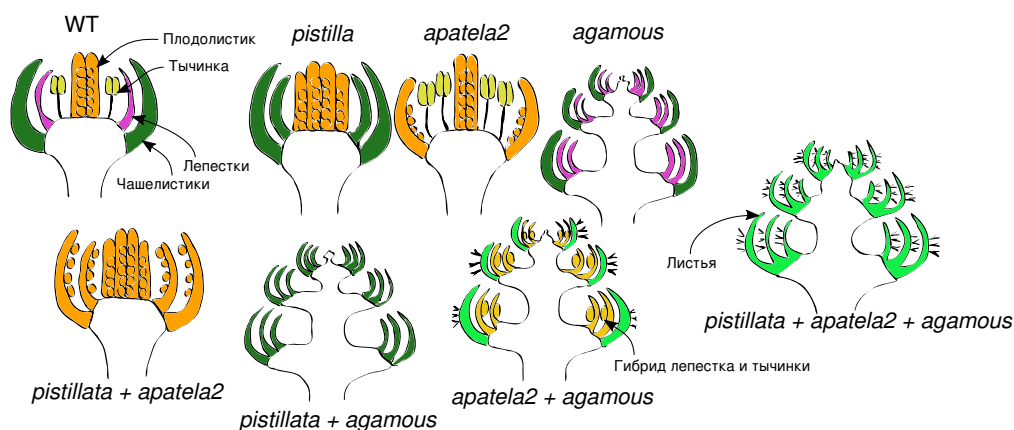
Укажите, может ли каждая из следующих гипотез быть верной или неверной, если ABC-транспортеры действительно участвуют в выделении летучих веществ.

- A.** В выделении летучих веществ участвует ABC-транспортер, который более активно экспрессируется в бутонах, по сравнению с раскрывшимися цветками.
- B.** Виды растений, в цветах которых уровень экспрессии ABC-транспортеров выше, пахнут сильнее, чем виды с низким уровнем экспрессии ABC-транспортеров
- C.** При блокировке ABC-транспортеров внутри клеток лепестков повышается концентрация летучих веществ.
- D.** Изменение функции ABC-транспортера оказывает большее влияние на выделение небольших летучих молекул, чем более крупных летучих молекул.



## АВС-МОДЕЛЬ ЦВЕТЕНИЯ

У растений *Arabidopsis*, нокаутных по генам *pistillata*, *apatela2* или *agamous*, цветки развиваются ненормально, как показано на рисунке. Гены, которые определяют развитие той или иной части организма, называются гомеозисными (или **НОХ**-генами у животных). НОХ-гены, которые экспрессируются ближе к заднему концу тела (анусу у животных), обычно подавляют экспрессию НОХ-генов, экспрессирующихся ближе к переднему концу тела (голове у животных).



(1) слева, голова плодовой мухи (*Drosophila melanogaster*) дикого (нормального) типа; справа голова, которая имеет мутацию **antennapedia** (мутация антенны).  
 (2) показана типичная декоративная роза с фенотипом **agamous**.

1	WT	<i>antennapedia</i>	2

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Гомеозисные гены, как правило, имеют небольшие и простые промоторы по сравнению с другими генами.
- B.** Экспрессия *PISTILLA* в клетках необходима для определения того, станут ли данные клетки частью цветка.
- C.** Экспрессия *AGAMOUS* вызывает прекращение деления меристемы цветка после образования четырех кругов частей цветка.
- D.** Мутация *antennapedia* является нокаут-мутацией.
- E.** Все эти гены начинают экспрессироваться после того, как клетка специализируется / дифференцируется для выполнения своей конечной функции.

## УХАЖИВАНИЕ МУХ

Сексуальная ориентация дрозофил при спаривании (самец с самкой, самец с самцом, самка с самкой) может контролироваться геном *fruitless*. мРНК гена *fruitless* подвергается сплайсингу несколькими способами, что дает две формы: FRUITLESS-A и FRUITLESS-B.

Было изучено половое развитие и сексуальная ориентация мух WT по *fruitless*, мух, нокаутных по *fruitless*, а также мух, экспрессирующих только FRUITLESS-A, либо только FRUITLESS-B.

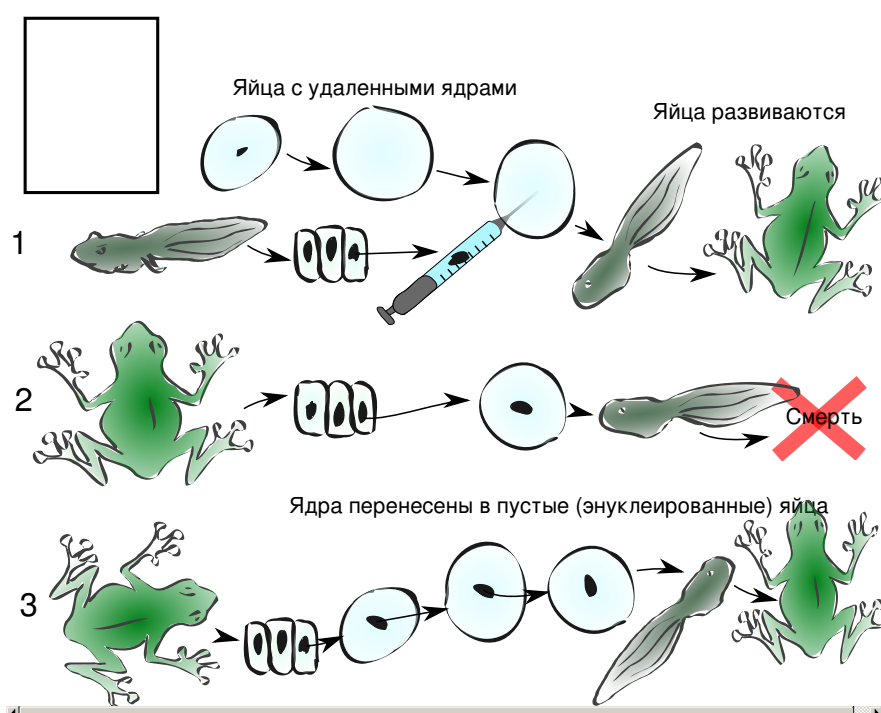
Генотип мухи	Самец		Женщина	
	Внешний вид мухи	Муха спаривается с	Внешний вид мухи	Муха спаривается с
<b>WT</b>	Самец	Самками	Самка	Самцами
<b>нокаут по <i>fruitless</i></b>	Самец	Самцами и самками	Самка	Самцами
<b>Только FRUITLESS-A</b>	Самец	Самками	Самка	Самками
<b>Только FRUITLESS-B</b>	Самец	Самцами	Самка	Самцами

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** *Fruitless* контролирует внешний вид мух (определяет, развивается ли муха в самца или в самку).
- B.** FRUITLESS-A заставляет мух спариваться с самками.
- C.** FRUITLESS-B играет роль в определении сексуальной ориентации самок мух.
- D.** FRUITLESS-A и FRUITLESS-B играют одинаковую роль в развитии самцов и самок

## ГЛАВНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РАЗВИТИЯ.

Сэр Джон Гёрдон (1933-н.в.) взял клетки головастиков (1) или лягушек (2, 3) и перенес их ядра в энуклеированные (пустые, т.е. без клеточных ядер) яйца. Этим яйцам дали развиваться сразу (1, 2), или после того, как эти же ядра были перенесены в другие энуклеированные яйца еще несколько раз (3). Он впервые смог искусственно клонировать животных (*Xenopus laevis*).



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Гурдон доказал, что взрослые клетки содержат всю ДНК, необходимую для плода.
- B.** Цитоплазматических факторов достаточно, чтобы определить, какой тип принимает клетка
- C.** Самые мощные (необратимые) регуляторы, определяющие тип клетки, включаются в раннем развитии организма
- D.** Действие факторов, определяющих тип клетки, на некоторые гены может занять довольно много времени

## ПЕСТРЫЕ РАСТЕНИЯ

Растения ночной красавицы (*Mirabilis jalapa*) могут иметь смесь белых и зеленых пятен на листьях, поэтому они выглядят пестрыми (1). Боковые побеги могут быть разного цвета, причем возможны разные варианты (пример приведен на рисунке). Были выращены пестрые растения, и цветки на зеленых, белых или пестрых побегах были опылены пыльцой от зеленых, белых или пестрых побегов. Потомство имело следующие фенотипы.

Фенотип побега, на котором образовались семена	Фенотип побега, с которого брали пыльцу	Фенотип потомства
Белый	Белый	Белый
Белый	Зеленый	Белый
Белый	Пестрый	Белый
Зеленый	Белый	Зеленый
Зеленый	Зеленый	Зеленый
Зеленый	Пестрый	Зеленый
Пестрый	Белый	Белый, зеленый или пестрый
Пестрый	Зеленый	Белый, зеленый или пестрый
Пестрый	Пестрый	Белый, зеленый или пестрый



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** При размножении растений ночной красавицы хлоропласты могут передаваться через пыльцу.
- B.** При делении клеток по мере роста растения все дочерние клетки имеют одинаковый набор и соотношение аллелей.
- C.** Яйцклетки в цветке на пятнистых побегах могут содержать разные хлоропласты с различающимися геномами.
- D.** Старые побеги пестрых растений ночной красавицы с большей вероятностью могут быть полностью белыми или полностью зелеными, чем более молодые побеги.

Сэр Роберт Эдвардс (1925-2013) изобрел экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) и сэр Дуглас Тернбулл разработал «трехродительское ЭКО»: ядерная ДНК матери и отца переносится в энуклеированный (без ядра) ооцит второй женщины. Специалист по этике баронесса Мэри Уорнок (1924- н.в.) позволила Великобритании стать пионером самых безопасных и передовых репродуктивных технологий для борьбы с генетическими заболеваниями, такими как синдром Лея.

Синдром Лея обусловлен мутациями в митохондриальном гене *COX2*. Митохондриальная ДНК (мтДНК) в мышцах обычно имеет следующее распределение:



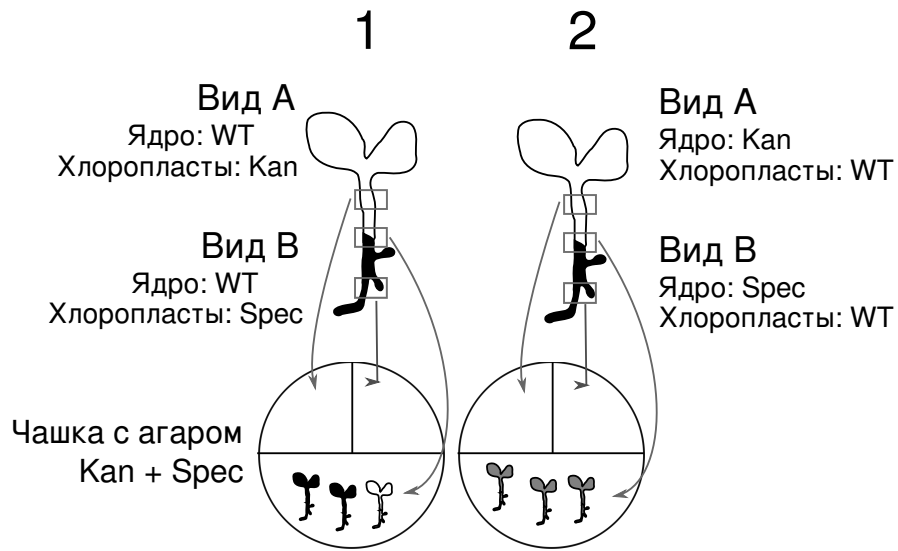
Образец	% WT мтДНК	% мтДНК, с мутацией в <i>COX2</i>
Здоровая мать здорового ребенка	100	0
Здоровая мать ребенка с синдромом Лея	30-50	50-70
Здоровый ребенок	100	0
Ребенок с синдромом Лея	<20	>80

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** 30% полностью функциональных митохондрий достаточно для предотвращения развития синдрома Лея.
- B.** Отцу ребенка с синдромом Лея следует пройти тестирование на мутантную в гене *COX2* мтДНК.
- C.** Случайный перенос небольшого количества цитоплазмы вместе с ядерной ДНК при трехродительском ЭКО не представляет опасности с точки зрения развития синдрома Лея у ребенка.
- D.** Ткани с быстро делящимися клетками, как правило, сильнее страдают от мутаций в мтДНК, чем ткани с медленно делящимися клетками.
- E.** Отбор одной клетки из полученного путем ЭКО эмбриона на ранней стадии развития позволит определить, разовьется ли у плода синдром Лея после имплантации.

## ПРИВИВКИ РАСТЕНИЙ

В природе многие виды растений могут быть привиты друг к другу. Был поставлен эксперимент, в котором побеги одного вида были привиты на корни другого вида. Хлоропластный и ядерный геномы растения были независимо трансформированы разными генами устойчивости к антибиотикам (Kan и Spes). Одиночные клетки из побега, корня и места соединения привоя и подвоя были вырезаны и выращены на агаре с антибиотиком. Из выживших клеток выращивали взрослые растения. Фенотипы растений показаны на рисунке разными цветами.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Хлоропласты могут перемещаться по всей длине растения.
- B.** Геномы могут передаваться между разными привитыми видами.
- C.** Растения, выращенные на чашках с агаром в эксперименте (1), могут скрещиваться со своими родителями.
- D.** Растения, выращенные на чашках с агаром в эксперименте (2), могут скрещиваться со своими родителями.

# ЭМБРИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Сэр Мартин Эванс (р.1941) первым культивировал эмбриональные стволовые клетки (ЭСК/ ESC) (мышей). Теперь известно, что следующие транскрипционные факторы обладают следующим действием:

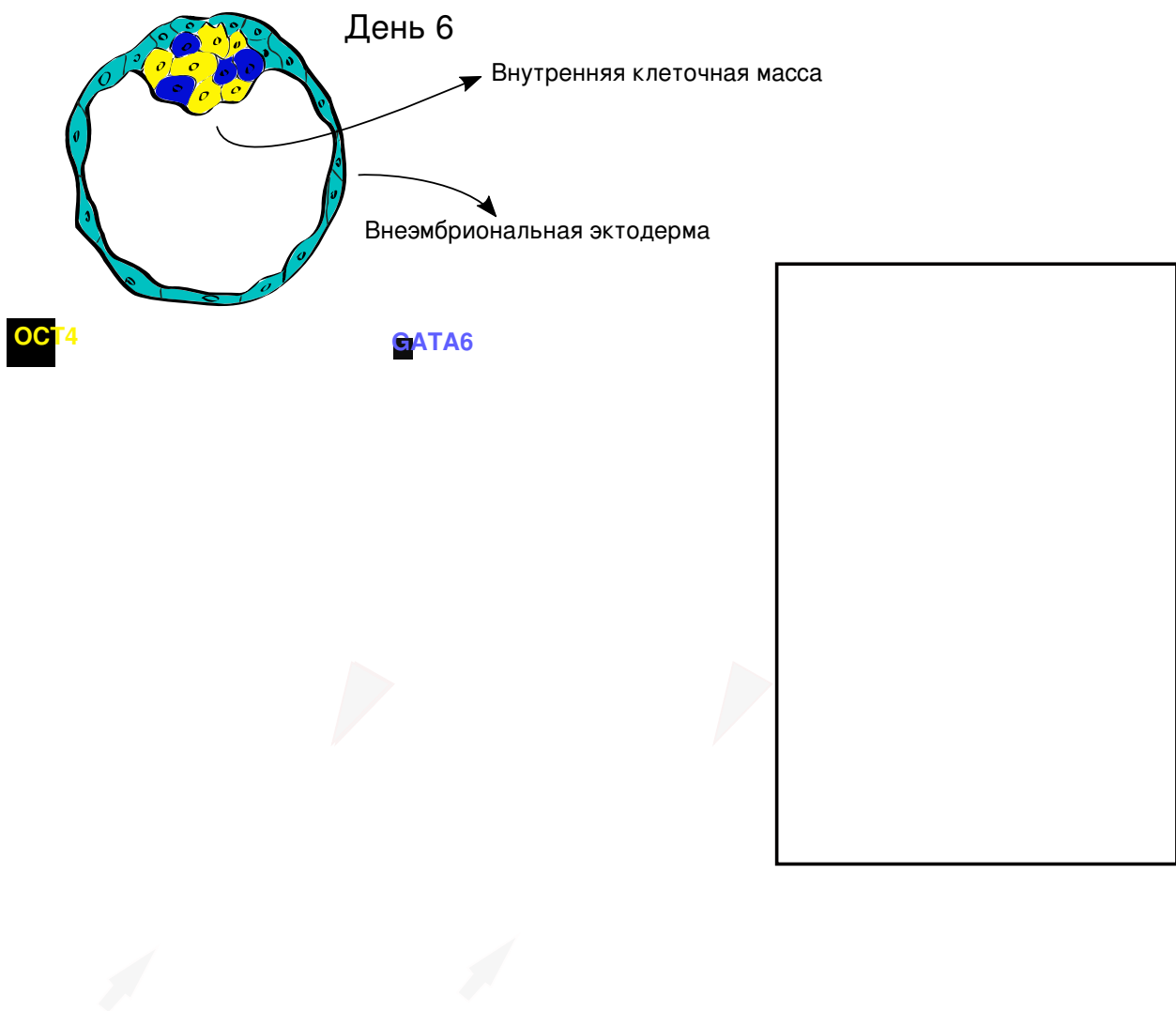
- OCT4 приводит к дифференциации ЭСК в клетки эпибласта,
- GATA6 приводит к дифференциации ЭСК в клетки внеэмбриональной энтодермы;
- CDX2 приводит к дифференциации ЭСК в клетки эпибласта.

Во всех животных, известных до сих пор, OCT4 и GATA6 найдены только во внутренней клеточной массе, где они подавляют транскрипцию друг друга до тех пор, пока клетка не встанет на один из путей дифференциации. После этого судьба клетки детерминирована.

К тому же, ни в одном известном типе клеток животных все три фактора не экспрессируются одновременно. Тем не менее, близкородственные виды могут иметь очень разное строение эмбрионов.

В итоге, английским ученым удалось в 2016 г. вырастить эмбрионы человека *in vitro* в течении рекордных 14 дней и специфически окрасить в них эти транскрипционные факторы.

На всех рисунках, стрелки указывают на одно и то же место в эмбрионах.





День 8

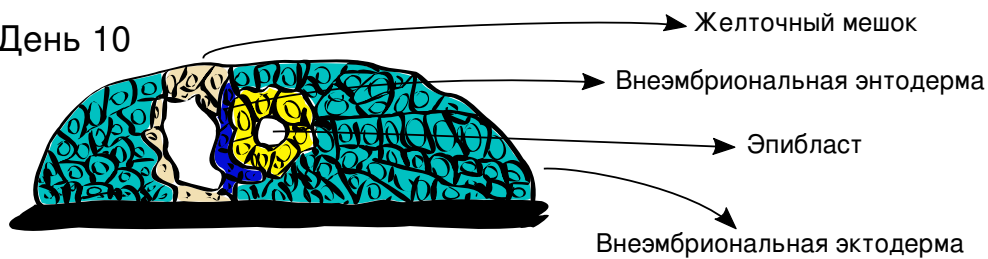


Имплантаты в искусственную матку

OCT4

GATA6

День 10



OCT4

GATA6

CDX2

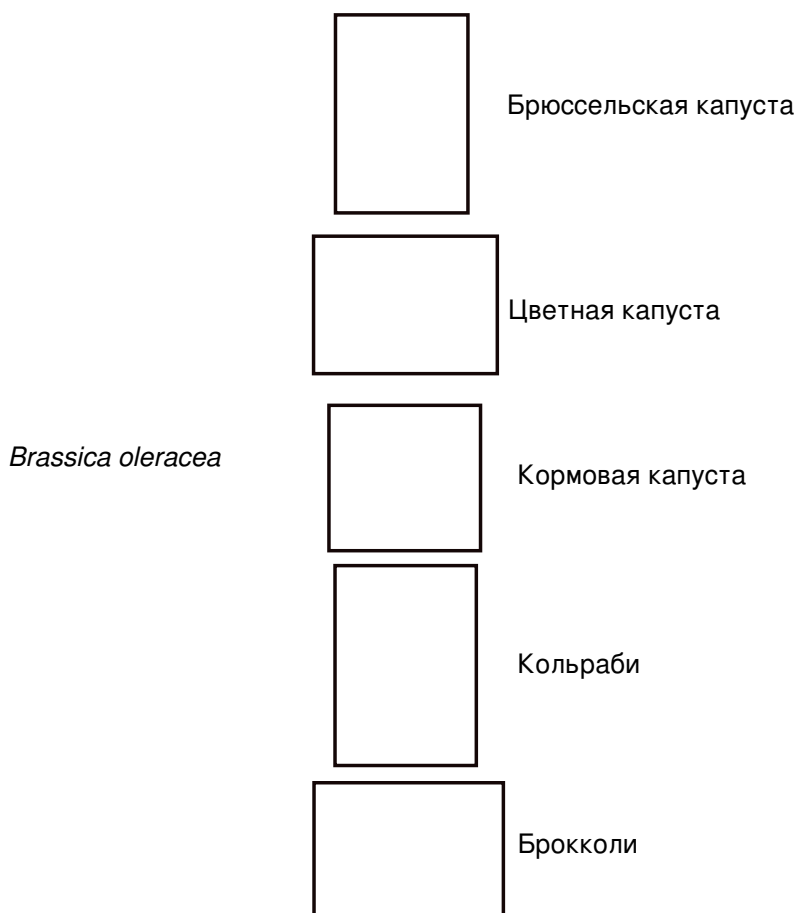
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Для дифференциации внутренней клеточной массы у людей OCT4 и GATA6 подавляют друг друга.
- B.** OCT4 у людей не обнаруживается вне внутренней клеточной массы.
- C.** Клетки желточного мешка человека обладают типичными чертами клеток желточного мешка других известных животных.
- D.** Клетки, экспрессирующие OCT4, могут сильнее связываться друг с другом, чем с другими типами клеток.
- E.** На основании этих рисунков можно сделать вывод, что популяция клеток, экспрессирующих GATA6, переключаются на другой тип клеточной дифференцировки после 8-го дня.

## СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

---

Общий план развития тела растений является пластичным, построенным из простых элементов. Вид *Brassica oleracea* является предком многих сельскохозяйственных растений рода *Brassica*. При выведении каждой из культур, отбор был направлен на изменение разных элементов тела растения.



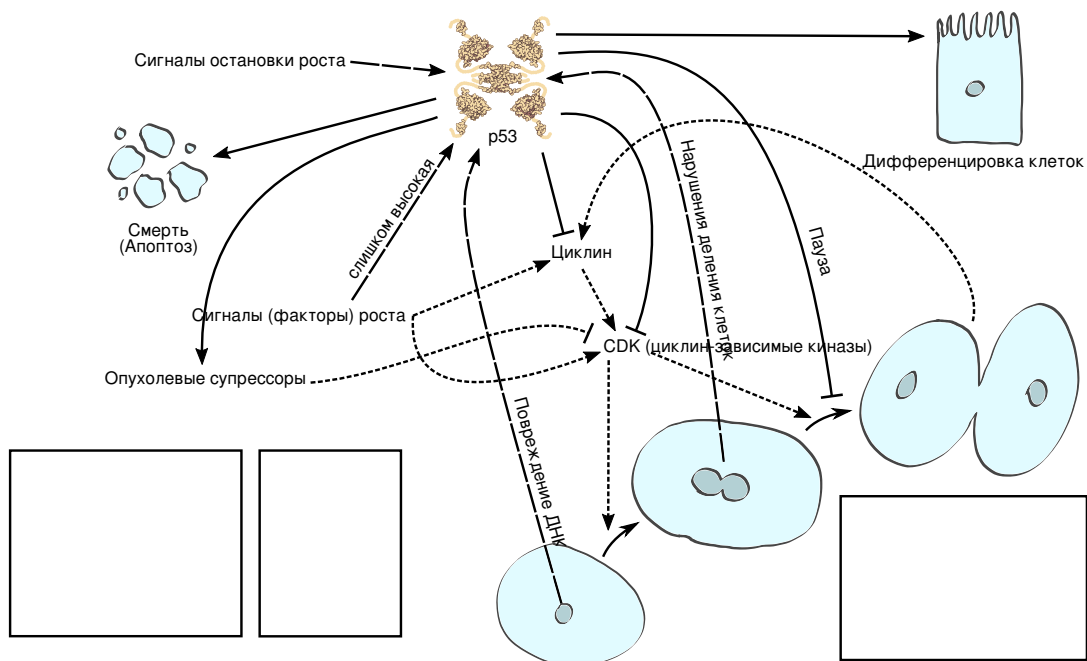
Укажите, на какой один элемент был направлен отбор при выведении каждой из культур.

- А. Капуста обыкновенная
- В. Брюссельская капуста
- С. Цветная капуста
- Д. Кормовая капуста
- Е. Кольраби
- Ф. Брокколи

# БОЛЕЗНИ И РАЗЛОЖЕНИЕ

## КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

Британские ученые открыли основные способы регуляции клеточного цикла у всех эукариот. У людей циклины (обнаруженные сэром Тимом Хантом; 1943-н.в.) транскрибируются на конкретных стадиях клеточного цикла и связываются с циклин-зависимыми киназами (CDK, обнаруженные сэром Полом Нерсом; 1949 - н.в.) для координации деления. Белок-53 (p53, обнаруженный сэром Дэвидом Лейном; 1952 - н.в.) активируется огромным множеством посттрансляционных модификаций, которые позволяют ему оказывать разнообразные эффекты. p53 может оказывать эти эффекты даже если его активность снижена наполовину, но каждый мономер p53 активен, только если он связан с тремя другими функциональными мономерами p53, образуя гомотетрамер. Мутации в гене p53 имеются в большинстве случаев рака, которые когда-либо секвенировали.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Опухоли, утратившие активность p53, имеют более высокую скорость возникновения мутаций по сравнению с опухолями с активным p53.
- B.** Одноклеточные организмы, такие как дрожжи (*Saccharomyces*), обладают такими же мощными регуляторами, как p53.
- C.** Воздействия, при которых уровень p53 в клетках увеличивается, снижают интенсивность деления здоровых клеток.
- D.** При раке обычно мутированы оба аллеля p53 .
- E.** У мышей (*Mus musculus*) с нокаутом P53 гена наблюдается чрезмерный рост клеток костного мозга.

## МЕТАСТАЗИРОВАНИЕ

---

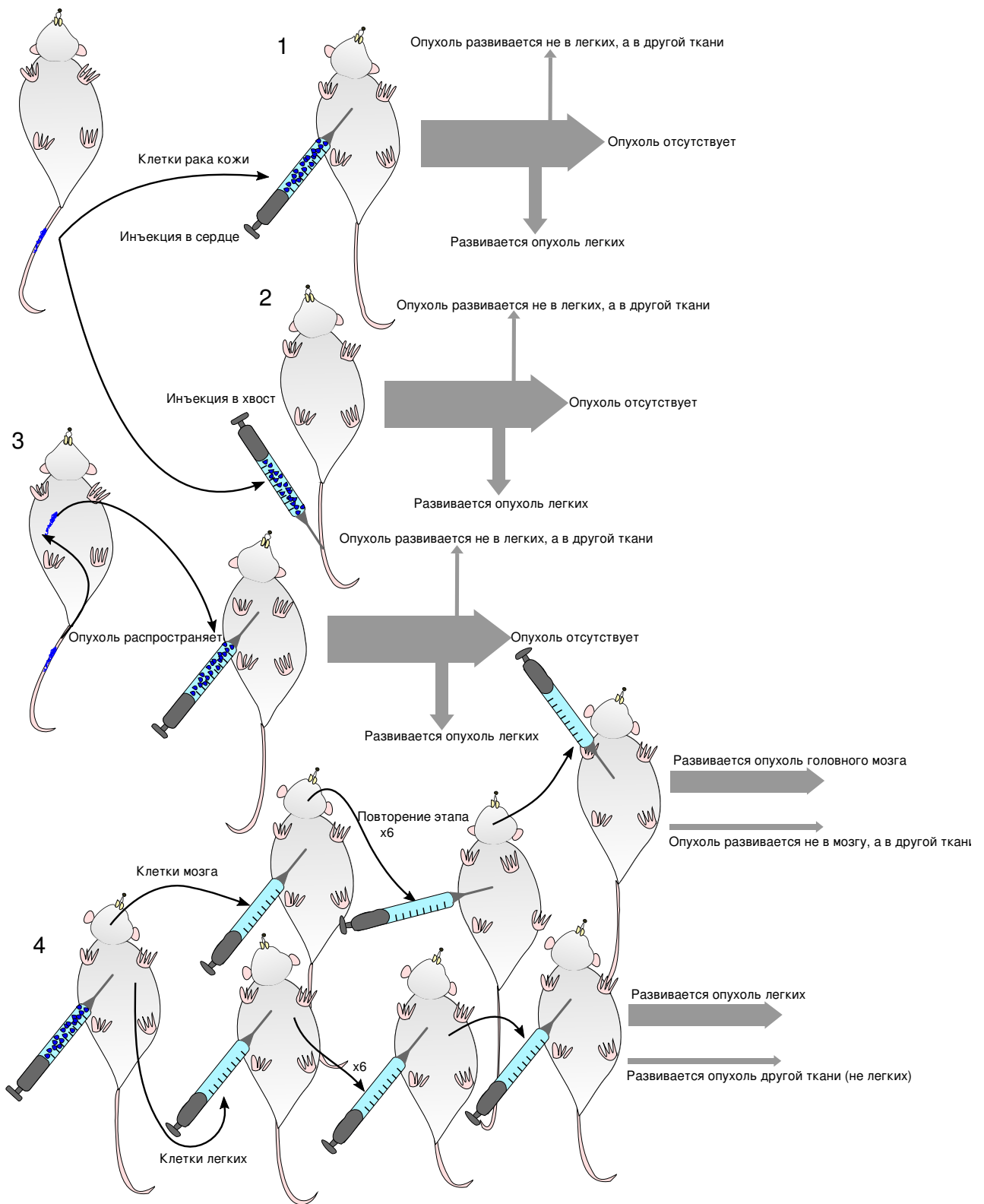
Различные типы первичных опухолей приводят к образованию вторичных опухолей с разной скоростью и в характерных местах. (Первичный орган - это орган, в котором расположена первичная (исходная) опухоль; вторичный орган - это орган, в котором развивается вторичная опухоль). Чтобы понять причину этого, здоровым мышам (*Mus musculus*) были введены клетки из рака кожи, которые спонтанно развились у мышей других линий. Толщина стрелки = относительная доля мышей с данным симптомом.

(1) Клетки из первичной опухоли вводили в сердце.

(2) Клетки из первичной опухоли вводили в хвостовую вену.

(3) Клетки из вторичной опухоли вводили в сердце.

В случае (4) клетки из первичных опухолей вводили в сердце, а клетки, выделенные из гомогенизированного мозга или легкого, последовательно пропускали через новых мышей.



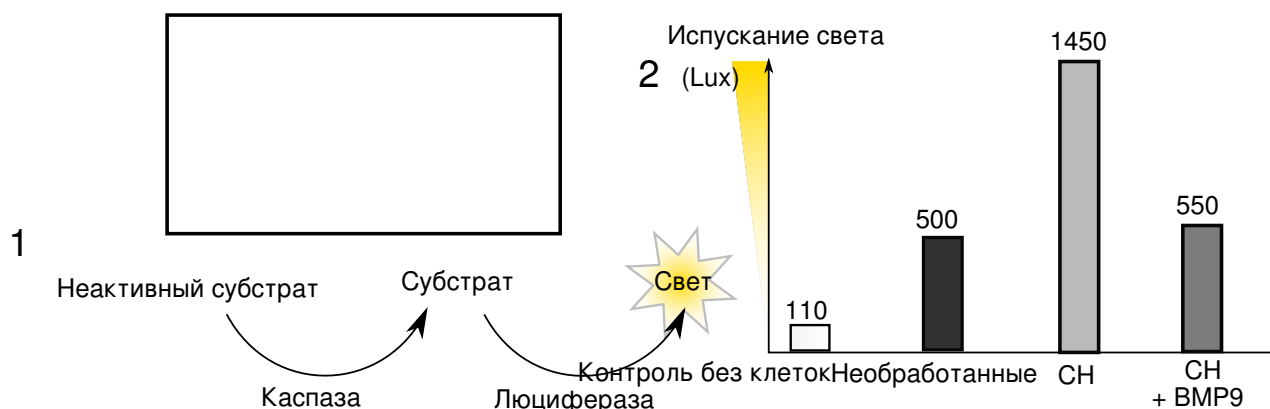
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Характер формирования вторичных опухолей может быть точно предсказан на основании того, насколько близко расположены различные органы к первичной опухоли.
- B.** Прохождение сквозь стенку кровеносного сосуда во вторичном органе является лимитирующей стадией образования вторичных опухолей из циркулирующих в кровотоке раковых клеток.
- C.** Клетки новой вторичной опухоли со временем изменяются таким образом, чтобы быстро расти во вторичном органе.
- D.** В ходе развития болезни рак эволюционирует таким образом, чтобы более эффективно распространять вторичные опухоли.

## АПОПТОЗ

Сэр Аластер Карри (1921-1994), сэр Джон Сулстон (1942-н.в.) и его коллеги обнаружили, как клетки могут совершать контролируемое самоубийство (апоптоз).

Апоптоз осуществляется ферментами каспазами. Циклогексимид (СН), который ингибирует рибосомы, был использован для индукции апоптоза в клетках, обработанных гормоном BMP9 (белок, индуцирующий морфогенез кости). Для измерения количества апоптотических клеток после обработки, к клеткам добавляли испускающий свет фермент люциферазу и неактивный субстрат этого фермента.



Рассчитайте процентное изменение люминесценции, вызванное обработкой BMP9, по сравнению с отсутствием обработки BMP9. При этом учтите значение, полученное для контроля (без клеток).

**А.** Выберите значение, наиболее близкое к правильному ответу.

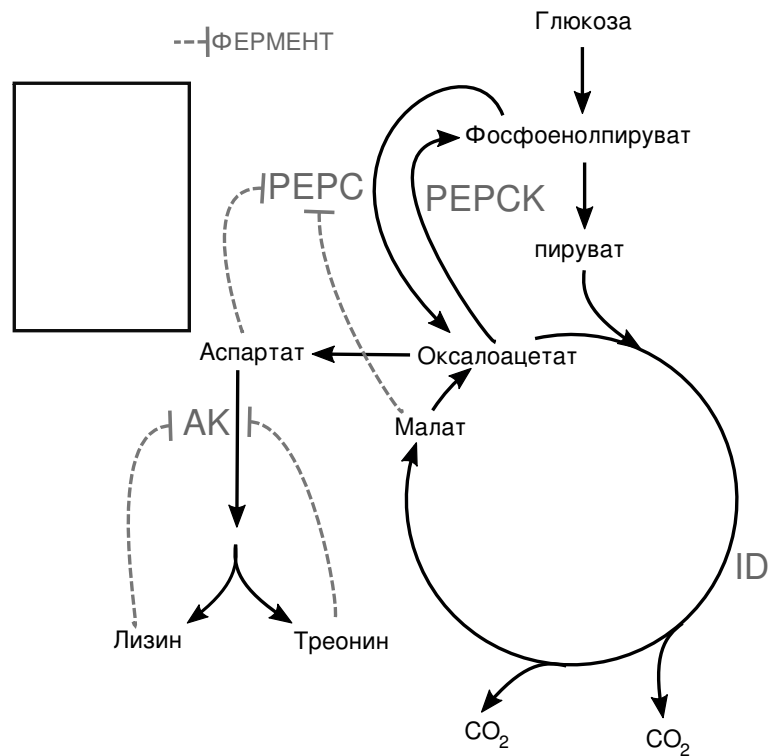
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- А.** Обработка BMP9 вызывает увеличение интенсивности апоптоза.
- В.** Требуется большой избыток как неактивного субстрата, так и люциферазы, чтобы испускание света люциферазой линейно зависело от активности каспазы.
- С.** Экспрессия гена каспазы увеличивается во время апоптоза.

## ЦИКЛ КРЕБСА

Сэр Ханс Кребс (1900-1081) расшифровал главный биохимический путь митохондрий.

Цикл Кребса был искусственно модифицирован в свободноживущем прокариотическом организме, чтобы максимизировать производство лизина.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

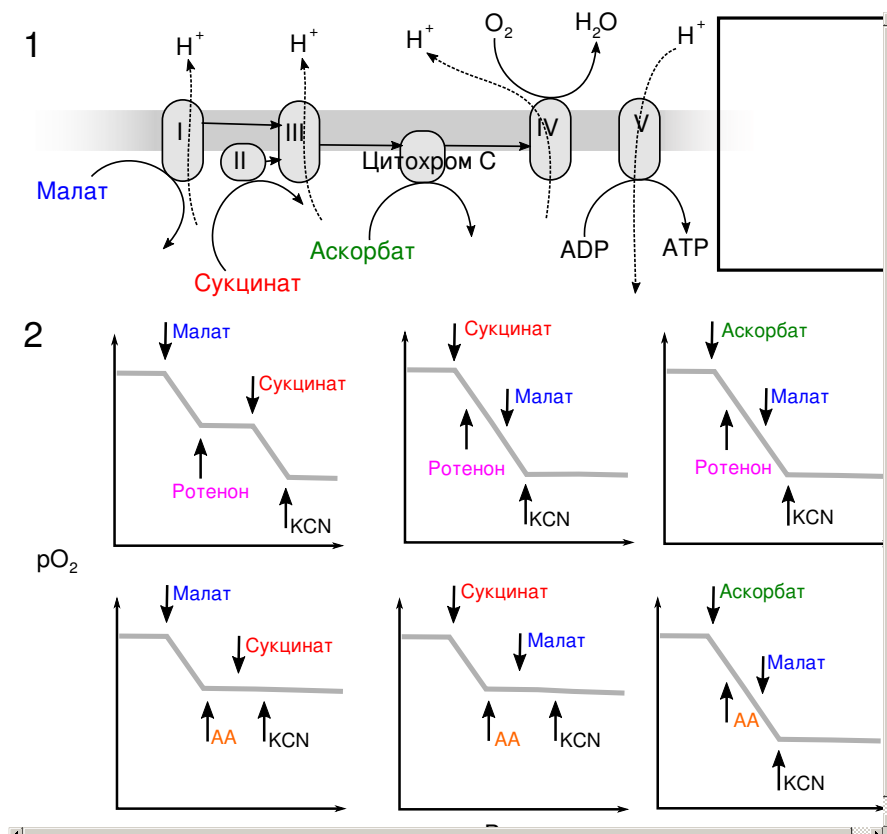
- A. Блокирование заключительной стадии синтеза треонина приводит к нерегулируемому увеличению синтеза лизина.
- B. Увеличение активности ID увеличивает синтез лизина.
- C. Если сделать PEPCK нечувствительным к малату / аспартату, это увеличит синтез лизина.
- D. Увеличение активности PEPCK увеличивает синтез лизина.



## ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНАЯ ЦЕПЬ (ЭТЦ)

Питер Митчелл (1920 -1992) открыл, как митохондрии вырабатывают АТФ. Электроны собираются ЭТЦ от сукцината, малата и аскорбата (витамина С) и переносятся на кислород. Комплексы I-IV последовательно используют выделяемую энергию для перекачки протонов через внутреннюю мембрану митохондрий (1).

Насыщение кислородом суспензии митохондрий, к которой в указанные моменты добавляли субстраты и ядовитые цианид калия (KCN), ротенон или антимицин А (AA), измерялось в течении времени (2).



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

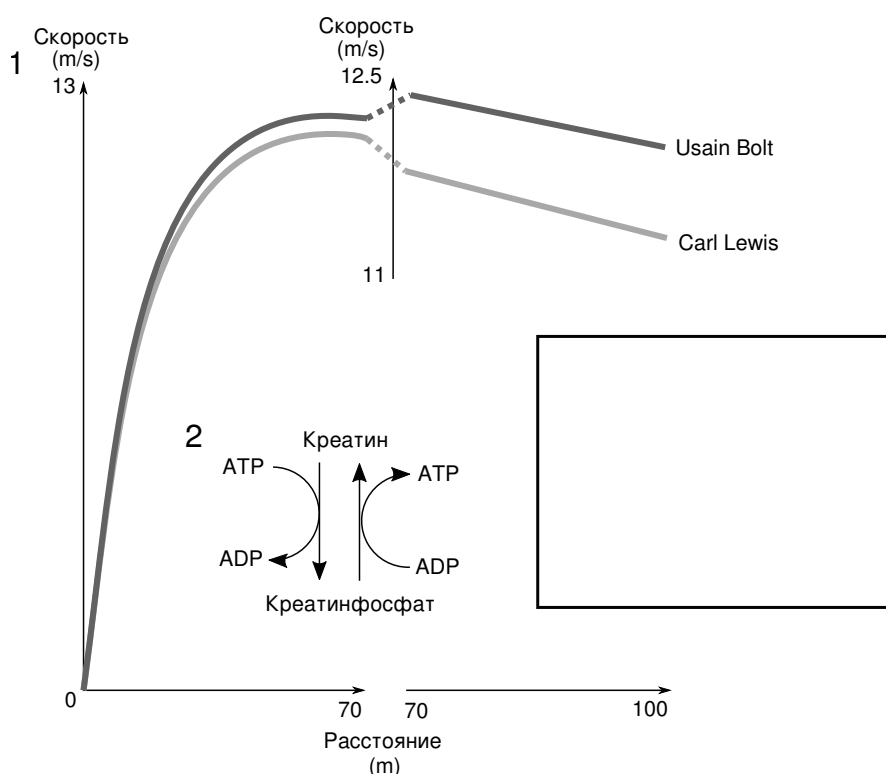
- A. Ротенон ингибирует комплекс I.
- B. Антимицин А ингибирует цитохром С.
- C. Отравление цианидом можно лечить малатом.
- D. Потребление кислорода увеличивается в результате действия веществ, которые образуют поры в митохондриальной мембране.

## ЭЛИТНЫЕ БЕГУНЫ

На последних нескольких играх команда Великобритании использовала спортивную науку, что позволило ей занять второе место в олимпийском и паралимпийском медальных зачетах.

Ниже представлена скорость бега различных спринтеров, выигравших золотые медали на 100 м (1).

Креатинфосфат, содержащийся в цитоплазме мышц, регулирует концентрацию АТФ за счет одностадийной реакции (2). Гликолиз генерирует небольшое количество АТФ путем преобразования глюкозы в пируват. Митохондрии генерируют значительно больше АТФ путем преобразования пирувата в  $\text{CO}_2$ .

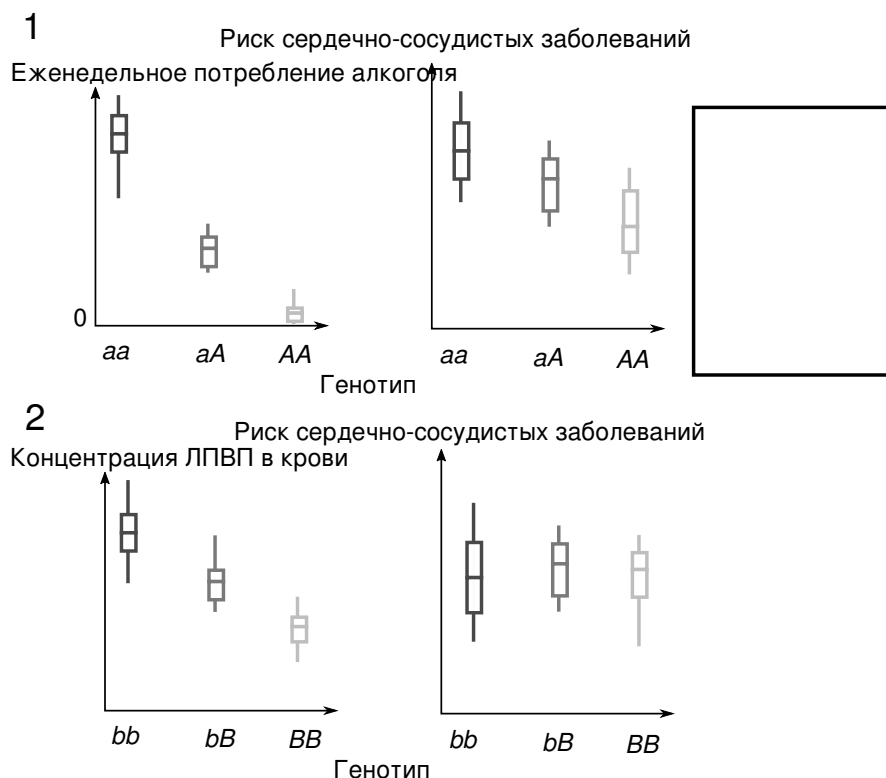


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- А.** Более быстрые спринтеры метаболизируют больше мышечного гликогена в  $\text{CO}_2$ , чем более медленные спринтеры.
- В.** Кинетические характеристики гликолитических ферментов в значительной мере определяют, какие медали выиграют эти спринтеры.
- С.** Креатин в качестве пищевой добавки повысит результаты Усэйна Болта (Usain Bolt) (победитель на дистанциях 100 и 200 м из Ямайки) больше, чем результаты Паулы Редклифф (Paula Radcliffe, британская бегунья, победитель на марафонской дистанции).
- Д.** Гликолиз становится основным источником энергии для этих спринтеров после  $\sim 70$  метров.

# МЕНДЕЛЕВСКАЯ РАНДОМИЗАЦИЯ

Сэр Ричард Долл (1912-2005) изобрел статистические методы, чтобы доказать, что курение вызывает болезни у людей. Менделевская рандомизация была изобретена для исследования более слабого влияния на здоровье людей алкоголя (1) и липопротеинов высокой плотности (ЛПВП, «хороший» холестерин) (2). Сначала устанавливается генотип, определяющий уровень потребления алкоголя или уровень ЛПВП в крови, после чего оценивается его корреляция с болезнью. Данное исследование было проведено на белых британцах.



Укажите, основываясь на этом исследовании, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

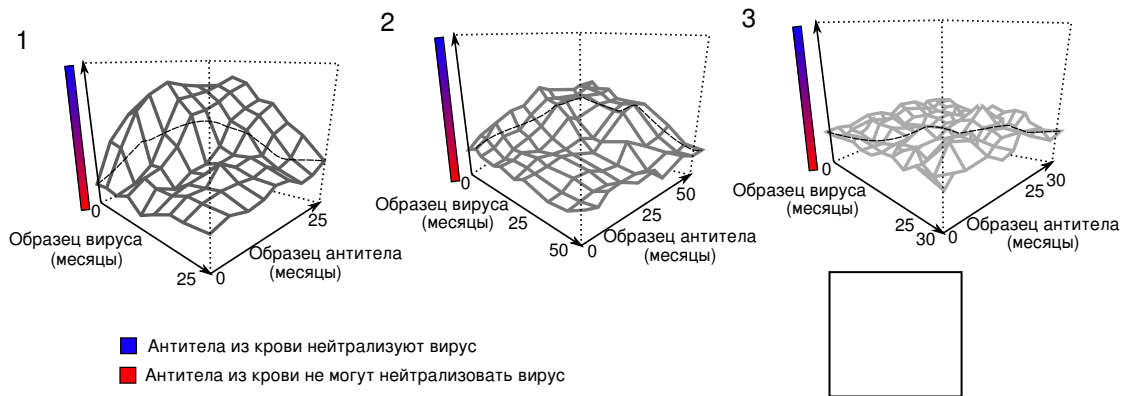
- A.** Употребление небольшого количества алкоголя полезно для здоровья по сравнению с неупотреблением алкоголя.
- B.** Ожидается, что препараты, повышающие уровень ЛПВП, снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний.
- C.** Если люди с генотипом *aa*, которые не потребляют алкоголь по религиозным причинам, имеют высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний, следует заключить, что алкоголь напрямую влияет на болезнь.
- D.** Если аллель *a* окажется более распространенным в Шотландии, а аллель *A* - в Уэльсе, выводы данного исследования, проведенного в Соединенном Королевстве, будут подкреплены.

# ВИЧ И КРАСНАЯ КОРОЛЕВА

Аманда Фишер открыла многие свойства вируса ВИЧ.

ВИЧ имеет два состояния. Он может оставаться спящим в клетках или может быть активным, реплицирующимся и продуцирующим вирусные белки. В 2016 году Национальная Служба Здравоохранения объявила о новом способе лечения, которое пробуждает спящий ВИЧ и убивает активный ВИЧ. Многие больные, получавшие лечение, по предварительным данным излечились.

Три пациента (1, 2 и 3) заразились ВИЧ в момент времени 0 и не получали лечения. Каждый месяц у каждого пациента брали образцы крови. Антитела к вирусу и сам вирус были отдельно выделены из этих образцов. Антитела, соответствующие каждому моменту времени, были смешаны с вирусами, соответствующими каждому моменту времени, после чего измерялась инфекционность (способность к заражению) обработанного антителами вируса.



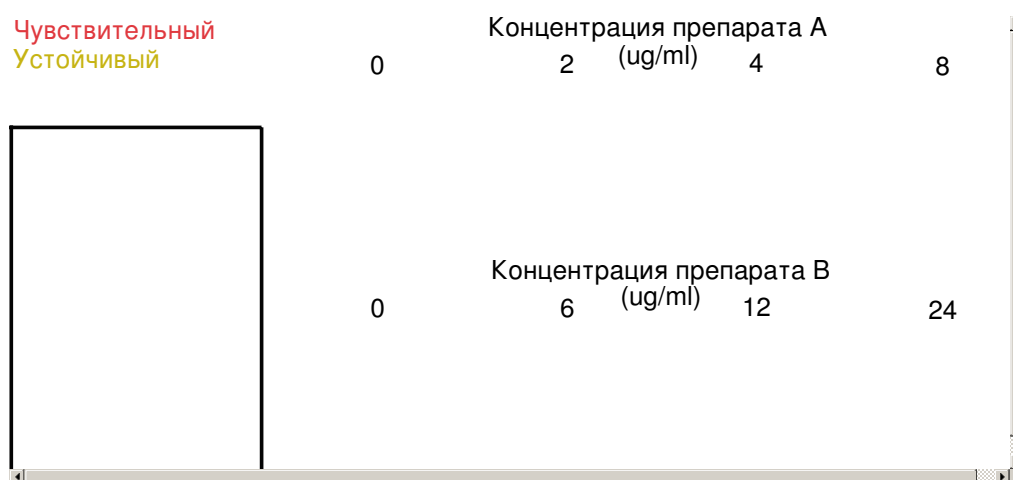
Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A. В первый месяц развития инфекции организм пациентов подавляет циркулирующий ВИЧ.
- B. Антитела пациентов будут более эффективны против только что пробужденного ранее спящего вируса, чем против активного в данный момент вируса.
- C. У пациента 2 СПИД развивается позже, чем у других.
- D. Вирус эволюционирует быстрее всего у пациента 3.
- E. Иммунная система лучше борется с клетками, инфицированными неактивным вирусом, чем активными вирусом.

## УСТОЙЧИВОСТЬ К АНТИБИОТИКАМ

Сэр Александр Флеминг (1881-1955) открыл антибиотики, но величайшие убийцы человечества теперь в большинстве своем устойчивы к ним.

У конкретного патогена деградация антибиотиков происходит либо за счет внутриклеточных ферментов, либо за счет ферментов, выделяемых в окружающую среду. Штамм, чувствительный к антибиотикам, был помечен красным цветом, а устойчивый штамм - желтым. Равные количества чувствительных и устойчивых бактерий смешали и посеяли на чашки, так что они образовали сплошной газон. Затем эти газоны были обработаны препаратами А или В в разных концентрациях, и выращены в течение определенного периода времени. Цвет оставшихся после этого клеток можно видеть на фотографии.



Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- А.** Этот вид бактерий экспрессирует мишень для препарата В.
- В.** В отсутствие препаратов поверхность чашек будет становиться все более желтой и менее красной со временем.
- С.** Устойчивость к препарату А обеспечивается внеклеточным ферментом.
- Д.** Плазмиды, несущие гены устойчивости к антибиотикам, будут распространяться с большей вероятностью, если устойчивость обеспечивается внеклеточными ферментами, чем если она обеспечивается внутриклеточными ферментами.

## ПРИОНЫ

---

Джон Гриффит (1928 -1972) объяснил биологию прионных заболеваний. Прионы - это белки, которые неправильно укладываются в более стабильную форму. Когда прион вступает в контакт с таким же, как он белком, но обладающим правильной конформацией, он вызывает переукладку этого белка тоже в прион. Накопление прионов повреждает мозг, и в 1990-е годы миллионы коров (*Bos taurus*) в Великобритании были уничтожены, чтобы предотвратить распространение прионов.

No translation found

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** В начале заболевания прионы накапливаются экспоненциально.
- B.** Прионные болезни животных могут передаваться людям.
- C.** Крупный рогатый скот с некоторыми генотипами может быть защищен от прионных заболеваний.
- D.** Запрещение использования белковых добавок животного происхождения в рационе скота - эффективный способ предотвратить распространение прионных заболеваний.

## ПРОТИВОТУБЕРКУЛЕЗНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

---

Великобритания проводит крупные совместные проекты для поиска новых антибиотиков для лечения туберкулеза. Были обнаружены молекулы X и Y, которые связываются с активным центром одного из ферментов *Mycobacterium tuberculosis*.

Было обнаружено, что молекула Z также ингибирует действие этого фермента, связываясь с неким другим сайтом (не с активным сайтом).

No translation found

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Молекула X обратимо связывается с активным центром фермента.
- B.** Молекулу Y можно было обнаружить путем скрининга молекул на способность повышать температуру, при которой происходит денатурация фермента.
- C.** Молекула X прочнее связывается с активным центром по сравнению с молекулой Y.
- D.** Молекула Z является лучшим кандидатом для использования в качестве лекарства, если концентрация субстрата этого фермента обычно очень высока.

## ВАКЦИНАЦИЯ И ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

---

Эдвард Дженнер (1749 - 1823), основатель иммунологии, был пионером современной вакцинации. Дженнер заметил, что доярки, контактировавшие с коровьей оспой, не заражались натуральной оспой. Дженнер ввел гной от больной коровьей оспой доярки (голубое платье), мальчику, который после этого заболел в легкой форме. Затем Дженнер ввел этому же мальчику гной от жертвы натуральной оспы, и мальчик не заболел (1). Оспа обычно распространялась через дыхательные пути, была очень заразной и приводила к довольно высокой смертностью, но, благодаря вакцинации, теперь является единственным заболеванием человека, которое было полностью побеждено.

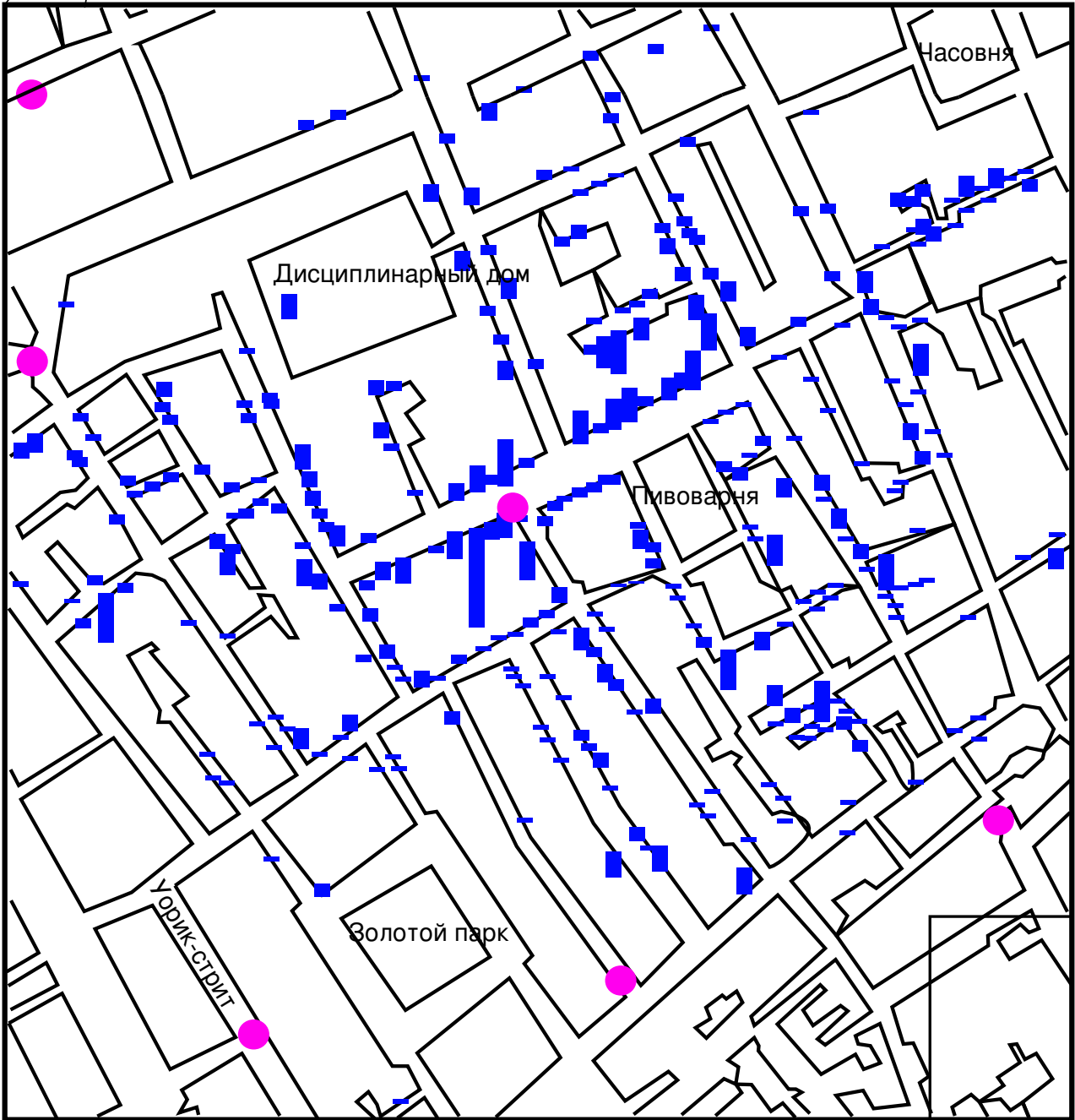
No translation found

Джон Сноу (1813 - 1858) изобрел эпидемиологию. Сноу нанес на карту случаи заражения холерой в викторианском Лондоне во время первой пандемии холеры и спас много жизней (2). В 1961 году в Индонезии началась современная, седьмая, глобальная пандемия холеры.



2

- 1 случай холеры
- Колонка с водой

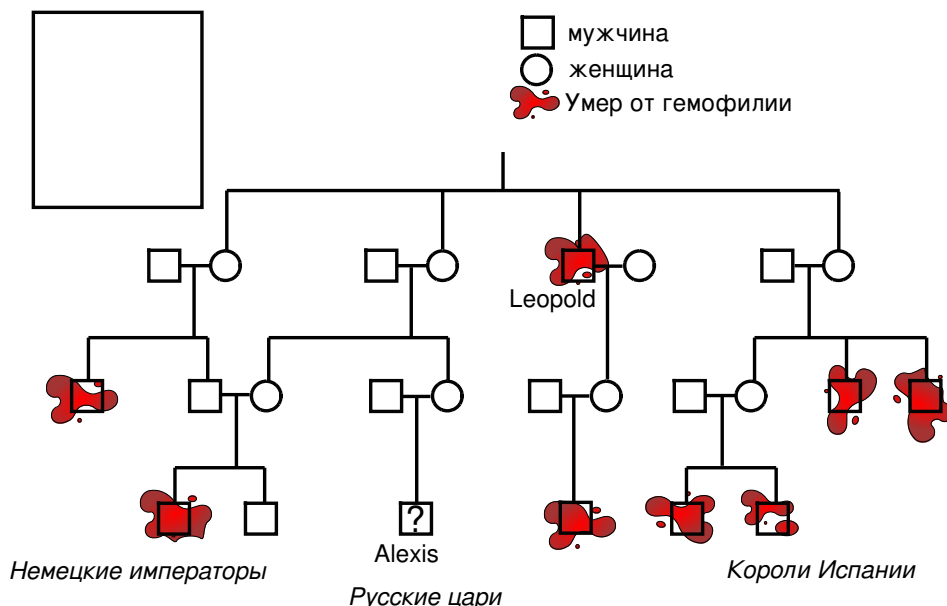


Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** Вирусы натуральной оспы и коровьей оспы имеют некоторые общие последовательности аминокислот на своей поверхности.
- B.** Люди часто заражались натуральной оспой больше, чем один раз.
- C.** Сноу остановил эпидемию холеры, открутив ручку с колонки на улице Уорик-стрит.
- D.** Натуральная оспа остается жизнеспособной вне организма хозяина дольше, чем холера.
- E.** Натуральная оспа циркулирует в изолированных сообществах дольше, чем холера.

## ГЕМОФИЛИЯ

Роберт Макфарлейн (1907 - 1987) объяснил биохимию свертывания крови и обнаружил причину гемофилии В, которая вызывает смертельное кровотечение. Сын королевы Виктории, принц Леопольд, был первым представителем европейской знати, у которого развилась гемофилия В, но впоследствии гемофилия быстро распространилась на европейские королевские семьи. Ниже показана неполная родословная.



Основываясь на этой родословной, вычислите вероятность того, что царевич Алексей умер бы от гемофилии, если бы он пережил русскую революцию.

**A.** Выберите вероятность, максимально близкую к правильному ответу.

Укажите, является ли каждое из следующих утверждений верным или неверным.

- A.** В этом семействе гемофилия В могла возникнуть в результате новой (*de novo*) мутации во время мейоза в ооцитах королевы Виктории.
- B.** Активность факторов свертывания крови снижается более чем наполовину у этих гемофиликов.