



**Викторина для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Ответы. Биология**



**1. Правильный ответ: хроматин.**

Наследственность закодирована в ДНК последовательностью из нуклеотидов аденина, гуанина, тимина и цитозина. В клетках человека (если не принимать в расчет половые клетки) существует 23 пары хромосом, в каждой из которых имеется от 1.7 до 8.5 сантиметров ДНК, поэтому если вытянуть в одну единую цепочку ДНК всех хромосом, то нетрудно подсчитать, что эта суммарная длина составит около 2 метров, что превышает средний человеческий рост. Соответственно, если вытащить такие нити из всех клеток организма, то суммарная длина такой нити составит 20 миллиардов километров, этого достаточно, чтобы несколько десятков раз дотянуться нитью до нашего светила и обратно. Клетка очень сильно компактирует ДНК в пространстве, оставляя ее, в то же время, доступной для воспроизведения генетической информации. Первый уровень – образование двойной спирали ДНК по принципу комплементарности. Второй уровень – упаковка молекулы ДНК в нуклеосомную нить с помощью гистоновых и негистоновых белков. Этот уровень организации хроматина обеспечивается четырьмя видами нуклеосомных гистонов, которые образуют напоминающие по форме диск или шайбу белковые тела – коры, состоящие из восьми молекул, при этом молекула ДНК соединяется с белковыми корами, спирально накручиваясь на них. В результате основу структуры хроматина составляет нить, представляющая собой цепочку повторяющихся единиц – нуклеосом. Вдоль нуклеосомной нити, напоминающей цепочку бус, имеются области ДНК, свободные от белковых тел. Эти области, расположенные с интервалами в несколько тысяч пар нуклеотидов, играют важную роль в дальнейшей упаковке хроматина, так как содержат нуклеотидные последовательности, специфически

узнаваемые различными негистоновыми белками. В результате нуклеосомной организации хроматина двойная спираль ДНК диаметром 2 нм приобретает диаметр 10 – 11 нм. Третий уровень – это хроматиновая фибрилла, формирующаяся за счет сближения белковых кор специальным гистоном, в результате чего формируется компактная структура, построенная по типу соленоида, то есть собственно элементарная хроматиновая фибрилла с диаметром 20 – 30 нм. Четвертый уровень – интерфазная хромонема, возникающая за счет скручивания самой нуклеосомной нити; каждая хроматида состоит из одной фибриллы. Пятый уровень – метафазная хроматида, возникающая при дальнейшей упаковке хроматиновых фибрилл, которые образуют петельные домены, внутри которых встречаются более конденсированные участки. Упакованная хроматиновая фибрилла образует хроматиду, а две хроматиды – одну хромосому, располагающуюся в ядре клетки.

## 2. Правильный ответ: АТФ-синтаза.

Дыхательная (электрон-транспортная) цепь митохондрий похожа на осторожное и аккуратное путешествие по лесенке окислительно-восстановительных реакций и для этого включает в себя три белковых комплекса (комплексы I, III и IV), сукцинатдегидрогеназу (комплекс II) и подвижные молекулы-переносчики – органический убихинон, обожающий жить и ползать в «жирной» мембране (кофермент Q) и комплекс железа с изменяемой степенью окисления переходного металла, небольшой водорастворимый гемсодержащий белок цитохром c, способный к плаванию в межмембранном пространстве. АТФ-синтаза (комплекс V), не принимает непосредственного участия в переносе электронов, однако именно она генерирует АТФ за счет градиента протонов. При окислении НАДН + H<sup>+</sup> комплекс I переносит электроны на убихинон. Образующиеся при окислении сукцината, ацил-КоА и других субстратов электроны переносятся на убихинон комплексом II, при этом окисленная форма кофермента Q восстанавливается в ароматический убигидрохинон. Последний переносит электроны в комплекс III, который доставляет их на цитохром c, а он, в свою очередь, переносит электроны на себе к комплексу IV, цитохром c-оксидазе. И вот тут уже цитохром c-оксидаза отдает электроны основному окислителю – молекулярному кислороду. При восстановлении кислорода образуется вода, для чего требуются два протона, поэтому перенос электронов неизбежно сопряжен с возникновением градиента протонов, потому что белковые комплексы вшиты во внутреннюю мембрану, которая сама по себе не пропускает протоны (на то она и мембрана). Перенос протонов должен происходить из матрикса в межмембранное пространство, и лишь АТФ-синтаза позволяет осуществить обратное движение протонов в матрикс, чтобы весь цикл был непрерывен, при этом как раз и формируется АТФ. Перенос протонов помпой (насосом) АТФ-синтазой осуществляется за счет наличия встроенного во внутреннюю мембрану протонного канала и «ручки» (ротора) каталитической части АТФ-синтазы, которая обращена в матрикс митохондрии. «Ствол» этого своеобразного вращающегося насоса образуют полипептиды в протонном канале и часть «ротора». Цикл перекачки протонов (каталитический цикл) состоит из трех стадий: связывание АДФ, формирование фосфоангидридной связи и освобождение конечных продуктов, включая АТФ. При каждом переносе протона через белковый канал в матрикс все три активных центра на «ротаторе» катализируют очередную стадию реакции. При этом энергия протонного транспорта прежде всего расходуется на поворот и изменение конформаций субъединиц, из которых и состоит данная «нанозлектромеханическая» система (НЭМС).

### 3. Правильный ответ: мембраны тилакоидов.

Фотосинтез – процесс со сложной пространственно-временной организацией и этапами, которые очень различны по своей сути и характерным скоростям процессов, включая процессы фотофизической, фотохимической и чисто химической природы. На первом этапе фотосинтеза происходит улавливание и поглощение квантов света пигментами (хлорофиллами или бактериохлорофиллами), переход таких пигментов в возбуждённое состояние, передача энергии другим молекулам фотосистемы, и, разумеется, еще и частичная потеря поглощенной энергии, что снижает эффективность всего фотосинтеза (и именно этого природа пытается избежать за счет использования эффектов «близости»). На втором этапе происходит разделение зарядов в реакционных центрах, молекулы воды формируют гидроксильные радикалы при контакте с катион-радикалами, образовавшимися при участии молекул хлорофилла после передачи ими своего электрона пластохинону на первом этапе. Затем гидроксильные радикалы при участии марганец-содержащих центров преобразуются в кислород и воду. Одновременно происходит перенос электронов по фотосинтетической электрон-транспортной цепи и синтез высокоэнергетических продуктов, включая АТФ, служащий в клетке источником энергии, и НАДФ, использующийся как восстановитель – НАДФ\*Н. Эти два этапа входят в световую стадию фотосинтеза. На третьем этапе хлорофилл поглощает квант света и передает электрон ферредоксину. Затем хлорофилл получает обратно электрон после последовательности событий на первом и втором этапах, а ферредоксин восстанавливает универсальный восстановитель НАДФ, чтобы все вернулось на круги своя. Четвёртый, «темновой», этап происходит без участия света и включает в себя биохимические реакции синтеза органических веществ с использованием химической энергии (в том числе в составе АТФ), накопленной на светозависимой стадии. Сам фотосинтез растений осуществляется в хлоропластах – двухмембранных органеллах, относящихся к классу пластид (и немного эволюционно напоминающих «митохондрии наоборот»). Внутреннее пространство хлоропласта заполнено бесцветным содержимым (стромой) и пронизано мембранами (ламеллами), которые, соединяясь друг с другом, образуют тилакоиды, на фотосинтезирующих мембранах которых располагаются фотосинтетические комплексы, содержащие молекулы хлорофилла и другие вспомогательные пигменты (каротиноиды), а тилакоиды, в свою очередь, группируются в стопки, называемые гранами, и именно этот элемент строения и позволяет реализовать «эффекты близости» для повышения эффективности сбора и преобразования энергии света. Сам хлорофилл выполняет две основные функции, включающие поглощение и передачу энергии. Более 90% всего хлорофилла хлоропластов входит в состав светособирающих комплексов тилакоидов, выполняющих роль антенны, передающей энергию к реакционному центру фотосистем I или II. А вот передача энергии идёт резонансным путём (механизм Фёрстера, один из известных эффектов «близости») и занимает для одной пары молекул  $10^{-10}$  –  $10^{-12}$  секунды, причем расстояние такого бесконтактного переноса энергии составляет около 1 нм, чему, несомненно, способствует существование стопок – гран.

### 4. Правильный ответ: макрофаги.

Макрофаги – клетки, которые естественным образом существуют в нас с самого рождения и они способны захватывать и переваривать многие бактерии (увы, не все), а также являются эффективными пожирателями остатков погибших клеток,

чужеродных, токсичных для организма частиц (кстати, с отловом и удалением наночастиц у них могут быть проблемы). Обычно количество макрофагов резко увеличивается при различных воспалениях. К несчастью, макрофаги далеко не столь эффективны и универсальны, как фантастическая «бактерия жизни», но очень помогают нам в борьбе с инфекциями и болезнями.

**5. Правильный ответ: колебания наночастиц.**

Из разумных здесь всего два ответа – магнитомеханическое воздействие за счет колеблющихся наночастиц железа на нежную мембрану липосомы и контролируемое высвобождение лекарственного препарата или же локальный разогрев наночастиц железа в переменном магнитном поле и, соответственно, разрушение оболочки за счет повышения температуры. Второй случай возможен только в полях высокой частоты (килогерцы и выше), а вот первый (без разогрева) экспериментально реализуется в полях всего до 100 Герц (низкочастотное поле).

**6. Правильный ответ: наночастицы кремния.**

Фотодинамическая терапия (ФДТ) — метод лечения онкологических заболеваний, некоторых заболеваний кожи или инфекционных заболеваний, основанный на применении фотосенсибилизаторов (в том числе красителей), и, как правило, видимого света определенной длины волны. В ФДТ желателно использовать свет в диапазоне 600 – 900 нм, который, обладая достаточной энергией для возбуждения синглетного кислорода, имеет максимальную глубину проникновения в ткани. Синглетный кислород — основной активный компонент ФДТ, он существенно эффективней невозбужденного кислорода окисляет липиды, белки и другие биомолекулы, а также способствует развитию фотоцитотоксических эффектов в тканях. Биосистемы обладают необычайно высокой чувствительностью к этому веществу. Синглетный кислород и радикалы вызывают в клетках опухоли некроз / апоптоз, ФДТ также приводит к нарушению питания и гибели опухоли за счет повреждения ее микрососудов. Достаточно легко генерирует синглетный кислород именно нанокристаллический кремний, это нетоксичные квантовые точки, которые проникают в ткани (эндоцитируются, в частности) и возбуждаются красным светом в «окне прозрачности» тканей организма.

**7. Правильный ответ: молекула монооксида углерода прочно занимает, как более сильный лиганд, место у иона железа в гемоглобине, к которому обычно присоединяется переносимый кислород, и тем самым блокирует его перенос.**

Основной функцией эритроцитов является перенос кислорода из легких к тканям и транспорт в обратном направлении диоксида углерода. Транспорт кислорода обеспечивается гемоглобином – тетрамером, в котором каждая белковая цепь несёт гем, являющимся комплексом протопорфирина IX с ионом железа (II). Именно с Fe (II) обратимо связывается, координируясь как лиганд, молекулярный кислород, при этом образуется оксигемоглобин. К сожалению, его стабильность существенно падает в присутствии угарного газа, который очень прочно связывается с ионом железа и тем самым блокирует транспорт кислорода. Транспорт углекислого газа эритроцитами происходит с участием карбоангидразы, содержащейся в их цитоплазме. Этот фермент катализирует обратимое образование гидрокарбоната из воды и

углекислого газа, диффундирующего в эритроциты. Угарный газ тут уже ни при чем, он инертен и не реагирует с водой, тем более, не изменяет рН.

**8. Правильный ответ: бактериородопсин.**

Бактериородопсин относится к семейству мембранных светочувствительных белков и может быть выделен из галобактерий, причем в достаточно больших количествах. Поскольку этот белок участвует в преобразовании энергии света в энергию необходимых бактериям химических связей в полезных для них соединениях, наподобие тому, как это делает хлорофилл в растениях, то это свойство можно использовать для создания людьми биологических солнечных батарей, правда, для этого его лучше оставить в исходной мембране. Система, включающая бактериородопсин, действует как управляемый светом протонный насос, поэтому, как и в «обычной» солнечной батарее, происходит разделение зарядов (создается градиент концентрации протонов и возникает электрический потенциал). К сожалению, эффективность и долговечность таких солнечных батарей оставляет желать лучшего.

**9. Правильный ответ: ванадий.**

Амавадин – сложный хелатный анион – восьмикоординированный комплекс четырехвалентного ванадия с тетрадентантным лигандом, производным N-гидроксиимино-2,2'-дипропионовой кислоты,  $([V\{NO[CH(CH_3)CO_2]_2\}_2]^{2-})$ , выделенный из мухоморов. Биологическая роль этого соединения для мухомора не ясна до конца, хотя известно, что он участвует в окислительно-восстановительных процессах. В какой-то степени он похож на пероксидазы в высших организмах, контролирует концентрацию перекиси водорода, способствует восстановлению поврежденных тканей мухомора и обеспечивает токсическую защиту от потенциальных вредителей.

**10. Правильный ответ: ферритин.**

Ферритин – белковый комплекс из 24 субъединиц (может существовать до 20 изоферритинов), состоящий из белка апоферритина и фосфатных соединений железа (III) в количестве до 4 000 атомов железа на ферритин. Таким образом, основная функция ферритина – уникальное внутриклеточное депо железа, то есть связывание лишнего, хранение до поры, до времени и возвращение необходимого железа нуждающимся в нем клеткам любых органов и тканей.