

ТЕМА 2.

КЛЕТКА – ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЖИВАЯ СИСТЕМА

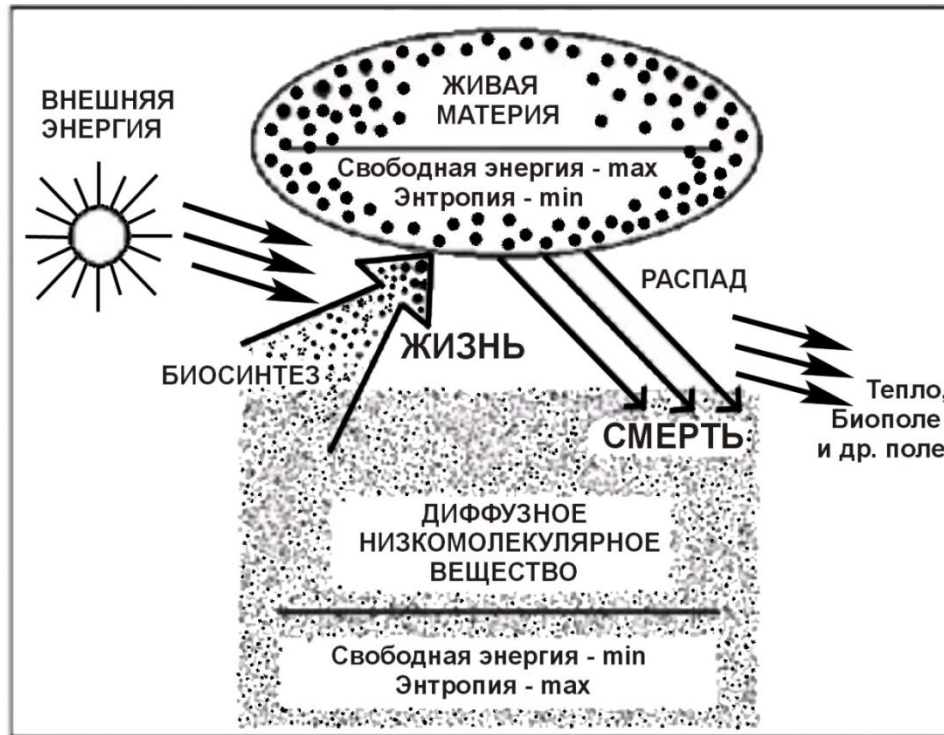
(ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТКИ)

§ 1. КЛЕТКА КАК ОТКРЫТАЯ МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

1.1. Физико-химическая сущность живой материи –

- противодействие 2-му закону термодинамики:

концентрирование свободной энергии (препятствие росту энтропии),
поддержание неравновесия (порядка) в равновесной (хаотичной) среде.



Живая клетка – элементарная открытая система, способная к поглощению внешней энергии и ее трансформации в энергию химических связей макромолекул.

Постоянный распад молекул и их ресинтез при поглощении и диссипации внешней энергии - основная суть клеточного метаболизма.

**Метаболизм –
обмен веществ и энергии.**

Клетка, как и жизнь вообще, существует в потоке вещества и энергии.

1.2. Направления и формы метаболизма

1. Пластический обмен = анаболизм – - биосинтез различных макромолекул

(восходящий поток) :

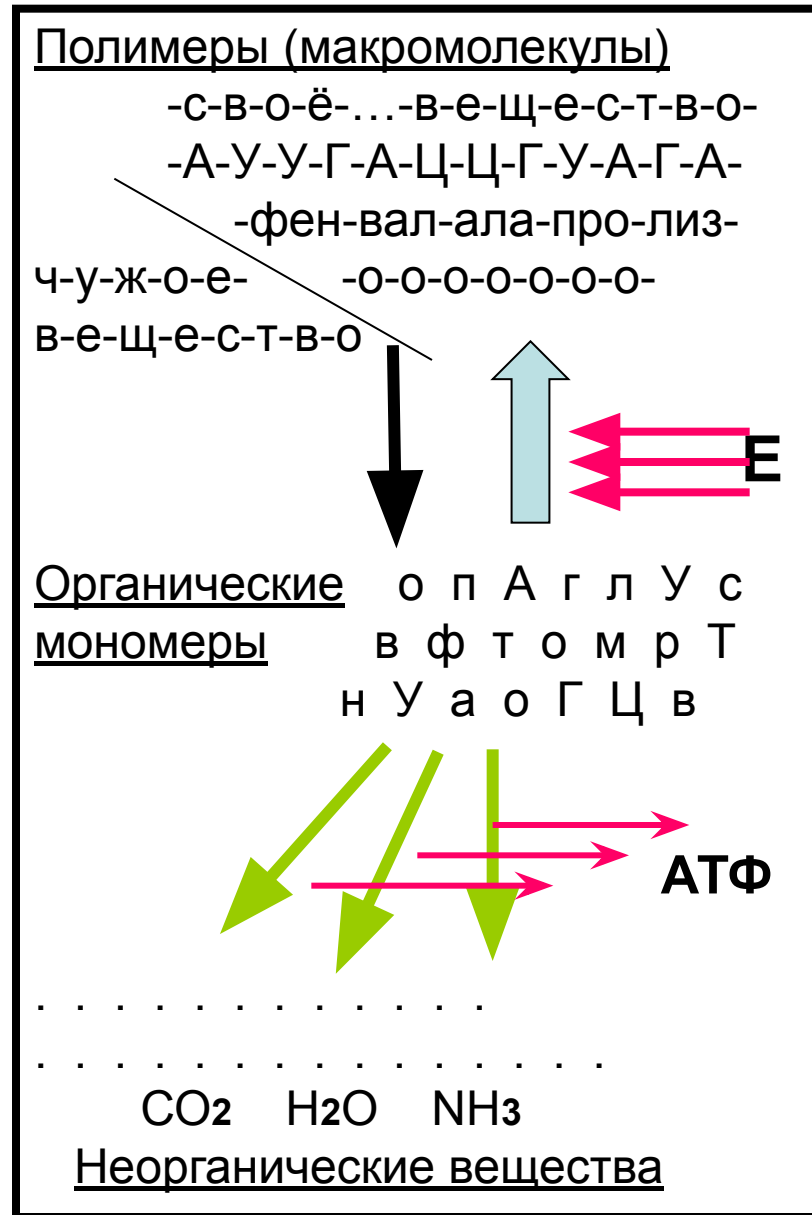
- Направлен на рост клетки, строительство её органических веществ: – углеводов, липидов, белков и нуклеиновых кислот – основы клеточных структур и всех жизненных процессов.
- Требует энергетических затрат (Е).

2. Энергетический обмен = катаболизм –

- распад органических веществ
и синтез АТФ (нисходящий поток) :

- Энергия, полученная при распаде веществ, запасается в макроэргических связях **АТФ**, а далее расходуется на процессы жизнедеятельности клетки.

**Взаимосвязь
анаболизма и катаболизма.**



§ 2. КЛЕТКИ ИМЕЮТ ОБЩИЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Пластический метаболизм идет в четырех генеральных направлениях:

- Углеводы, - Липиды, - Белки, - НК

2.1. Углеводы

Простые – моносахариды

Сложные – дисахариды

- полисахариды

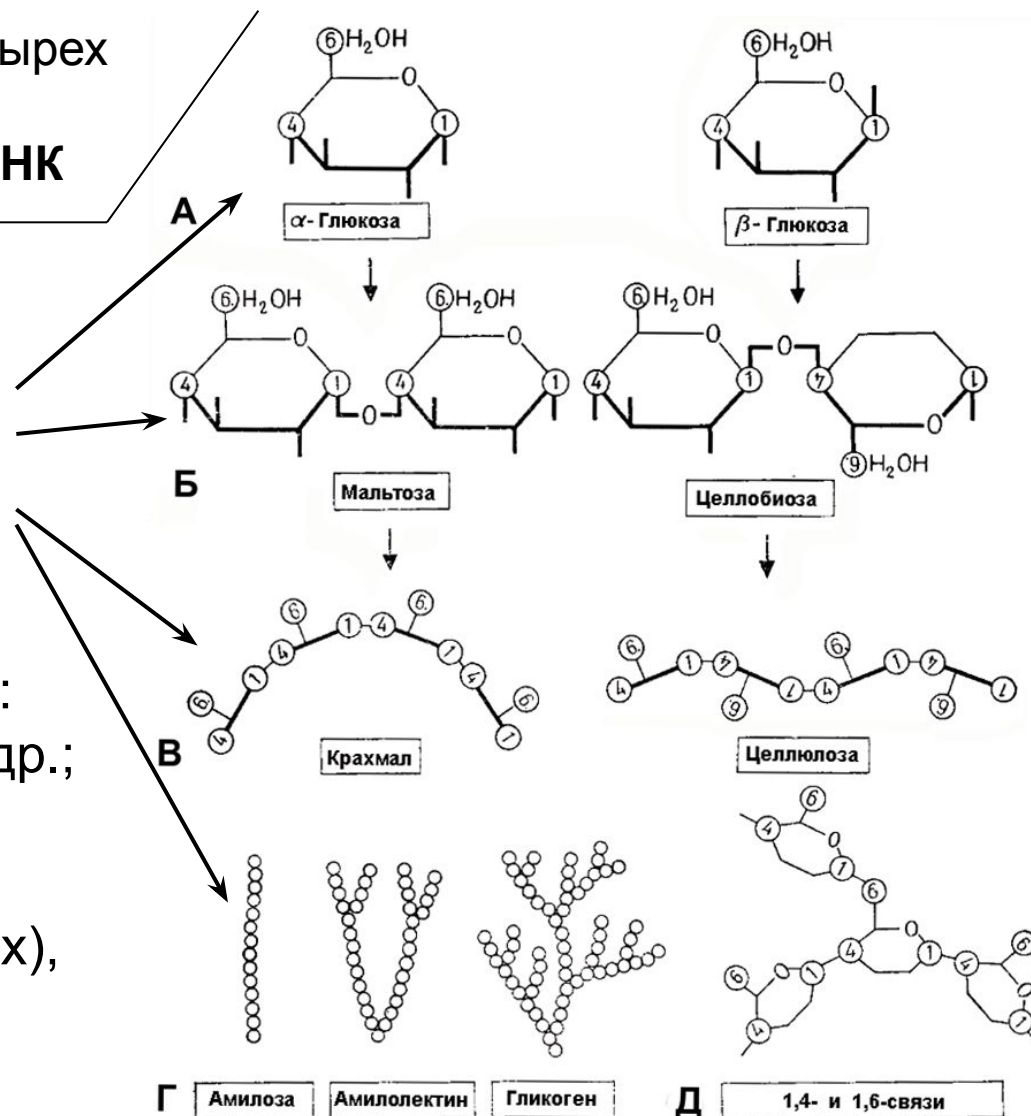
Функции углеводов:

- энергетическая

(вторичный источник энергии):
глюкоза, крахмал, гликоген и др.;

- структурная (опорная):

целлюлоза (у растений),
хитин (у грибов, членистоногих),
тунцин (у оболочников),
муреин (у бактерий).

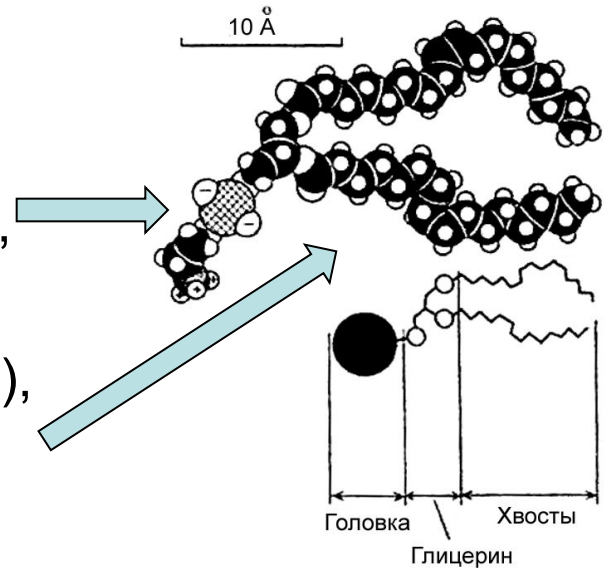


2.2. Липиды

(жиры и жироподобные вещества)

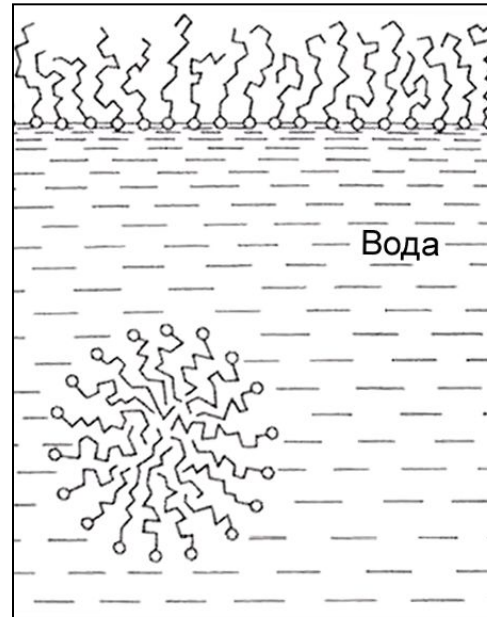
Головка молекулы липида полярная ($-\text{PO}_4^-$), поэтому она гидрофильная.

Хвосты – углеводородные (жирнокислотные), гидрофобные
($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$).

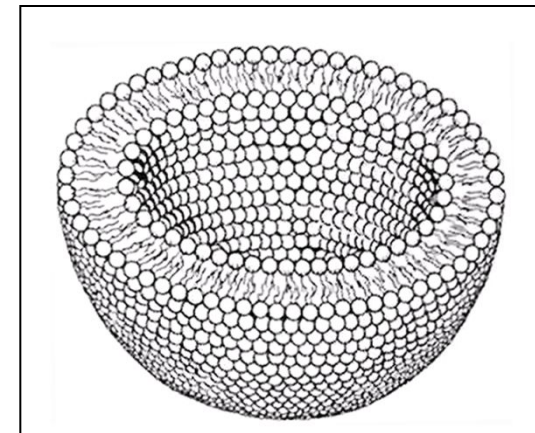


Функции липидов:

- энергетическая
(большое количество H);
- структурная:
формирование двухслойных (билипидных) мембран – основы всех изоляционных поверхностей клетки и ряда органоидов.



Поведение липидов в воде (пленка и мицелла).



Пузырек (показана 1/2), образованный билипидной мембраной.

2.3. Белки, или протеины –

полимерные соединения из аминокислот 20 видов.

В общем случае соединения из аминокислот называют **пептидами**.

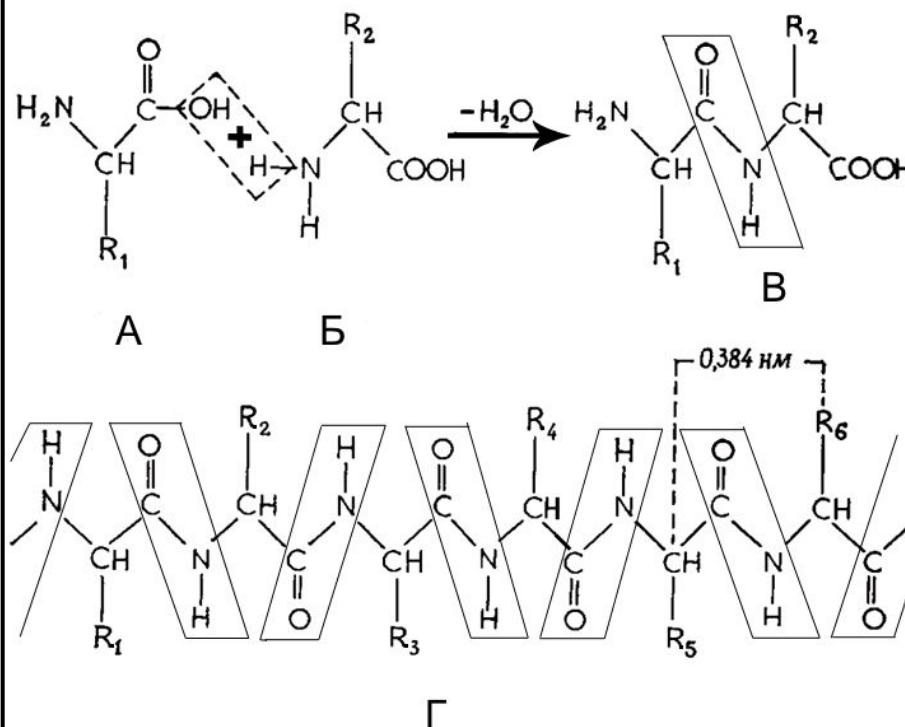
Различают:

дипептиды (содержат 2 аминокислотных остатка),

олигопептиды (до 10 аминокислотных остатков),

полипептиды (более 10 аминокислотных остатков в цепочке).

Крупные полипептиды содержат 100–300–500 и более аминокислотных остатков. Такие крупные полипептиды и называют **белками**.



А и Б – взаимодействие 2 аминокислот;

В – образовался дипептид.

Г – олигопептид (гексапептид).

Рамками выделены пептидные группы CO-NH, содержащие пептидные связи.

20 видов аминокислот

различаются химической структурой своих радикалов.

А – нейтральные гидрофобные аминокислоты;

Б – нейтральные гидрофильные (полярные) аминокислоты;

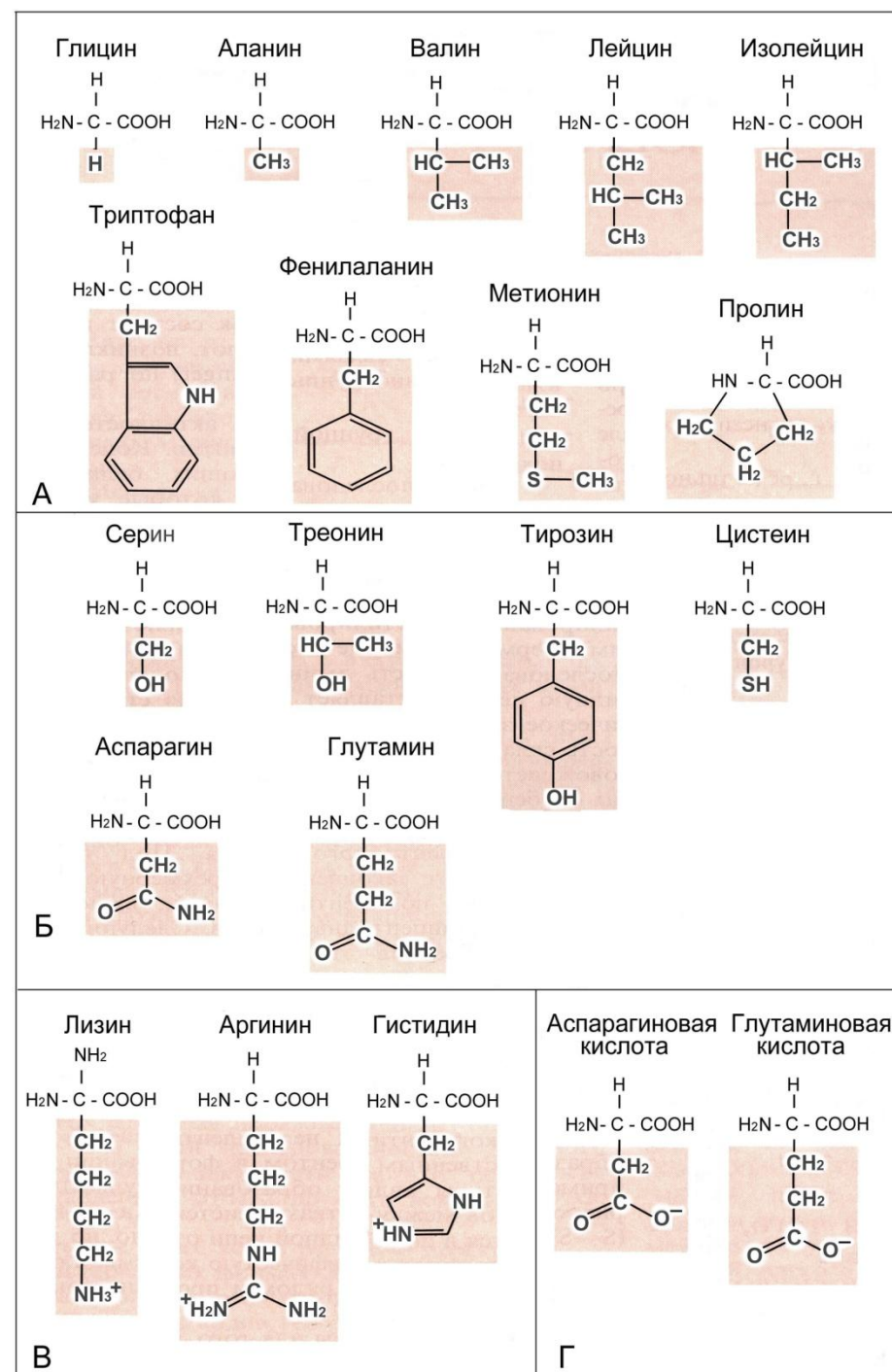
В – основные аминокислоты, с положительным зарядом;

Г – кислые аминокислоты с отрицательным зарядом.

Метионин и цистеин – серо-содержащие аминокислоты.

Набор аминокислот в каждом белке определяет его свойства:

- кислотность-щелочность, т.е. электроподвижность;
- гидрофильность-гидрофобность, т.е. растворимость в воде;
- пространственную организацию и функцию.



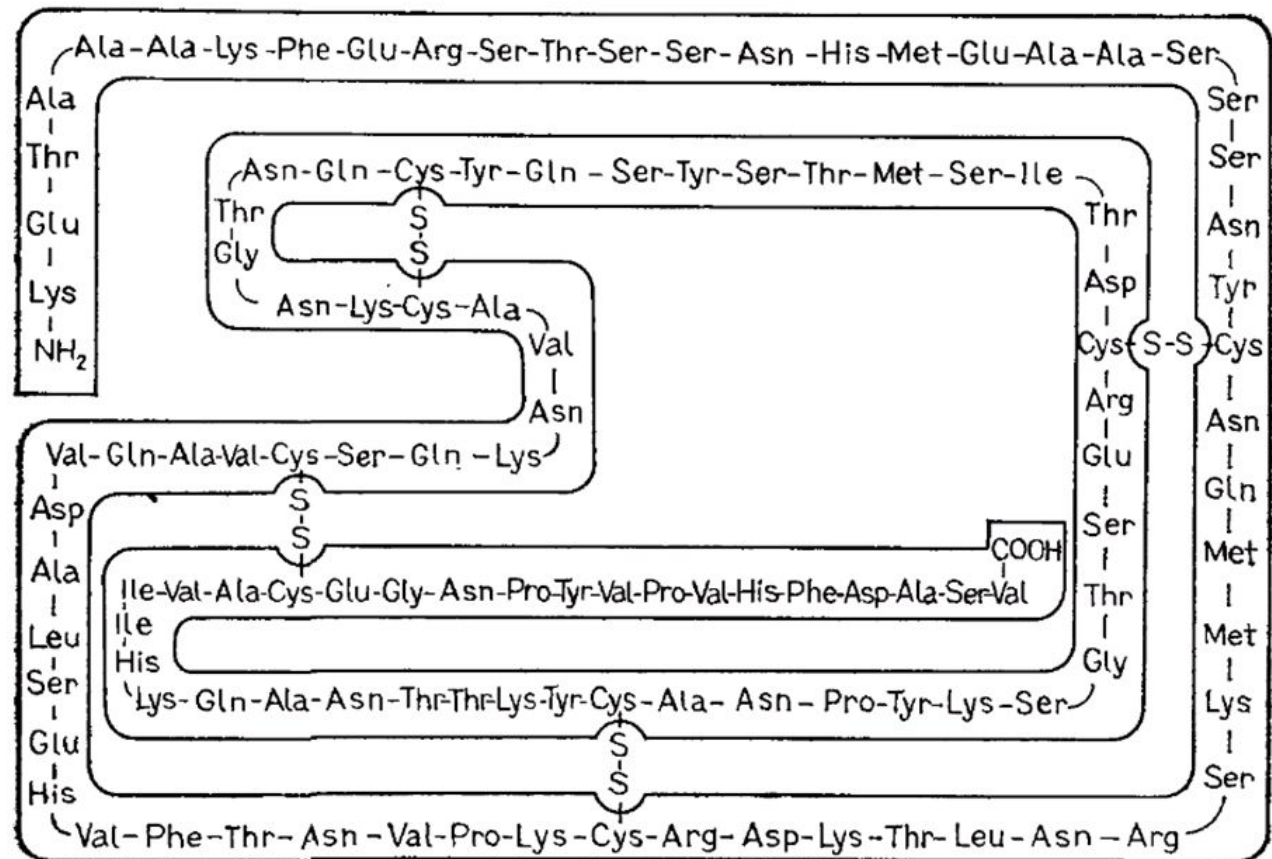
Структура белка - I

Первичная структура белка характеризуется линейной последовательностью аминокислот и их общим числом.

Первичная структура для каждого белка уникальна, она определяет, в конечном счете, структуры более высокого порядка.

Первичная структура
белка-фермента
рибонуклеазы:
NH₂-лизин-
-глутаминовая кислота-
-треонин-
-аланин-
-аланин- и т.д.

4 S-S-моста,
образованные 8
остатками цистеина,
предопределяют общую
(третичную) структуру
молекулы.



Структура белка II-IV

Вторичная структура:

Благодаря образованию водородных связей между атомами водорода и кислорода в соседних пептидных группах молекула закручивается в α -спираль (А) или собирается в β -складки (Б), формируя вторичную структуру.

Третичная структура:

В водной среде спиральные и неспиральные участки полипептидной цепи складываются в трёхмерное образование – рождается уникальная третичная структура белка (глобулярная или фибриллярная).

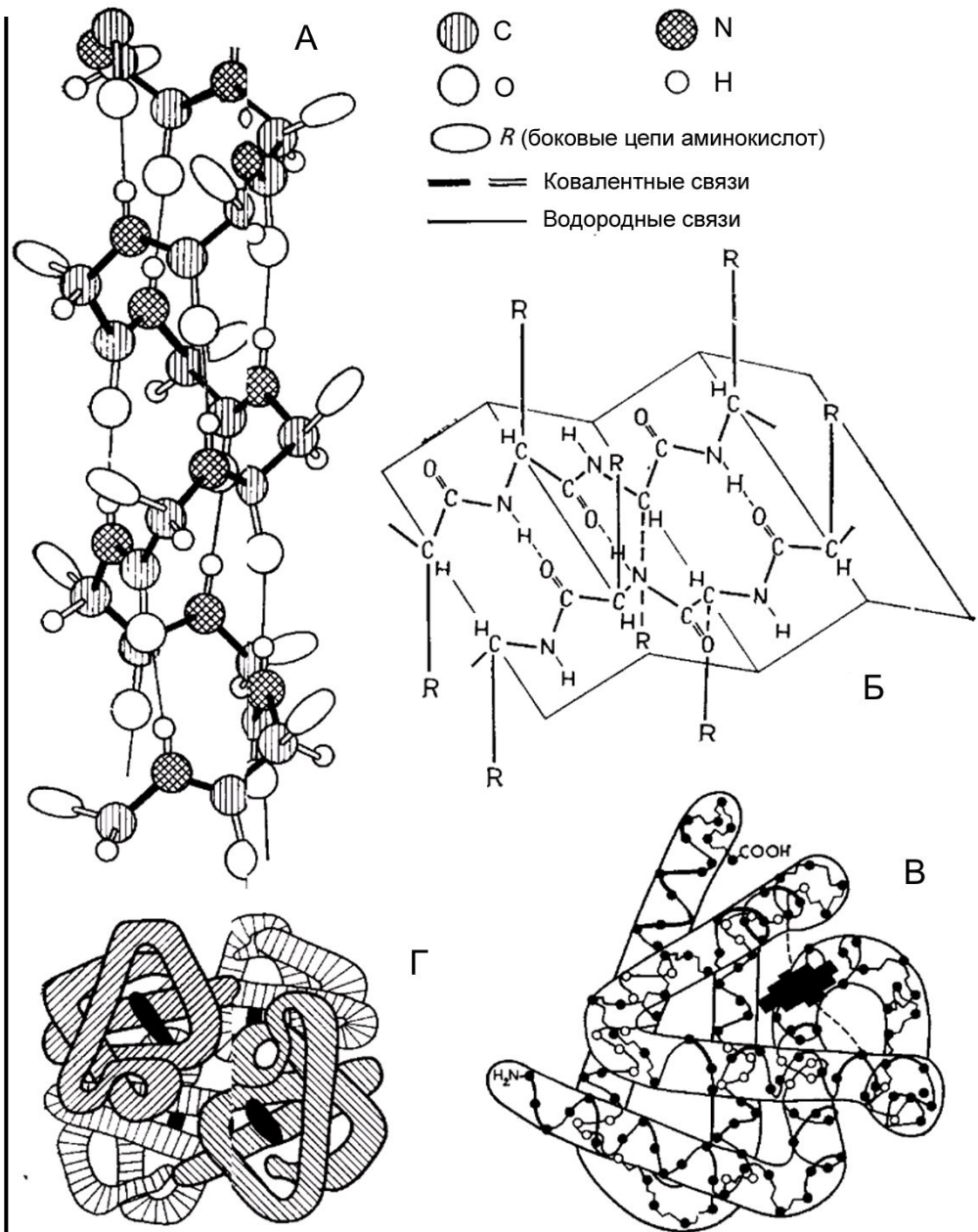
В – третичная структура миоглобина; показаны также вторичная структура со спиральными и неспиральными участками и простетическая группа Fe^{2+} .

Третичная структура стабилизируется дисульфидными связями (S-S-мостами), электростатическими связями между заряженными аминокислотами, а также гидрофобными взаимодействиями, при которых неполярные (гидрофобные) части молекулы стремятся «спрятаться» внутрь глобулы.

Четвертичная структура:

возникает у некоторых белков.

Г - четвертичная структура гемоглобина: 4 пептидные цепи и 4 простетические группы, содержащие Fe^{2+} .



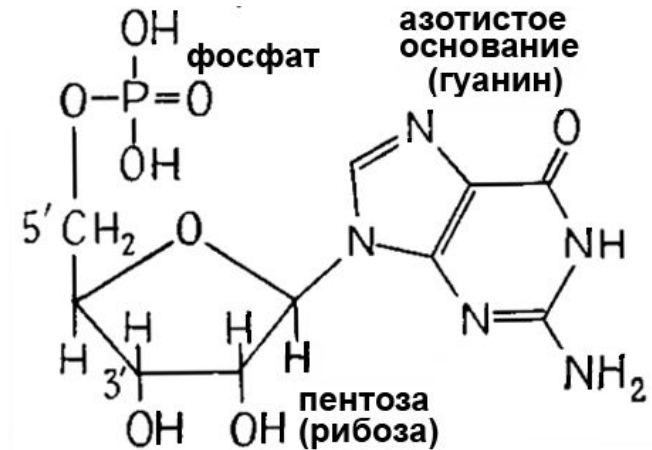
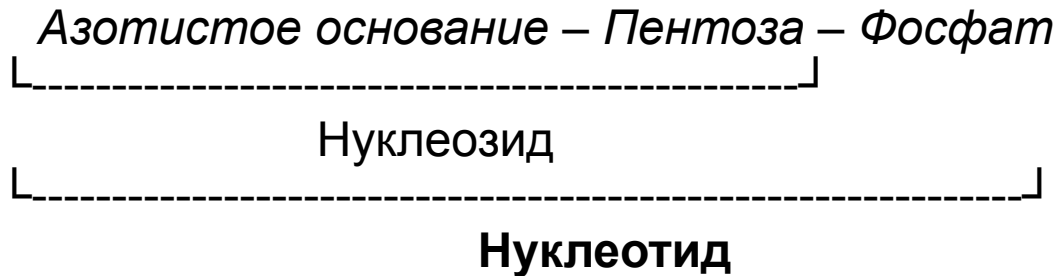
Функции белков

Белки – исполнители основных клеточных (жизненных) функций:

- Структурная (опорная, адгезивная, барьерная и т.п.) функция:
белки цитоскелета (*кератин, актин, тубулин*), внеклеточного матрикса (*коллаген*) и пр.
- Двигательная (сократительная) функция:
сократительные белки миофибрилл (*миозин*) и микротрубочек (*динеин, кинезин*).
- Каталитическая (ферментная) функция:
Белки-ферменты катализируют химические реакции в клетке и во внеклеточных полостях. Ферменты синтеза (ДНК-полимераза, АТФ-синтетаза и др.), ферменты расщепления (амилаза, пепсин, трипсин, ДНКаза, РНКаза, фосфатазы, дегидрогеназы и др.) и пр.
- Транспортная функция:
Транспорт веществ из окружающей среды в клетку и обратно (*мембранные белки-переносчики*), а также между клетками (*гемоглобин* – обеспечивает перенос O_2 и CO_2).
- Сигнальная (информационная) функция:
гормоны (*инсулин, гормон роста и др.*), нейромедиаторы и прочие БАВ специфично связываются с мембранными рецепторами - *гликопротеидами*.
- Регуляторная функция:
Стимуляторы и ингибиторы других молекул, в частности ДНК (генов).
- Защитная (иммунная) функция:
белки *иммуноглобулины* (антитела) распознают и обезвреживают чужеродные антигены.
- Энергетическая функция:
при окислении аминокислот выделяется энергия, идущая на синтез АТФ.
- **NB:** В основе белковых функций (кроме энергетической) лежит свойство конформационной перестройки белков – обратимого изменения пространственной организации (третичной структуры) молекулы.

2.4. Нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК) – полимерные соединения из нуклеотидов 5 видов.

Общая структура нуклеотида:



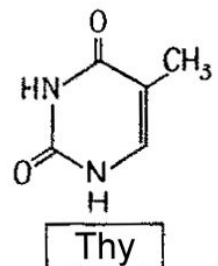
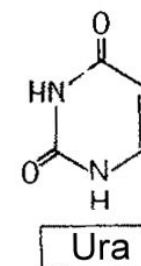
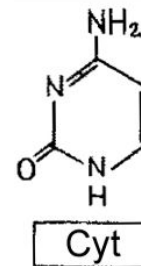
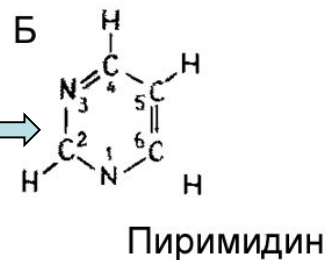
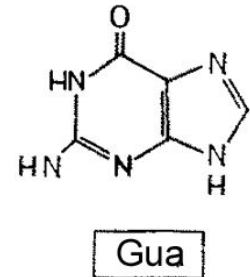
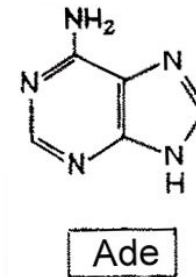
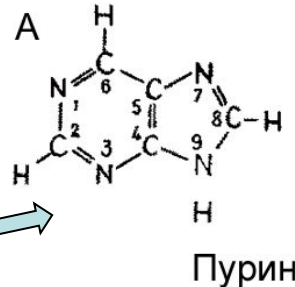
Нуклеотиды различаются по составу **азотистых оснований**. Соответственно, выделяют пять видов азотистых оснований.

Пуриновые основания:

Аденин и **Гуанин** – в их составе два углеродно-азотных кольца;

Пиримидиновые основания:

Цитозин, **Урацил** и **Тимин** – одно кольцо.



РНК – рибонуклеиновая кислота

- сахар-пентоза представлен **рибозой**;
- азотистые основания:
аденин, гуанин, цитозин, урацил;
- **одноцепочечная** молекула.

Первичная структура РНК –

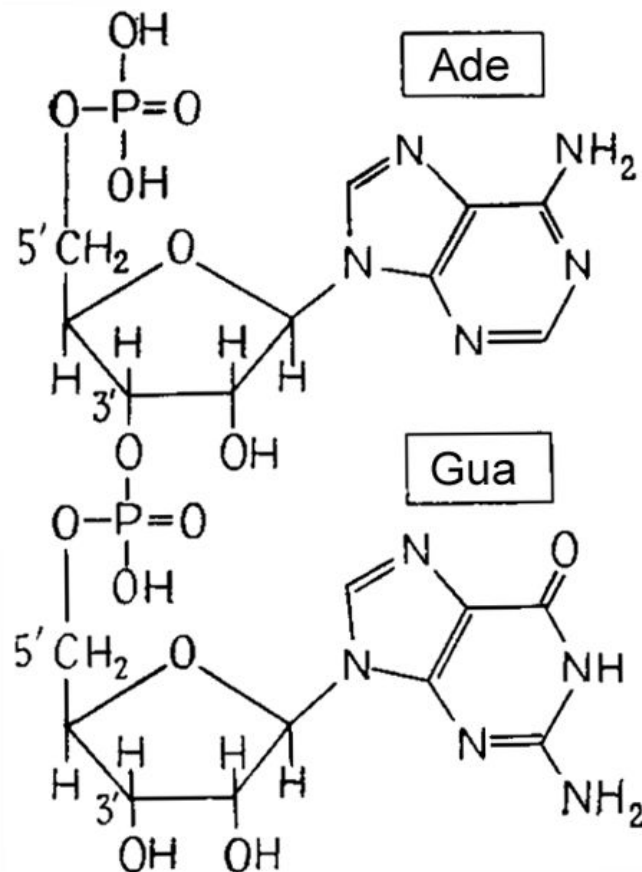
последовательность
нуклеотидов.

Вторичная структура РНК –

неопределенная, локально
может образовывать
двухцепочечные участки
(например, в тРНК).

Третичная структура РНК –

неопределенная, формируется с
участием регуляторных белков.



Фрагмент цепи длиной в два нуклеотида
(рибоза и остатки фосфорной кислоты
приведены в полном написании)

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

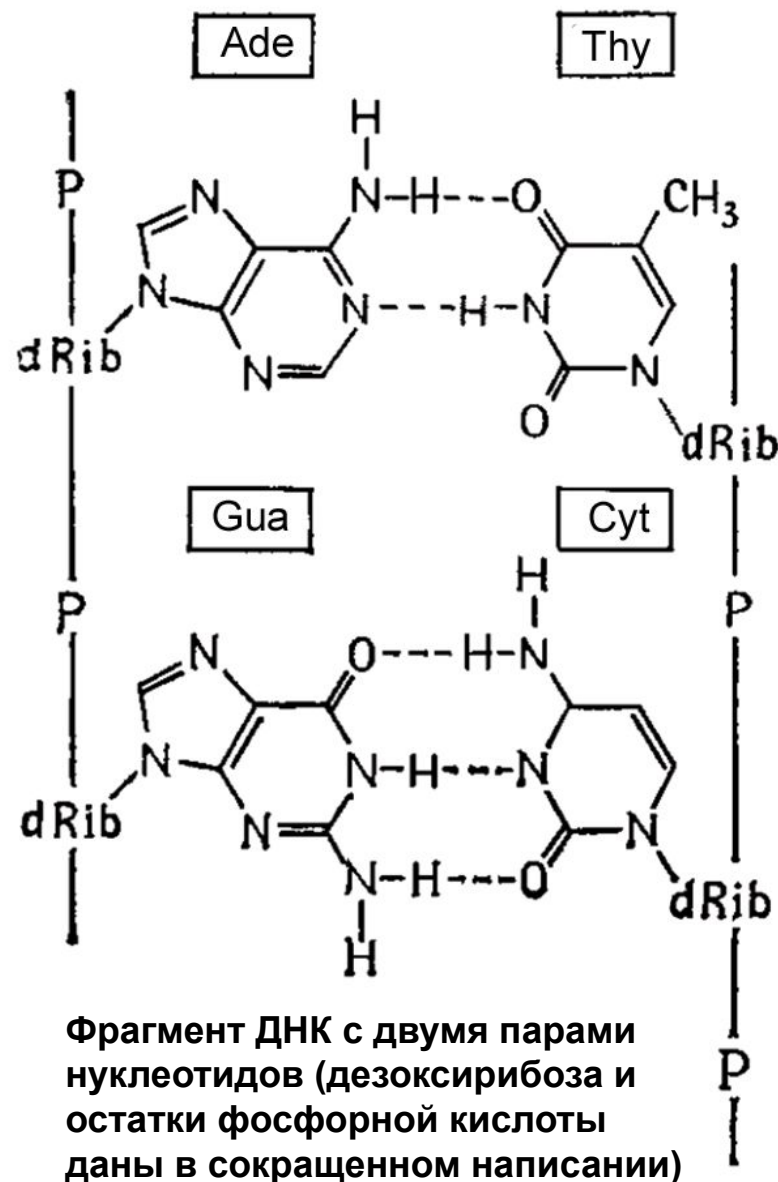
- сахар-пентоза представлен **дезоксирибозой**;
- азотистые основания:
аденин, гуанин, цитозин, тимин
(*тимин* – измененная форма урацила);
- **двухцепочечная** молекула.

Основания противоположных цепей связаны водородными связями по **принципу комплементарности** :
(пуриновое с пиримидиновым)
аденин = тимин (2 водородные связи),
гуанин ≡ цитозин (3 водородные связи).

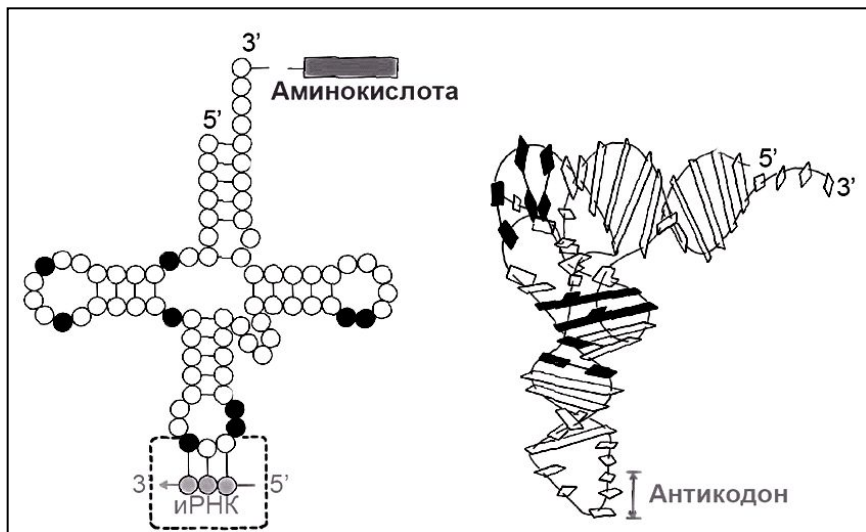
Первичная структура ДНК –
последовательность нуклеотидов.

Вторичная структура ДНК –
двойная спираль.

Третичная структура формируется
с участием белков гистонов.

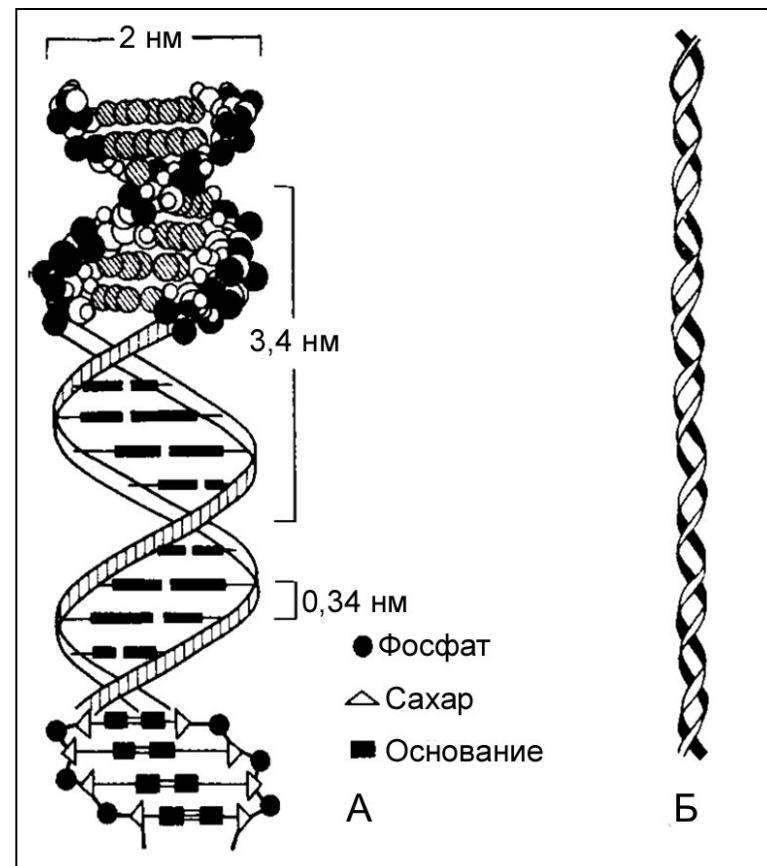


Вторичные структуры РНК и ДНК



Вторичная и третичная структуры тРНК.

**Внизу – антикодон (на тРНК),
комплементарно связанный с
кодоном (на иРНК).**



А – схема двойной спирали ДНК.

**В верхней части (атомарная модель)
атомы фосфата показаны чёрными,
атомы оснований заштрихованы.**

**Б – упрощённое изображение двойной
спирали.**

§ 3. КЛЕТКА КАК ИНФОРМАЦИОННАЯ САМОВОСПРОИЗВОДЯЩАЯСЯ СИСТЕМА

3.1. Центральная догма молекулярной биологии

- Основой строения и функционирования клетки являются белки с их уникальной первичной структурой (последовательностью аминокислот).
- Для роста клетки и поддержания её жизнедеятельности требуется синтез белков с точным воспроизведением их первичной структуры.
- Клетка имеет собственную информацию о строении всех своих белков и реализует ее по схеме: **ДНК→РНК→белок** (Центральная догма МБ).
- Т.е., информация о первичной структуре каждого белка закодирована последовательностью нуклеотидов (первичной структурой) ДНК (генов).
- **НВ:** основой генотипа организма является **ДНК** (совокупность генов); основу фенотипа организма составляет вся совокупность **белков**.

Синтез белка: транскрипция и трансляция

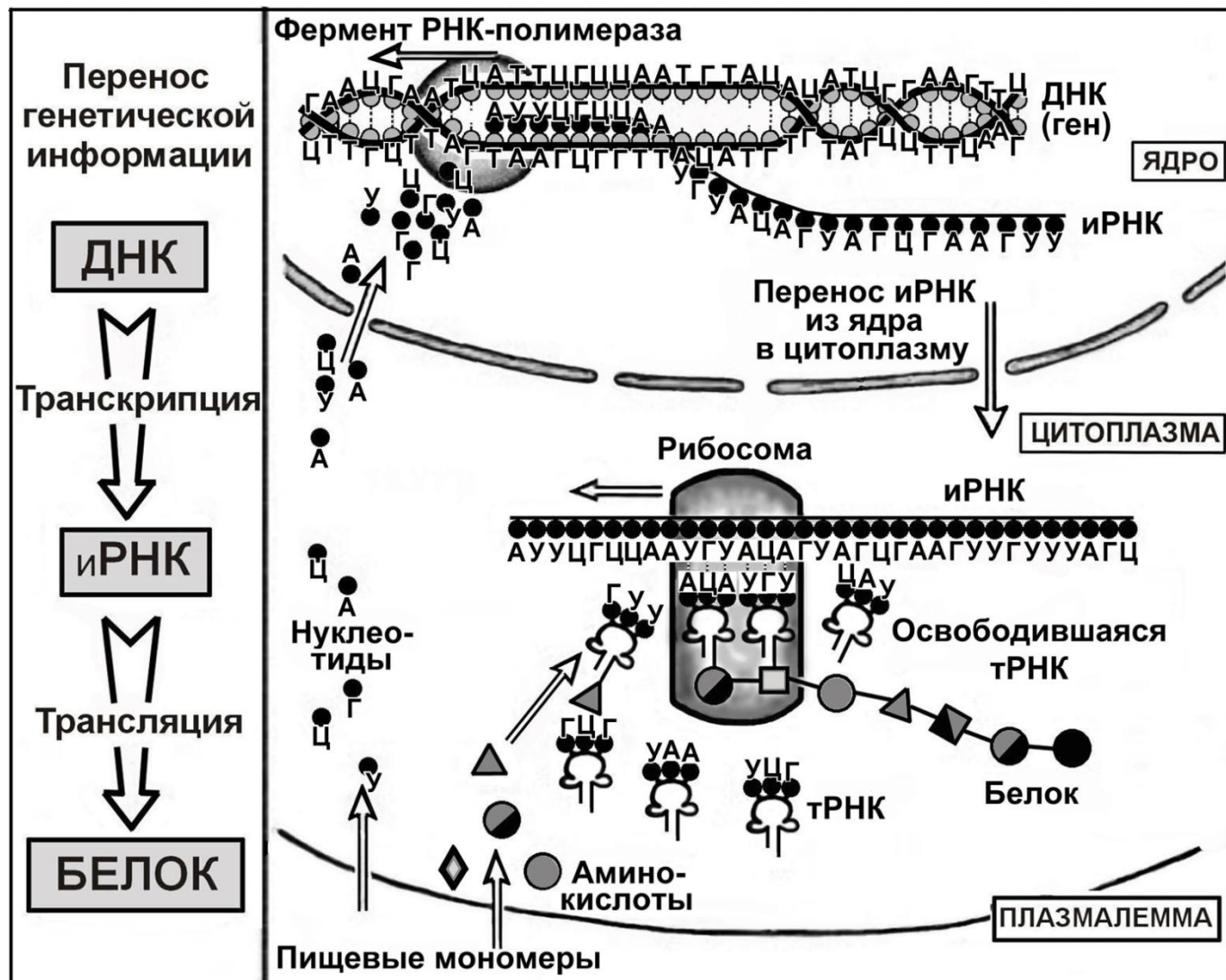
Реализация информации (синтез белка) происходит в два этапа:

Транскрипция

(переписывание) информации – матричный синтез и (м)РНК, создание одонитевой копии гена;

Трансляция

(перевод) информации – синтез самого белка, т.е. сборка полипептидной цепи по цепи нуклеотидов и(м)РНК. Участвуют также молекулы тРНК и специальные органеллы – рибосомы.



3.2. Генетический код – принцип кодирования определенных аминокислот с помощью соответствующих сочетаний нуклеотидов.

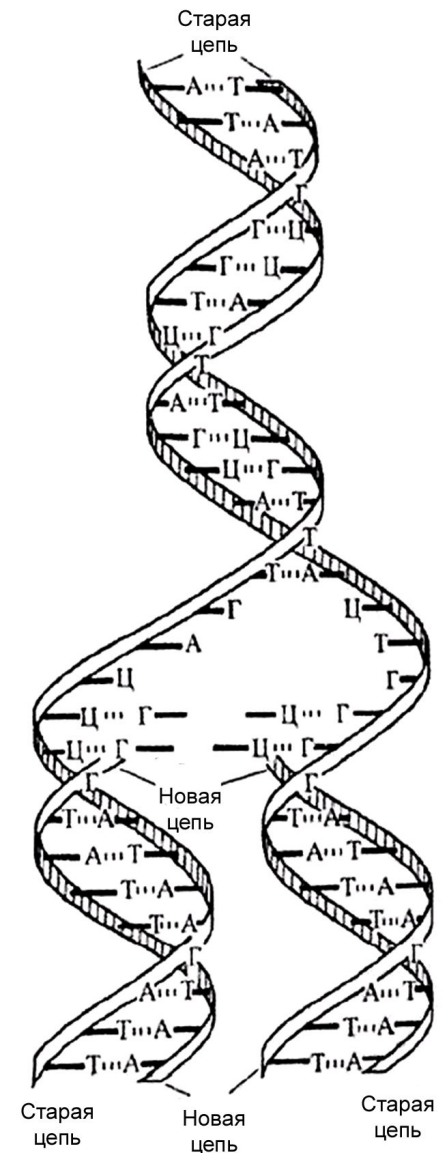
- Свойства генетического кода: **триплетность, вырожденность (избыточность), однозначность, универсальность.**

Таблица генетического кода

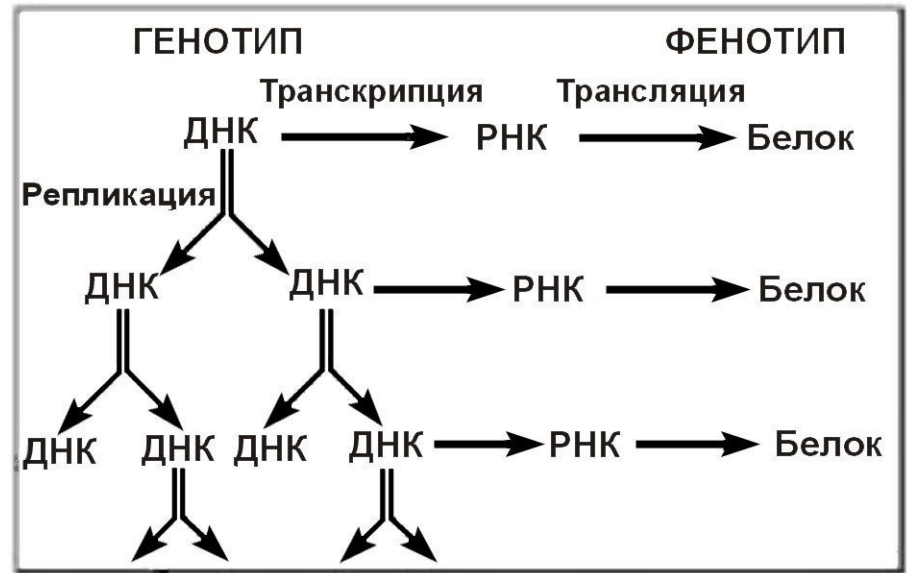
Первый нуклеотид кодона	Второй нуклеотид кодона				Третий нуклеотид кодона
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	СТОП	СТОП	A
	Leu	Ser	СТОП	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

3.3. Самовоспроизведение генетической информации

- При размножении клеток и целых организмов генетическая информация о структуре белков передается в дочерние клетки и организмы.
- В основе воспроизведения клеток и организмов лежит процесс удвоения ДНК – репликация. Репликация, как и транскрипция, является матричным синтезом и происходит по принципу комплементарности нуклеотидных пар: **А-Т, Г-Ц**.
- Т.о., информация о структуре белков наследуется, поэтому генетическую информацию называют также наследственной.
- Клетка является самовоспроизводящейся системой, несущей информацию о самой себе.



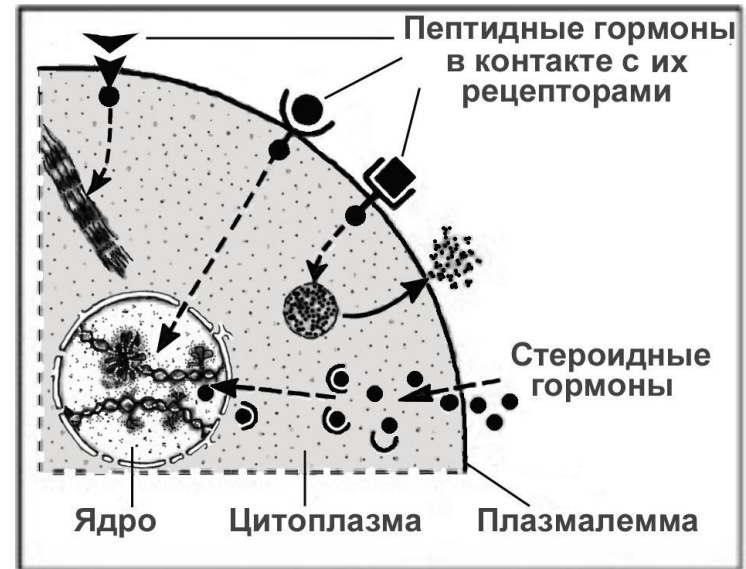
- Копирование генотипов путем репликации ДНК в ряду клеточных поколений создает возможности многократного повторения соответствующих фенотипов посредством синтеза клеточных белков.



- Клетка получает также извне эпигенетическую информацию, которая влияет на уровень экспрессии генов.
- Поэтому любой наследуемый признак может варьировать в некоторых пределах, т.е. имеет определенную норму реакции.
- Внешними сигналами для генов являются: регуляторные белки цитоплазмы, которые в свою очередь управляются внеклеточными сигнальными молекулами – гормонами и другими БАВ.
- Т.о., генетическая информация в сочетании с эпигенетическими факторами, а также процессами самоорганизации обеспечивает самовоспроизведение, рост и развитие клеток (и организмов).

§ 4. КЛЕТКА - СЕНСОРНО-РЕАКТИВНАЯ САМОРЕГУЛИРУЮЩАЯСЯ СИСТЕМА

- Внешние сигналы обеспечивают регуляцию размножения и развития клеток, а также их поведение.
- Для восприятия внешних сигналов (химических, физических, вирусных) на поверхности клеток имеются молекулярные рецепторы.
- Энергия воздействия меняет конформацию рецептора, что влечет за собой передачу сигнала в цитоплазму и ядро – на ДНК.
- В ответ запускаются те или иные реакции, синтезируются те или иные регуляторные белки.
- Возникает функциональный ответ:
 - репликация ДНК и деление клетки;
 - дифференцировка клетки;
 - движение, секреция, электрическое возбуждение и другие ответы;
 - саморегуляция – обеспечение гомеостаза и гомеокинеза.

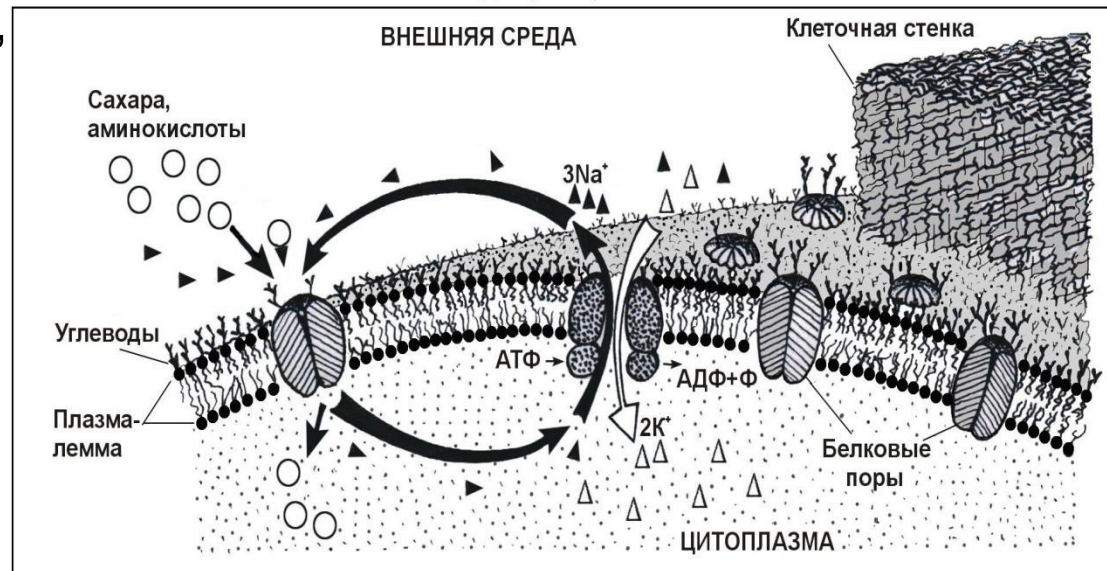


- С другой стороны, клетка сама посылает сигналы во внешнюю среду, вырабатывая свои сигнальные молекулы, синтезируя внеклеточный матрикс, создавая механическое напряжение и другие эффекты.

§ 5. КЛЕТКА – УПОРЯДОЧЕННАЯ СТРУКТУРИРОВАННАЯ СИСТЕМА

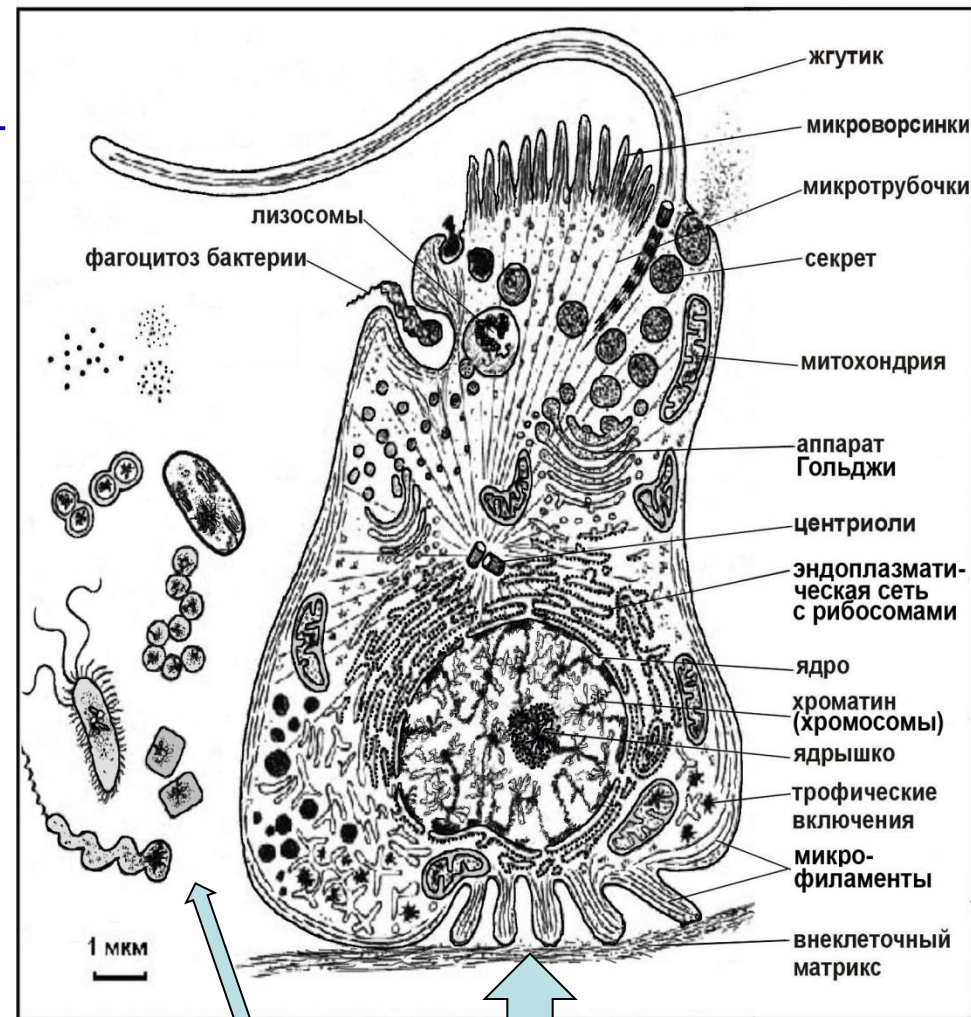
5.1. Биомембраны – основа компартментации клетки

- Многочисленные реакции метаболизма требуют компартментации – изоляции в отсеках, компартментах. Сама клетка – живой компартмент, состоящий из плазмалеммы и протоплазмы.
- Изоляцию создают липидно-белковые биологические мембраны.
Жидкостно-мозаичное строение биомембран объясняет их главное свойство – избирательную проницаемость (полупроницаемость):
 - билипидная фракция обеспечивает барьерную функцию – ограничение диффузии воды, задержка ионов и органических веществ;
 - белковые поры (каналы), встроенные мозаично в билипидный слой, выполняют транспортную функцию – избирательное проведение ряда веществ (питание, перенос ионов).
- Другие гликопротеидные комплексы обеспечивают рецепцию и адгезию.



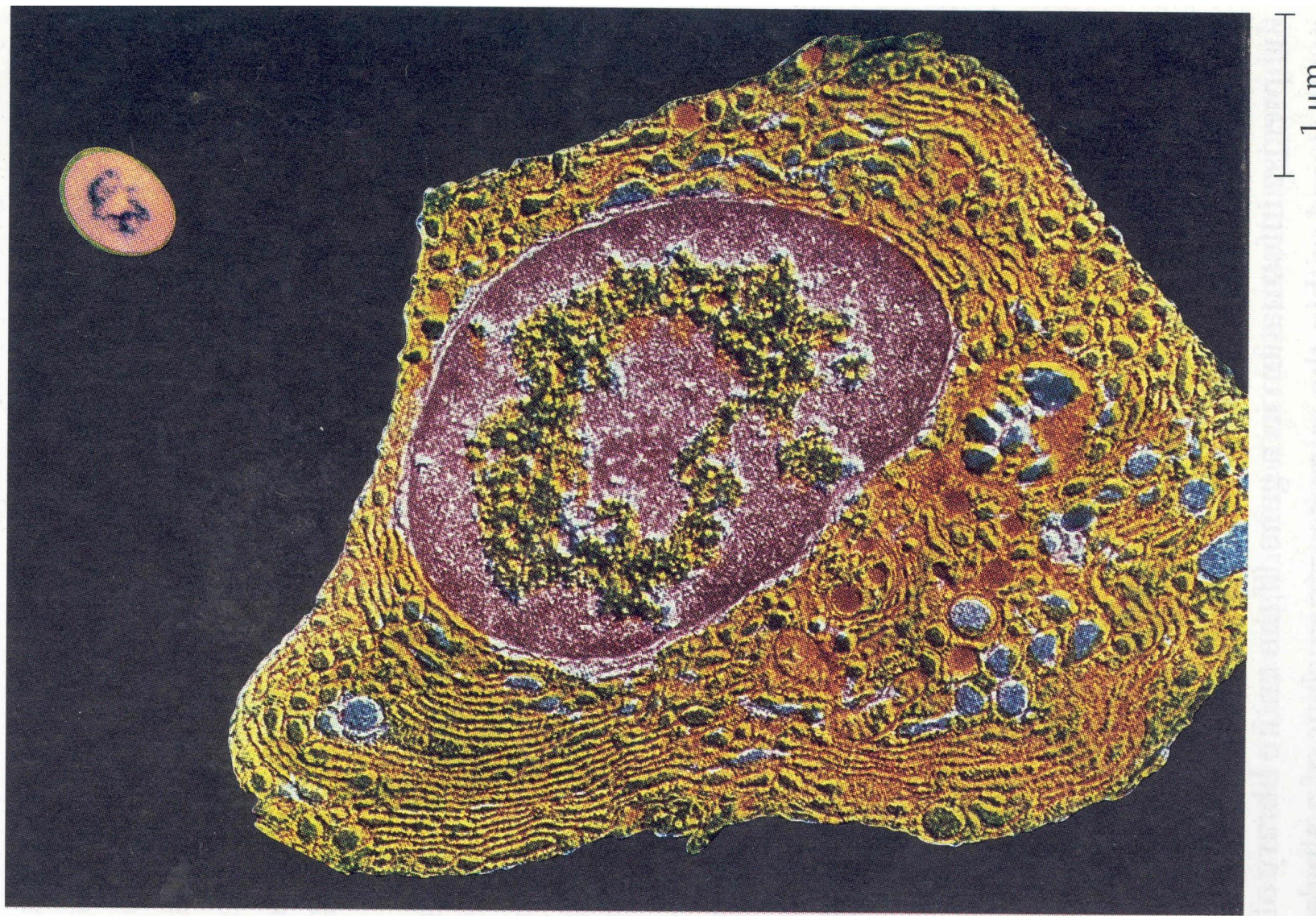
5.2. Прокариотные и эукариотные клетки

- В ранней эволюции возникли клетки 2 типов, различные по степени компартментации протоплазмы:
- Прокариотные клетки** - не имеют оформленного ядра и других мембранных органоидов. Размер – до 1 мкм. Надцарство Прокариоты: Бактерии и Археи.
- Эукариотные клетки** – имеют настоящее ядро как результат развития эндоплазматической мембранной сети, а также другие мембранные органоиды, в т.ч. митохондрии и пластиды. Размер – 10-20 мкм и более. Надцарство Эукариоты: Протисты, Растения, Грибы, Животные.



Прокариотные и эукариотная клетки;
вверху слева – вирусы (в одном масштабе)

Прокариотная (бактерия) и эукариотная (животная) клетки

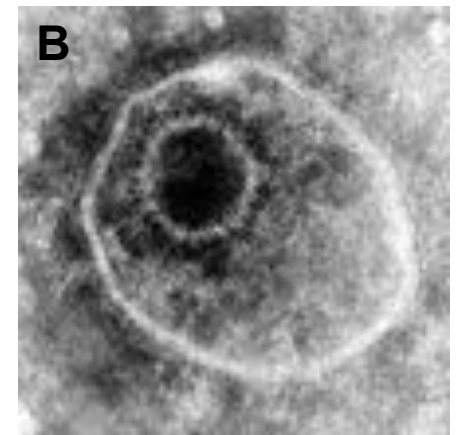
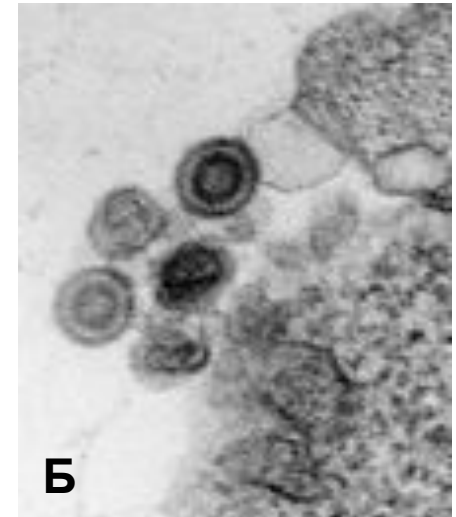
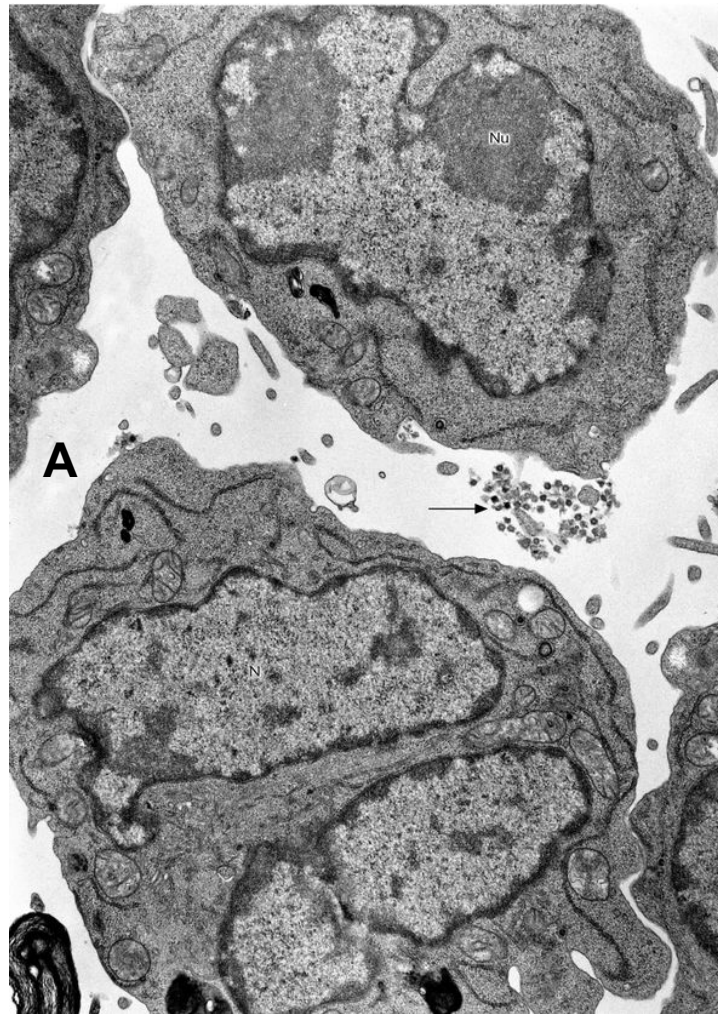


NВ: **вирусы** – неклеточные формы жизни, внутриклеточные паразиты.

А – две клетки, инфицированные вирусом. Вирусные частицы размножаются в клеточных ядрах. Свободные вирусные частицы видны в межклеточном пространстве (стрелка).

Б – Большое увеличение тех же вирусов; они окружены мембранами толщиной ок. 8 нм, происходящими от плазмалеммы зараженной клетки-хозяина.

В – Вирус герпеса, вызывающий лишай, ветрянку и др. болезни. Содержит ДНК (темная) и белковую оболочку – капсид (светлая цепочка). Вирусная частица окружена мембраной – от клетки-хозяина.



Несмотря на структурные различия про- и эукариотные клетки имеют гомологичные структурно-функциональные системы:

Поверхностный аппарат:

клеточная стенка (оболочка)
плазмалемма

Генетический аппарат:

нуклеоид (его ДНК) --||-- ядро-нуклеус (ДНК хромосом)

Аппарат пластического метаболизма

рибосомы и ферменты,
локализованные в
гиалоплазме --||-- гиалоплазме,
ЭПР, апп-те Гольджи,
лизосомах

Аппарат энергетического метаболизма

АТФ-синтетазные комплексы
на -----||----- на
складках плазмалеммы мембранах
пластид и митохондрий

Опорно-двигательный аппарат

реснички, микротрубочки
(не гомологичны)
цитоскелет
(гомология не ясна)

