Лекция 5. Нуклеиновые кислоты

План лекции:

1. *Нуклеиновые кислоты. Нахождение в природе.*
2. *Строение ДНК и РНК, их биологические функции в живых организмах.*
3. *Пиримидиновые (цитозин) и пуриновые (аденин) азотистые основания.*
4. *Строение АТФ, его роль в биоэнергетике живой клетки.*
5. *Роль рибосом. Вирусы.*

1. Нуклеиновые кислоты — биополимеры, а их функция заключается в хранении, реализации и передаче генетической (наследственной) информации в живых организмах.

Были впервые получены из гнойных клеток швейцарским ученым Фридрихом Мишером.

Нуклеиновые кислоты хорошо растворяются в воде, практически не растворимы в органических растворителях, очень чувствительны к действию температуры и критических значений уровня pH, молекулы ДНК с высокой молекулярной массой, выделенные из природных источников, способны фрагментироваться под действием механических сил, например при перемешивании раствора, нуклеиновые кислоты фрагментируются ферментами — нуклеазами.

Нахождение нуклеиновых кислот в природе

Нуклеиновые кислоты в природе встречаются во всех живых клетках. Живые клетки, за исключением сперматозоидов, в норме содержат значительно больше рибонуклеиновой, чем дезоксирибонуклеиновой кислоты. На методы выделения дезоксирибонуклеиновых кислот оказало большое влияние то обстоятельство, что, тогда как рибонуклеопротеиды и рибонуклеиновые кислоты растворимы в разбавленном (0,15 М) растворе хлористого натрия, дезоксирибонуклеопротеидные комплексы фактически в нем нерастворимы.

Поэтому гомогенизированный орган или организм тщательно промывают разбавленным солевым раствором, из остатка с помощью крепкого солевого раствора экстрагируют дезоксирибонуклеиновую кислоту, которую осаждают затем добавлением этанола.

В клетках эукариот (например, животных или растений) ДНК находится в ядре клетки в составе хромосом, а также в некоторых клеточных органоидах (митохондриях и пластидах). В клетках прокариотических организмов (бактерий и архей) кольцевая или линейная молекула ДНК, так называемый нуклеотид, прикреплена изнутри к клеточной мембране. У них и у низших эукариот (например, дрожжей) встречаются также небольшие автономные, преимущественно кольцевые молекулы ДНК, называемые плазмидами.

Кроме того, одно- или двухцепочечные молекулы ДНК могут образовывать геном ДНК-содержащих вирусов.

2. Строение ДНК и РНК, их биологические функции в живых организмах.

Существует два типа нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК). Мономерами в нуклеиновых кислотах служат нуклеотиды. Каждый из них содержит азотистое основание, пятиуглеродный пятиуглеродный сахар (дезоксирибоза — в ДНК, рибоза — в РНК) и остаток фосфорной кислоты.

В ДНК входят четыре вида нуклеотидов, отличающихся по азотистому основанию в их составе, — аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц) и тимин (Т). В молекуле РНК также имеется 4 вида нуклеотидов с одним из азотистых оснований — аденином, гуанином, цитозином и урацилом (У).

Таким образом, ДНК и РНК различаются как по содержанию сахара в нуклеотидах, так и по одному из азотистых оснований (табл. 1).

Молекулы ДНК и РНК существенно различаются по своему строению и выполняемым функциям.

Таблица 1

Компоненты нуклеотидов ДНК и РНК

Нуклеиновая кислота	Пятиуглеродный сахар	Азотистые основания	Остаток фосфорной кислоты
ДНК	Дезоксирибоза	Аденин, гуанин, цитозин, тимин	Остаток фосфорной кислоты
РНК	Рибоза	Аденин, гуанин, цитозин, урацил	Остаток фосфорной кислоты

Молекула ДНК может включать огромное количество нуклеотидов — от нескольких тысяч до сотен миллионов (поистине гигантские молекулы ДНК удается «увидеть» с помощью электронного микроскопа). В структурном отношении она представляет собой двойную спираль из *полинуклеотидных цепей* (рис. 1), соединенных с помощью водородных связей между азотистыми основаниями нуклеотидов. Благодаря этому полинуклеотидные цепи прочно удерживаются одна возле другой.

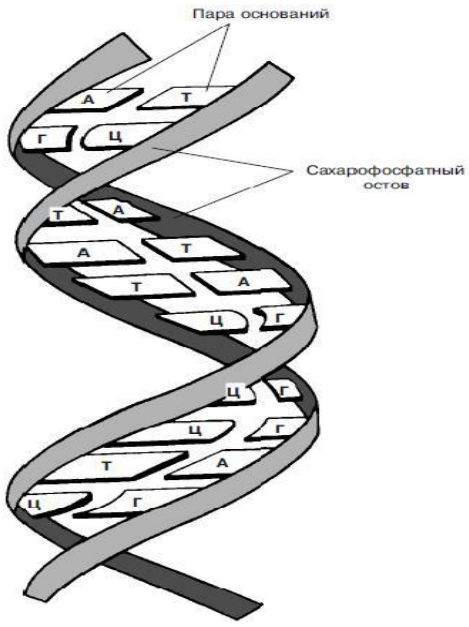


Рис. 1**.** *Двойная спираль ДНК. Две цепи обвиты одна вокруг другой. Каждая цепь (изображенная в виде ленты) состоит из чередующихся остатков сахара и фосфатных групп. Водородные связи между азотистыми основаниями (А, Т, Г и Ц) удерживают две цепи вместе*

При исследовании различных ДНК (у разных видов организмов) было установлено, что аденин одной цепи может связываться лишь с тимином, а гуанин — только с цитозином другой. Следовательно, порядок расположения нуклеотидов в одной цепи строго соответствует порядку их расположения в другой. Этот феномен получил название *комплементарности* (т. е. дополнения), а противоположные полинуклеотидные цепи называются *комплементарными.* Именно этим обусловлено уникальное среди всех неорганических и органических веществ свойство ДНК — *способность к самовоспроизведению* или *удвоению* (рис. 2).

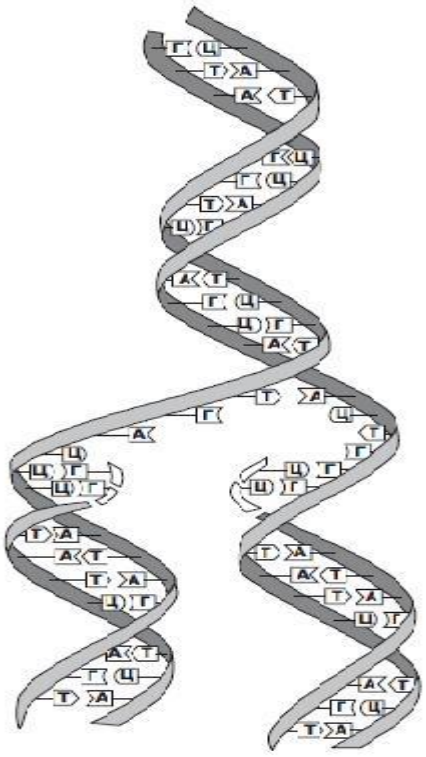


Рис. 2. *Репликация ДНК. Двойная спираль «расстегивается» по слабым водородным связям, соединяющим комплементарные основания двух цепей. Каждая из старых цепей служит матрицей для образования новой: нуклеотиды с комплементарными основаниями выстраиваются против старой цепи и соединяются друг с другом*

При этом сначала комплементарные цепи молекул ДНК расходятся (под воздействием специального фермента происходит разрушение связей между комплементарными нуклеотидами двух цепей). Затем на каждой цепи начинается синтез новой («недостающей») комплементарной ей цепи за счет свобод-

ных нуклеотидов, всегда имеющихся в большом количестве в клетке. В результате вместо одной («материнской») молекулы ДНК образуются две («дочерние») новые, идентичные по структуре и составу друг другу, а также исходной молекуле ДНК. Этот процесс всегда предшествует клеточному делению и обеспечивает передачу наследственной информации от материнской клетки дочерним и всем последующим поколениям.

Молекулы РНК, как правило, одноцепочечные (в отличие от ДНК) и содержат значительно меньшее число нуклеотидов. Выделяют три вида РНК (табл. 2), различающиеся по величине молекул и выполняемым функциям, — информационную (и-РНК), рибосомальную (р-РНК) и транспортную (т-РНК).

Таблица 2

Три вида РНК

РНК	**Число нуклеотидов в молекуле**
Информационные	До 30 000
Рибосомальные	До 6000
Транспортные	Около 100

Информационная РНК (и-РНК) располагается в ядре и цитоплазме клетки, имеет самую длинную полинуклеотидную цепь среди РНК и выполняет функцию переноса наследственной информации из ядра в цитоплазму клетки.

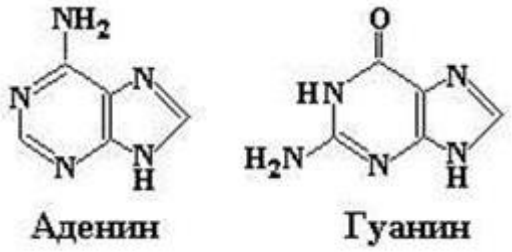
Транспортная РНК (т-РНК) также содержится в ядре и цитоплазме клетки, ее цепь имеет наиболее сложную структуру, а также является самой короткой (75 нуклеотидов). Т-РНК доставляет аминокислоты к рибосомам в процессе трансляции — биосинтеза белка.

Рибосомальная РНК (р-РНК) содержится в ядрышке и рибосомах клетки, имеет цепь средней длины. Все виды РНК образуются в процессе транскрипции соответствующих генов ДНК.

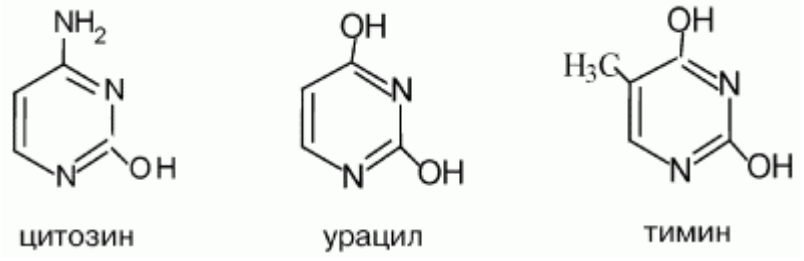
3. Пиримидиновые (цитозин) и пуриновые (аденин) азотистые основания.

Азотистые основания нуклеиновых кислот делятся на пуриновые и пиримидиновые основания.

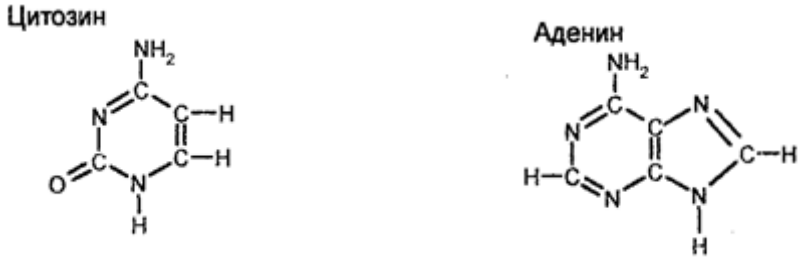
Пуриновые основания:



Пиримидиновые основания:



Они редставляют собой бесцветные, кристаллические вещества, с температурой плавления выше 300 °С, растворимые в воде, не растворимые в спиртах и полярных растворителях.



4. Строение АТФ, его роль в биоэнергетике живой клетки.

Аденозинтрифосфат или сокращенно АТФ – это универсальное энергетическое вещество организма. АТФ – нуклеотид, в состав молекулы которого входят азотистое основание – **аденин,** углевод –**рибоза** и три остатка **фосфорной кислоты.**

Особенностью молекулы АТФ является то, что второй и третий остатки фосфорной кислоты присоединяются связью, богатой энергией, иначе называемой **макроэргической связью.** Часто соединения, имеющие макроэргическую связь (а мы столкнемся с ними в процессе изучения предмета) обозначатся термином **«макроэрги» или макроэргические вещества.**

Строение АТФ можно отразить схемой:



При использовании АТФ в качестве источника энергии обычно происходит отщепление путем гидролиза последнего остатка фосфорной кислоты:

$$АТФ + H_2O \rightarrow АДФ + H_3PO_4 + энергия$$

В физиологических условиях, то есть при условиях, которые имеются в живой клетке, расщепление моля АТФ сопровождается выделением 10 – 12 ккал энергии (43 -50 кДж).

Главными потребителями энергии АТФ в организме являются

- реакции синтеза;
- мышечная деятельность;
- транспорт молекул и ионов через мембраны.

Таким образом, основным поставщиком АТФ в клетке является тканевое дыхание – завершающий этап катаболизма, протекающий в митохондриях большинства клеток организма.

Синтез АТФ главным образом обеспечивается энергией, выделяющейся при **расщеплении глюкозы**, но могут использоваться и другие простые органические соединения - сахара, жирные кислоты и пр.

Митохондрии способны использовать для синтеза АТФ не только расщепление глюкозы. В их матриксе содержатся также ферменты, расщепляющие **жирные кислоты.**

Кроме глюкозы и жирных кислот, митохондрии способны расщеплять **аминокислоты,** но они - дорогое топливо. Аминокислоты являются важным строительным материалом, из них организм синтезирует свои белки. К тому же использование аминокислот для синтеза АТФ требует предварительного удаления аминогруппы NH_2 с образованием токсичного аммиака. Белки и составляющие их аминокислоты используются клеткой для получения энергии только в крайнем случае.

5. Роль рибосом. Вирусы.

Рибосомы – внутриклеточные частицы, осуществляющие биосинтез белка.

Они обнаружены в клетках всех без исключения живых организмов: бактерий, растений и животных.

По химическому составу рибосомы - чистые рибонуклеопротеиды, т. е. состоят только из РНК и белка.

Они также включают только два типа биополимеров — РНК и белок, но содержание белка в них существенно больше, чем в прокариотических рибосомах; соотношение масс РНК: белок около 1 :1.

Функция рибосом: сборка полипептидной цепочки (синтез белка).

Биосинтез белков осуществляется во всех клетках про- и эукариот. Информация о первичной структуре (порядке аминокислот) белковой молекулы закодирована последовательностью нуклеотидов в соответствующем участке молекулы ДНК — гене. Ген— это участок молекулы ДНК, определяющий порядок аминокислот в молекуле белка. Следовательно, от порядка нуклеотидов

в гене зависит порядок аминокислот в полипептиде, т.е. его первичная структура, от которой в свою очередь зависят все другие структуры, свойства и функции белковой молекулы. Система записи генетической информации в ДНК (и-РНК) в виде определенной последовательности нуклеотидов называется генетическим кодом. Т.е. единица генетического кода (кодон) — это триплет нуклеотидов в ДНК или РНК, кодирующий одну аминокислоту.

Для того, чтобы синтезировался белок, информация о последовательности нуклеотидов в его первичной структуре должна быть доставлена к рибосомам. Этот процесс включает два этапа – транскрипцию и трансляцию.

Транскрипция (переписывание) информации происходит путем синтеза на одной из цепей молекулы ДНК одноцепочной молекулы РНК, последовательность нуклеотидов которой точно соответствует последовательности нуклеотидов матрицы – полинуклеотидной цепи ДНК.

Второй этап в биосинтезе белка — трансляция — это перевод последовательности нуклеотидов в молекуле и-РНК в последовательность аминокислот в полипептиде.

В цитоплазме на один из концов и-РНК (а именно на тот, с которого начинается синтез молекулы в ядре) вступает рибосома и начинается синтез полипептида. По мере продвижения по молекуле РНК рибосома транслирует триплет за триплетом, последовательно присоединяя аминокислоты к растущему концу полипептидной цепи. Точное соответствие аминокислоты коду триплета и - РНК обеспечивается т - РНК.

Одна рибосома способна синтезировать полную полипептидную цепь. После завершения синтеза полипептидная цепочка отделяется от матрицы – молекулы и-РНК, сворачивается в спираль и приобретает свойственную ей (вторичную, третичную или четвертичную) структуру.

Нередко по одной молекуле и-РНК движется несколько рибосом. Продвигаясь вдоль матричного полинуклеотида от 5'-конца к 3'-концу, рибосома через какое-то время освободит 5'-концевой участок матрицы. Тогда этот участок может начать считывать другая рибосома. Так же отойдя от 5'-концевой

части, она предоставит возможность начать считывание третьей рибосоме. Идя вдоль матрицы друг за другом, ряд рибосом оказываются читающими одну и ту же информацию и, следовательно, синтезирующими идентичные полипептидные цепи, но находящимися на разных стадиях формирования полипептида. Такая структура, где матричный полинуклеотид ассоциирован со многими транслирующими рибосомами, получила название полирибосомы.

Вирусы — неклеточные инфекционные агенты, которые размножаются в живом организме.

Различают ДНК- и РНК-содержащие вирусы. Они обычно **гаплоидны,** т. е. имеют один набор генов.

Среди РНК-содержащих вирусов различают вирусы с положительным **(плюс-нить РНК) геномом**. Плюс-нить РНК этих вирусов выполняет наследственную (геномную) функцию и функцию информационной РНК (иРНК).

Имеются также РНК-содержащие вирусы с отрицательным **(минус-нить РНК) геномом.** Минус-нить РНК этих вирусов выполняет только наследственную функцию.

Синтез белков в клетке осуществляется в соответствии с хорошо известными процессами ***транскрипции*** (от лат.*transcriptio* — переписывание) путем «переписывания» генетической информации с нуклеиновой кислоты в нуклео-тидную последовательность информационной РНК (и-РНК) и*трансляции* (от лат. *translatio* — передача) — считывания и-РНК на рибосомах с образованием белков. Передача наследственной информации в отношении синтеза и-РНК у разных групп вирусов неодинакова.

I. ***ДНК-содержашие вирусы реализуют генетическую информацию так же,*** как и клеточный геном, по схеме:

геномная ДНК вируса -» транскрипция и-РНК -» трансляция белка вируса.

Причем ДНК-содержашие вирусы используют для этого процесса клеточную полимеразу (вирусы, геномы которых транскрибируются в ядре

клетки — аденовирусы, па-повавирусы, герпесвирусы) или собственную РНК-полимеразу (вирусы, геномы которых транскрибируются в цитоплазме, например поксвирусы).

II. Плюс-нитевые РНК-содержашие вирусы (например, пикорнавирусы, флавивирусы, то*гавирусы) имеют геном, выполняющий* функцию иРНК; он распознается и транслируется рибосомами. Синтез белков у этих вирусов осуществляется без акта транскрипции по схеме:

геномная **РНК вируса** -> трансляция белка вируса**.**

III. ***Геном минус-однонитевых РНК-содержаших вирусов***(ортомиксовирусов, парамиксовирусов, рабдовирусов) и двунитевых (реовирусов) служит матрицей, с которой транскрибируется иРНК, при участии РНК-полимеразы, связанной с нуклеиновой кислотой вируса. Синтез белка у них происходит по схеме:

геномная **РНК вируса** -» транскрипция и-**РНК** – трансляция **белка вируса.**

IV. Ретровирусы (вирусы иммунодефицита человека, онкогенные ретровирусы) имеют уникальный путь передачи генетической информации. Геном ретровирусов состоит из двух идентичных молекул РНК, т. е. является диплоидным. В составе ретровирусов есть особый вирусоспецифический фермент — обратная транскриптаза, или ревертаза, с помощью которой осуществляется процесс обратной транскрипции, т. е. на матрице геномной РНК синтезируется комплементарная однонитевая ДНК (к-ДНК). Комплементарная нить ДНК копируется с образованием двунитевой комплементарной ДНК, которая интегрирует в клеточный геном и в его составе транскрибируется в и-РНК с помощью клеточной ДНК-зависимой РНК-полимеразы. Синтез белков для этих вирусов осуществляется по схеме:

геномная РНК вируса -> комплементарная ДНК -» транскрипция и-РНК -» трансляция белка вируса.

Репликация вирусных геномов, т. е. синтез вирусных нуклеиновых кислот, приводит к на-коплению в клетке копий исходных вирусных геномов, которые используются при сборке вирионов. Способ репликации генома зависит от типа нуклеиновой кислоты вируса, наличия вирусоспецифических или клеточных полимераз, а также от способности вирусов индуцировать образование полимераз в клетке.

Механизм репликации отличается у вирусов, имеющих:

1) двунитевую ДНК;

2) однонитевую ДНК;

3) плюс-однонитевую РНК;

4) минус-однонитевую РНК;

5) двунитевую РНК;

6) идентичные плюснитевые РНК (ретровирусы).

Контрольные вопросы:

1. Что такое нуклеиновые кислоты?
2. Какие бывают нуклеиновые кислоты?
3. Чем отличаются нуклеотиды ДНК и РНК?
4. Какие функции выполняют нуклеиновые кислоты?

Рекомендуемая литература:

1. Комов, В. П. Биохимия: учебник для вузов / В. П. Комов, В. Н. Шведова; под общей редакцией В. П. Комова. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 684 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13939-6. — Текст: электронный. — URL: https://urait.ru/bcode/588486

2. Биохимия: учебное пособие / Ф.Н. Гильмиярова [и др.]. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 418 с. — ISBN 978-5-4497-4113-4. — Текст: электронный. — URL: https://www.iprbookshop.ru/148306.html

3. Динамическая биохимия: практикум / составитель В. А. Гордеева. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 84 с. — ISBN 978-5-4497-2876-0. — Текст : электронный. — URL: https://www.iprbookshop.ru/138436.html