

**ОЧНЫЙ ТУР МОСКОВСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ  
ПО БИОЛОГИИ 2024 Г.**

**8 КЛАСС**

*Уважаемые участники Олимпиады!*

*Здесь вы найдете развернутые ответы на задания очного тура.*

**Задание № 1: максимальная оценка за задание – 10 баллов.**

Во время длительных интенсивных физических нагрузок спортсменам рекомендуют пить изотонические напитки. В супермаркетах или магазинах спортивного питания можно найти изотоники, уже готовые к употреблению в виде жидкости, или же в форме таблеток или порошков, которые можно взять с собой в поездку и перед употреблением растворить в воде.

**1.1. Для чего используются такие напитки в спорте? – 3 балла:**

При интенсивной мышечной работе повышается локальная температура тканей, и для предотвращения перегрева усиливается потоотделение. Вместе с потом из организма помимо воды выводятся и электролиты (минеральные соли), нехватка которых может привести к негативным последствиям. При снижении концентрации солей в плазме крови вода по закону осмоса будет уходить в окружающие ткани, что увеличит вязкость крови. Это может привести к усталости, судорогам.

В отличие от обычной воды, изотонические напитки не только восполняют потерю жидкости, но и предотвращают избыточное выведение минеральных солей (в особенности натрия), поддерживают водно-солевой баланс в организме во время занятий спортом.

**1.2. Что и в каких количествах обязательно должно входить в состав изотоников? Поясните, почему? – 3 балла:**

Изотоники содержат:

- 0.9% водный раствор NaCl,
- или 9 г поваренной соли + 1 литр воды,
- или 1 чайная ложка или половина столовой ложки поваренной соли, растворенной в 1 литре воды.

Водный раствор соли в такой концентрации называется изотоническим: осмотическое давление раствора соответствует осмотическому давлению

плазмы крови. В изотоническом растворе молекулы воды поступают и выходят из клетки в равной мере, что обеспечивает ее нормальное функционирование.

**1.3. Какие могут быть дополнительные компоненты в составе изотоников? – 1 балл:**

- Глюкоза 20 г, или другой сахар (возможно в виде сиропа, меда);
- Другие соли натрия и калия, магния, кальция (бикарбонат натрия, цитрат натрия, хлорид калия) с учетом поддержания изотоничности раствора;
- Фруктовый сок, кокосовая вода.

**1.4. В каких еще случаях, кроме спорта, можно пить изотонические напитки? – 2 балла:**

В жарком климате, при интенсивном потоотделении.

При обезвоживании при диарее, рвоте, большой кровопотере.

**1.5. В чем может заключаться вред употребления изотонических напитков? – 1 балл:**

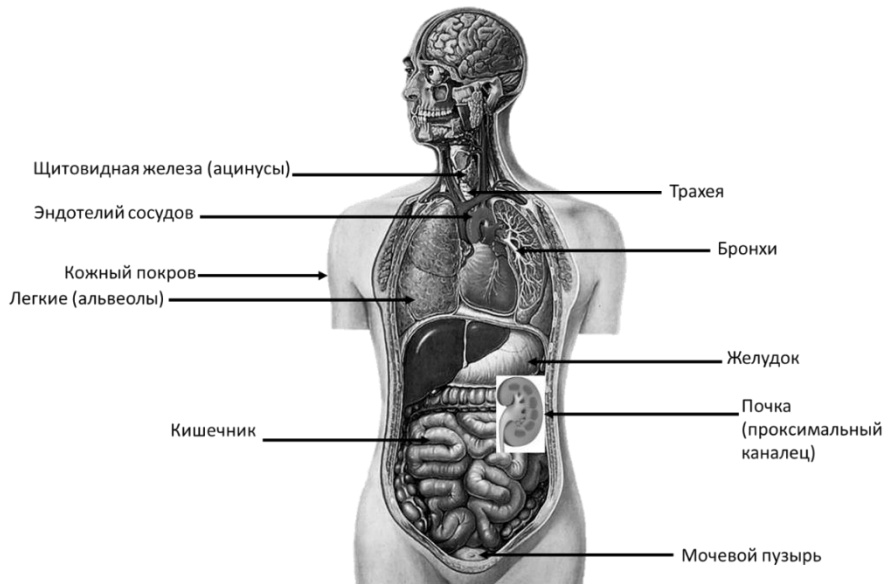
Изотоники не должны употребляться слишком часто или в избыточных объемах, прием жидкости должен соответствовать ее расходу, в противном случае электролитный баланс будет нарушаться. Если в изотониках содержится сахар, то употребление напитка на повседневной основе в отсутствие физических нагрузок может повышать риск ожирения.

**Задание № 2: максимальная оценка за задание – 10 баллов.**

Эпителии – это одни из самых разнообразных типов тканей нашего организма. Они встречаются практически во всех органах и участвуют в их жизнедеятельности. Установите соответствие между предложенными в таблице типами эпителия (1-6) и подписанными на рисунке органами человека, где этот тип эпителия в основном представлен. Названия органов внесите в правую графу таблицы.

**Критерии оценивания: 1 балл за каждое правильное соответствие.**

*Примечание к эпителию №6: в своих ответах многие участники олимпиады ошибочно указывали легкие (альвеолы) в графе с переходным эпителием (уротелием). Однако диффузия кислорода и углекислого газа, которая осуществляется в альвеолах за доли секунды, в случае многослойного эпителия невозможна, в виду его большой толщины.*



№	Название, особенности строения и схематичное изображение эпителия	ОТВЕТ: название органа
1	<b>Однослойный плоский эпителий</b> Ширина и длина клеток в несколько раз превышает высоту, что позволяет ускорить диффузию веществ через эти клетки.	Эндотелий сосудов Легкие (альвеолы)
2	<b>Однослойный кубический эпителий</b> Высота клетки равна ее ширине и длине. Такие эпителии позволяют быстро и эффективно проводить как секрецию, так и реабсорбцию веществ из полости органа.	Щитовидная железа Почка (проксимальный каналец)
3	<b>Однослойный, однорядный столбчатый (призматический) эпителий</b>	Желудок Кишечник

	Высота клетки в несколько раз превышает ее ширину и длину. Часто содержит на своей поверхности микроворсинки. Такое строение позволяет детально контролировать как секрецию, так и всасывание веществ.	
4	<b>Однослойный, многорядный столбчатый (призматический) эпителий</b> Все клетки контактируют с базальной мембраной, но ядра не лежат на одном уровне. Клетки разной формы, выполняют разные функции. Органы с таким эпителием способны разнообразно обрабатывать свое содержимое. Например, клетки с ресничками или клетки, активно секретирующие слизь.	Бронхи Трахея
5	<b>Многослойный плоский ороговевающий эпителий</b> Содержит несколько слоев плотно прилегающих друг к другу клеток. Верхние слои клеток претерпевают полную кератинизацию и отмирают. Это приводит к формированию естественного плотного барьера от внешней среды.	Кожный покров
6	<b>Переходный эпителий (уротелий)</b> Состоит из клеток разной формы, причем клетки из верхнего слоя способны к растяжению. Такой тип эпителия необходим в органах, где возможны сильные изменения объемов и необходимо растяжение стенок этих органов.	Мочевой пузырь

**Задание № 3: максимальная оценка за задание – 10 баллов.**

Одним из защитных механизмов у человека является боль. Боль возникает всякий раз при повреждении какой-либо ткани, что побуждает человека к действиям, способствующим избавлению от болевого стимула.

**3.1. Как называются рецепторы боли? Обведите один из предложенных вариантов: 0,5 балла**

- а) проприорецепторы;      **в) ноцицепторы;**      д) долорорецепторы.  
б) болецепторы;      г) круциацепторы;

**3.2. Назовите 3 типа стимулов, которые могут возбуждать болевые рецепторы, и приведите к каждому из типов пример болевого ощущения из жизни: 4,5 балла**

Термические, химические, механические стимулы – за каждый *по 1 баллу*.

Ожог, ощущение жжения, укол (при проверке засчитывали и другие, подходящие по смыслу примеры) – суммарно *не более 1,5 баллов*.

**3.3.** Для обезболивания можно действовать фармакологическими препаратами на разные отделы болевого анализатора. Существуют болеутоляющие средства преимущественно центрального действия, преимущественно периферического действия и локальные анестетики, которые будут действовать в основном на проводниковую часть анализатора. Ниже приведены названия действующих веществ различных препаратов от боли:

- А – ибупрофен («Нурофен»)  
Б – морфин  
В – лидокаин  
Г – парацетамол  
Д – ацетилсалициловая кислота («Аспирин»)

**Сопоставьте каждое из действующих веществ с отделом болевого анализатора: 5 баллов**

- 1 – периферический отдел;  
2 – проводниковый отдел;  
3 – центральный отдел.

А	Б	В	Г	Д
1	3	2	1	1

*Пояснение:* Большая часть обезболивающих, которые можно купить в аптеке без рецепта оказывают влияние на периферический отдел болевого анализатора. Например, ибупрофен, парацетамол и ацетилсалициловая кислота являются нестероидными противовоспалительными препаратами. Они ингибируют циклооксигеназу, фермент, участвующий в

*синтезе простагландинов, которые повышают чувствительность болевых рецепторов к медиаторам боли. Лидокаин является местным анестетиком, блокируя проведения нервных импульсов по нерву. Соответственно, лидокаин будет действовать на проводниковый отдел. Морфин относится к группе опиоидных анальгетиков, очень сильным препаратов, которые в первую очередь действуют на работу центральной нервной системы, то есть на центральный отдел болевого анализатора.*

**Задание № 4: максимальная оценка за задание – 11 баллов.**

*На новогодних каникулах Петя почти всё свободное время проводил на свежем воздухе, не смотря на аномальные морозы. Не замёрзнуть Пете помогли не только одежда и горячий чай! Множество регуляторных реакций организма Пети принимало участие в терморегуляции, помогая сохранять постоянную температуру тела вне зависимости от температуры окружающей среды.*

**В этом задании мы предлагаем Вам подумать о механизмах регуляции температуры тела и ответить на несколько вопросов:**

**4.1.** Какая структура головного мозга является основным центром терморегуляции?

Правильный ответ: Гипоталамус.

**4.2.** Опишите регуляторные реакции (нервные и гуморальные), запускаемые этой структурой головного мозга в ответ на охлаждение организма человека. В ответе укажите, какие функциональные отделы нервной системы, а также какие железы и гормоны отвечают за реализацию каждой из этих реакций. Не забудьте написать, к каким изменениям будет приводить каждая реакция: к изменению теплопродукции или к изменению теплоотдачи (их снижению или увеличению)?

*Обратите внимание на то, что надо было описать только регуляторные реакции, запускаемые гипоталамусом в ответ на охлаждение организма. Другие реакции приводить не следовало.*

В ответе можно было назвать следующие реакции:

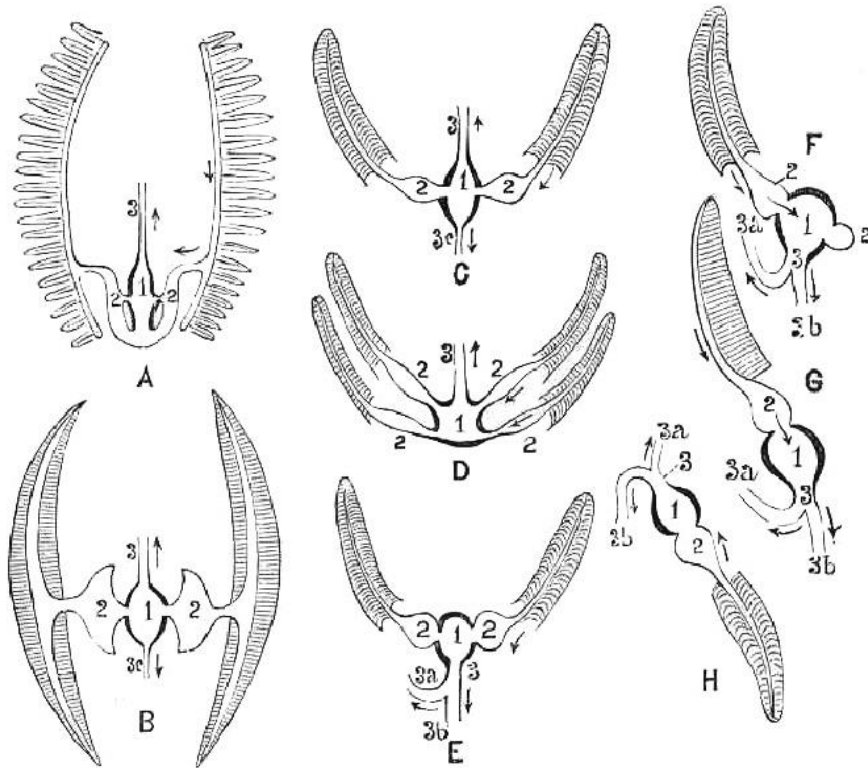
- Сужение сосудов кожи – симпатическая нервная система – снижение теплоотдачи.
- Уменьшение выделения пота – симпатическая нервная система – снижение теплоотдачи.
- Поднятие волосков кожи – симпатическая нервная система – снижение теплоотдачи.



- Активация энергетического обмена – щитовидная железа и тиреоидные гормоны (Т3 или Т4), надпочечники (кортизол или адреналин/норадреналин), симпатическая нервная система – увеличение теплопродукции.
- Появление дрожи мышц – соматическая нервная система – увеличение теплопродукции.
- Увеличение количества произвольных движений – соматическая нервная система – увеличение теплопродукции.

**Задание № 5: максимальная оценка за задание – 8 баллов.**

У моллюсков – единственных из беспозвоночных, сердца имеют функционально различные камеры: предсердия и желудочки. Это говорит о сложности строения и важности кровеносной системы для организма моллюсков. На рисунке приведены схемы сердца и жабр некоторых групп моллюсков, охватывающие основное разнообразие строения сердца у моллюсков.



**А.** Хитоны; **В.** Двустворчатые; **С.** Головоногие: двужаберные; **Д.** Головоногие: четырёхжаберные; **Е.** Брюхоногие: переднежаберные (*Zygobranchiata*); **Ф.** Брюхоногие: переднежаберные (*Azygobranchiata*); **Г.** Брюхоногие: переднежаберные (*Monotocardia*); **Н.** Брюхоногие: заднежаберные (*Tectibranchiata*).

**Обозначения на рисунке:** 1 – желудочек; 2 – предсердие; 3 – аорта; 3а – головная аорта; 3б – висцеральная аорта; 3с – задняя аорта.

Жабры на схеме не подписаны, они показаны как вытянутые гребни. Стрелками показан ток крови.

**Посмотрите на предложенные схемы и ответьте на 5 вопросов:**

**5.1.** В каких пределах варьирует число предсердий и желудочков у моллюсков (считайте, что на схемах показаны все возможные количественные варианты)? – **2 балла:**

Правильный ответ: Предсердий от 1 до 4 (**1 балл**), желудочек – 1 (**1 балл**).

**5.2.** Используя схему, поясните, от чего зависит число предсердий у моллюсков? – **3 балла:**

Оно зависит от числа жабр (**1 балл**). Чем больше жабр, тем больше предсердий (**1 балл**). Кроме того, могут быть рудиментарные предсердия, когда жабра уже исчезла, а подходящее к ней предсердие – нет (**1 балл**).

**5.3.** Какая кровь, судя по схемам, выходит из сердца по аортам: артериальная или венозная? – **1 балл:**

Правильный ответ: Артериальная.

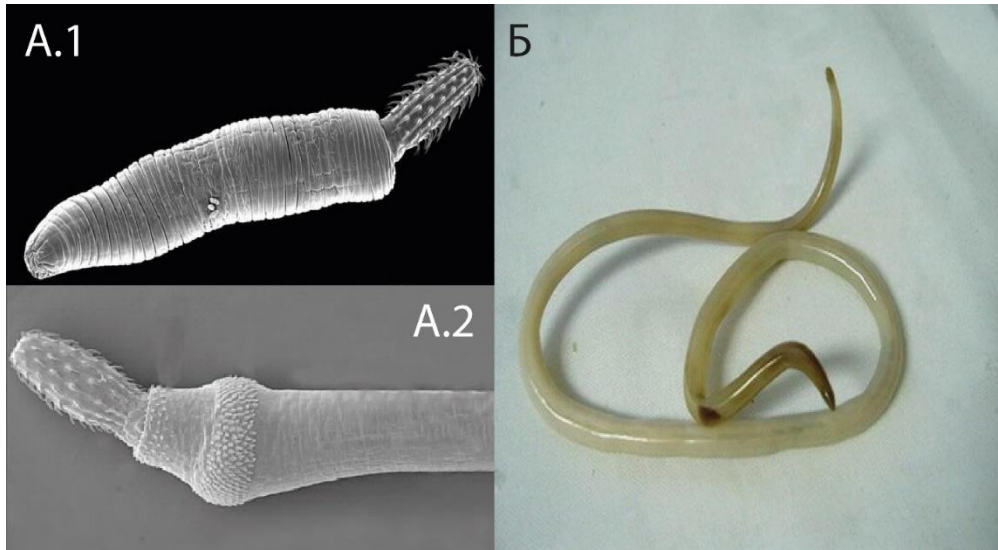
**5.4.** Какая из групп брюхоногих моллюсков выглядит как исходная в эволюционном плане для остальных (в ответе можно указать соответствующую букву)? – **1 балл:**

**Е.** Брюхоногие: переднежаберные (*Zygobranchiata*).

**5.5.** Какая важная группа брюхоногих моллюсков на схемах не показана? – **1 балл:**

На схеме нет лёгочных моллюсков.

**Задание № 6:** максимальная оценка за задание – 10 баллов.



**6.1.** Посмотрите на рисунки А.1 и А.2. Как Вы думаете, какой образ жизни ведут данные организмы? В какой среде они обитают? Для чего служит колючая структура, называемая хоботом, находящаяся на переднем конце животных с рисунков А.1 и А.2?

**6.2.** У организмов на рисунках А.1 и А.2 нет желудочно-кишечного тракта. Какой еще класс животных с похожим образом жизни без желудочно-кишечного тракта Вы знаете? Как без кишечника животные этого класса поглощают питательные вещества? Какой из внутренних органов человека выполняет ту же функцию, что и покровы тела животных этого класса?

**6.3.** Посмотрите на рисунок Б. На нем изображен организм, обитающий в тех же условиях, что и организмы на рисунках А.1 и А.2. К какому типу животных он относится? Напишите название конкретно этого организма.

### ОТВЕТ НА ЗАДАНИЕ №6

**6.1.** Посмотрите на рисунки А.1 и А.2. Как Вы думаете, какой образ жизни ведут данные организмы? – 1 балл:

Паразитический.

**В какой среде они обитают? – 1 балл:**

Организменной.

Для чего служит колючая структура, называемая хоботом, находящаяся на переднем конце животных с рисунков А.1 и А.2? – 2 балла:

Эта структура служит для прикрепления к стенке кишечника, в котором паразитирует скребень.

*Если написано про прикрепление – 1 балл, если еще написано про стенку кишечника или просто кишечник – еще 1 балл.*

**6.2.** У организмов на рисунках А.1 и А.2 нет желудочно-кишечного тракта. Какой еще класс животных с похожим образом жизни без желудочно-кишечного тракта Вы знаете? – 1 балл:

Цестоды / Cestoda / Ленточные черви.

**Как без кишечника животные этого класса поглощают питательные вещества? – 1-2 балла:**

Через покровы.

*Если расписаны какие-то верные механизмы поглощения типа везикул и т.п., можно добавить еще 1 балл.*

**Какой из внутренних органов человека выполняет ту же функцию, что и покровы тела животных этого класса? – 1 балл:**

Кишечник.

**6.3.** Посмотрите на рисунок Б. На нем изображен организм, обитающий в тех же условиях, что и организмы на рисунках А.1 и А.2. К какому типу животных он относится? – 1 балл:

Нематоды (*Nematoda*).

**Напишите название конкретно этого организма. – 1-2 балла:**

Это человеческая аскарида (*Ascaris lumbricoides*).

*Если в ответе указано человеческая или приведена латынь, можно добавить еще 1 балл.*

**Задание № 7: максимальная оценка за задание – 11 баллов.**

Всем хорошо известно, что у млекопитающих существуют несколько типов зубов, различающихся по размеру, форме и функциям. Чаще всего, разбирая зубную систему млекопитающих, мы говорим о резцах, клыках, предкоренных и коренных зубах. Но зачастую в разных группах млекопитающих набор зубов может отличаться от этой схемы: все или какие-то типы зубов могут отсутствовать.

**Приведите примеры млекопитающих, у которых:**

- А) полностью отсутствуют все зубы;
- Б) отсутствуют все, или только верхние, или только нижние резцы;
- В) отсутствуют клыки;
- Г) отсутствуют предкоренные зубы;

**Укажите, в связи с чем, по Вашему мнению, эти животные утратили в эволюции те или иные зубы.**

**ОТВЕТ НА ЗАДАНИЕ №7****А) полное отсутствие зубов**

*Возможные примеры и обоснования:*

Усатые киты (переход на фильтрацию и замена зубов на роговые пластинки китового уса) – *0,5 балла за пример и 0,5 балла за обоснование.*

Муравьеды, ехидна, проехидны, панголины (переход на питание мелкими членистоногими) – *0,5 балла за пример и 0,5 балла за обоснование.*

Утконос – у совсем юных зубы есть, но быстро выпадают и замещаются роговыми пластинками (питание мягкими водными беспозвоночными) – *0,5 балла за пример и 0,5 балла за обоснование.*

**Б) отсутствие верхних/нижних резцов**

*Возможные примеры и обоснования:*

Жвачные парнокопытные (замена верхних резцов на роговую мозоль) – *0,5 балла за пример и 0,5 балла за обоснование.*

Моржи (редукция нижних резцов в связи с их нефункциональностью) – *0,5 балла.*

Взрослые ламантины – редукция резцов и замена их роговыми пластинами – *0,5 балла.*

Слоны – редукция нижних резцов в связи с их нефункциональностью – *0,5 балла.*

Носороги – редукция верхних резцов в связи с их нефункциональностью – *0,5 балла.*

**В) отсутствие клыков**

*Возможные примеры и обоснования:*

Зайцеобразные и грызуны (нет необходимости удерживать добычу) – *по 0,5 балла за каждый пример и 0,5 балла за обоснование.*

Самки некоторых парнокопытных (нет верхних клыков, нет необходимости удерживать добычу или драться с сородичами) – *0,5 балла.*

Самки лошадиных (нет верхних клыков, нет необходимости удерживать добычу или драться с сородичами) – *0,5 балла.*

Хоботные и даманы (нет необходимости удерживать добычу) – *0,5 балла.*

Сирены (нет необходимости удерживать добычу) – *0,5 балла.*

Носороги (нет необходимости удерживать добычу) – *0,5 балла.*

**Г) отсутствие предкоренных зубов**

*Возможные примеры и обоснования:*

Ряд грызунов (мыши, крысы, хомяки, полёвки, песчанки) – сложные коренные зубы для обработки растительной пищи, предкоренные из-за этого теряют функциональность – *суммарно не более 1 балла за адекватные примеры и 1 балл за обоснование.*

### Задание № 8: Омброхория (7 баллов).

Жизнь в пустыне, очевидно, нелегка. И процесс прорастания семян в условиях пустынь также имеет свои особенности. Поскольку песчаные почвы обладают низкой водоудерживающей способностью и быстро просыхают, семенам пустынных растений необходимо прорасти очень быстро, как только начинаются дожди. Поэтому они делают это более или менее синхронно. Однако растения, как и животные, увы, не могут заранее прогнозировать, насколько долгими и интенсивными окажутся выпадающие в настоящий момент времени осадки. У представителей семейства Аизовые (*Aizoaceae*), обитающих в пустынях Южной Африки и Намибии, в течение сухого сезона из потрясающе красивых цветков уже сформировались своеобразные плоды-коробочки.



А. Цветущее растение – представитель рода *Хейридопсис* (семейство Аизовые)

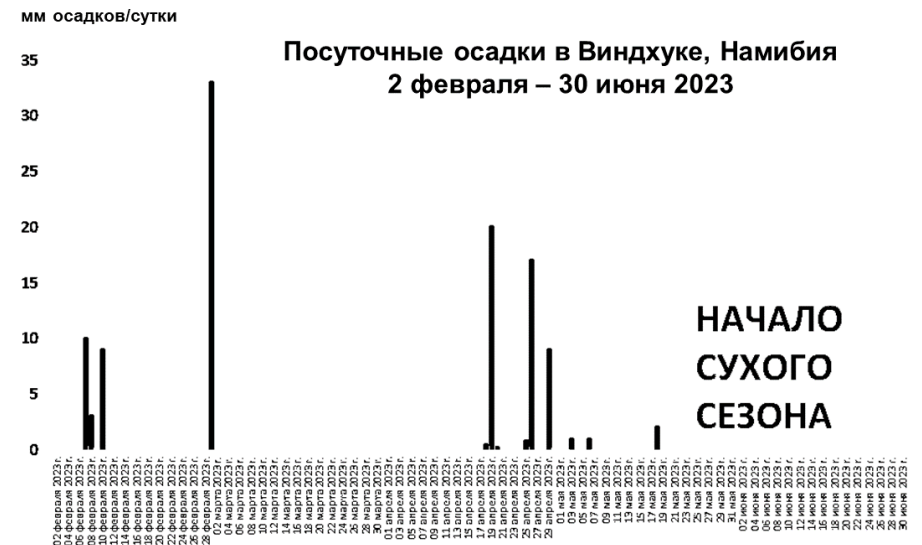


Б. Плоды этого же растения: 1- незрелый, ещё не вскрывшийся плод; 2 – зрелый вскрывшийся плод с разнообразными защитными структурами, прикрывающими полости с семенами

Когда в пустынях начинается дождь, коробочки вскрываются, и семена из них распространяются каплями дождя – этот процесс называется **омброхория**. Представьте себе, что в открытую блюдцеобразную ёмкость с семенами падают капли дождя, ёмкость наполняется водой, потом переполняется, и в переполненном состоянии с падением каждой новой капли вода будет выплёскиваться из неё в виде уже другой капли, возможно содержащий семена. Это самый эффективный способ рассеять семена на некоторое расстояние от нашей блюдцеобразной ёмкости. Однако на фотографии видно, что вскрывшаяся коробочка устроена намного сложнее открытой блюдцеобразной ёмкости – в ней много структур, затрудняющих доступ к семенам и, соответственно, их вынос за пределы коробочки.

Внимательно рассмотрите график интенсивности осадков в районе г. Виндхук (Намибия) – одной из областей распространения представителей

семейства Аизовые. Обратите внимание на нерегулярность выпадения осадков вне выраженного сухого сезона.



После изучения графика ответьте на следующие вопросы:

**8.1. Объясните, зачем нужны все эти структуры, в целом затрудняющие вымывание семян из коробочек? – 2 балла:**

**Ответ:** Для таких растений очень важно постепенное, не одновременное высвобождение семян. Если семена освободятся из коробочки все сразу, то, в отсутствие необходимых условий, все сразу и погибнут. В коробочке они хорошо защищены от внешней среды и могут сохраняться достаточно долго – очевидно дольше, чем во внешней среде. Приведенный график демонстрирует неравномерность выпадения осадков вне сухого сезона, с февраля по апрель. И если дожди окажутся недостаточно сильными и продолжительными, в коробочке семена доживут до следующих, возможно более затяжных и обильных осадков, а во внешней среде нет.

**8.2. Почему семена Аизовых, сформировавшиеся в коробочке, (1) очень мелкие и (2) многочисленны? – 2 балла:**

**Ответ:** 1) При таком способе распространения семена должны почти что плавать в толще воды, не опускаясь на дно коробочки. Если семена будут крупными и, соответственно, более тяжелыми, как они улетят с каплей воды? *Правильное объяснение – 1 балл.*



2) Многочисленные потому, что в таких сложных условиях многие семена не взойдут по разным причинам: какие-то не смогут выйти из коробочки, какие-то попадут в неподходящие условия и погибнут, какие-то прорастут в неправильное время и тоже погибнут, и пр. *Правильное объяснение – 1 балл.*

**8.3. Как вы думаете, будет ли эффективна подобная омброхория для растений – эпифитов, т.е. растений, обитающих на стволах других (обычно намного более крупных, чем они сами) растений?**

Для примера рассмотрите семена и внешний облик растения из состава рода Тилландсия (семейство Бромелиевые). – **3 балла:**



А. Общий вид растений  
Б. Вскрывшийся плод  
В. Семя

**Ответ:**

1) Нет, не будет эффективна – **1 балл.**

2) В отличие от предыдущего случая семена этих растений распространяются с определенной высоты, им выгоднее разлетаться по воздуху в сухую погоду. Капли воды могут скорее сбивать их и уменьшать дальность рассеивания. Также на фото (Б и В) видно, как из вскрывшейся коробочки выходят семена с летучками (парашютиками), очевидно призванными облегчить их парение в воздухе. *Правильное объяснение – 2 балла.*

**Задание № 9: Фотосинтез в жарком климате (13 баллов).**

Фотосинтез – это синтез органических веществ (сахаров: например, глюкозы) с использованием солнечной энергии. Вы, без сомнения, хорошо знаете, что для этого процесса необходим углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), который приходит в растение через открытые устьица и затем поступает в цикл химических реакций, носящий название цикл Кальвина.

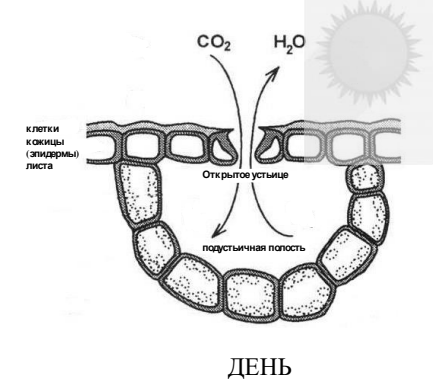
Однако устьица также вносят основной вклад в испарение воды, и в жару их следовало бы держать закрытыми. Но как тогда получать углекислый газ для фотосинтеза?

И это не единственная проблема, связанная с фотосинтезом в жарком климате. Главнейший фотосинтетический фермент под сокращенным названием Рубиско ( $\text{RuBisCO}$ ), задача которого — присоединять углерод из углекислого газа к синтезируемой молекуле глюкозы в процессе фотосинтеза, при высокой температуре начинает взаимодействовать не с ним, а с кислородом, что значительно снижает эффективность фотосинтеза в целом. Этого можно избежать, если поднять в листе концентрацию  $\text{CO}_2$  — тогда при избытке углекислого газа Рубиско будет находить и фиксировать из среды именно его. Но как это сделать?

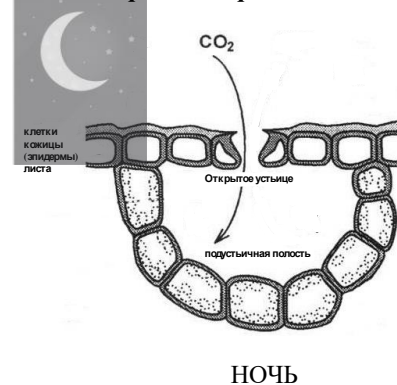
Некоторые растения-суккуленты поступают так: они открывают устьица ночью и поглощают углекислый газ, но в производство глюкозы его не запускают — света-то нет и фотосинтез поэтому не идет.

Тогда  $\text{CO}_2$  откладывается «про запас» в вакуолях – специальных окруженных мембраной пузырьках внутри клетки. Хранится он здесь, конечно, не в чистом виде, а в виде яблочной кислоты, которая получается в результате нескольких биохимических превращений. Но вот наступает новый день, и яблочная кислота отправляется из вакуоли в цитоплазму, где от неё отщепляется  $\text{CO}_2$ .

*Газообмен с внешней средой при обычном фотосинтезе*



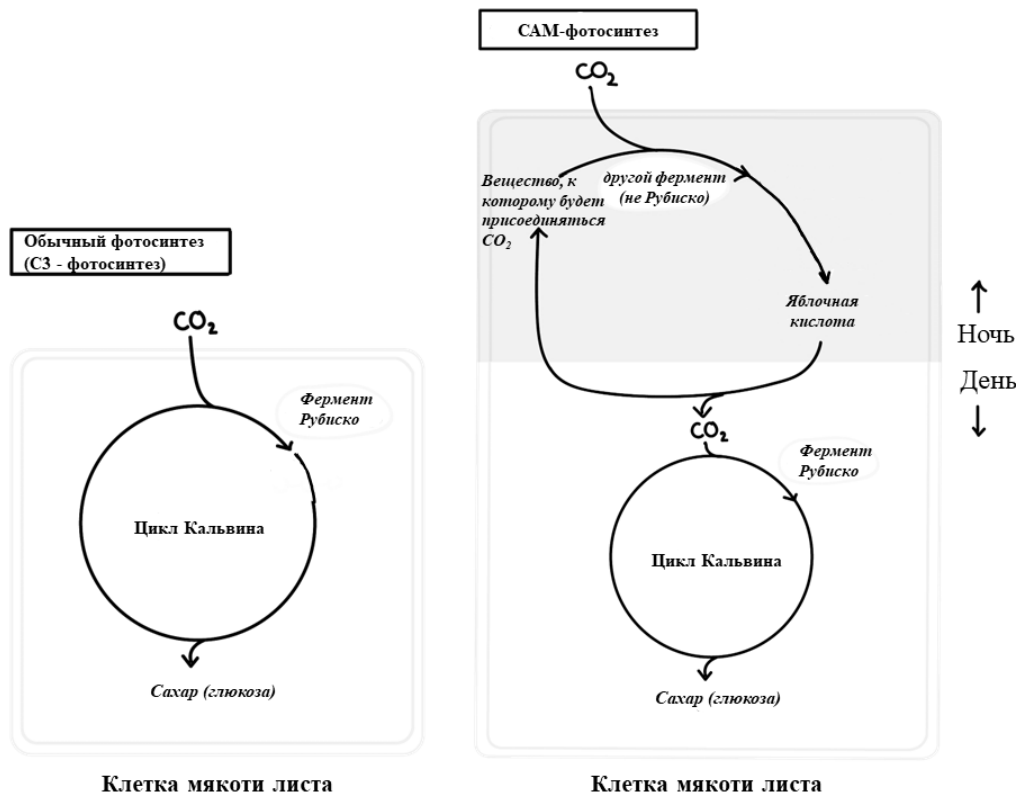
*Газообмен с внешней средой при САМ-фотосинтезе*





Соотношение  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  за счёт сделанных запасов теперь сильно смещается в пользу  $\text{CO}_2$ , следовательно, проблема решена: фермент Рубиско уже не будет взаимодействовать с кислородом, а растению не нужно открывать устьица днем, в самое жаркое время суток, ведь можно использовать запасенный ночью углекислый газ.

Такой тип фотосинтеза, когда фиксация  $\text{CO}_2$  и его использование в фотосинтетических реакциях разделены во времени, называется САМ-фотосинтезом от латинского названия семейства Толстянковые (*Crassulaceae*), у представителей которого впервые обнаружили такой путь метаболизма. Кстати, САМ-фотосинтез из-за большего числа необходимых химических реакций, чем при обычном фотосинтезе, требует и больших энергетических затрат.



Позже оказалось, что толстянки не единственные, кто его использует. САМ-фотосинтез нашли у кактусовых, у ананаса и многих других представителей бромелиевых, у некоторых тыквенных, перечных, гераниевых и видов ряда

других семейств. Обычно это растения, которым приходится жить в жарком и сухом климате. Но вот учёные задумались, всегда ли это именно так?

**Примерьте на себя роль ботаника – физиолога растений или специалиста по экологической анатомии и попробуйте логически порассуждать, отвечая на следующие вопросы:**

**9.1.** Может ли САМ-фотосинтез встречаться и у водных растений, обитающих в небольших мелководных водоёмах в условиях тропического и субтропического климата? Аргументируйте свой ответ. – **3 балла:**

**Ответ:** 1) Да, может – **1 балл.**

2) По сути вопрос сводится к пониманию того, что если в жарком климате растения испытывают недостаток  $\text{CO}_2$  из-за закрытых устьиц, то в воде они испытывают недостаток  $\text{CO}_2$  из-за низкой скорости диффузии газов. Как все газообразные вещества  $\text{CO}_2$  плохо растворим в воде. А с повышением температуры растворимость  $\text{CO}_2$  в воде ещё и падает. Может существовать конкуренция с другими растениями того же водоёма за фиксацию и без того малых количеств растворенного в воде  $\text{CO}_2$  в течение светового дня. **Правильное объяснение – 2 балла.**

**9.2.** Нужен ли САМ-фотосинтез эпифитным растениям – жителям дождевых тропических лесов, получающим влагу из туманов? Аргументируйте свой ответ. – **3 балла:**

**Ответ:** 1) Да, нужен – **1 балл.**

2) В условиях дождевых тропических лесов влажность воздуха очень высокая и, следовательно, существует водная плёнка на листьях растений-эпифитов, а, значит, они тоже испытывают недостаток  $\text{CO}_2$  из-за его плохой растворимости в воде. К тому же в таком климате достаточно жарко, а с повышением температуры растворимость  $\text{CO}_2$  в воде падает. Условия, по существу, мало чем отличаются от условий существования растений в мелких пересыхающих водоёмах сходного жаркого и влажного климата, описанных в пункте 9.1. **Правильное объяснение – 2 балла.**

**9.3.** Нужен ли САМ-фотосинтез растениям, обитающим в широколиственных лесах умеренного климата? Аргументируйте свой ответ. – **3 балла:**

**Ответ:** 1) Нет, не нужен – **1 балл.**

2) В лесах умеренного пояса достаточно сухо и не слишком жарко, то есть нет ни водной плёнки на листьях в условиях повышенной влажности, ни необходимости держать устьица закрытыми в светлое время суток, – другими словами, не складывается условий для САМ-фотосинтеза.

Следовательно,  $\text{CO}_2$  будет проникать в устьица из воздуха обычным путём и сразу же включаться в процесс синтеза сахаров (обычный фотосинтез). *Правильное объяснение – 2 балла.*

**9.4.** Внимательно прочтите ещё раз описание САМ-фотосинтеза. Какой из упомянутых ниже групп растений может значительно не хватать важного абиотического ресурса для успешного САМ-фотосинтеза:

- 1) растениям, обитающим в лесах умеренного климата;
- 2) растениям жаркого климата тропических и субтропических пустынь;
- 3) эпифитам дождевых тропических лесов?

Поясните, почему? Что это за ресурс? – **4 балла:**

**Ответ:**

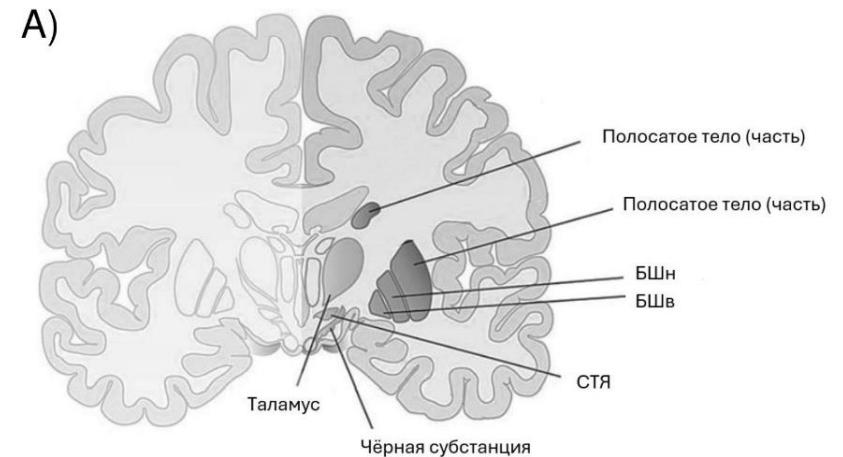
1) В тексте упомянуто, что такой САМ-фотосинтез требует больших энергетических затрат по сравнению с обычным фотосинтезом. К этому выводу можно прийти и самостоятельно, если вспомнить, что САМ-фотосинтез включает больше химических реакций, и много энергетических ресурсов уходит на обеспечение 1ой стадии – фиксации  $\text{CO}_2$  в составе яблочной кислоты, затем расщепления этой кислоты и т.д. Процесс фотосинтеза, как известно, обеспечивается энергией света, следовательно, абиотический ресурс – СВЕТ. *Правильно названный ресурс – 2 балла.*

2) Это группа (1) – растения, обитающие в лесах умеренного климата. В тропиках и субтропиках интенсивность солнечной инсоляции в целом намного выше, чем в лесах умеренного климата, где и в летний период достаточно много пасмурных дней. Поэтому световой энергии может не хватать как раз растениям, обитающим в лесах умеренного климата. В пустынях растениям вполне достаточно солнечных лучей, а эпифиты с САМ-метаболизмом, поскольку живут на значительной высоте, также получают достаточно солнечного света. *Правильный выбор группы – 2 балла.*

### **Задание № 10: Нейрофизиология движений (10 баллов).**

В течение жизни человек постоянно совершает разнообразные движения, многие из которых требуют большой точности. После того, как цель планируемого движения и его «образ» (последовательность сокращений необходимых мышц) сформированы, моторная кора осуществляет запуск движения, а ряд других отделов мозга обеспечивает точность его выполнения.

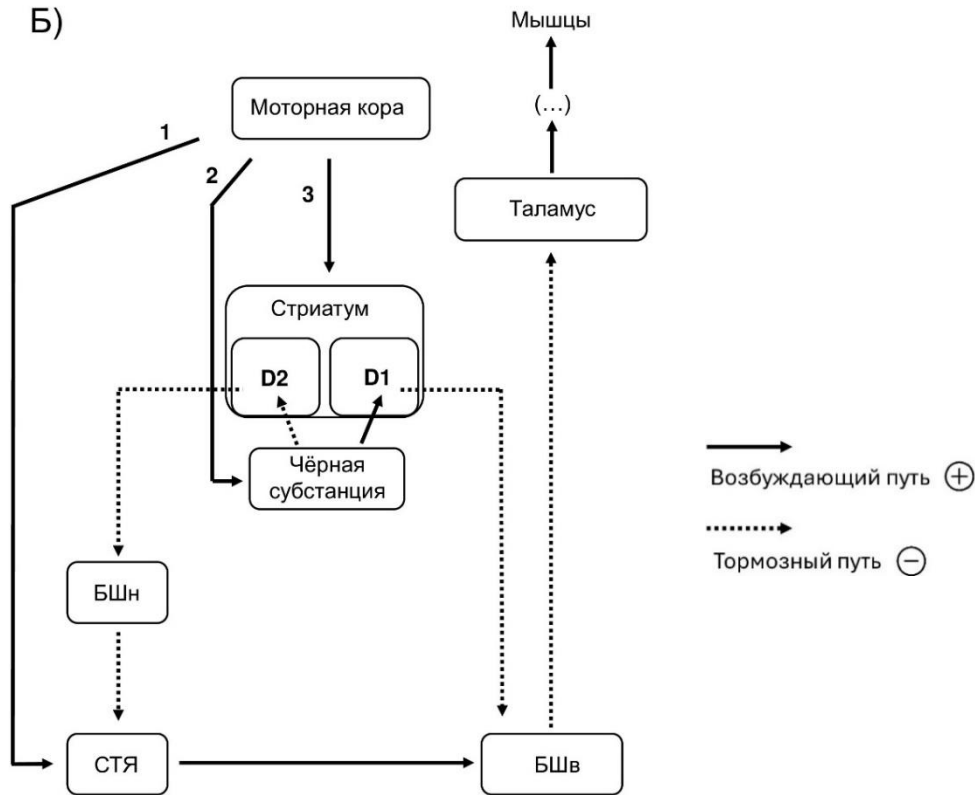
Важную роль в этом процессе играют базальные ганглии (**рисунок А**): стриатум (полосатое тело), наружный (БШн) и внутренний (БШв) сегменты бледного шара и субталамическое ядро (СТЯ). Слаженная работа этих структур позволяет точно передать в таламус (и далее, вновь через кору, на мышцы) необходимую последовательность нервных импульсов и не допустить нежелательных, лишних движений.



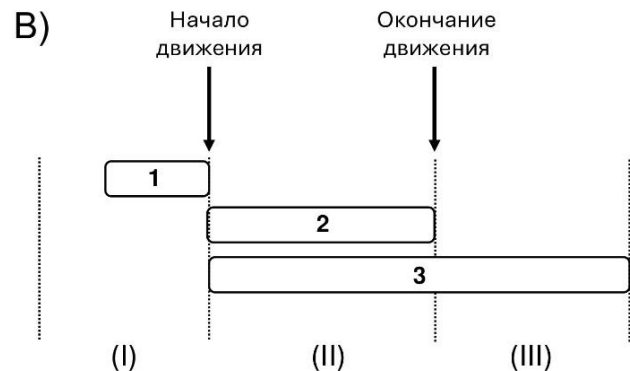
На **рисунке Б** показаны функциональные связи базальных ганглиев друг с другом, а также с моторной корой, чёрной субстанцией и таламусом. Сплошными стрелками показаны возбуждающие пути (идущие по ним импульсы активируют структуру, в которую направлены), пунктирными – тормозные (подавляют работу структуры, в которую направлены).

Символы D1 и D2 обозначают две разные популяции нейронов стриатума: они активируются одновременно, но чёрная субстанция (ЧС) влияет на них по-разному.

Когда человек хочет совершить движение, моторная кора активирует три возбуждающих нервных пути, помеченных на рисунках как 1, 2 и 3, что приводит к изменению исходного уровня активности структур базальных ганглиев.



Эти пути срабатывают не одновременно, как показано на **рисунке В**. На нём обозначены три временных этапа: I соответствует времени непосредственно перед началом движения, II – самому движению, III – времени сразу после окончания движения.



**Внимательно изучите предложенные в задании схемы и описание связей между разными структурами базальных ганглиев, после чего ответьте на несколько вопросов.**

При решении заданий имейте в виду важные особенности пути 3:

- Путь 3 способен активировать популяцию клеток D2, но для активации клеток D1 ему необходима помощь со стороны чёрной субстанции.
- Тормозное влияние чёрной субстанции на клетки D2 превосходит по силе активирующее воздействие на них пути 3.

Также помните, что у всех представленных на схеме структур есть базовый уровень активности, т.е. их работу нельзя рассматривать как «включённое/выключенное состояние». Правильнее говорить об увеличении либо уменьшении уровня активности в ответ на приходящие импульсы.

**10.1.** На основе **рисунков Б и В** предположите, что произойдёт с активностью нейронов внутреннего сегмента бледного шара (БШв) и таламуса. **При ответе на этот вопрос впишите нужное слово: не изменится / усилится / снизится.** – **6 баллов:**

На I этапе активность БШв **усилится** относительно исходного уровня.

На II этапе активность БШв **снизится** относительно этапа I.

На III этапе активность БШв **усилится** относительно этапа II.

На I этапе активность таламуса **снизится** относительно исходного уровня.

На II этапе активность таламуса **усилится** относительно этапа I.

На III этапе активность таламуса **снизится** относительно этапа II.

**10.2.** Что произойдёт с активностью внутреннего сегмента бледного шара (БШв) во время этапа II, если чёрная субстанция вдруг прекратит функционировать? – **1 балл:**

Активность внутреннего сегмента бледного шара (БШв) во время этапа II при отсутствии активности со стороны чёрной субстанции будет повышена относительно базового уровня (вариант ответа «Не изменится относительно этапа I» тоже считается правильным).

**10.3.** Предположите, как это отразится на движении (работе мышц)? – **1 балл:**



При отказе работы чёрной субстанции передача нервных импульсов на мышцы будет нарушена, в результате чего мышцы не будут активированы, и движение не будет запущено.

***Примечание:** При ответе на задание 10.3 говорить о параличе мышц или их дегенерации некорректно – мышечная ткань остаётся в норме и даже сохраняет относительно здоровую обратную связь в мозг. Проблема существует непосредственно на уровне передачи сигнала о начале движения из моторной коры на мышцы.*

#### **10.4. При каком реально существующем заболевании так происходит? – 2 балла:**

Так происходит при болезни Паркинсона.

**Общее пояснение к заданию 10:** При решении этого задания можно было воспользоваться двумя разными подходами. Первый заключается в том, чтобы решать предложенные задания подряд и проследить взаимодействие путей 1, 2 и 3 согласно схеме. Второй подход предполагает решение от обратного, начиная с конца схемы. Рассмотрим оба решения подробно.

#### **Решение от обратного:**

Внимательно рассмотрев схему, можно заметить, что **влияние таламуса на мышцы**, хоть и опосредовано другими структурами, **активирующее**. Исходя из логики условия, выходит, что **движение** (т.е. команда непосредственно на мышцы) **происходит только во время этапа II**, следовательно, только на этом этапе активность таламуса должна быть повышена. Во время двух остальных этапов активность таламуса, во всяком случае, не должна быть выше базовой, иначе будут происходить лишние движения. Пользуясь этой логикой, **получаем ответ на часть задания 10.1:** на II этапе активность таламуса усиливается, на III этапе – снижается; активность БШв в это время обязана вести себя противоположно, т.е. снижаться на II этапе и усиливаться на III этапе.

Далее нужно вспомнить, что **деградация чёрной субстанции является симптомом болезни Паркинсона (задание 10.4)**. Хотя это заболевание часто ассоциируется с тремором, этот симптом не является для паркинсонизма основным и встречается не у всех пациентов; самый характерный симптом данного расстройства – гипокинезия, т.е. заторможенность движений и сложности с инициацией и переключением (началом новых при выполнении текущих) движений. Используя это знание, **можно догадаться об ответе на задание 10.3:** при отказе чёрной субстанции работа мышц угнетается.

Угнетённая работа мышц означает, что таламус не может передать на мышцы активирующее воздействие, а так может быть, если он постоянно испытывает на себе тормозное воздействие со стороны БШв. Значит, при отказе чёрной субстанции на II этапе активность БШв либо выше, либо не ниже базовой. Но ведь путь 3 из моторной коры активируется в любом случае, и он в любом случае активирует популяцию клеток D2 стриатума, которая, затормозив работу БШн, снимет торможение с субталамического ядра (СТЯ), и **активность БШв всё же будет усилена (задание 10.2)**.

Увидев, что усиление активности субталамического ядра (СТЯ) приводит к усилению активности БШв, нетрудно **вернуться к недоделанному заданию 10.1 и закончить его**. Поскольку на I этапе СТЯ – единственная активирующаяся структура, во время этого этапа активность БШв будет усилена, а таламус – подавлена.

#### **Прямое решение:**

**10.1** Рассмотрим изменение активности БШв на каждом из этапов.

До начала инициации движения у БШв, как и у БШн, СТЯ и стриатума, был некий базовый уровень активности.

Когда активировался путь 1, он активировал СТЯ, увеличив его активность. Клетки стриатума на данном этапе ещё не активированы, и единственная структура, влияющая на активность БШв – это СТЯ; путь из СТЯ в БШв возбуждающий, следовательно, **на I этапе активность БШв усиливается**.

С началом этапа II одновременно активируются путь 2 и путь 3, а путь 1 перестаёт активировать СТЯ (и БШв). Обе популяции клеток стриатума получают активирующее влияние со стороны 3-го пути, но при этом чёрная субстанция, активированная через путь 2, усиливает активацию клеток D1 и предотвращает активацию клеток D2. В результате на II этапе (во время движения) единственная структура, влияющая на активность БШв, – это популяция D1 клеток стриатума: их влияние тормозное, поэтому **на II этапе активность БШв снижается**.

После совершения движения, с началом этапа III, остаётся активированным только путь 3, а чёрная субстанция перестаёт оказывать влияние на активность клеток стриатума. Без этого влияния клетки D2 оказываются активированы, а вот для активации ещё и клеток D1 у пути 3 не хватает силы. На этом этапе на активность БШв оказывает влияние только популяция клеток D2. Их связи с БШн тормозящие, следовательно, активность БШн угнетается, и путь из него в СТЯ перестаёт тормозить активность последнего. Освободившись на время от тормозного влияния БШн, СТЯ

**сильнее активирует БШв, и его активность усиливается по сравнению с предыдущим этапом.**

К таламусу подходит единственный путь из БШв, поэтому разобраться с изменениями его активности, зная, что происходит с БШв, несложно. Учитывая, что этот путь тормозный (т.е. при усилении активности БШв активность таламуса снижается), **на I этапе активность таламуса будет снижена, на II этапе усилена, на III этапе снова снижена.**

***Важное следствие:** на схеме видно, что отвечающие за движение мышцы активируются только тогда, когда активен таламус, иными словами – движение возможно осуществить только в тот момент, когда активность БШв подавлена.*

**10.2** Как мы рассмотрели выше, функция чёрной субстанции состоит в том, чтобы обеспечить активацию клеток D1 стриатума (и подавление работы БШв) одновременно с началом движения и в то же время не допустить активацию клеток D2 до тех пор, пока движение не будет закончено. Если по какой-то причине чёрная субстанция не может нормально функционировать, то путь 3 просто вызовет срабатывание клеток D2 с самого начала движения. В результате во время этапа I активность БШв всё так же усилится (из-за пути 1), **но на этапе II она не снизится, а вновь усилится**, примерно до уровня этапа I.

**10.3** Нужно вспомнить выведенное выше следствие, что мышцы активируются только тогда, когда активность БШв подавлена. Поскольку в отсутствие нормальной работы чёрной субстанции активность БШв во время этапа II будет не снижена, а, наоборот, увеличена, мышцы активированы не будут, и выполнить движение не получится.

**10.4** Считается, что отмирание клеток чёрной субстанции, которое происходит при болезни Паркинсона, приводит к заторможенности движений и трудности с их выполнением как раз по рассмотренному механизму.