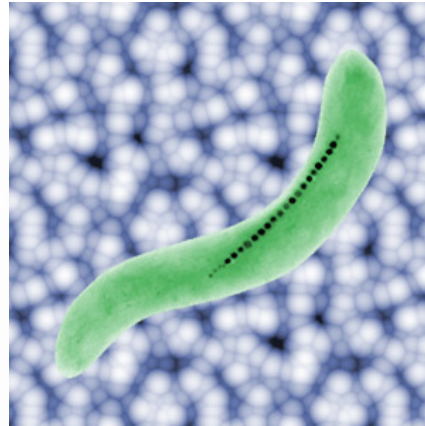
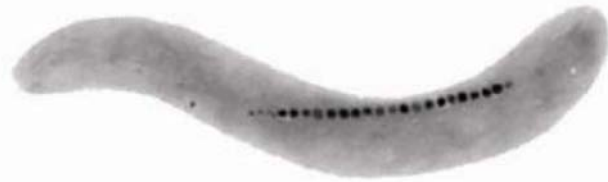


Биология

Задача 1. Магнетобактерии (10 баллов)



На рисунке показан очень необычный микроорганизм. Это магнетобактерия рода *Magnetospirillum*.

Внутри бактерии находятся округлые нанокристаллы, покрытые липидной оболочкой.

1. Как вы думаете, из чего состоят эти кристаллы (1 балл)? Может ли это соединение существовать в природе (1 балл)? Какое свойство определило название бактерий (1 балл)? Из чего теоретически могут состоять подобные нанокристаллы (1 балл)? Встречаются ли они у представителей царства животных (1 балл)?
2. Где живут эти бактерии и зачем им это свойство (3 балла)?
3. Пофантазируйте, как можно использовать эти кристаллы в промышленности, технике, в научных исследованиях (2 балла).

Задача 2. Пигменты или наноструктуры? (5 баллов)

Наноструктуры, созданные природой, служат источником вдохновения для нанобиотехнологов. В последние годы при изучении оперения птиц и крыльев бабочек было обнаружено, что их окраска у некоторых видов может определяться как пигментами (меланином и липохромами), так и особой структурой пера или крыла. Так, например, меланин ответственен за желтый, коричневый, черный и красно бурый цвета, а липохром – за красный, зеленый, синий и другие яркие цвета. Было обнаружено, что поверхность крыла бабочки состоит из чешуек, в основе которых лежат наноразмерные структуры. Поскольку у структуры крыла и воздуха коэффициент преломления различен, то при попадании на крыло солнечного света возникают различные световые явления, такие, как рефракция и интерференция. Также похожие процессы ответственны за окраску хвоста, например, у павлина, перья которого имеют особую наноструктуру из меланина и кератина. Кроме окраски, наночастицы играют большую роль для придания твердости биологическим материалам, например, костям, зубам или панцирю.

Вопросы:

- 1) Известно, что, например, цвет пера фламинго определяется их рационом. Как Вы думаете, будет ли изменение в питании павлинов влиять на окраску их хвостовых перьев? Обоснуйте свое мнение. (1 балл)

- 2) Невооруженный человеческий глаз не может различить на расстоянии более 25 см структуры с размером меньше 0,05 мм. Как Вы думаете, можно ли “на глаз” определить при сравнении двух зеленых перьев, отвечают ли за их окраску пигменты или наноструктуры? Если Вы думаете, что возможно их отличить невооруженным взглядом, то предложите, как? **(1 балл)**
- 3) Ученые научились создавать структуры, похожие на наноструктуры чешуек крыльев бабочек. Как Вы думаете, в каких областях это умение найдет в будущем свое применение? Приведите примеры. **(2 балла)**
- 4) Как Вы думаете, что объединяет с точки зрения строения такие биоструктуры, как: зуб, кость и панцирь? **(1 балл)**

Задача 3. Миниатюризация в природе (8 баллов)

Если Вы читали сказку про Карика и Валю, то помните, что они выпили волшебный эликсир и превратились в маленьких человечков. На стрекозе они отправились изучать микромир. В развитие нанобиотехнологий большой вклад вносит изучение живых существ, которые образовались в ходе эволюции, приведшей к миниатюризации. В настоящее время особое внимание приковано к изучению миниатюрных насекомых, чей размер тела составляет от 140 до 1000 мкм. В процессе эволюции этой группы насекомых появились виды, размер особей которых меньше размера их крупных сородичей в 2000 раз.

Вопросы:

- 1) Выскажите свои предположения, какие изменения в их морфологии дали им возможность стать такими маленькими **(4 балла)**? Как это может помочь для дальнейшего развития микроробототехники **(1 балл)**?
- 2) Как вы думаете, какие ограничения существуют для их дальнейшей миниатюризации? **(3 балла)**

Задача 4. Стой, кто идет! (11 баллов)

Школьники Маша и Миша пришли на экскурсию в нейрофизиологическую лабораторию и были крайне удивлены, узнав, что сотрудники лаборатории изучают устройство и работу какого-то барьера в мозге и что для этого они используют сложные конструкции золотых наночастиц со светящимися молекулами – флуоресцентными зондами – и не просто на ком-то, а на мышах с болезнью Альцгеймера. Маша тут же забеспокоилась: “А у нас в мозге есть этот барьер? Он не мешает нервным клеткам работать? Мы из-за него не заболеем?” Заведующий лаборатории стал увлеченно рассказывать ребятам про то, что именно благодаря этому удивительному барьеру мозг сохраняет здоровье, получает только необходимые вещества и не страдает от действия токсических веществ, которые могут попасть в кровь. “Обязательно займемся изучением этого барьера”, - решили ребята по пути домой. И тут они вспомнили, что так и не спросили, как же этот барьер называется, как он устроен и зачем ученым нужны были наноконструкции из золота и флуоресцентных зондов. Чтобы помочь ребятам разобраться, ответьте на следующие **вопросы:**

1. О каком барьере идет речь? Как он устроен (перечислите клетки, образующие его, и опишите их функцию) и какие вещества пропускает в нервную ткань, а какие нет? **(1,5 балла)**
2. Какие свойства таинственного барьера сотрудники лаборатории исследовали при помощи наноконструкций **(1,5 балла)**? Какие еще методы можно использовать для изучения структуры и функции упомянутого барьера **(2 балла)**?
3. Почему для исследования проницаемости барьера ученые использовали мышей с болезнью

Альцгеймера? (2 балла)

4. Какие заболевания могут привести к нарушениям в работе барьера и к каким последствиям это может привести? (2 балла)

5. Пофантазируйте и предложите способ замены участков поврежденного барьера. (2 балла)

Задача 5. “Наногербициды” (12 баллов)

Представьте, что ученые изобрели уникальный селективный гербицидный препарат, основанный на наночастицах золота и серебра или углеродных нанотрубках. Предварительные испытания в теплицах показали, что внесение наноструктур в воду для полива приводит к их преимущественному накоплению в сорняках и в меньшей степени – в культурных растениях, что вызывает засыхание первых и не влияет на рост вторых. Несмотря на положительный результат, использовать пестицид на полях нельзя до проведения дополнительных исследований.

Вопросы:

1. Предположите возможный механизм губительного действия наноструктур на сорняки на фоне сравнительно небольшого действия на культурные растения. (2 балла)

2. Какие еще экологические исследования необходимо провести, чтобы можно было сделать вывод о возможности использования нового препарата для борьбы с сорняками на полях? (2 балла)

3. Какие исследования необходимо провести, чтобы установить пригодность культурных растений для использования людьми в пищевой промышленности или животноводстве после применения “наногербицида” (2 балла)? В каких случаях растения будут пригодны в пищу (1 балл)?

4. Перечислите общие требования к подобному “наногербициду”, чтобы его можно было использовать в сельском хозяйстве. (2 балла)

5. Предположите и обоснуйте, какой из типов наноструктур может оказать наиболее губительное действие на сорняки и наиболее неблагоприятное действие на культурные растения, делая их непригодными к использованию? (1 балл)

6. А как на самом деле в сельском хозяйстве делают культурные растения нечувствительными к гербицидам, убивающим сорняки? (2 балла)

Задача 6. Нанороботы в организме (6 баллов)

Представьте, что в недалеком будущем нанороботы уже будут активно использоваться как в медицине, так и в обеспечении закона. Людям, уличенным в агрессивном поведении или склонным к депрессии, будут имплантировать нанороботов серии АХ, функция которых заключается в наблюдении за уровнем вещества ВА. В норме эти нанороботы серии АХ будут накапливать вещество ВА в определенных создаваемых ими микродепо. При снижении концентрации вещества ВА ниже порогового уровня нанороботы будут высвобождать эти вещества из микродепо. Нанороботы серии ІХ будут следить за уровнем глюкозы и инсулина у людей с диагнозом инсулин-зависимый диабет. В их функцию будет входить поддержание уровня глюкозы и инсулина у пациентов на нормальном уровне.

Вопросы:

1. Какое реальное вещество, вырабатываемое в организме, мы зашифровали под аббревиатурой ВА. Ответ поясните. (1 балл)

2. Как Вы думаете, чем может быть вызвано повышение уровня вещества ВА, если наноробот серии АХ сломался и работает только наноробот серии ІХ? (3 балла)

3. Без каких продуктов в диете невозможна работа наноробота серии АХ? (2 балла)

Задача 7. А что было вчера? (10 баллов)

Поведенческие эксперименты имеют важное значение в изучении физиологии центральной нервной системы (ЦНС), и особенно в исследованиях формирования памяти и обучения. В поведенческом эксперименте в результате однократного обучения у цыплят формировался устойчивый рефлекс отказа склевывать горькую бусинку, окрашенную другим цветом по сравнению с обычными бусинками. В ходе такого эксперимента формируется долговременная память, сохраняющаяся в течении нескольких дней, при этом цыплята почти в 100% пропускают горькую бусинку и склевают остальные.

Вопросы:

1. Какие меж- и внутриклеточные процессы в нервных клетках отвечают за формирование памяти (**2 балла**)? Что такое кратковременная и долговременная памяти и чем отличаются условия, необходимые для их формирования (**0,5 балла**)?
2. Какое поведение цыплят ожидается в указанных выше условиях, если им ввести ингибитор синтеза белка непосредственно перед первым обучением (**1 балл**)?
3. Каким будет поведение цыплят через сутки после проведения первого обучающего эксперимента с горькими бусинками (**0,5 балла**)? Каким будет поведение цыплят, если после первого успешного обучения избежать горькие бусинки цыплятам ввести ингибитор синтеза белка непосредственно перед вторым обучением (**1 балл**)?
4. С точки зрения современных представлений о молекулярных механизмах памяти кратко объясните действие ингибитора синтеза белка на результат экспериментов (**1 балл**). Какие возможны побочные действия от приема ингибитора (**1 балл**)?
5. В каких жизненных ситуациях психологам и врачам требуется помочь пациенту забыть пережитые впечатления и полученный опыт (**1 балл**)?
6. При помощи каких методов можно на мозге животного в условиях *in vivo* исследовать активацию синапсов и формирование памяти (**1 балл**)? Какие генно-инженерные и нанобиотехнологические подходы при этом используются (**1 балла**)?

Задача 8. Мыши, крысы, свиньи и биомедицинские исследования (13 баллов)

В биомедицинских исследованиях используются самые разнообразные объекты, начиная от бактерий и одноклеточных водорослей и заканчивая млекопитающими и, в том числе, высшими приматами. У каждого объекта есть свои преимущества и недостатки, при этом полученные результаты очень редко можно использовать в широких областях биологии и медицины, а как правило, можно применять только в определенных сферах дальнейших исследований или практических медицинских приложениях. То, насколько широко можно будет использовать полученные данные, зависит от универсальности исследуемой структуры/процесса, области применения результатов и назначения изобретения.

Вопросы:

1. Какими принципами должен руководствоваться исследователь при выборе объекта для проведения следующих экспериментов: (а) для выявления базовых фундаментальных основ внутриклеточных процессов (**1 балл**); (б) для исследования действия нового лекарственного препарата на некий внутриклеточный процесс (**1 балл**); (в) для изучения приспособления живых организмов к экстремальным условиям (**1 балл**).
2. Почему в экспериментах по исследованию функций белков и генов с использованием генной

инженерии часто используют беспозвоночных (например, мух *Drosophila*, круглых червей *C. elegans*) (1 балл)? Почему в генно-инженерных экспериментах на млекопитающих используют мышей, а не крыс (1 балл)?

3. Кто такие мини-свиньи, зачем они были выведены и почему их часто используют в экспериментах по изучению биохимических процессов (с переносом полученных данных на человека) и в экспериментах—тестах на действие лекарственных препаратов? (2 балла)

4. Вы хотите поставить эксперименты (а) по исследованию межклеточных взаимодействий в сети нейронов, активирующихся при синаптической передаче в ходе обучения (2 балла), (б) при тестировании антимикробного действия серебряных наноструктур (2 балла), (в) для проверки токсичности новых лекарственных препаратов, конъюгированных с наночастицами серебра или золота (например, для направленной доставки антиракового препарата в клетки) (2 балла). В Вашем распоряжении есть следующие объекты: бактерии, нематоды, пиявки, мыши, крысы, мини-свиньи, культуры клеток. Какие Вы выберете объекты для каждого исследования? Ответ поясните. Количество баллов зависит от обоснованности ответа и количества примеров.

Задача 9. Смертельная наноконструкция (8 баллов)



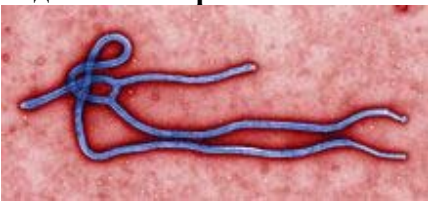
Постепенно, но достаточно неуклонно нанотехнологии проникают в сферу здравоохранения. И хотя до применения нанороботов или наномашин для ремонта клеток еще очень далеко, нанотехнологии уже используются в таких областях медицины, как доставка лекарств к отдельным органам и тканям, тканевая инженерия, онкология и др. В настоящее время активно развиваются молекулярные конструкции, предназначенные для направленной доставки лекарств к определенным клеткам или их частям. Наиболее успешно такие конструкции можно использовать для уничтожения клеток злокачественных опухолей в организме, причем направленная доставка к опухолевым клеткам значительно увеличивает эффективность препарата, снижая его эффективную концентрацию и уменьшая побочные эффекты. Обычно

такая конструкция состоит из нескольких модулей, выполняющих определенные задачи.

Вопросы:

Предложите вариант конструкции, предназначенной для направленного уничтожения опухолевых клеток. Для этого определите необходимое количество модулей и опишите назначение и функцию каждого модуля (**4 балла**). Опишите возможное устройство и механизмы действия модулей наноконструкции, необходимые для распознавания опухолевых клеток и проникновения в определенный клеточный компартмент для наиболее эффективного подавления жизнедеятельности клеток (**4 балла**).

Задача 10 . Борьба с наномашинной: Вирус Эбола (17 баллов)



Непрекращающаяся эпидемия болезни, вызываемой вирусом Эбола (ВЭ)*, сейчас считается одной из главных мировых угроз. «Наномашина» этого вируса устроена довольно просто, но вызывает тяжелую и часто смертельную болезнь, от которой пока нет официальных вакцин и лекарств.

* Род *Ebolavirus* из семейства филовирусов делится на пять видов, человека поражают только 4 из них; нынешняя эпидемия вызвана одним из этих четырех – вирусом Эбола (вирусом Эбола Заир).

Общие вопросы.

1. Каков жизненный цикл ВЭ в природе? Каким образом он попадает к людям? Может ли штамм, вызвавший текущую эпидемию, будучи завезенным в нашу страну, «обосноваться» и вызывать повторные вспышки уже после полного окончания текущей эпидемии? (1,5 балла)

Тяжесть протекания болезни и высокая смертность для человека создают впечатление, что Природа специально «выводила» максимально опасный для людей вирус.

2. Так ли это? Объясните, откуда в природе берутся новые высокосмертельные для человека вирусы? Как вы думаете, повышается или понижается смертность ВЭ в ходе текущей эпидемии? Будущие вспышки ВЭ будут более или менее смертельными для человека? (2 балла)

Анализ геномов Эболавирусов показывает, что человечество живет с ними рядом в течение как минимум тысячелетий, однако об этих вирусах стало известно лишь в 70-х годах прошлого века.

3. Угрожали ли раньше Эболавирусы человечеству отдельными вспышками или эпидемиями? Участились ли за последние полвека вспышки Эболавирусов? Действительно ли повысилась связанная с ними опасность? Связано ли это с эволюцией вирусов? Поясните. (2,5 балла)

Диагностика.

Для борьбы с эпидемией важно уметь быстро выявлять и изолировать заболевших. На начальном этапе симптомы (лихорадка, головная боль) могут напоминать симптомы распространенных, но значительно менее опасных заболеваний.

4. Вкратце перечислите, каковы основные «наноследы» присутствия ВЭ в организме? Как они выявляются? (1 балл)

Против наномашинны.

Чтобы понять какие уязвимые места есть в «наномашине» вируса, надо узнать, как она устроена и как работает.

5. Вкратце опишите, как устроен вирус Эбола и каковы основные стадии его жизненного цикла при попадании вовнутрь организма. Какие основные мишени (и на какой стадии жизненного цикла) для атаки вируса можно выделить? Поясните, на какой стадии жизненного цикла они уязвимы. (2 балла)

Несмотря на огромные потенциальные возможности нанотехнологий, на текущий момент при экспериментальном лечении больных ВЭ людей в качестве действующих веществ широко используются лишь несколько типов нанообъектов: **РНК** и **белки**.

6. Приведите примеры таких лекарств. Поясните, как они работают, если их принципы действия были «подсмотренные» у природы. Какие нанообъекты могут быть использованы для доставки к цели этих лекарств? (3 балла)

7. Как вы оцениваете эффективность предложенного в Нигерии нового экспериментального метода борьбы с ВЭ при помощи препарата **Nano Silver**? (1 балл)

В странах Африки, где бушует эпидемия, на черном рынке пользуется спросом кровь переболевших ВЭ людей.

8. Может ли такая кровь использоваться для лечения ВЭ? Вкратце опишите, чем может быть опасно переливание такой крови. (1 балл)

Заманчиво, если бы для лечения ВЭ подошли какие-нибудь из многочисленных противовирусных препаратов, которые уже широко используются в медицинской практике.

9. Какое из двух лекарств – фавипиравир (рис. 1а, действует против вируса гриппа) или невиратин (рис. 1б, против ВИЧ) – вы бы в первую очередь проверили на активность против вируса Эбола? Почему? (1 балл)

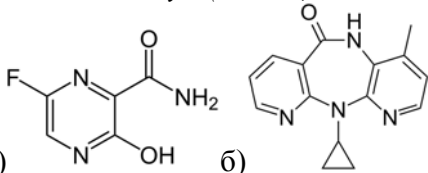


Рис. 1. а) б)

На рисунке 2 изображено несколько химических соединений, проявляющих активность против ВЭ в живой клетке:

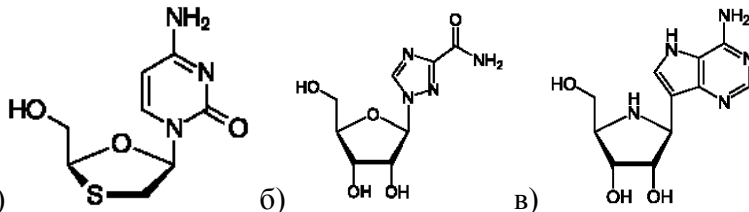


Рис. 2. а) б) в)

10. Основываясь на структурах этих лекарств, предположите, что они могут «поломать» в жизненном цикле вируса. (2 балла)