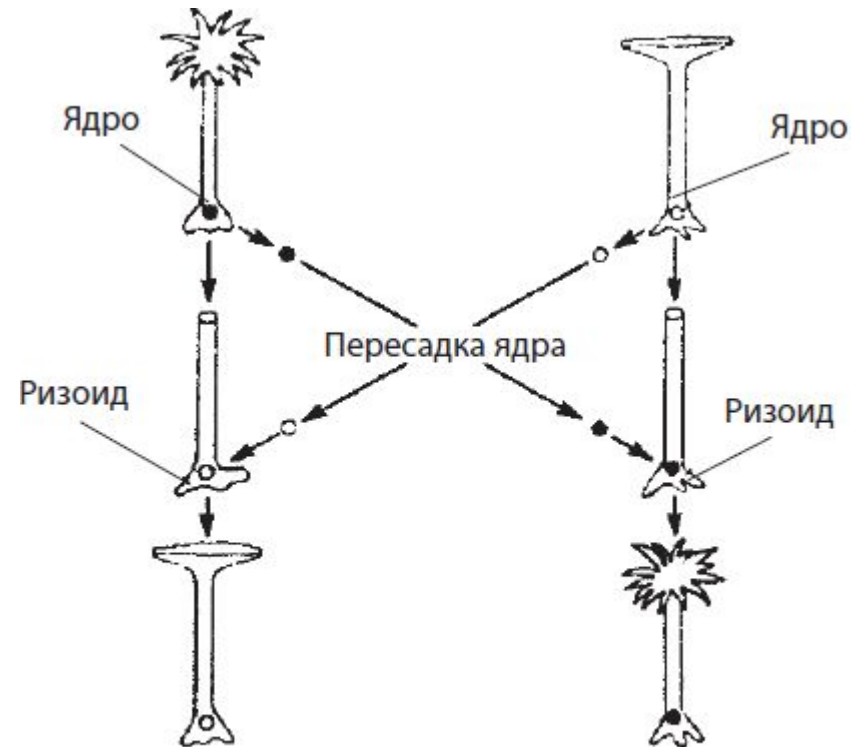
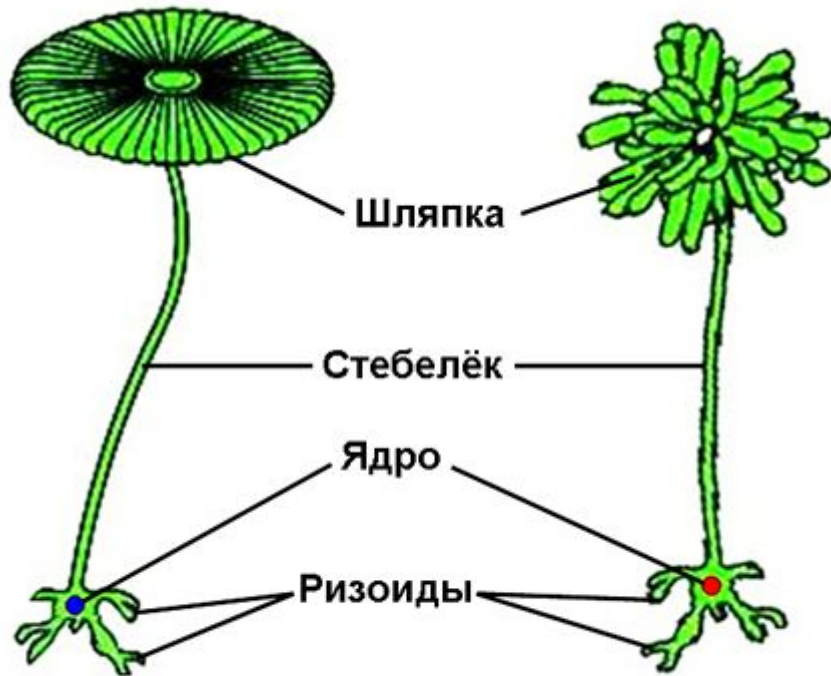


# Ядерный аппарат клетки

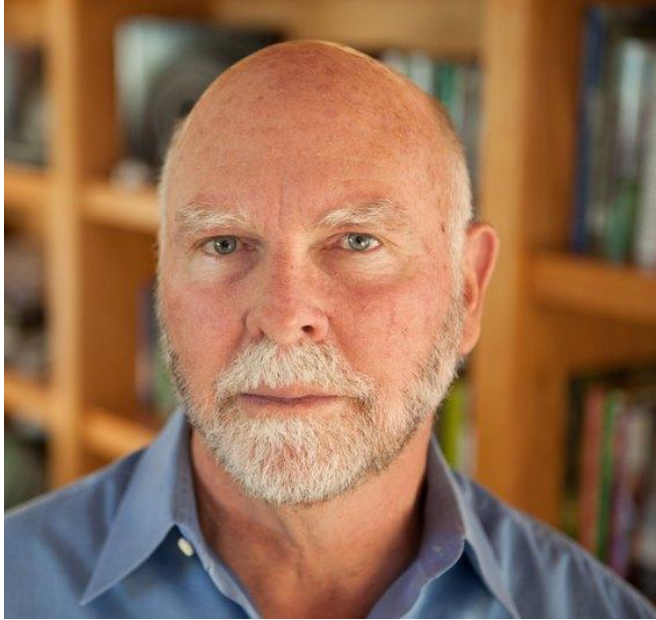
# Ядро – хранитель генетической информации



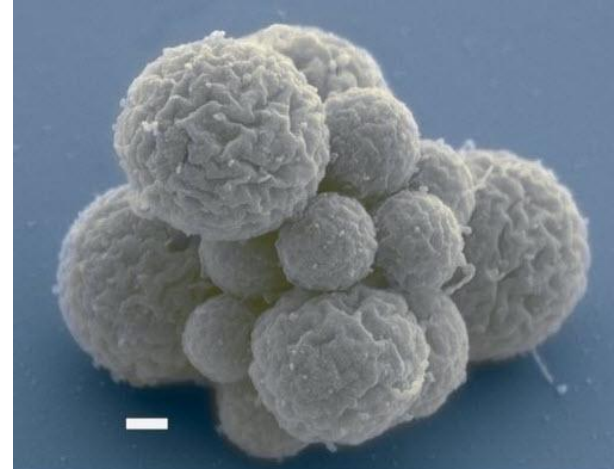
Пересадка ядра ацетабулярии

**Ацетабулярия** (*Acetabularia*) – род зеленых водорослей, гигантская сифонозная одноклеточная водоросль с ядром.

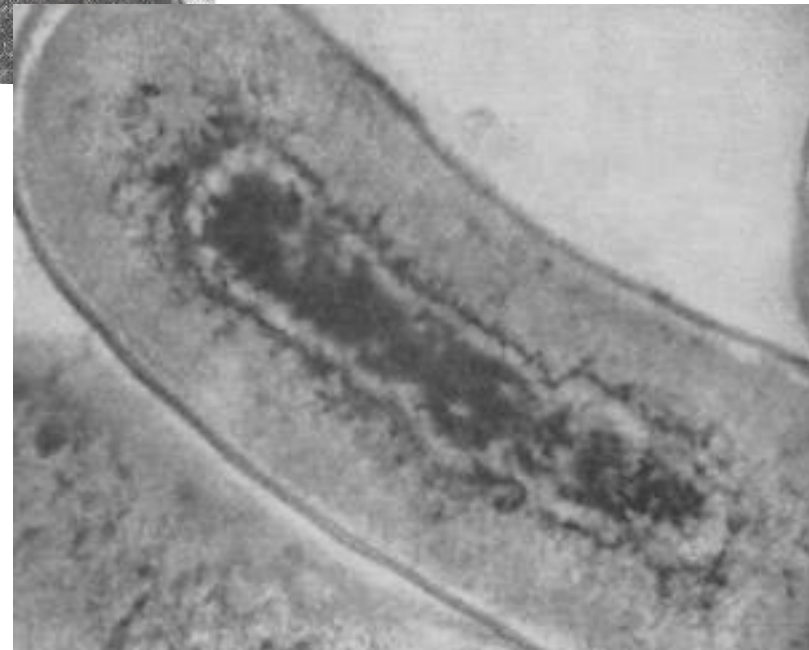
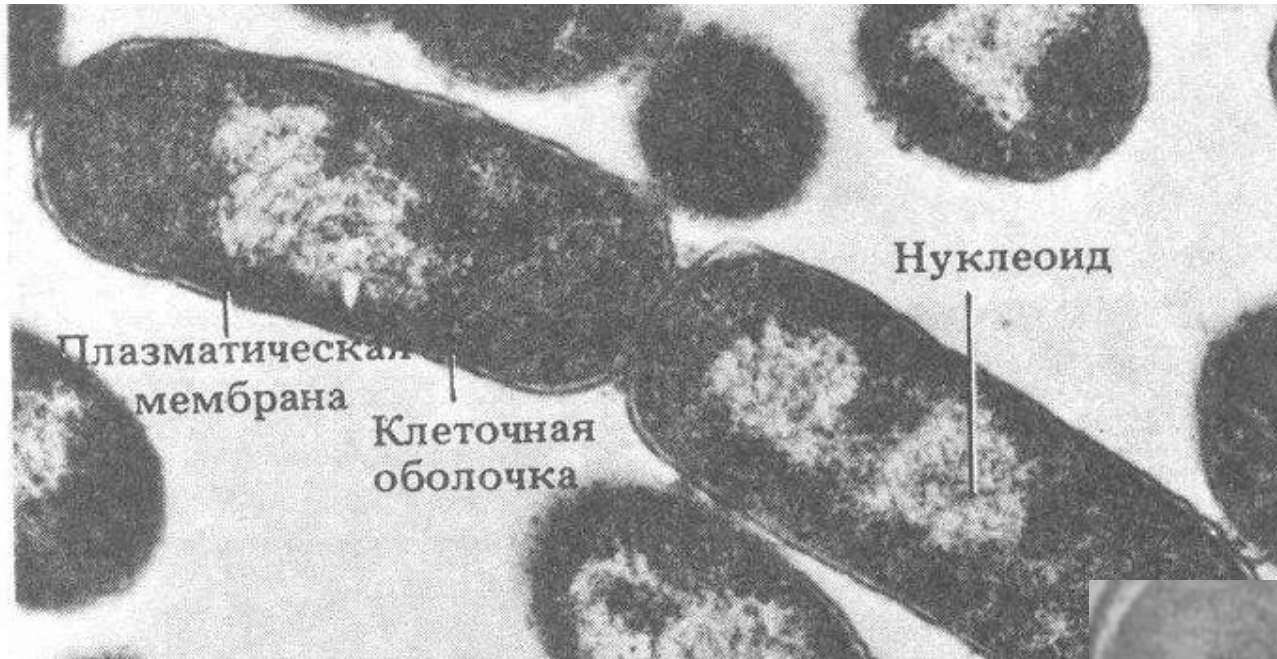
# Генетический материал определяет развитие организма



Крейг Вентер

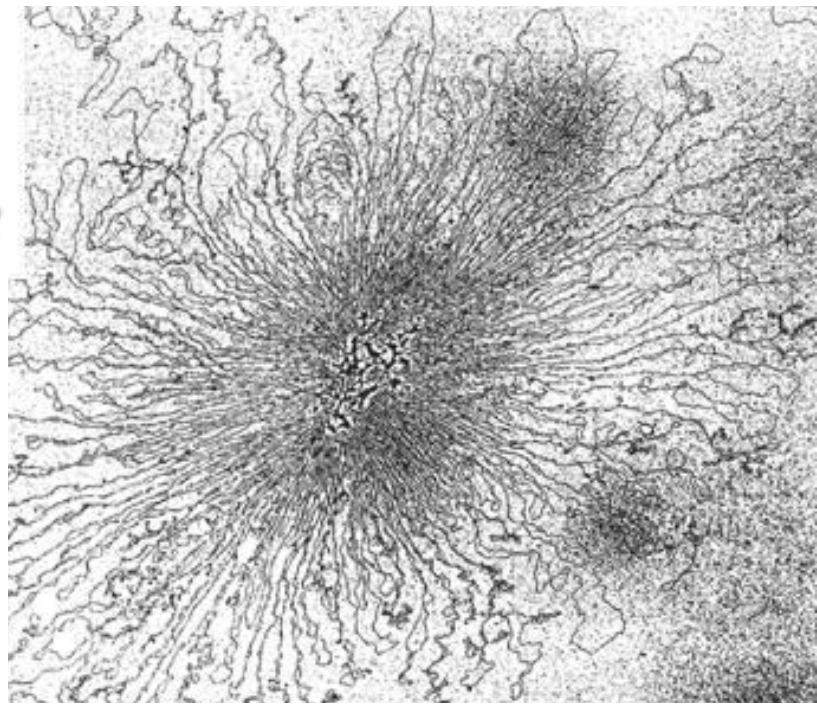
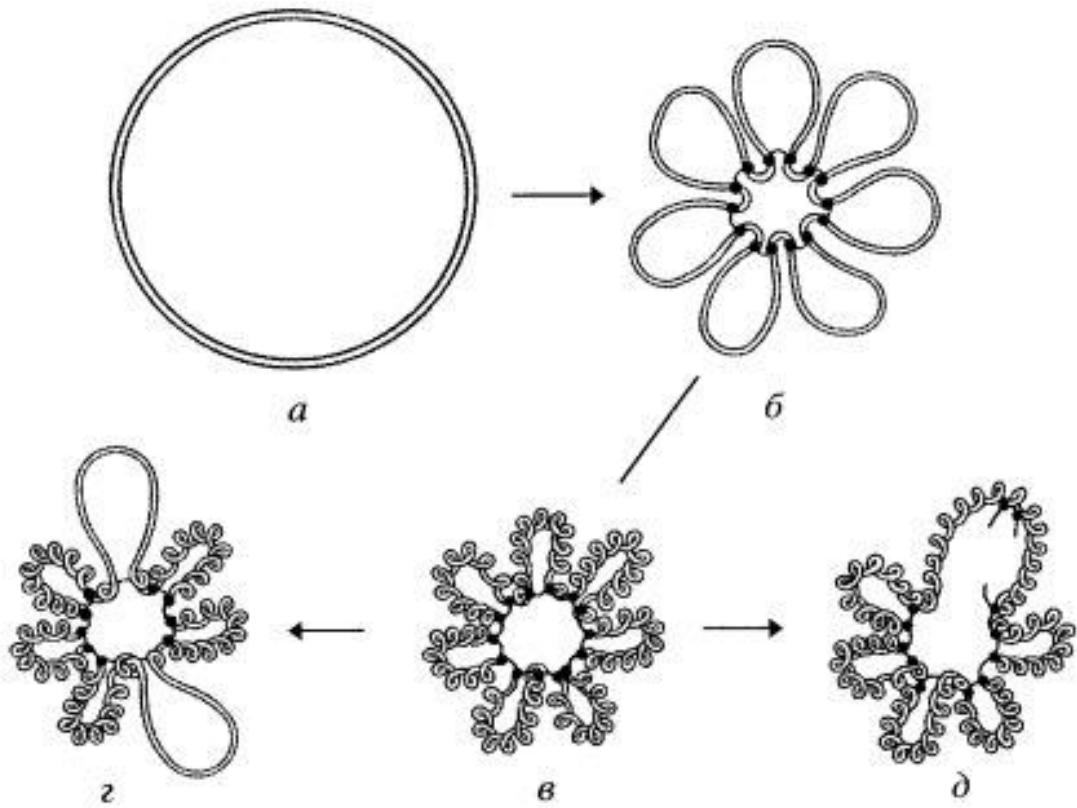


# Нуклеоид прокариот



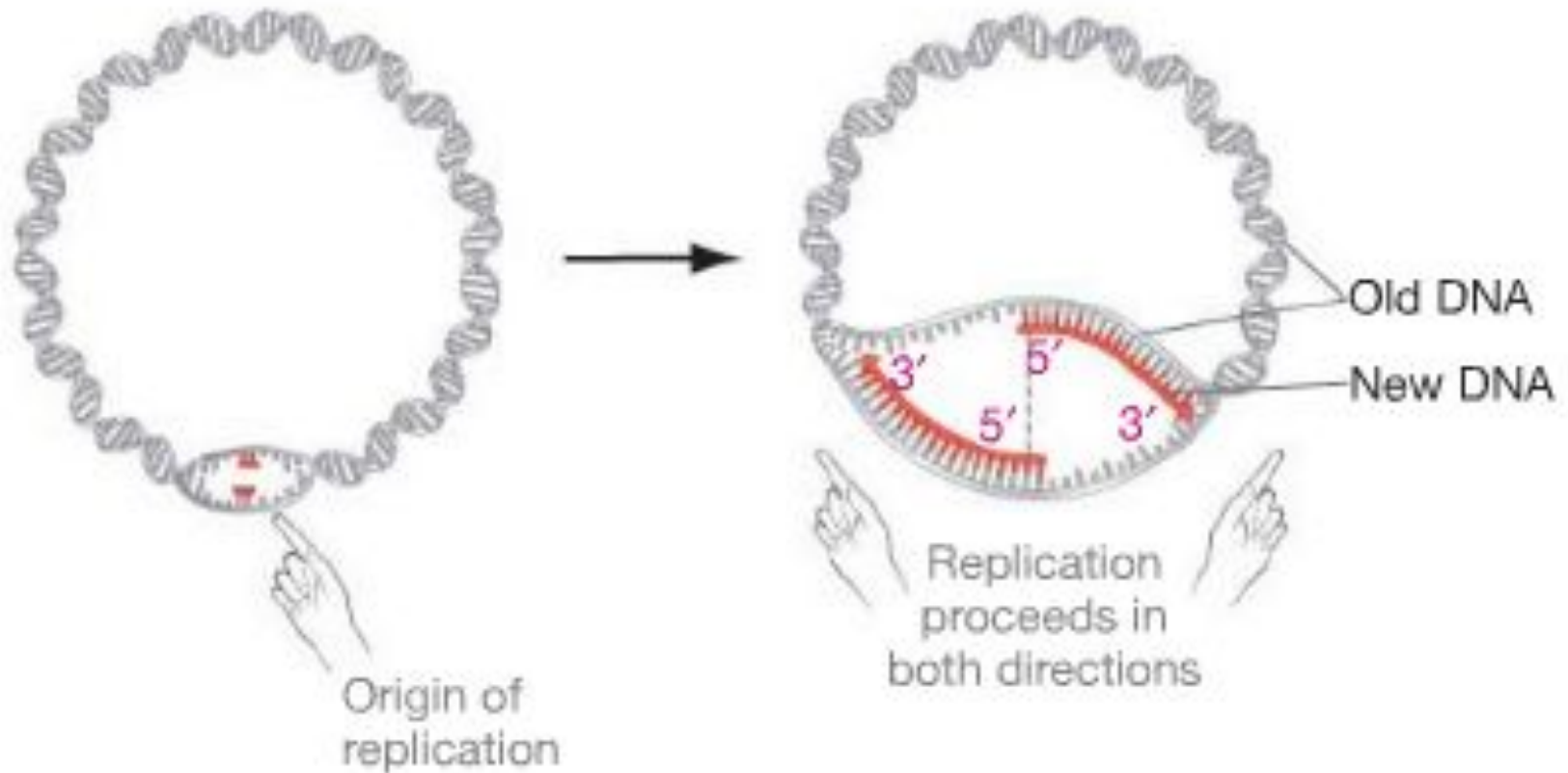


# Нуклеоид прокариот

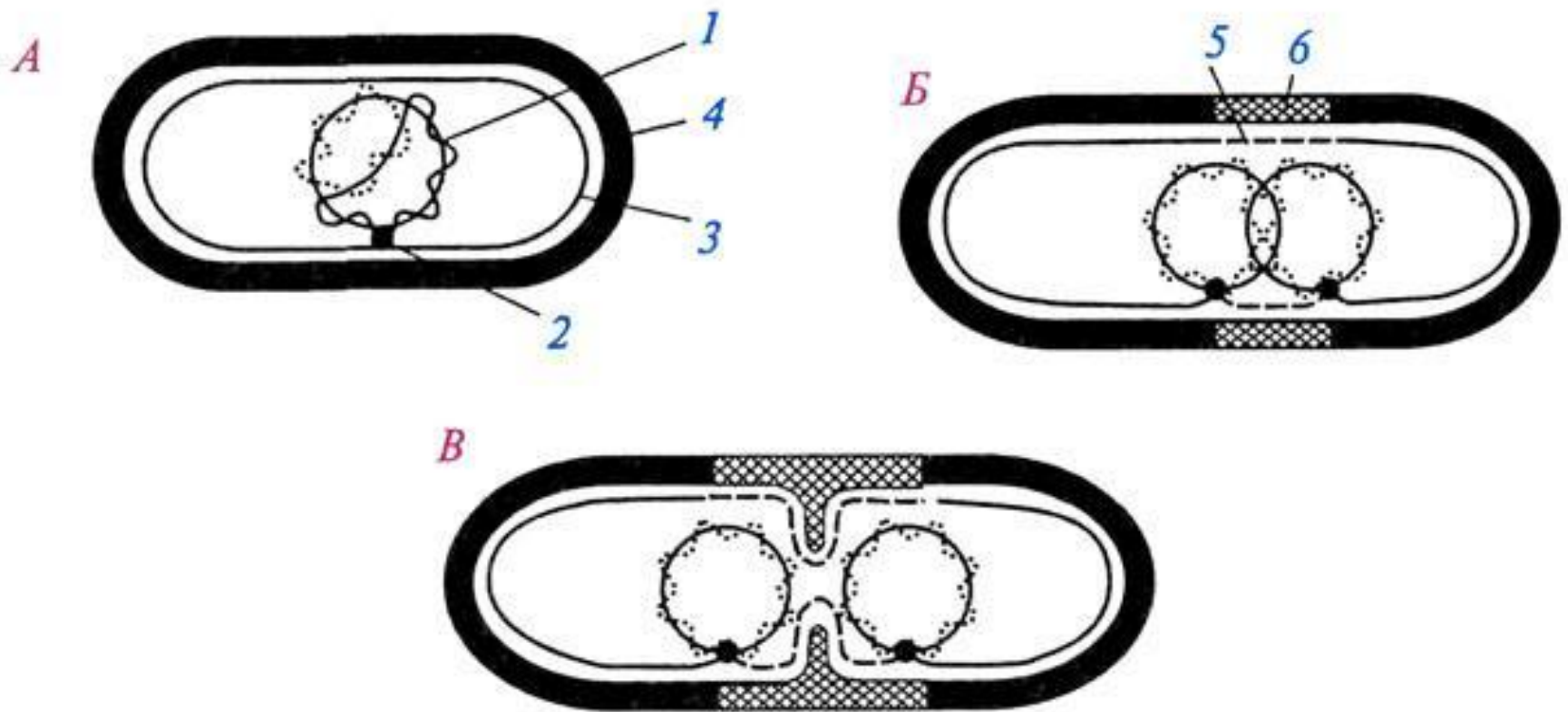


# Нуклеоид прокариот

Bacterial chromosomes have a single point of origin.



# Нуклеоид прокариот



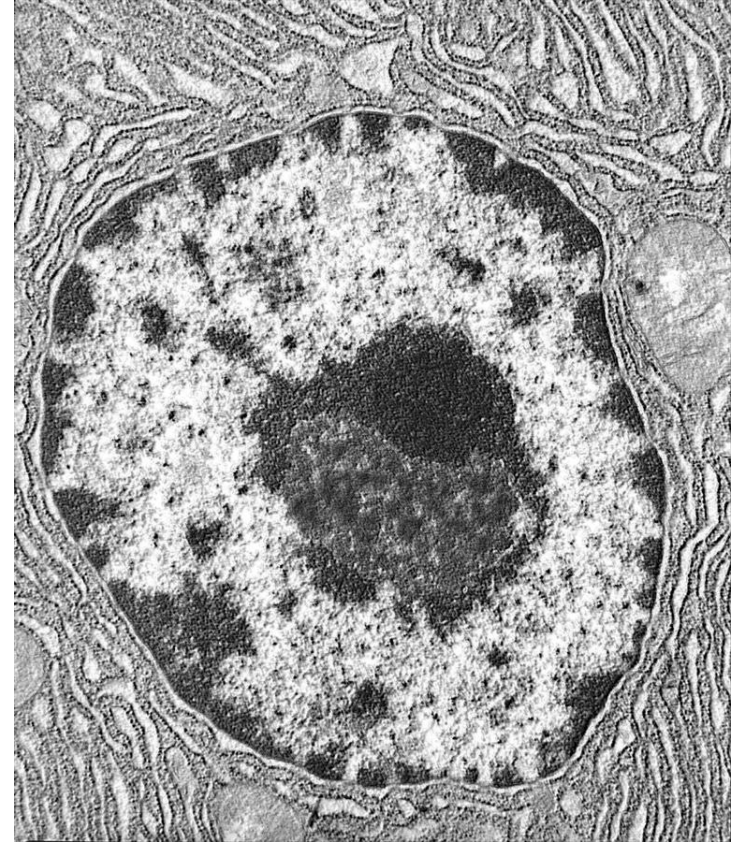
# Сравнение прокариот и эукариот

- Нуклеоид без мембраны
- Кольцевая молекула ДНК, чаще единичная
- Вся молекула ДНК – один репликон
- Транскрипция и трансляция могут идти одновременно
- Ядро с ядерной оболочкой
- Линейные молекулы ДНК в комплексе с белками
- Каждая молекула ДНК имеет несколько репликонов
- Транскрипция и трансляция разобщены в пространстве и во времени

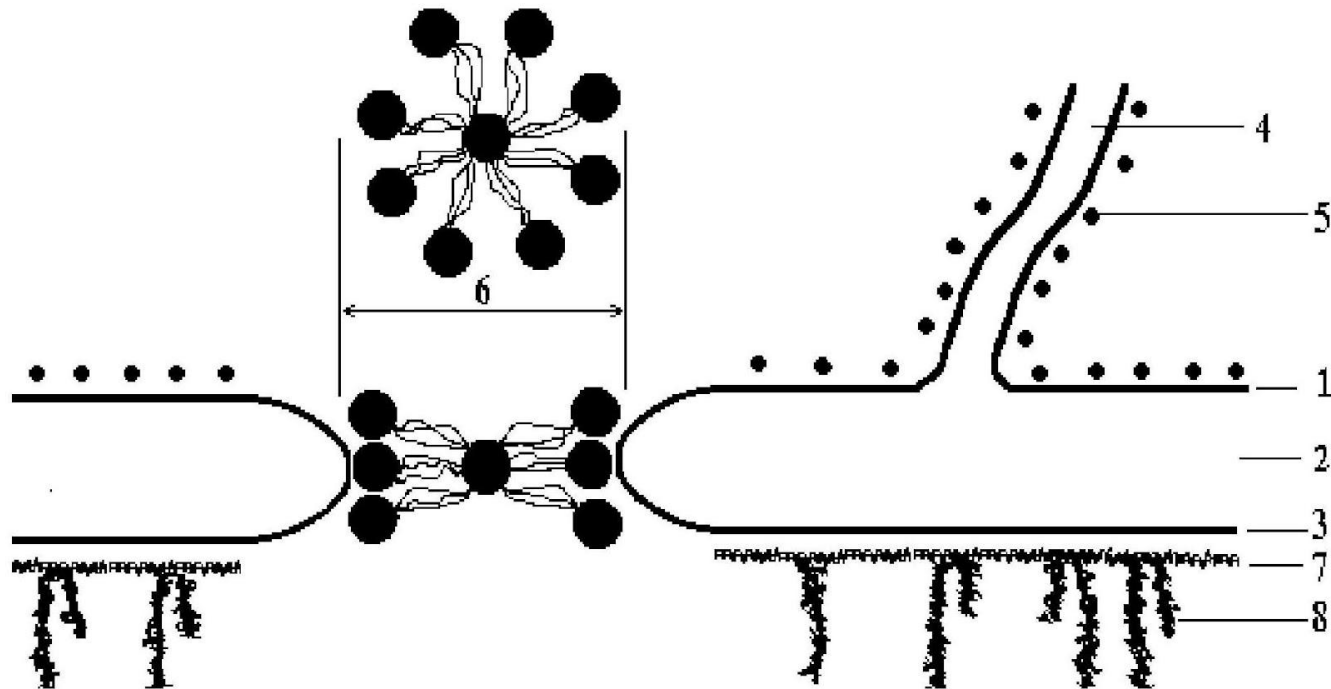


# Ядро эукариот

- Ядерная оболочка – барьерно-рецепторная, транспортная, каркасная функции
- Хроматин – генетическая информация
- Ядрышко – синтез рРНК и образование рибосом
- Ядерный белковый матрикс (остов) – обеспечивает пространственную организацию генетического материала
- Кариоплазма – среда, в которой протекают процессы метаболизма ядра

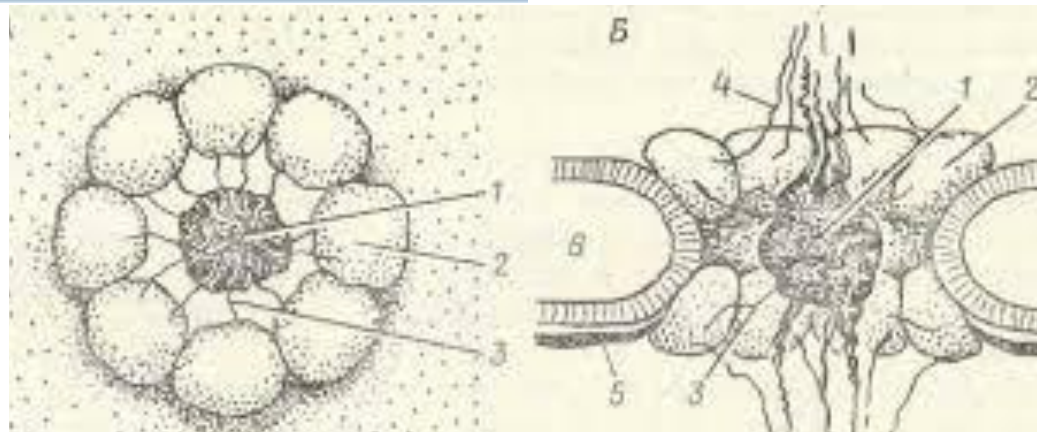
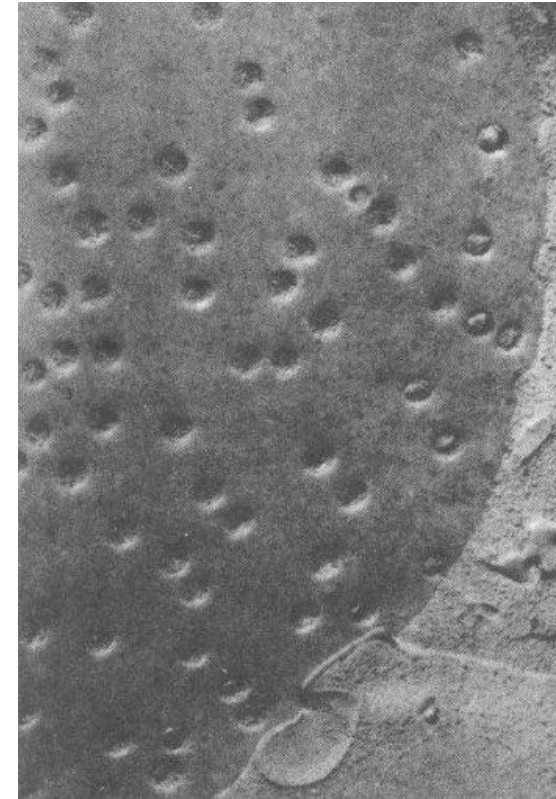
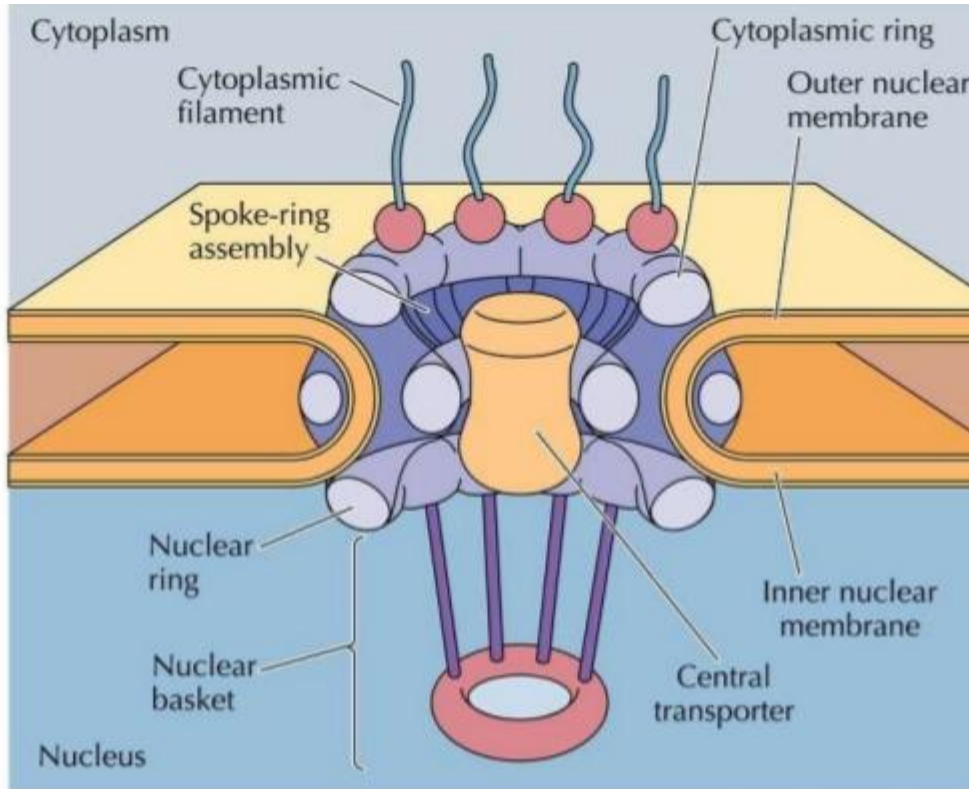


# Ядерная оболочка

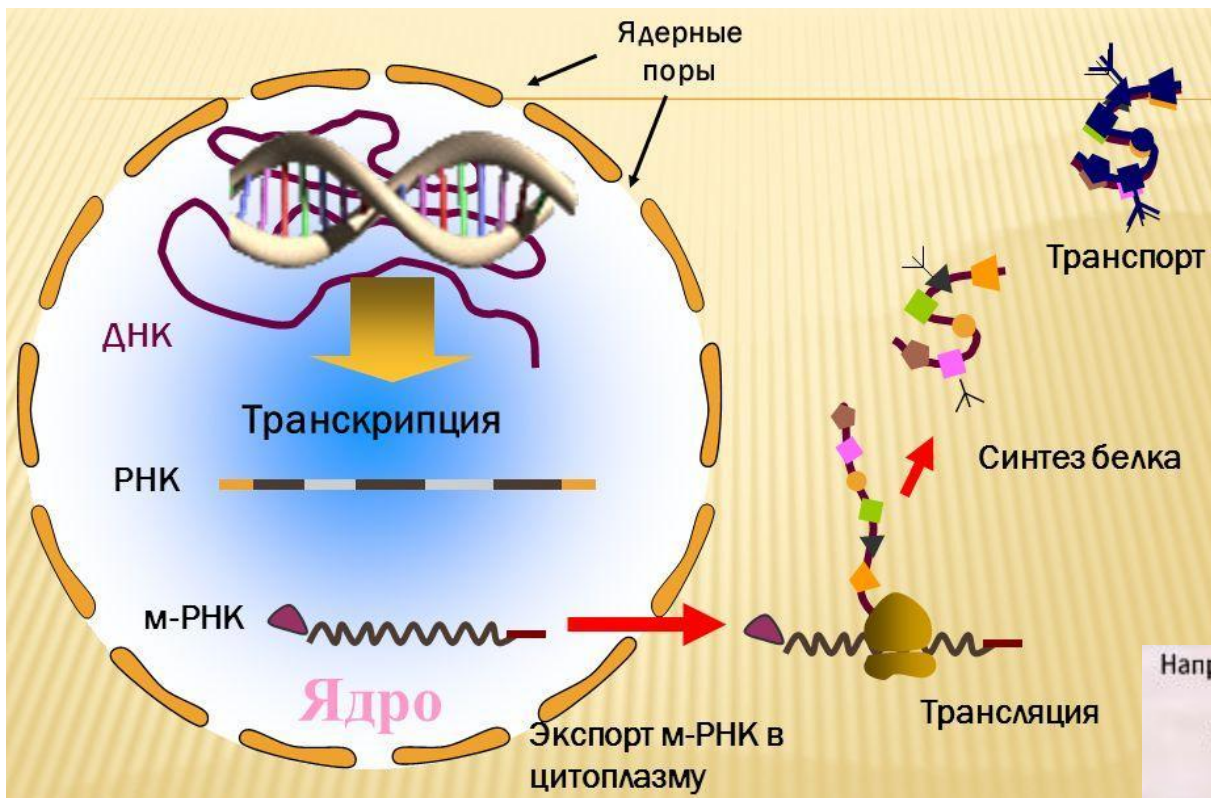


1 – наружная мембрана; 2 – перинуклеарное пространство; 3 – внутренняя мембрана; 4 – эндоплазматический ретикулум; 5 – рибосомы; 6 – поровый комплекс; 7 – ламина; 8 - хроматин

# Ядерная оболочка



# Ядерная оболочка. Ядерно-цитоплазматический транспорт



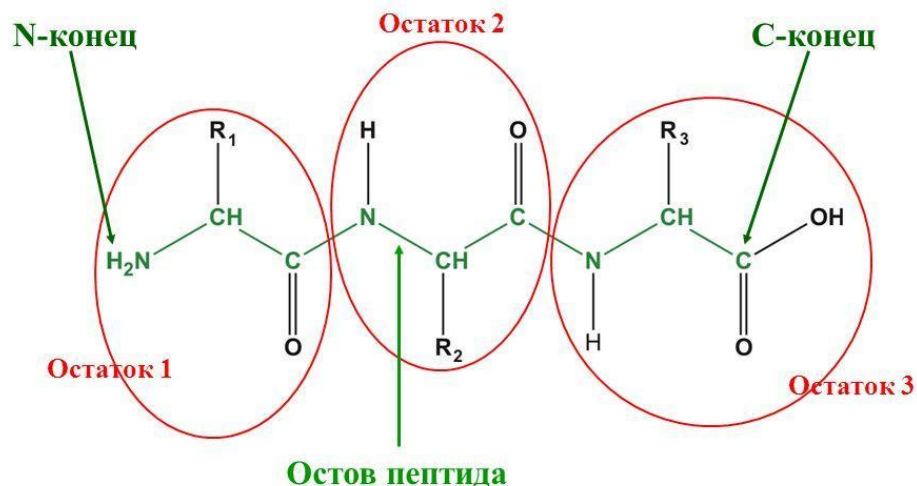
Направление	Субстрат	Скорость (прошло через пору в мин)
вход	..... Гистоны	100
	..... Негистоновые белки	100
	..... Рибосомальные белки	150
выход	..... Субъединицы рибосом и РНК	~ 5 < 1



# Ядерная оболочка. Ядерно-цитоплазматический транспорт

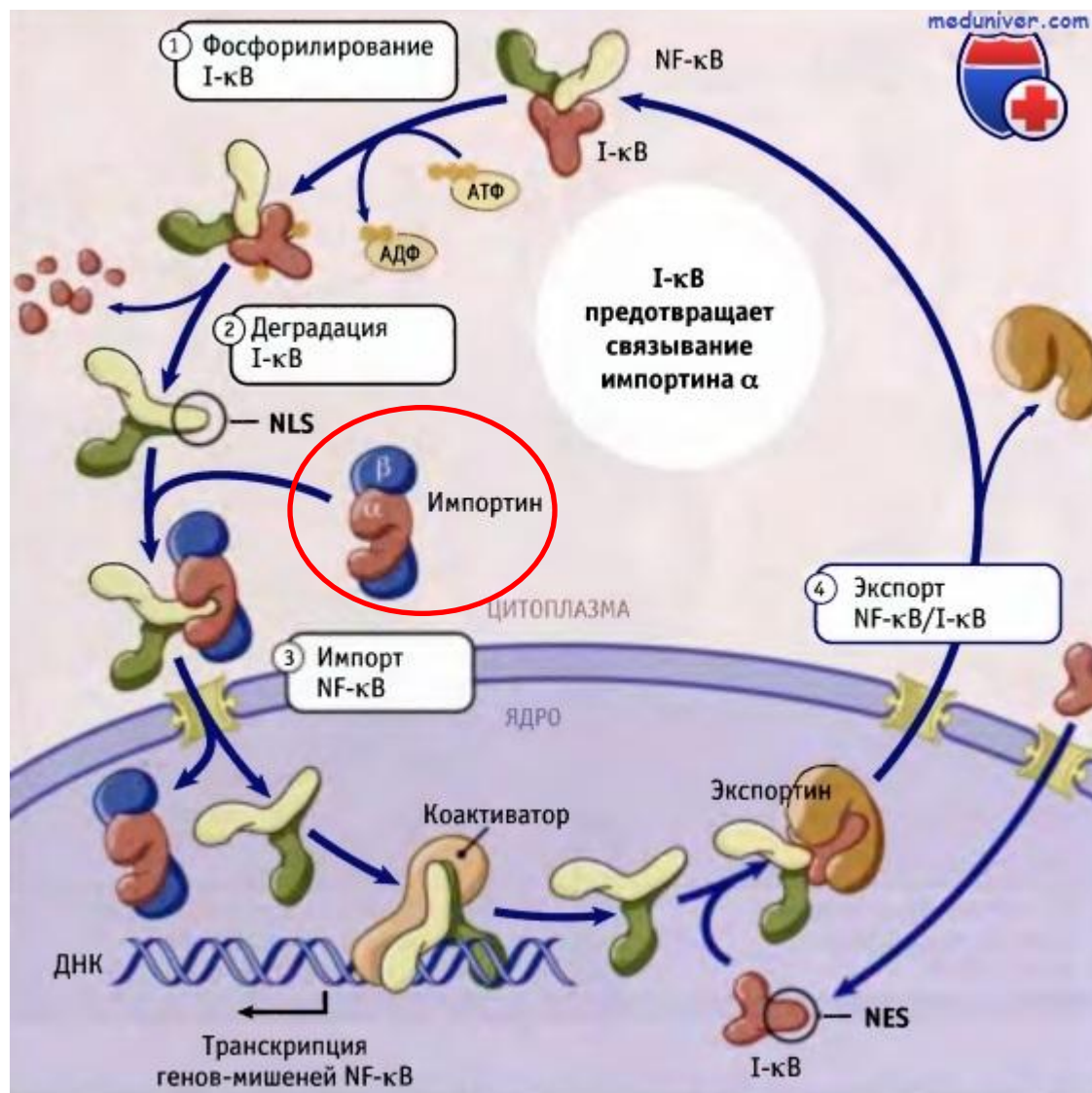


NLS – **N**uclear **L**ocalization **S**ignal – последовательность положительно заряженных аминокислотных остатков, узнаваемая молекулами транспортных белков – транспортинами (кариоферинами)





# Ядерная оболочка. Ядерно-цитоплазматический транспорт



NES - Nuclear Export Signal – высокое содержание лейцина

# Ядерный белковый матрикс

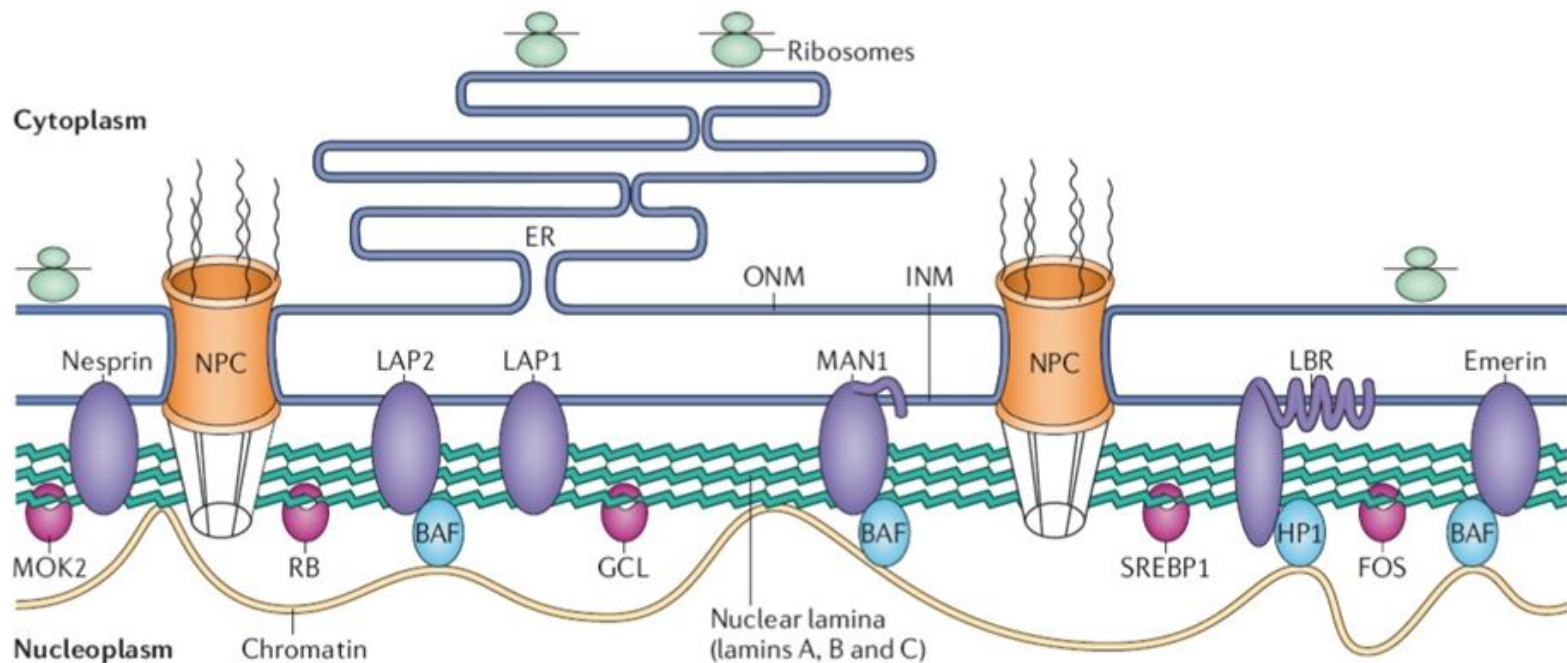
- Ламина – периферическая сеть белков
- Внутренняя (интерхроматиновая) сеть белков
- Белковый матрикс ядрышка

## Химический состав:

- Белки – до 98%
- ДНК – 0,1%
- РНК – до 1,2%
- Фосфолипиды – до 1,1%

# Ядерный белковый матрикс.

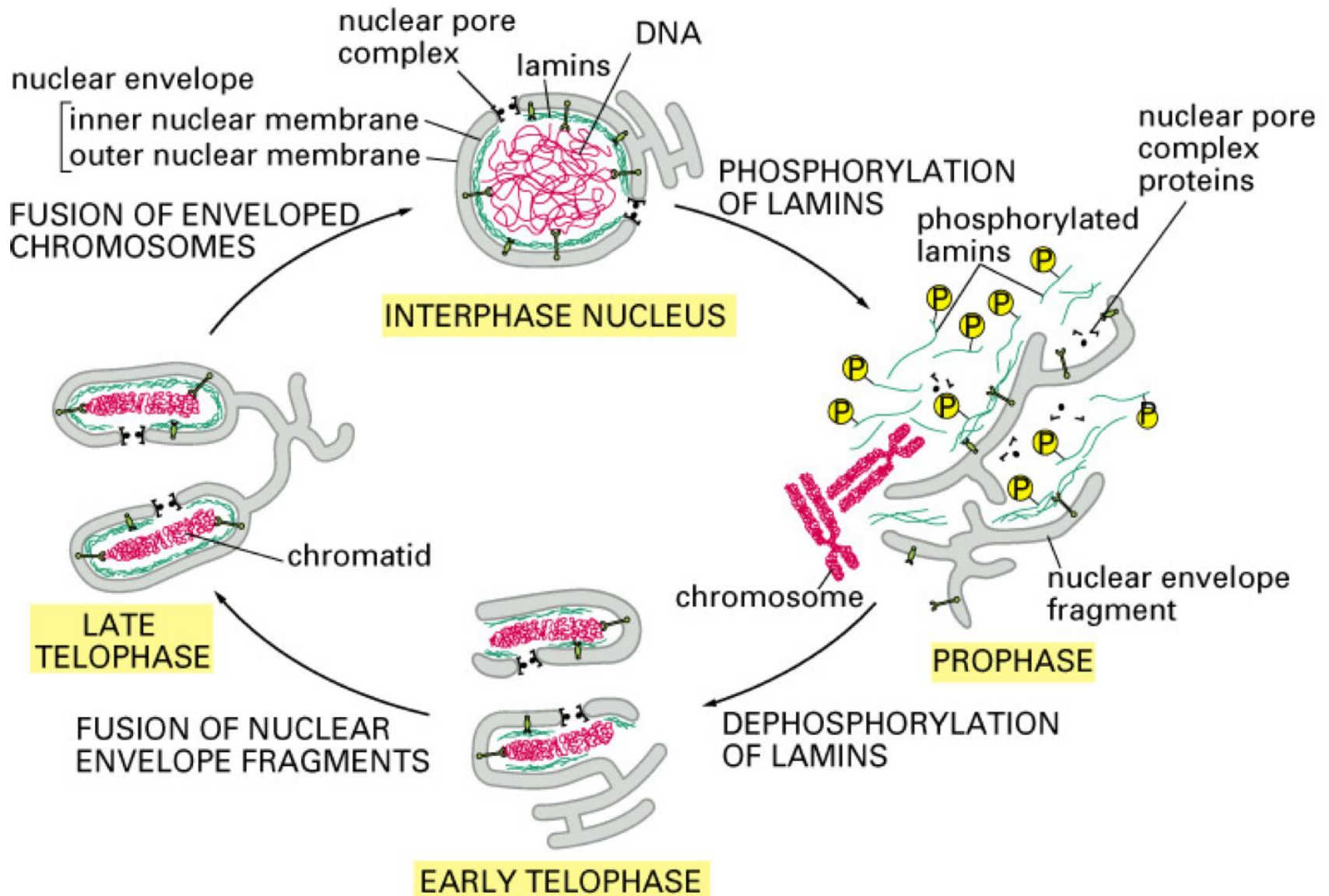
## Ламина



Ламина, состоящая из белков-ламинов А, В и С, нарисована тройной изогнутой зеленой линией.

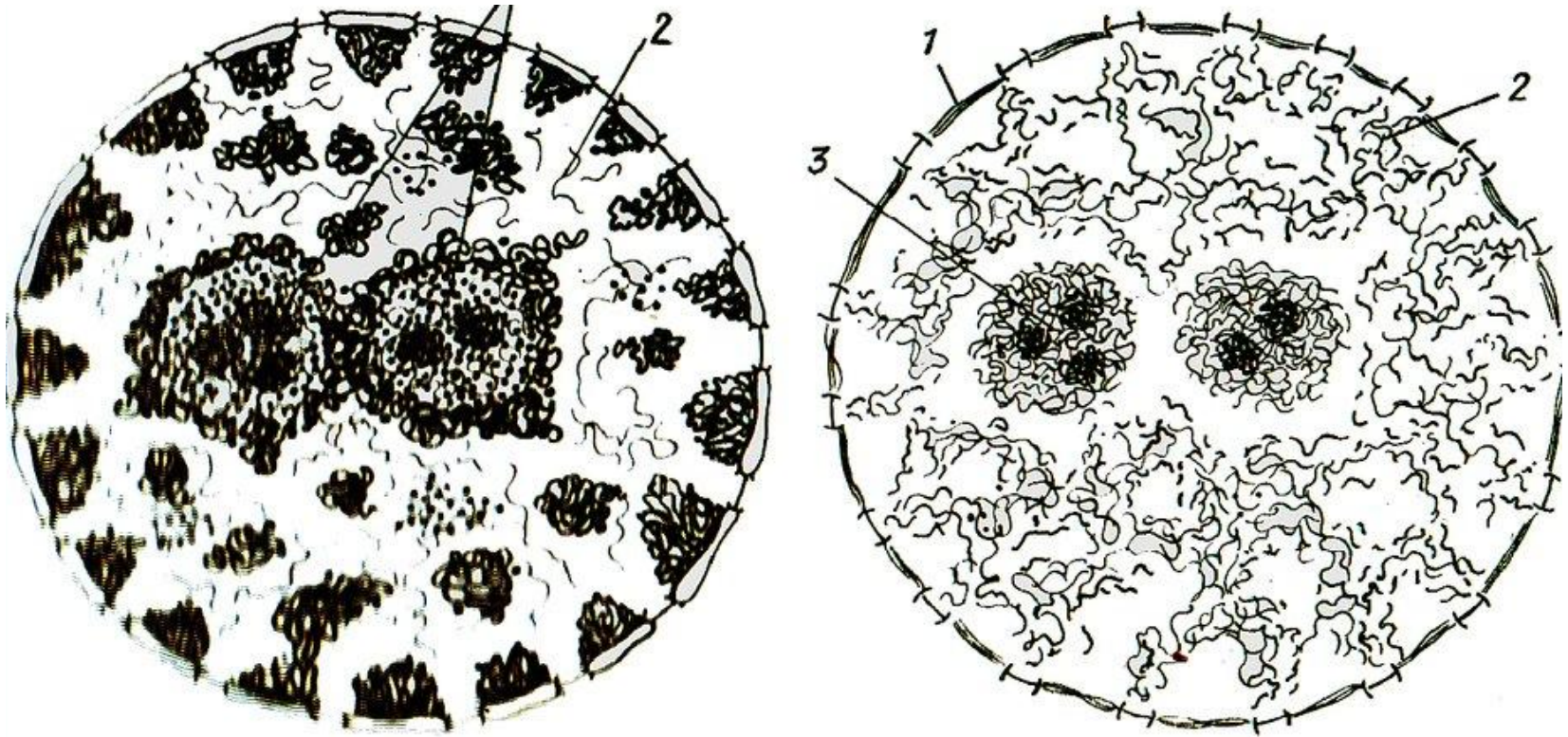
Мутация гена, кодирующего ламин А, является причиной очень редкого наследственного заболевания – синдрома прогерии Хатчинсона-Гилфорда (синдром преждевременного старения, большинство пациентов не доживает до 13 лет).

# Ядерная оболочка и деление клетки





# Ядерный белковый матрикс



1 – ядерная оболочка с порами; 2 – интерхроматиновая сеть белков; 3 – белковый матрикс ядрышка

**MAR или SAR (matrix (scaffold) attachment region) участки**

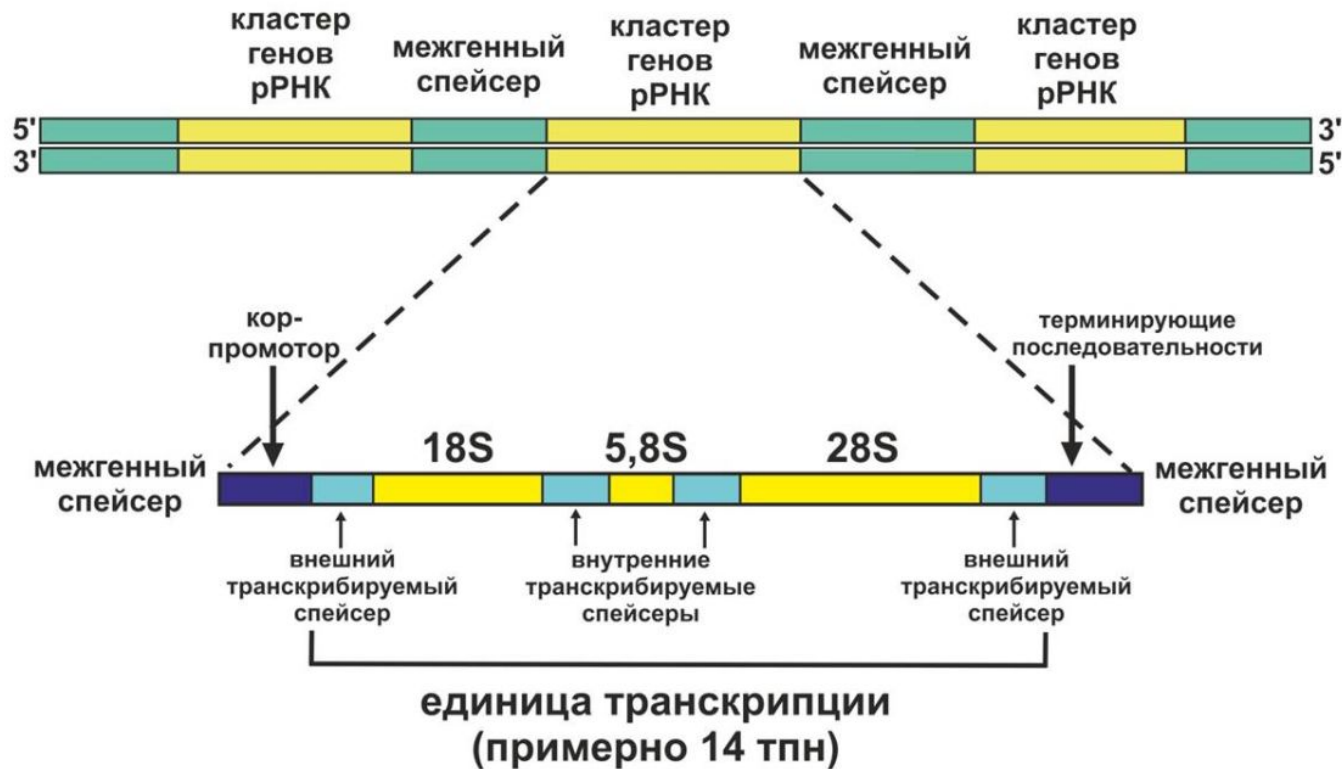


# Генетический материал ядра. ДНК

- Уникальные последовательности ДНК (у животных – 40-90%, растений – 12-60%, человека – 50%)
- Умеренно повторяющиеся последовательности ДНК
- Высокоповторяющиеся последовательности ДНК. Сателлитная ДНК

# Генетический материал ядра. ДНК

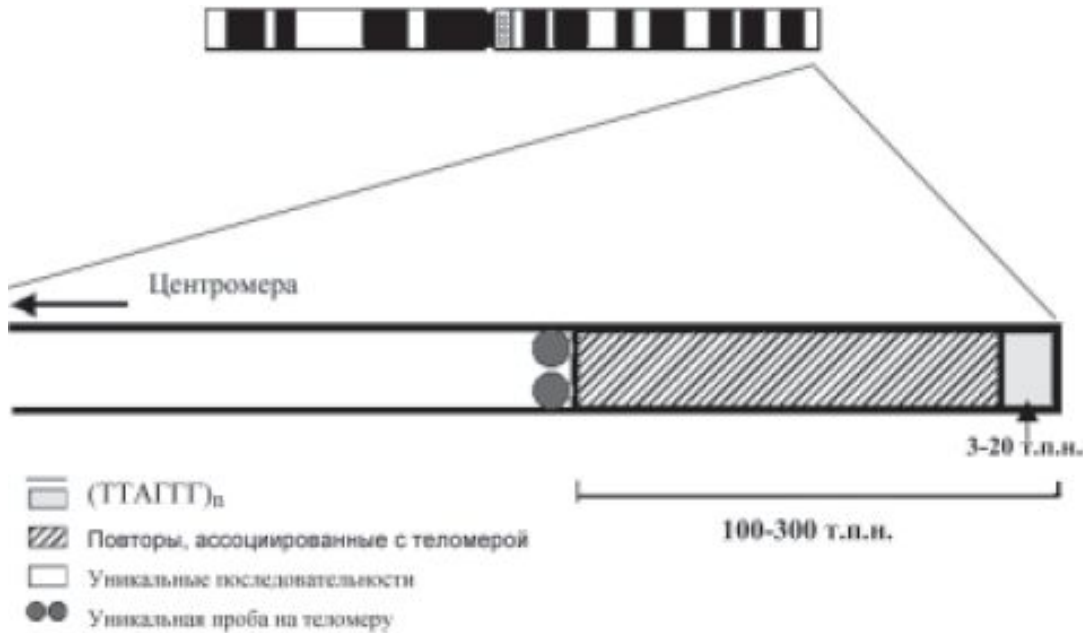
- Умеренно повторяющиеся последовательности ДНК



Формируются тандемные повторы кластеров генов

# Генетический материал ядра. ДНК

- Высоко повторяющиеся или сателлитные последовательности ДНК



Генетический материал ядра.  
Хроматин

# Хроматин. Химический состав

- ДНК – 40%
- Белки – 60%

Среди белков 40-80% - гистоны.

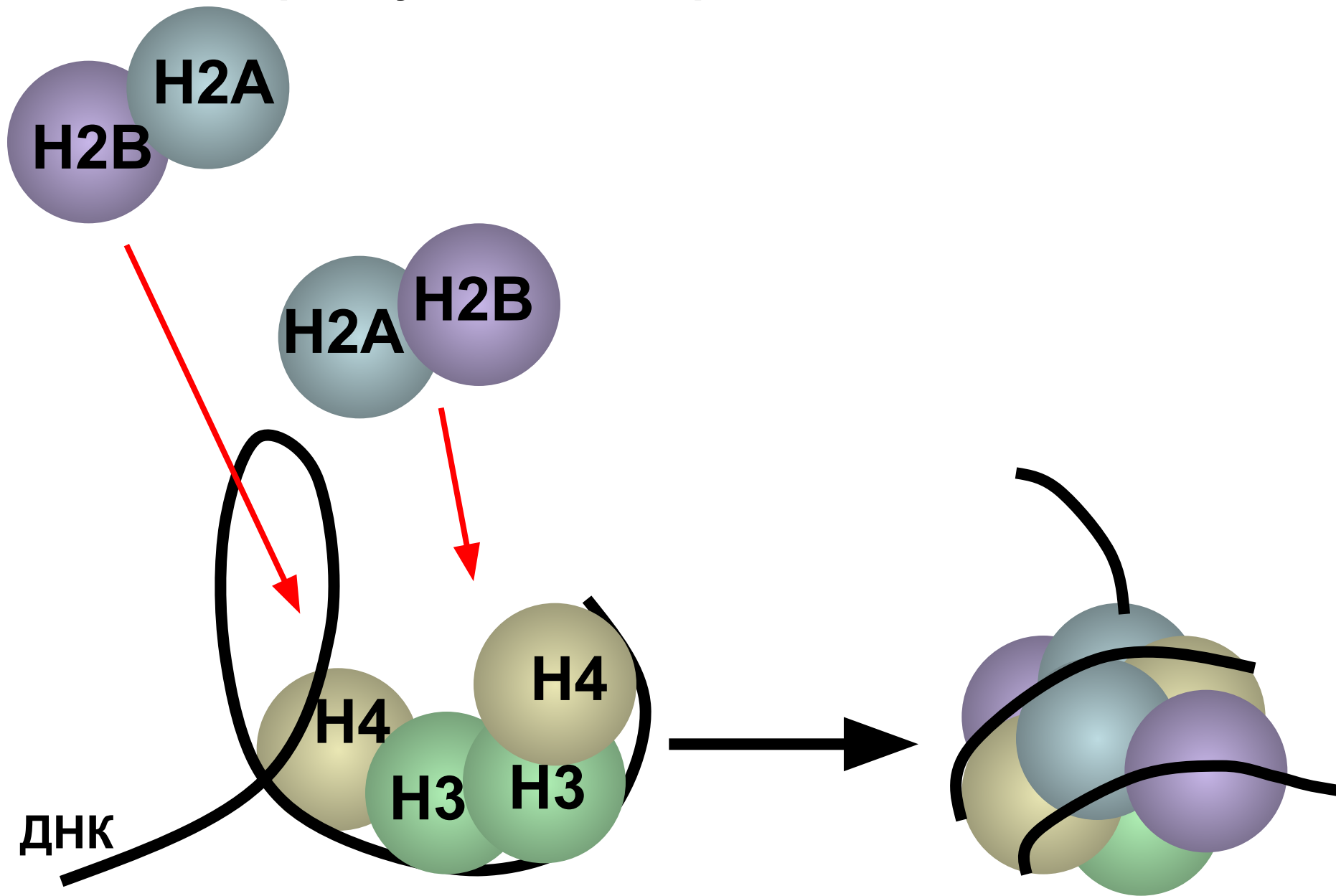
Гистоны характеризуются повышенным содержанием основных аминокислот – лизина и аргинина.

У прокариот: гистоноподобные белки HU, H-NS

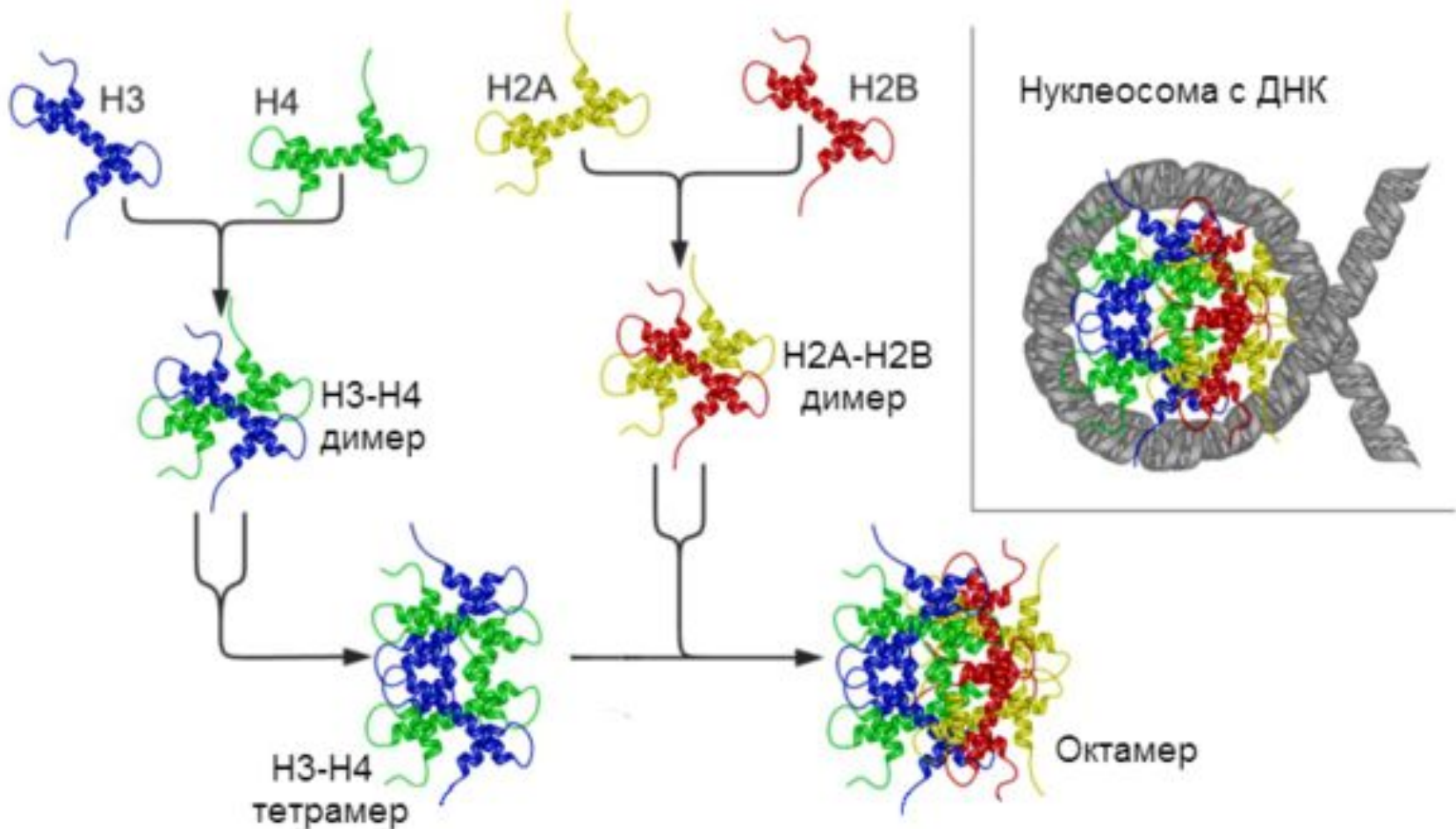
Гистон	Основные аминокислоты, %		Кислые аминокислоты, %	Отношение основные/кислые
	лизин	аргинин		
H1	29	1	5	5,4
H2A	11	9	15	1,4
H2B	16	6	13	1,7
H3	10	13	13	1,8
H4	11	14	10	2,5



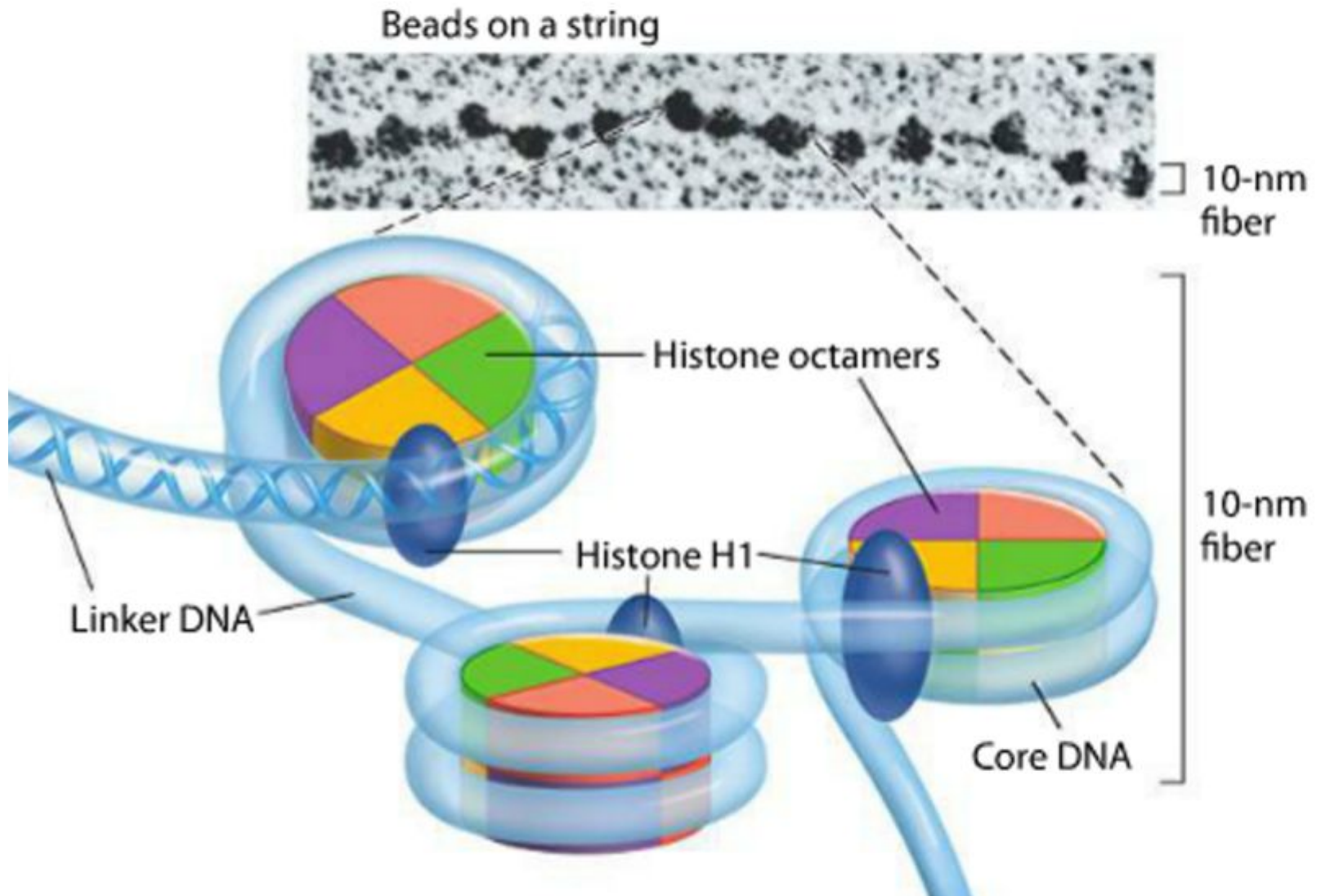
# Сборка нуклеосомы происходит на ДНК



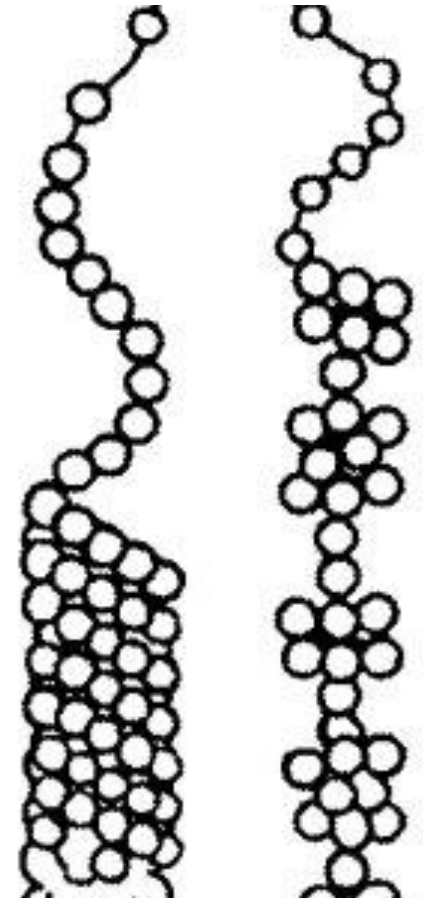
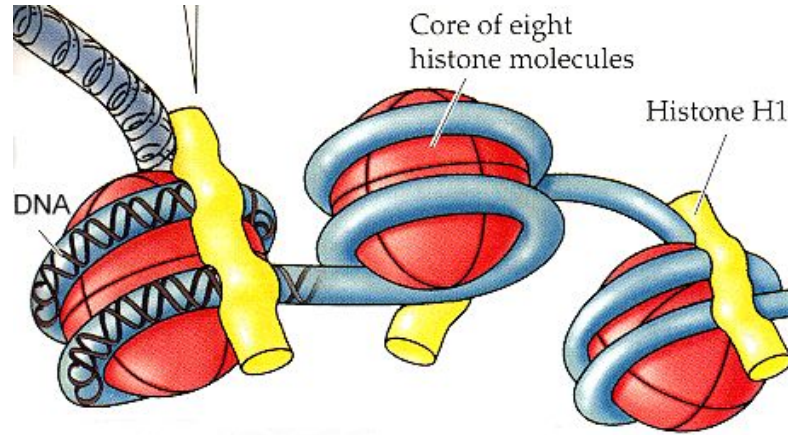
# Генетический материал ядра. Хроматин. Гистоны



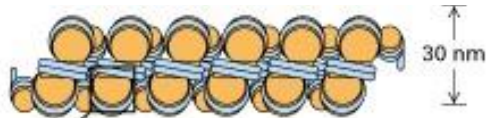
# Генетический материал ядра. Хроматин. Нуклеосомы



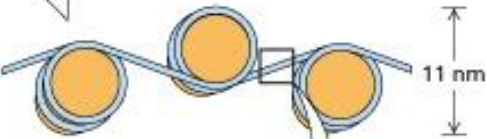
# Генетический материал ядра. Хроматин. Нуклеомеры



30-nm  
chromatin  
fiber of  
packed  
nucleosomes



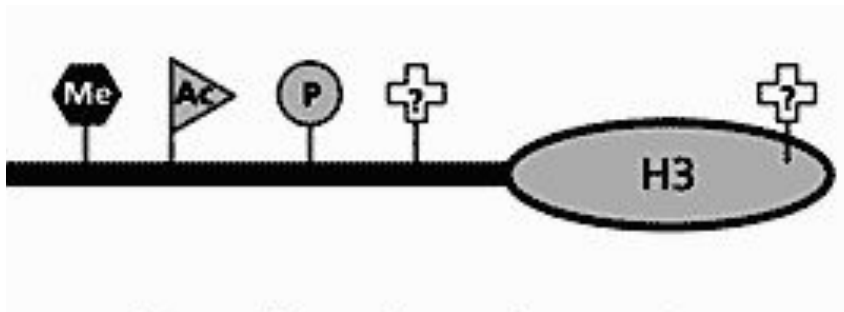
"Beads-  
on-a-string"  
form of  
chromatin



Short  
region of  
DNA double-  
helix

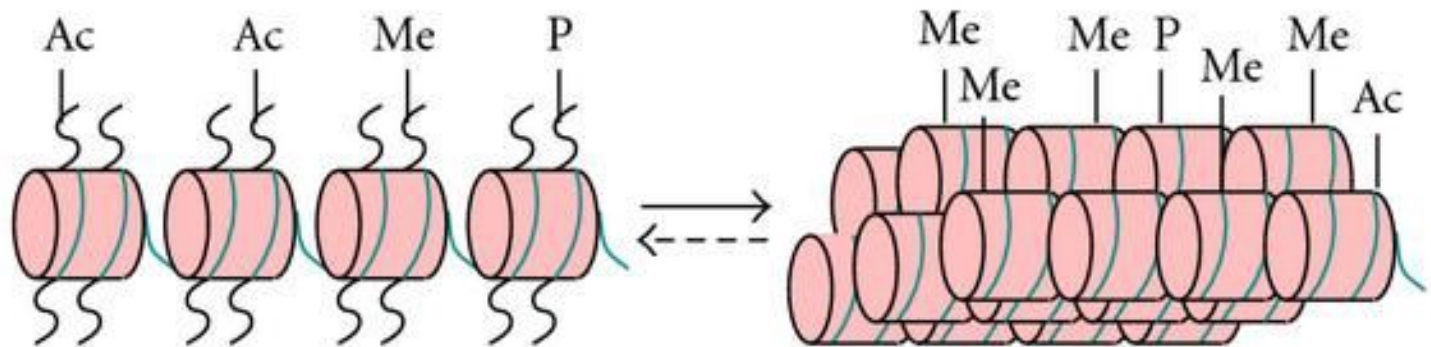


# Генетический материал ядра. Хроматин. Нуклеосомы



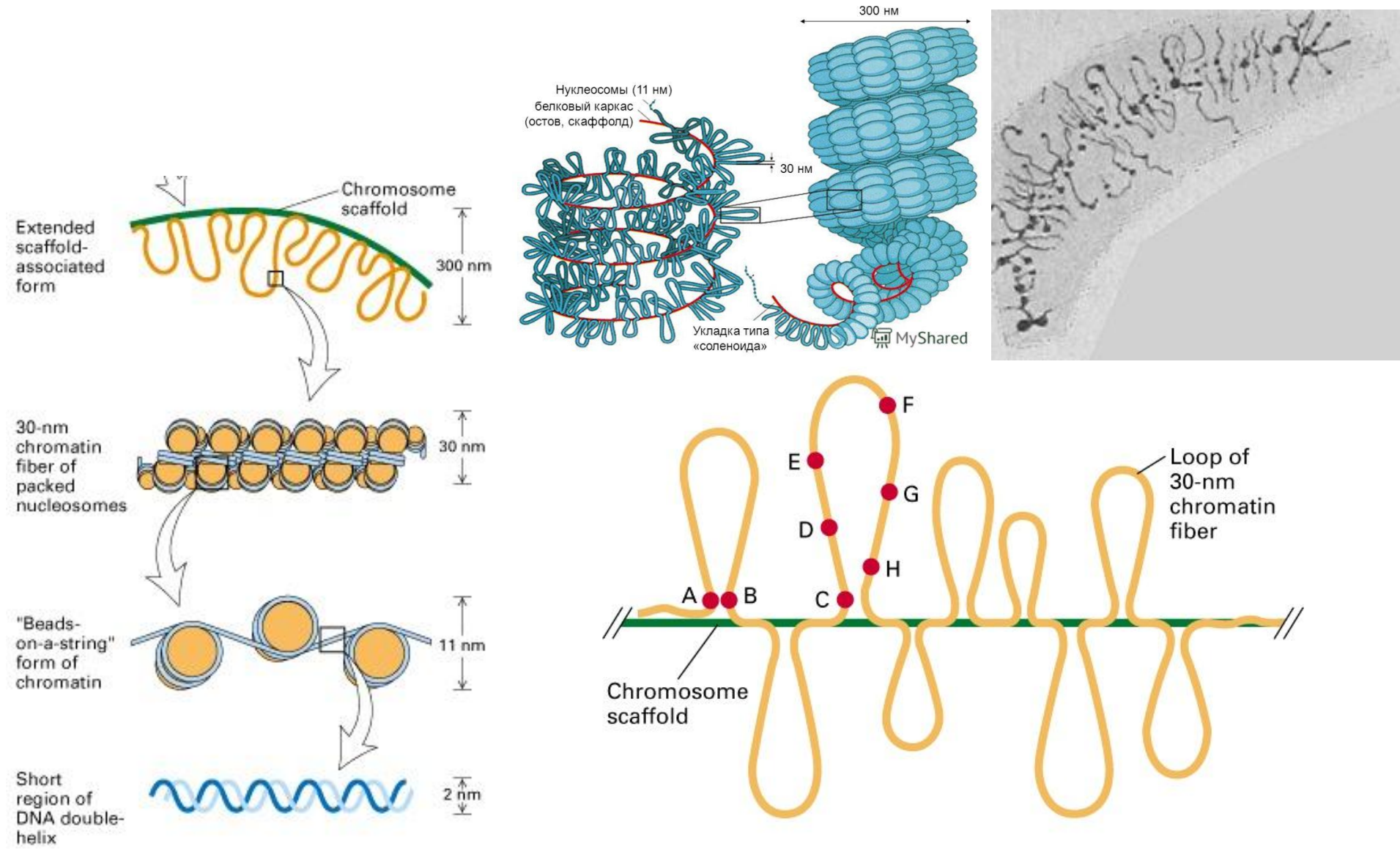
Основные варианты модификации гистонов:

- метилирование
- ацетилирование
- фосфорилирование



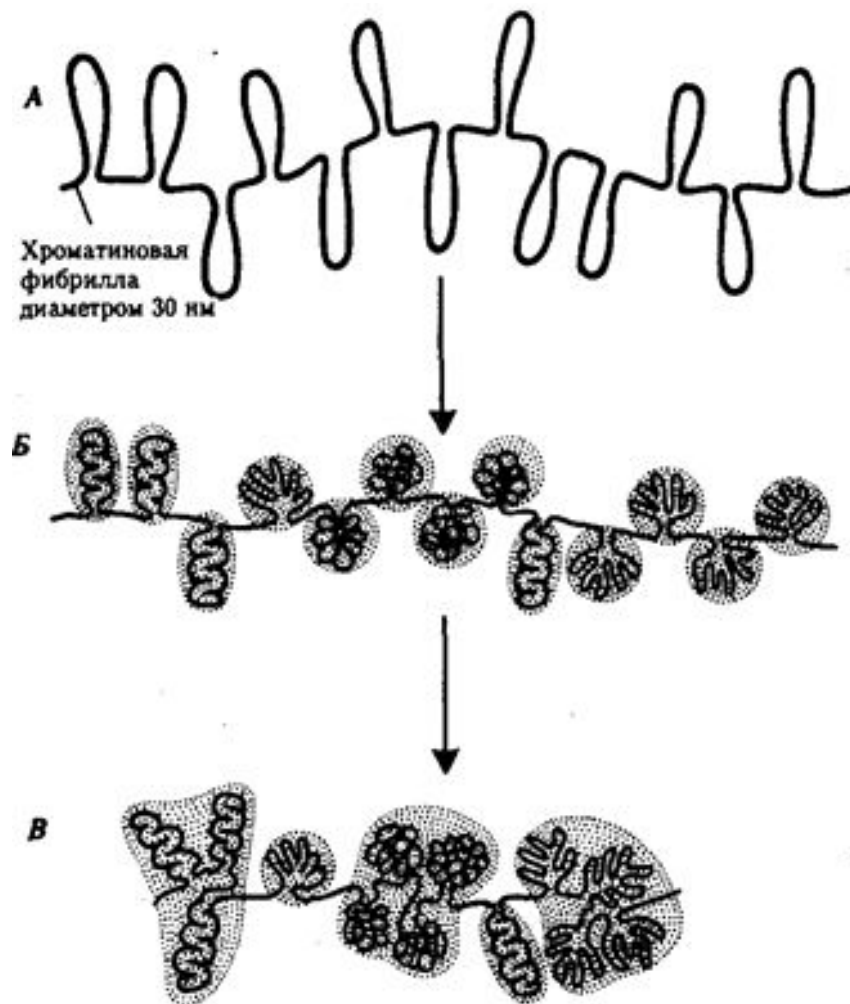
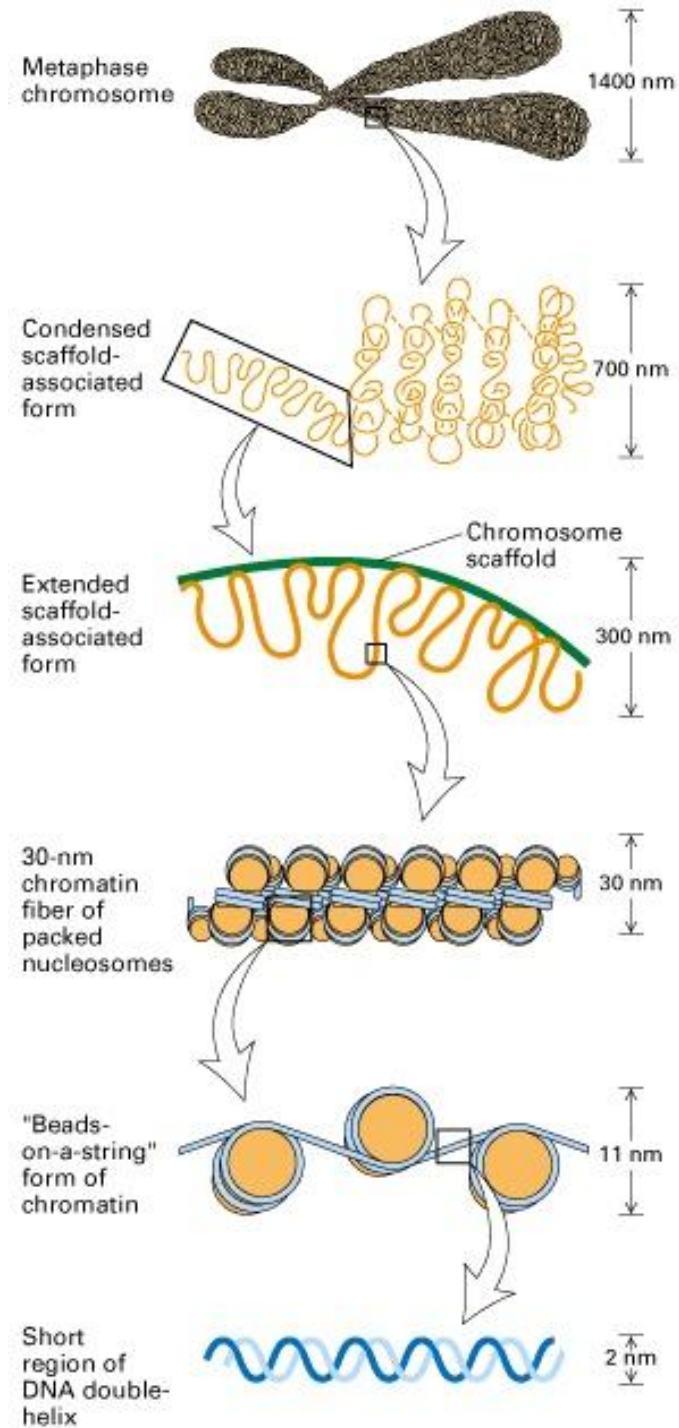


# Генетический материал ядра. Хроматин. Хромомеры

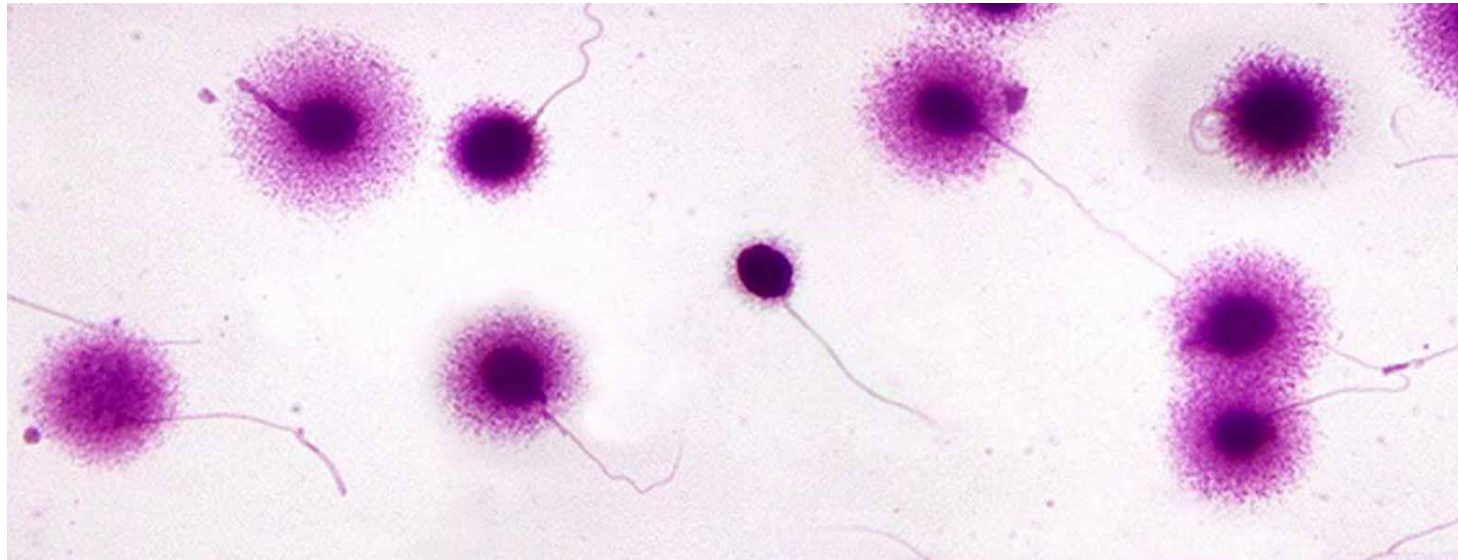
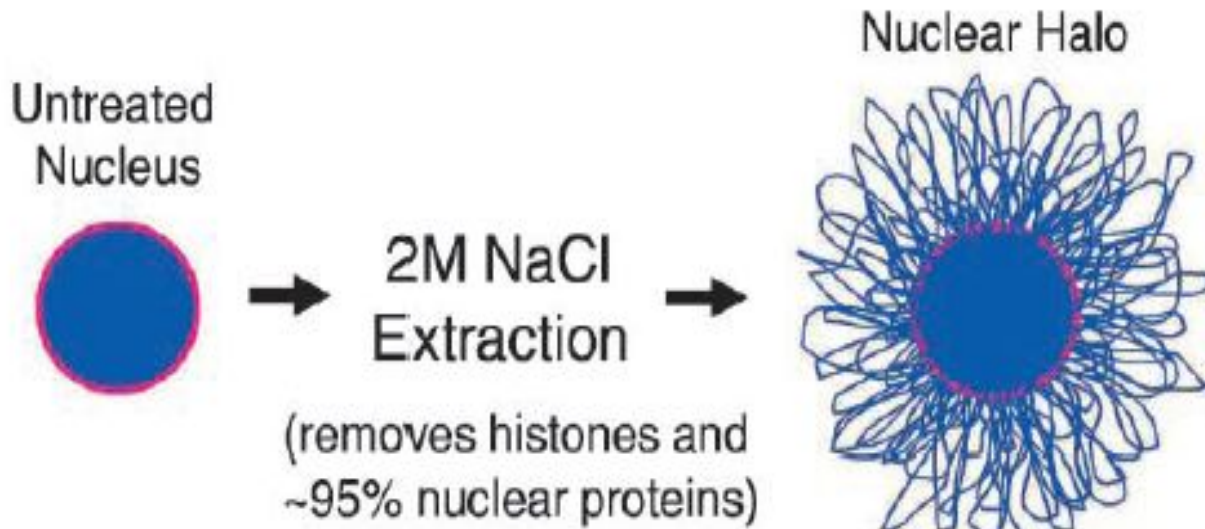




# Генетический материал ядра. Хроматин. Хромонемы



# Генетический материал ядра. Хроматин



# Генетический материал ядра. Гетерохроматин и эухроматин

## Хроматин

### Эухроматин

Слабо конденсирован, активен

### Гетерохроматин

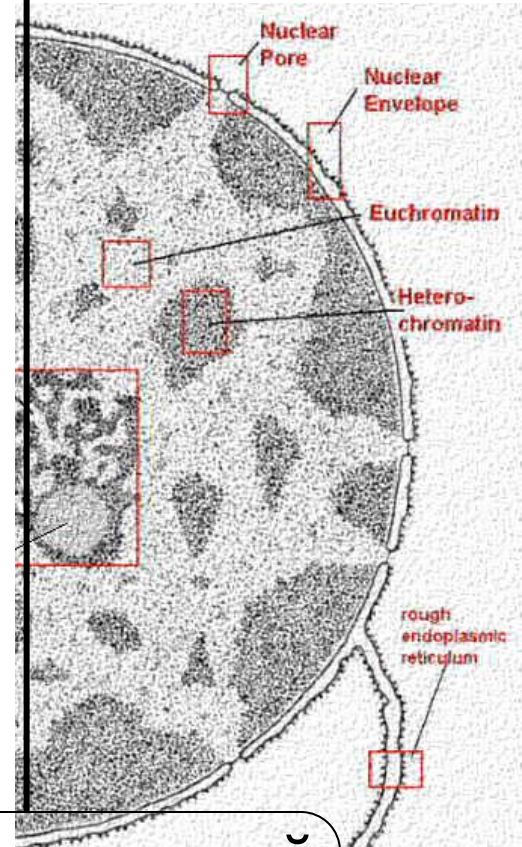
Сильно конденсирован, неактивен

### Факультативный

Представлен участками,  
не активными в данной клетке  
в данное время

### Конститутивный

Формирует структуры хромосом  
(теломеры, центромеры)  
Представлен стДНК

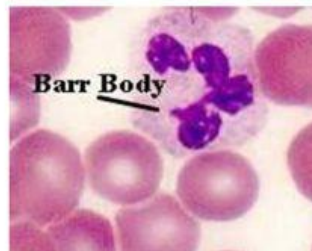
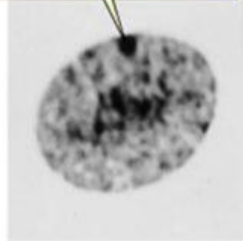




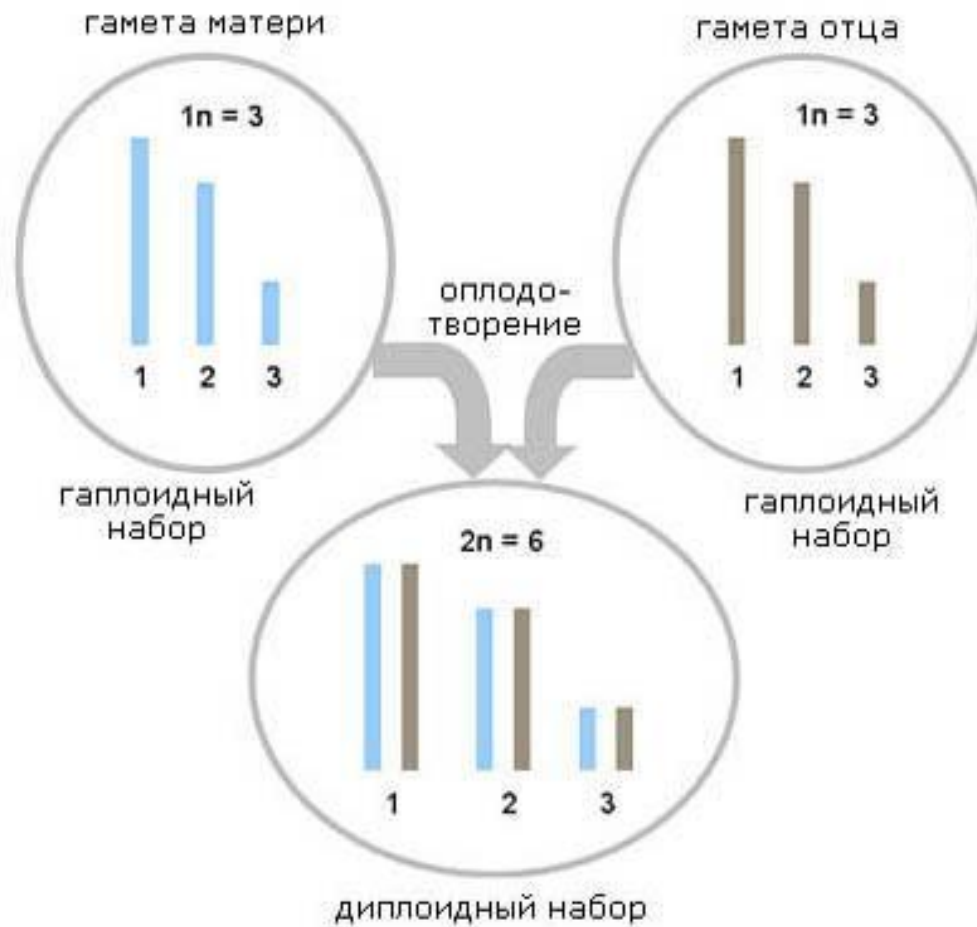
# Генетический материал ядра. Факультативный гетерохроматин

**Тельце Барра** – пример факультативного гетерохроматина, можно видеть в соматических клетках женского организма млекопитающих

The Barr body is the condensed, inactive member of a pair of X chromosomes in the cell. The other X is not condensed and is active in transcription.

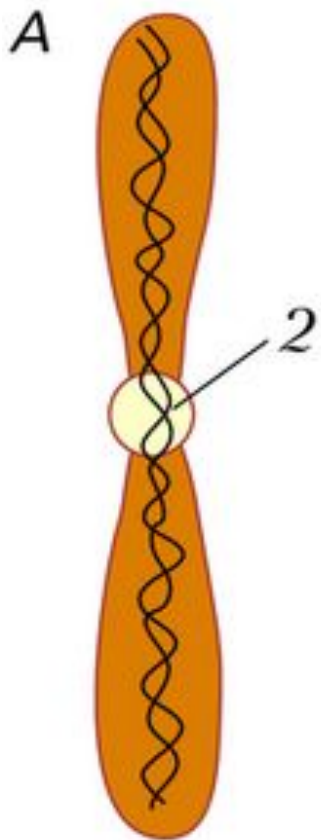


# Генетический материал ядра. Хромосомы

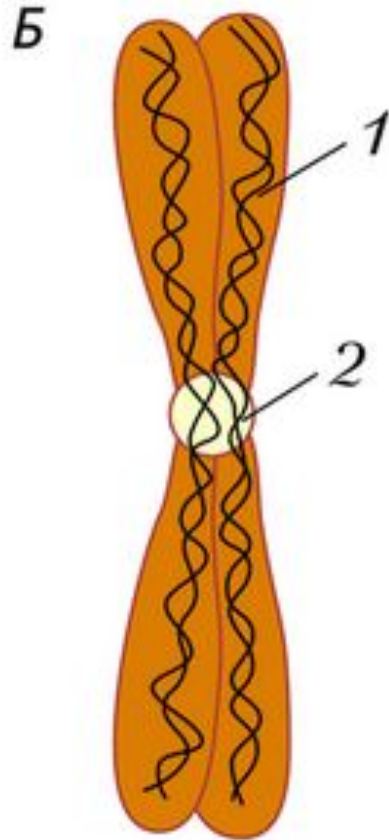




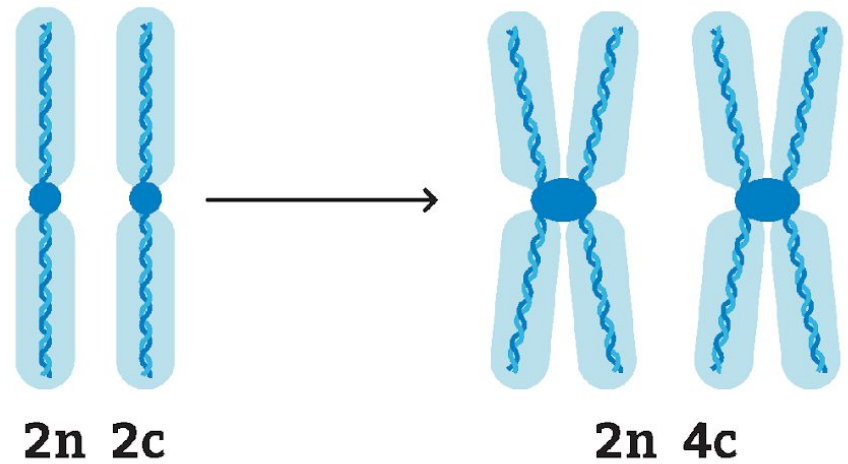
# Генетический материал ядра. Хромосомы



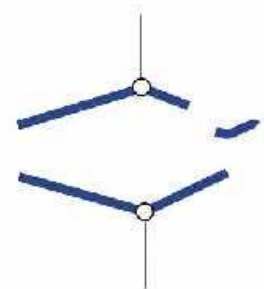
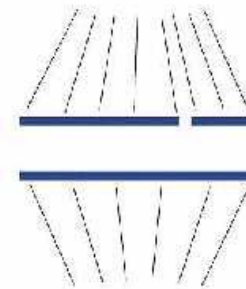
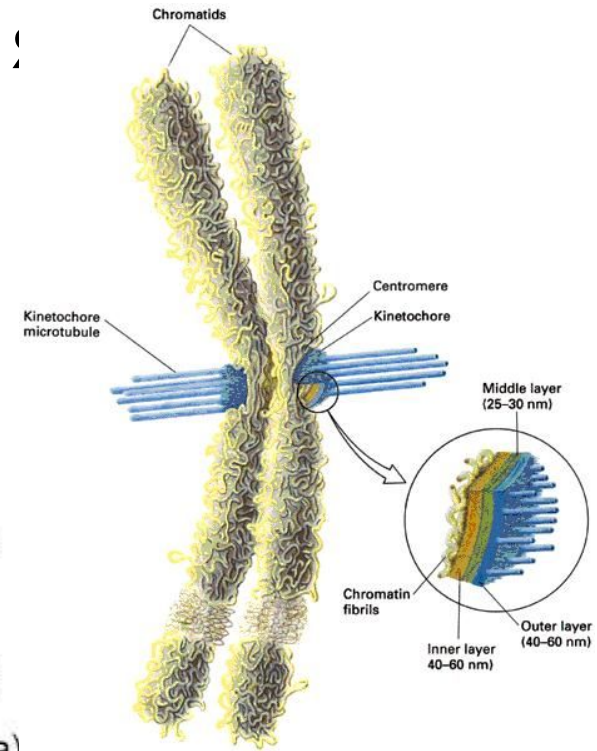
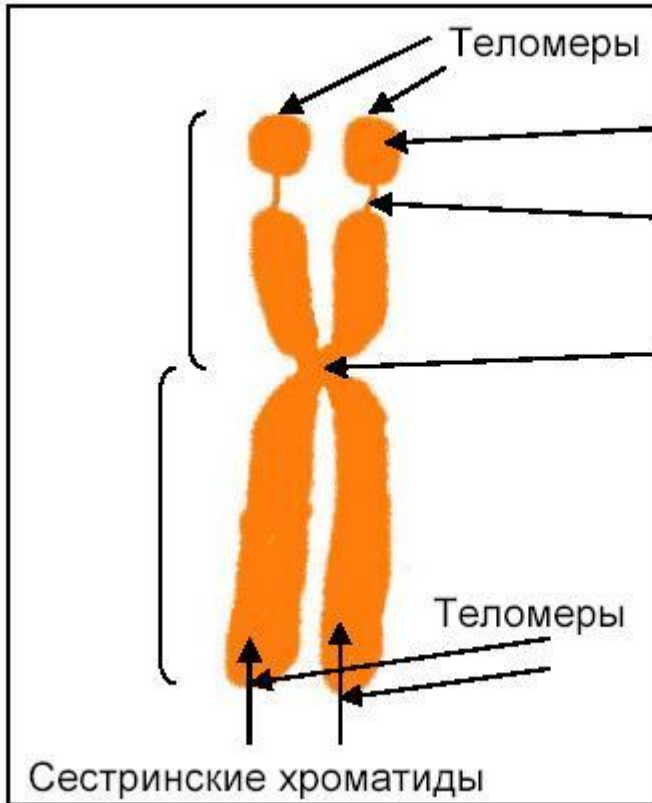
Хромосома



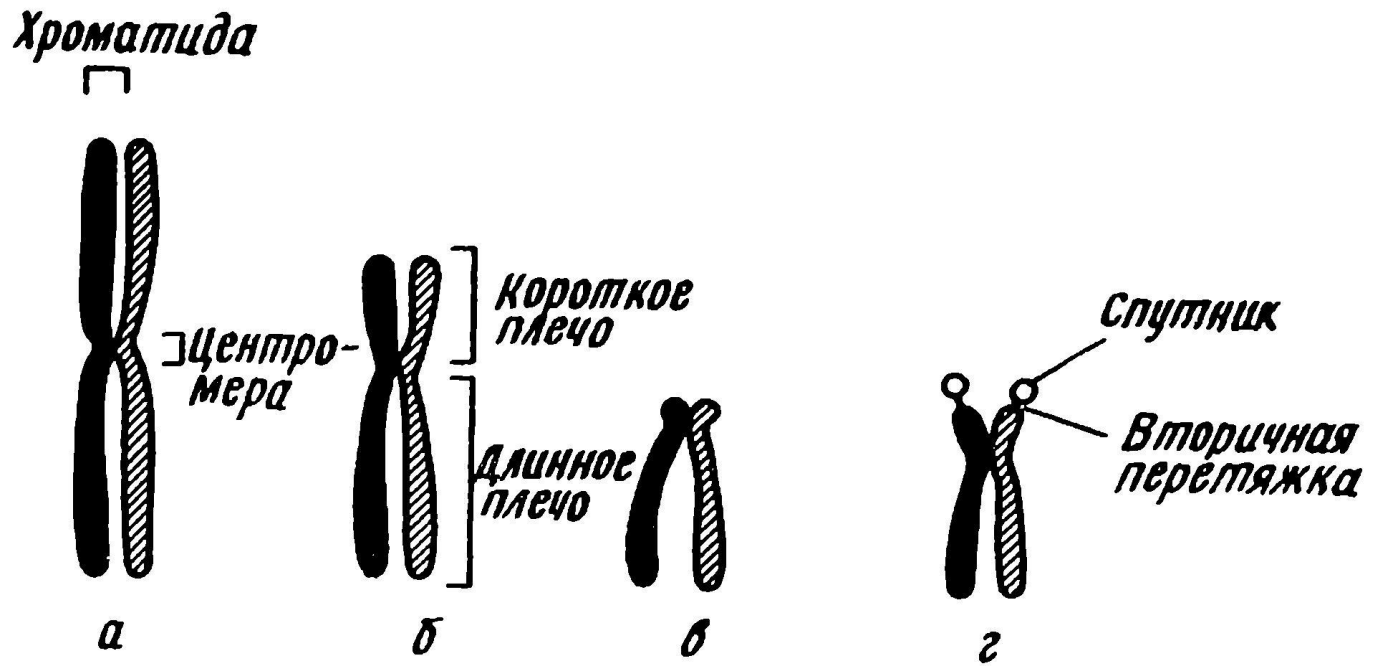
Реплицировавшаяся хромосома



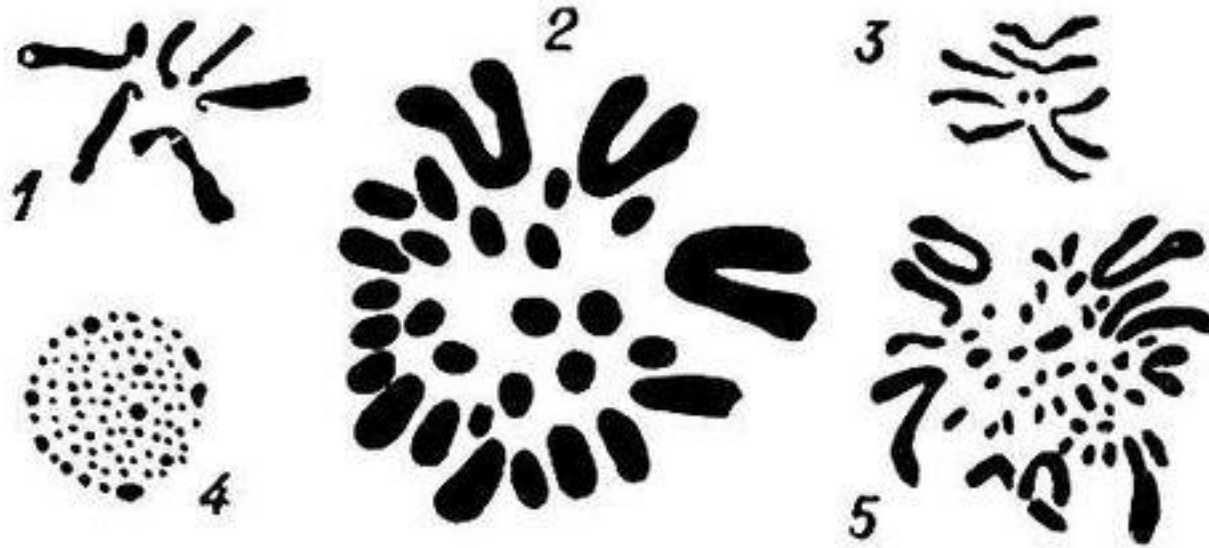
# Генетический материал : Хромосомы



# Генетический материал ядра. Хромосомы

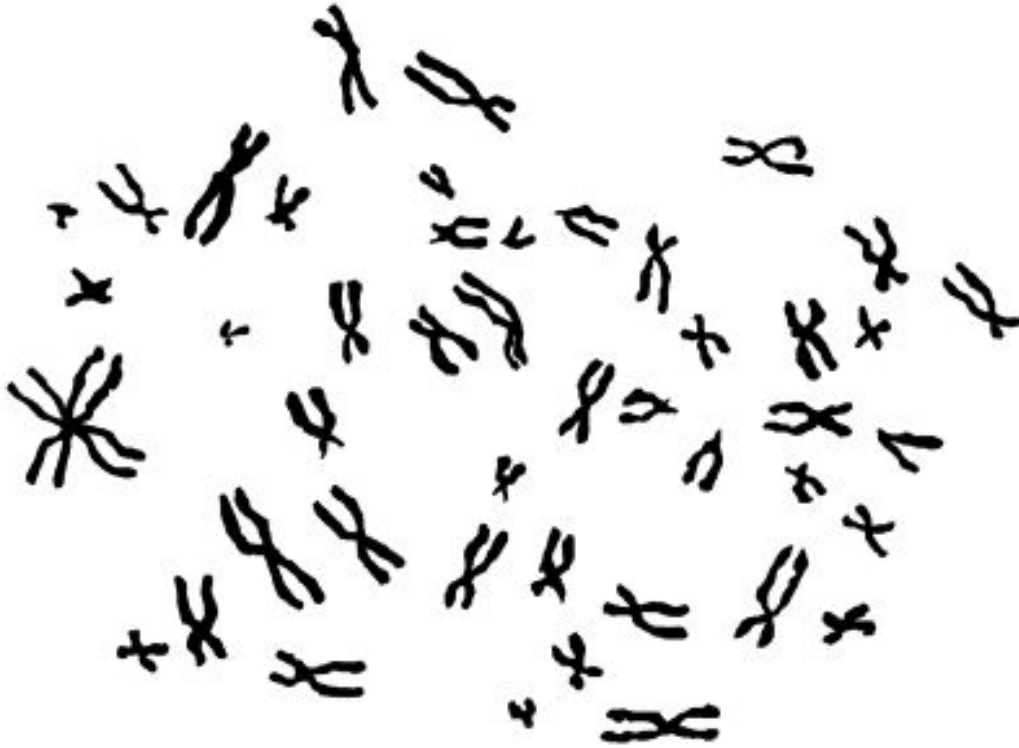


# Генетический материал ядра. Хромосомы. Кариотип

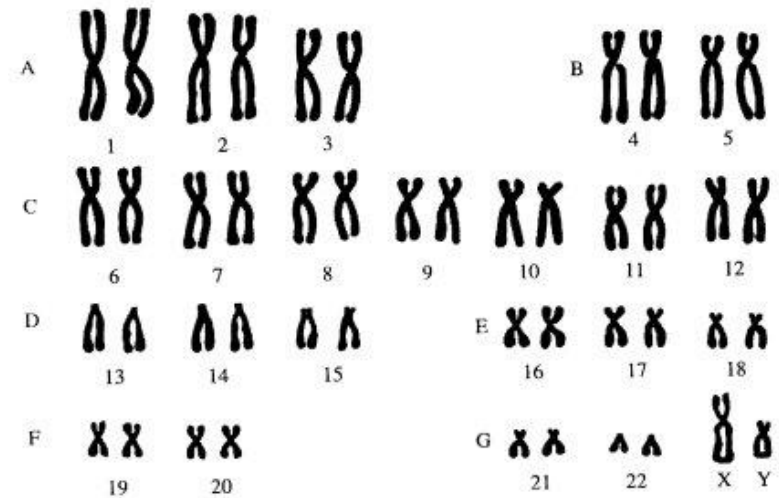


1 – *Crepis capillaris*; 2 – кузнечик *Tettigonia cantans*; 3 – *Drosophila melanogaster*; 4 – бабочка *Dasychira pudibunda*; 5 – петух *Gallus domesticus*

# Генетический материал ядра. Хромосомы. Кариотип



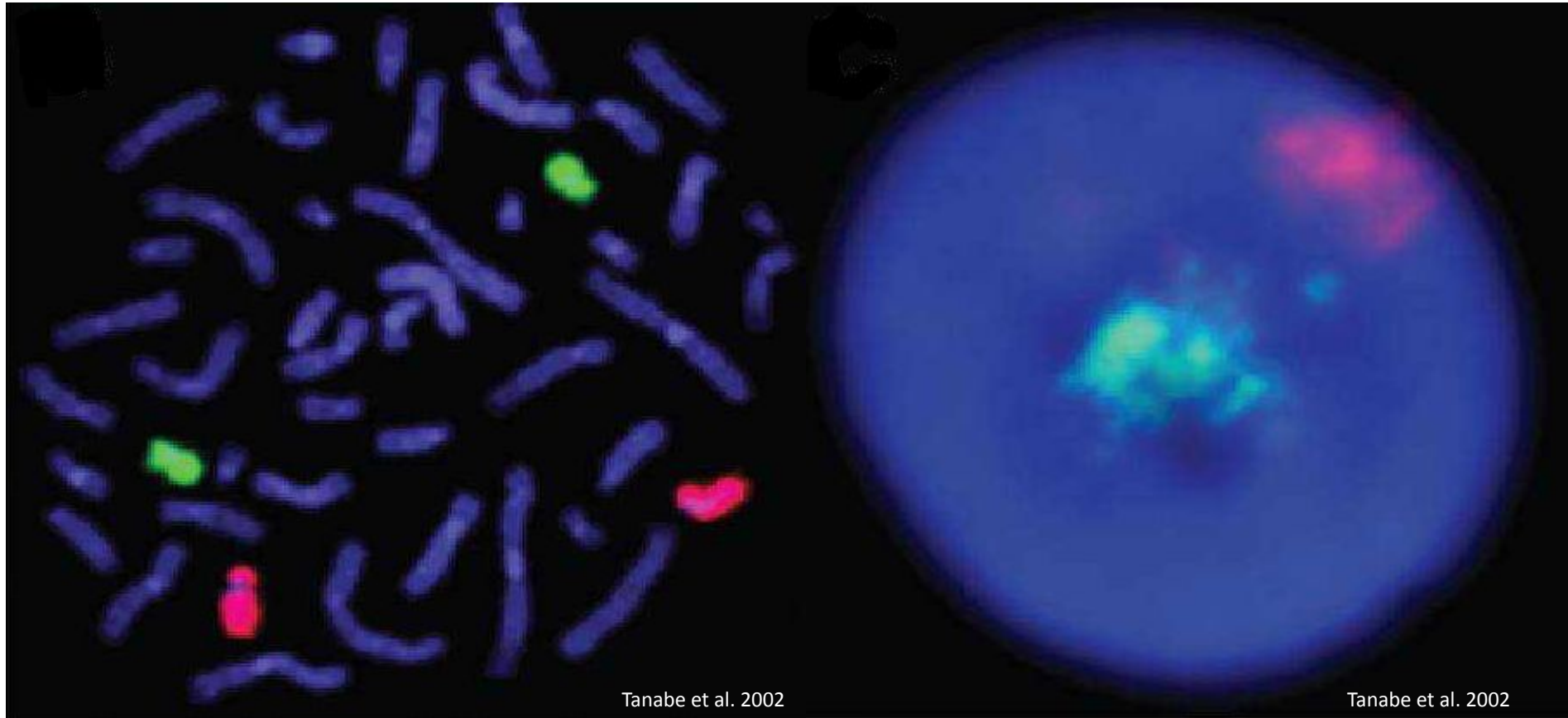
Кариотип человека



Идиограмма хромосом  
человека



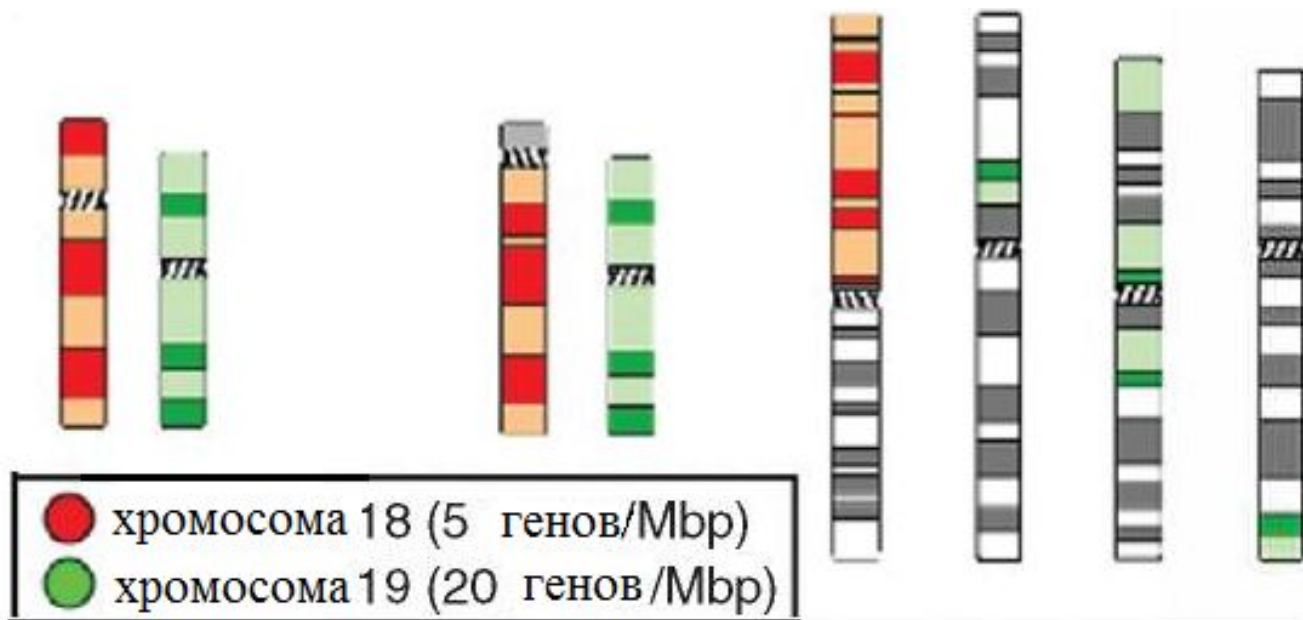
# Хромосомные территории



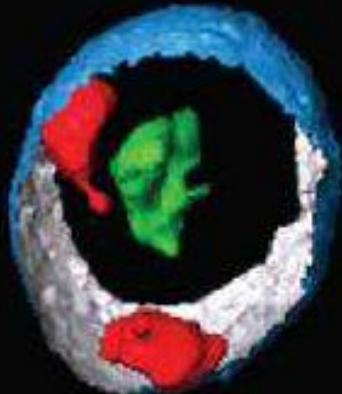
Микрофотография метафазной пластинки. FISH с использованием специфических окрашивающих зондов (18 хромосома - красная, 19 хромосома - зеленая). Тотальная ДНК окрашена DAPI.

Оптический срез ядра лимфобластоидной клетки человека, полученный с помощью конфокального микроскопа, после 3D FISH с теми же окрашивающими метками.

# Богатые генами хромосомы располагаются в центре ядра, а бедные - на периферии



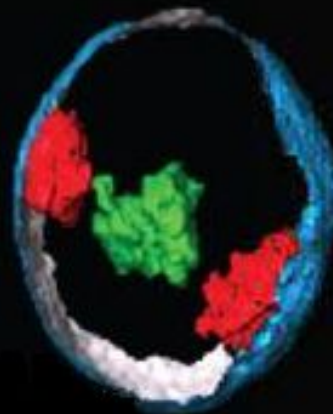
Tanabe et al. 2002



*Человек*



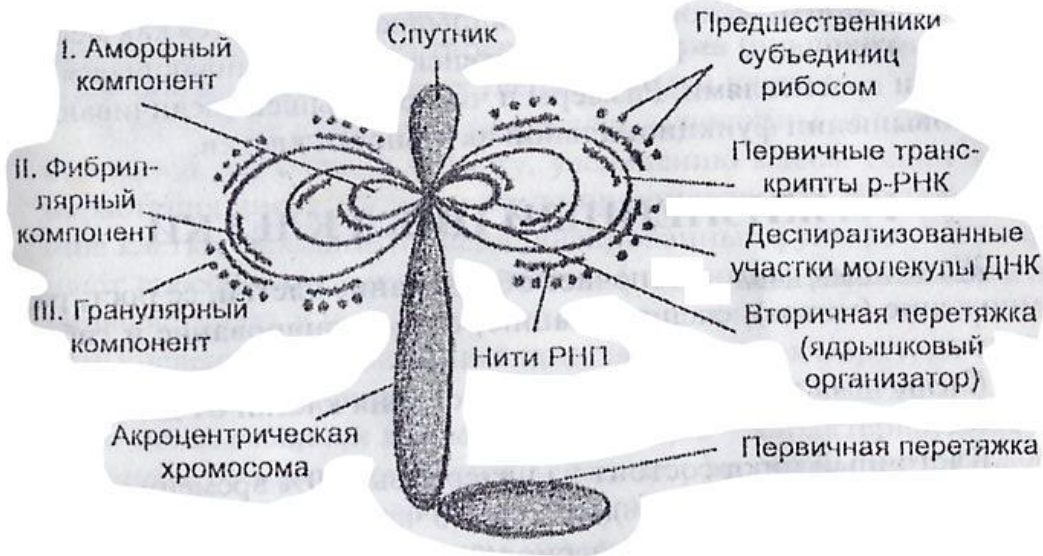
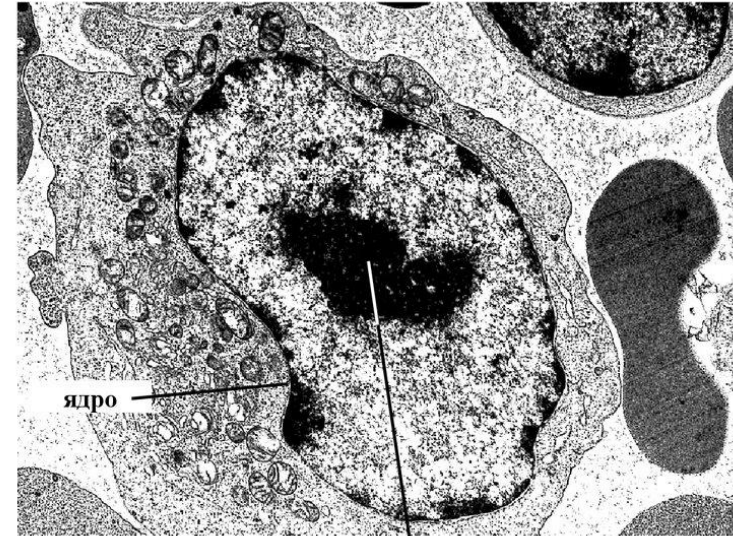
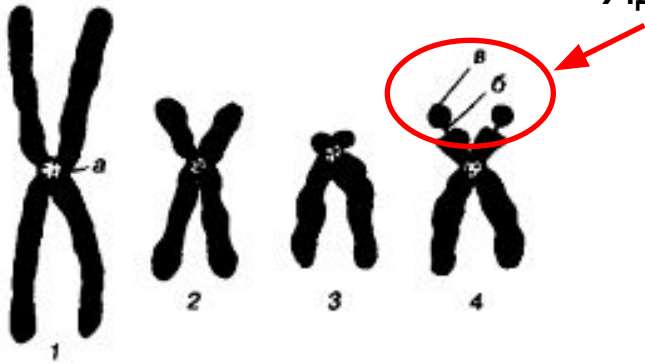
*Орангутан*



*Белорукий гиббон*

# Ядрышко

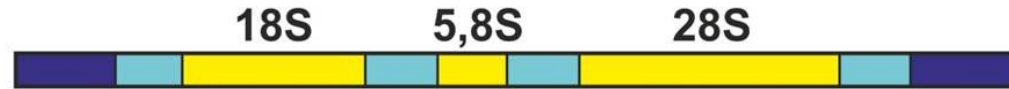
## Ядрышковый организатор



ядрышко

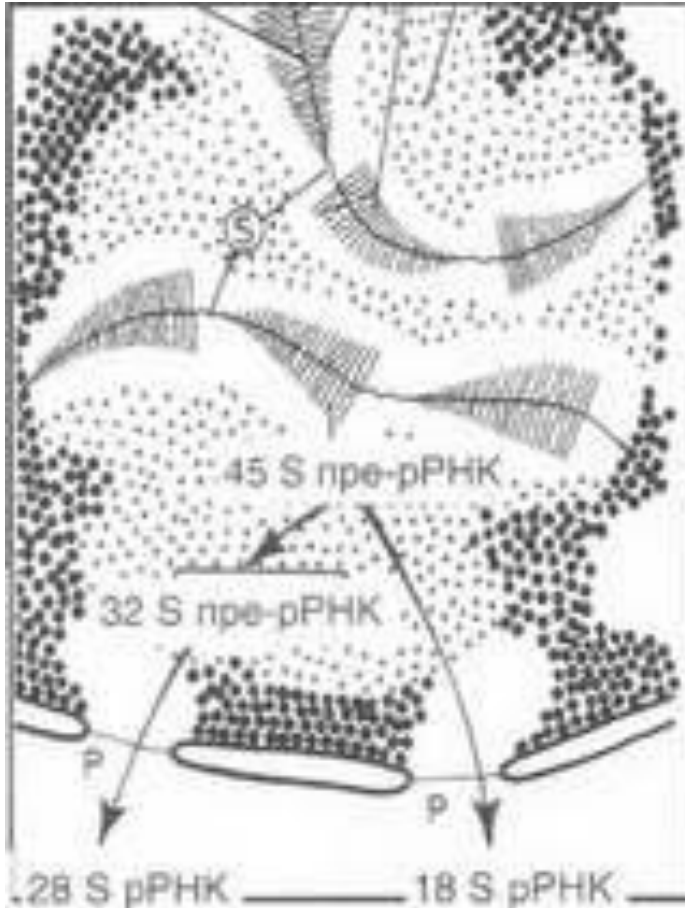
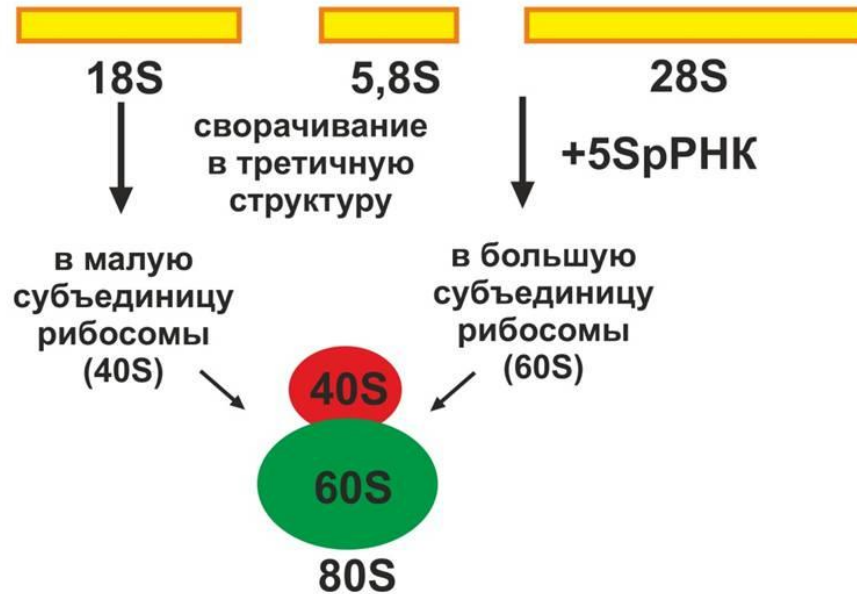


# Ядрышко. Транскрипция генов рРНК



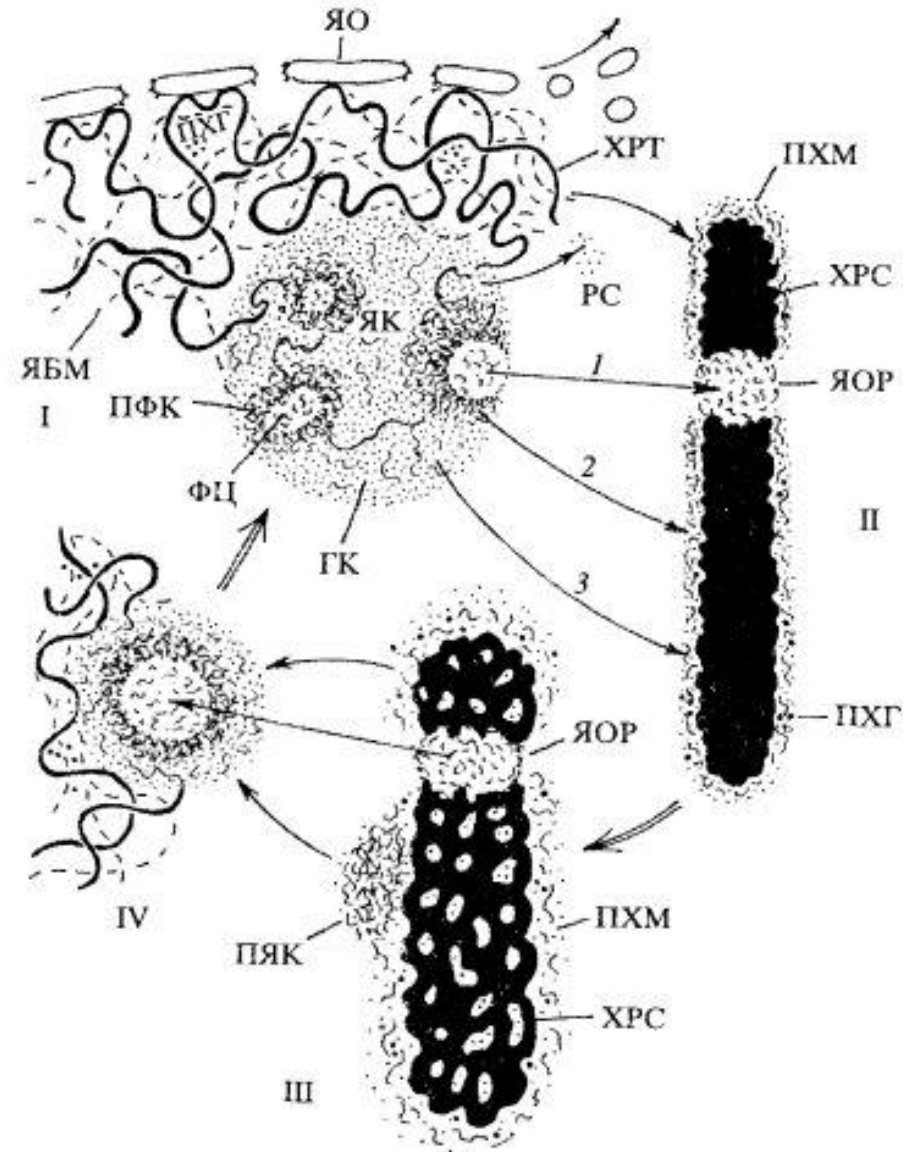
45S-предшественник рРНК

нарезание  
первичного  
транскрипта ↓ малые  
ядерные  
РНК (мяРНК)

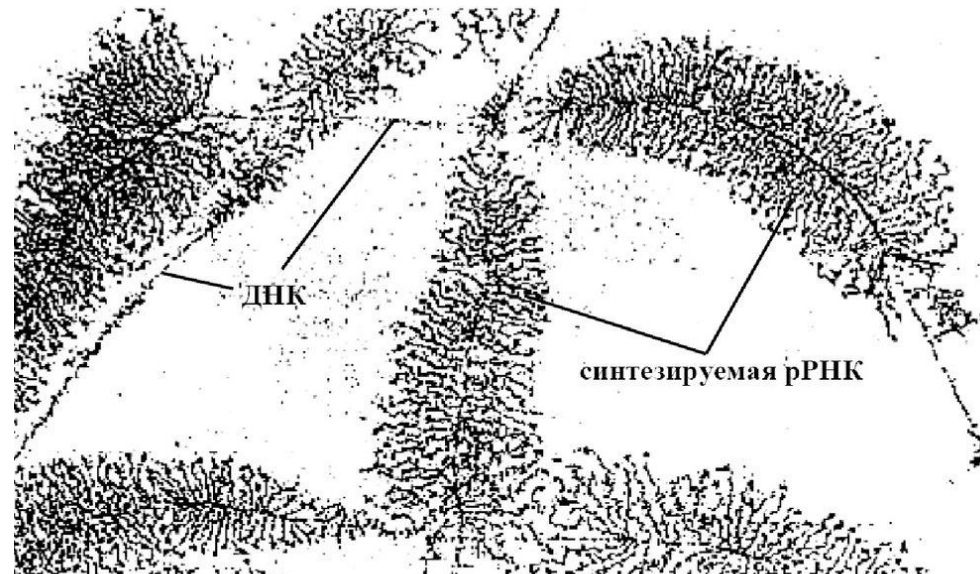


S – коэффициент седиментации. Седиментация (осаждение) - оседание частиц в жидкости или газе под действием центробежных сил при центрифугировании. Скорость седиментации зависит от массы, размера, формы и плотности вещества частицы, вязкости и плотности среды, а также от ускорения и действующих на частицы центробежных сил.

# Ядрышко

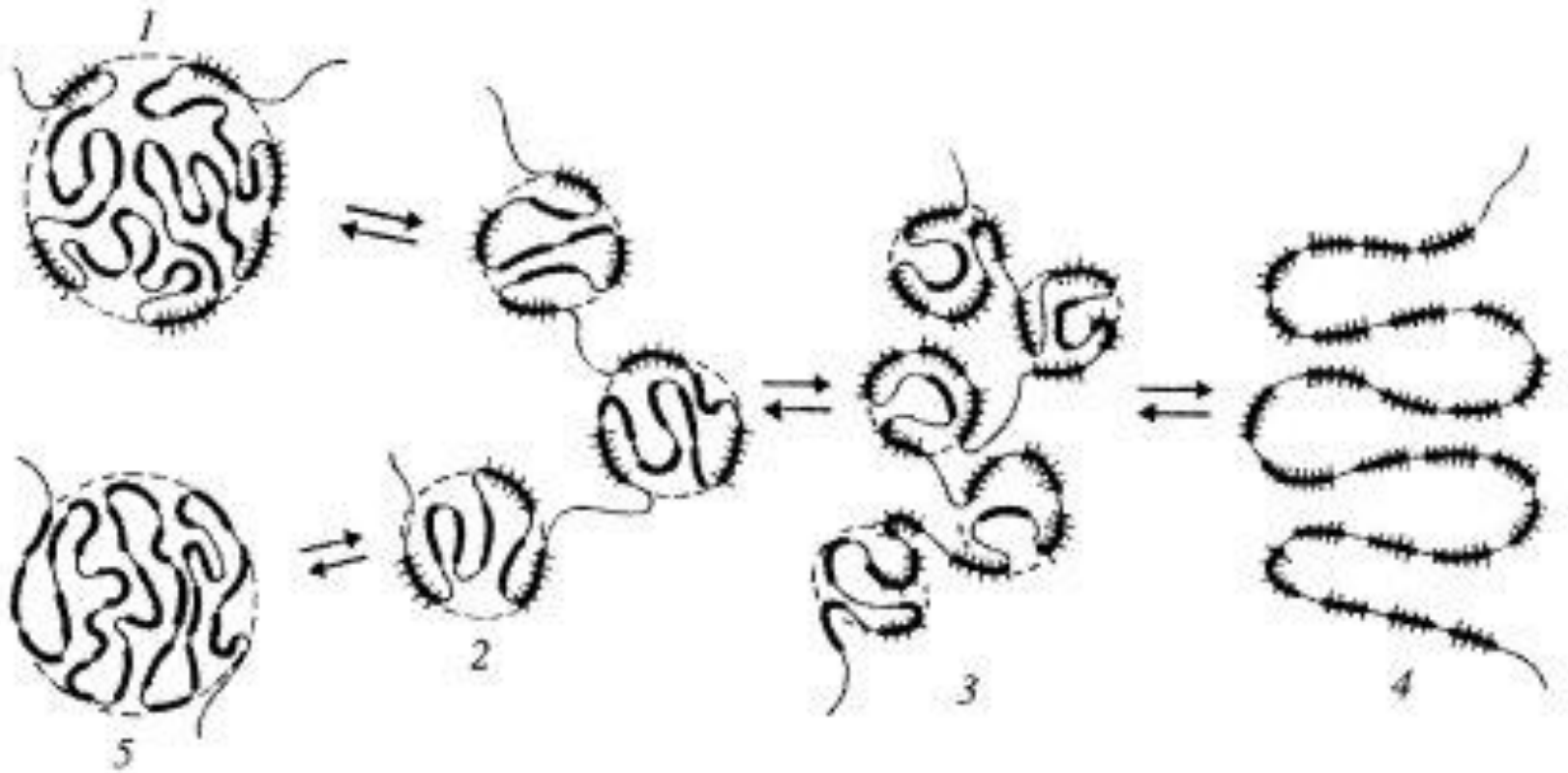


Электронная микрофотография фибриллярного центра

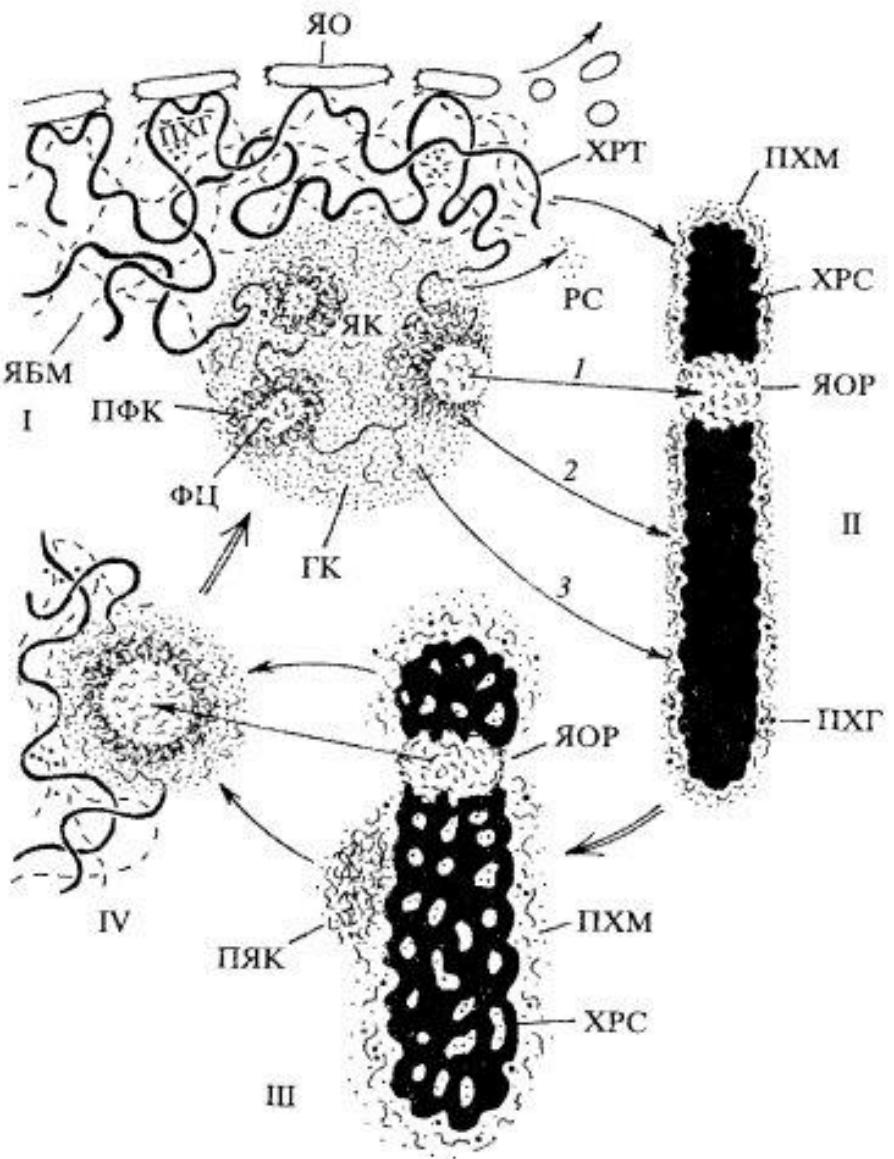




# Ядрышко



# Периферический хромосомный материал

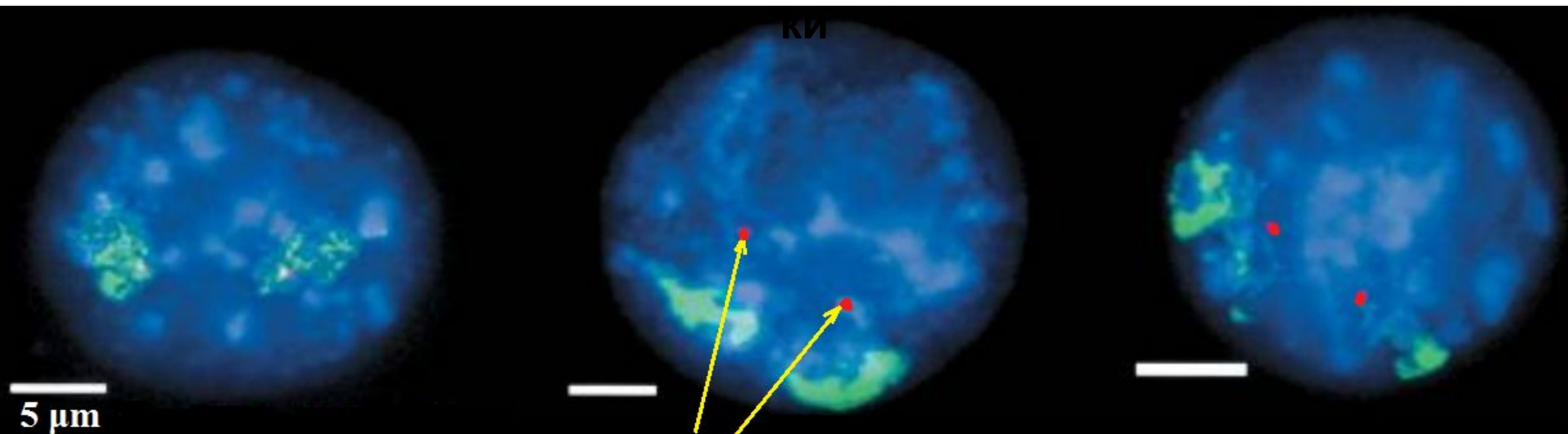


# Выпетливание транскрипционно активных ГЕНОВ

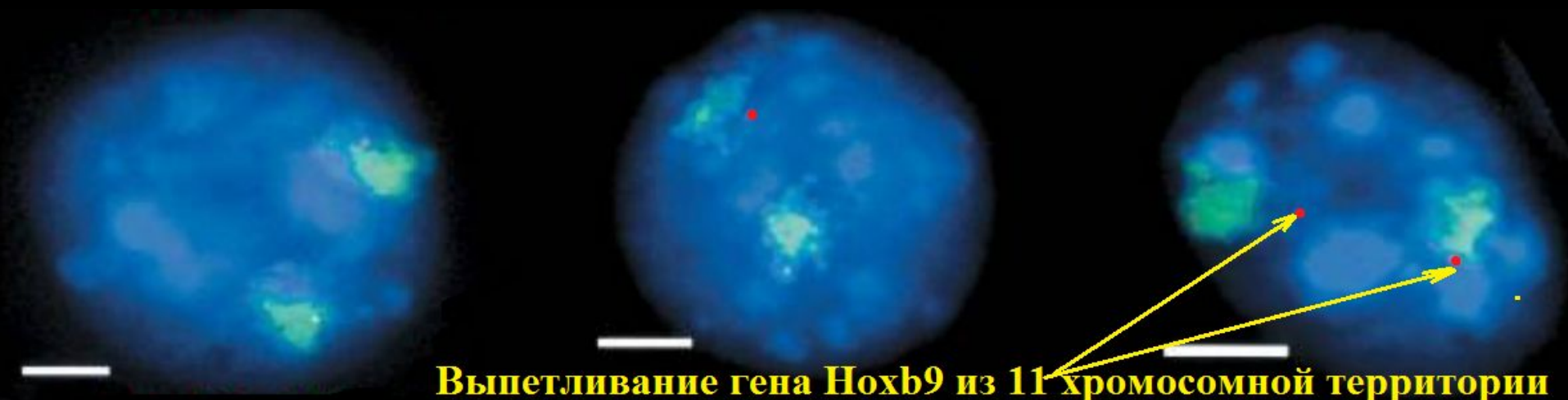
Недифференцированная клетка

4 день дифференцировки

10 день дифференцировки



Выпетливание гена *Нохb1* из 11 хромосомной территории



Выпетливание гена *Нохb9* из 11 хромосомной территории