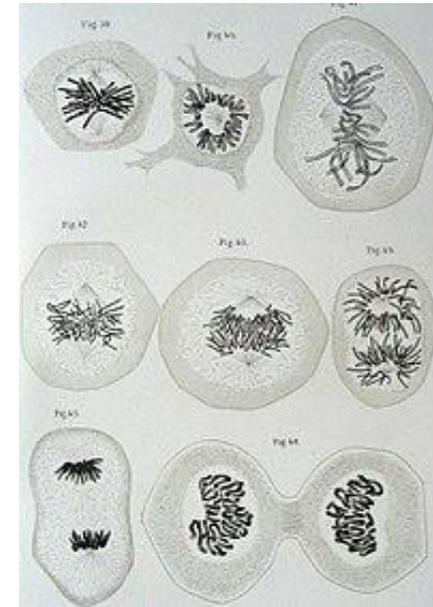


## Лекция 4.

Клеточный цикл. Репликация ДНК. Хромосомы.  
Хромосомный набор клетки. Деление клетки.

Митоз.



**Жизненный цикл.** **Жизненный цикл клетки** - период жизни клетки с момента ее образования в ходе деления до последующего деления или смерти.

Непрерывность жизни обеспечивается путём удвоения клетки и передачи наследственной информации от исходной материнской дочерним клеткам. От момента предыдущего до момента последующего деления в клетке происходит ряд событий, обеспечивающих её рост, развитие и размножение.



**Клеточный цикл.** Период жизнедеятельности клетки от момента её возникновения до момента деления на две дочерние клетки называют **клеточным циклом**. Клеточный цикл состоит из **интерфазы** — период подготовки к делению и **собственно деления**.

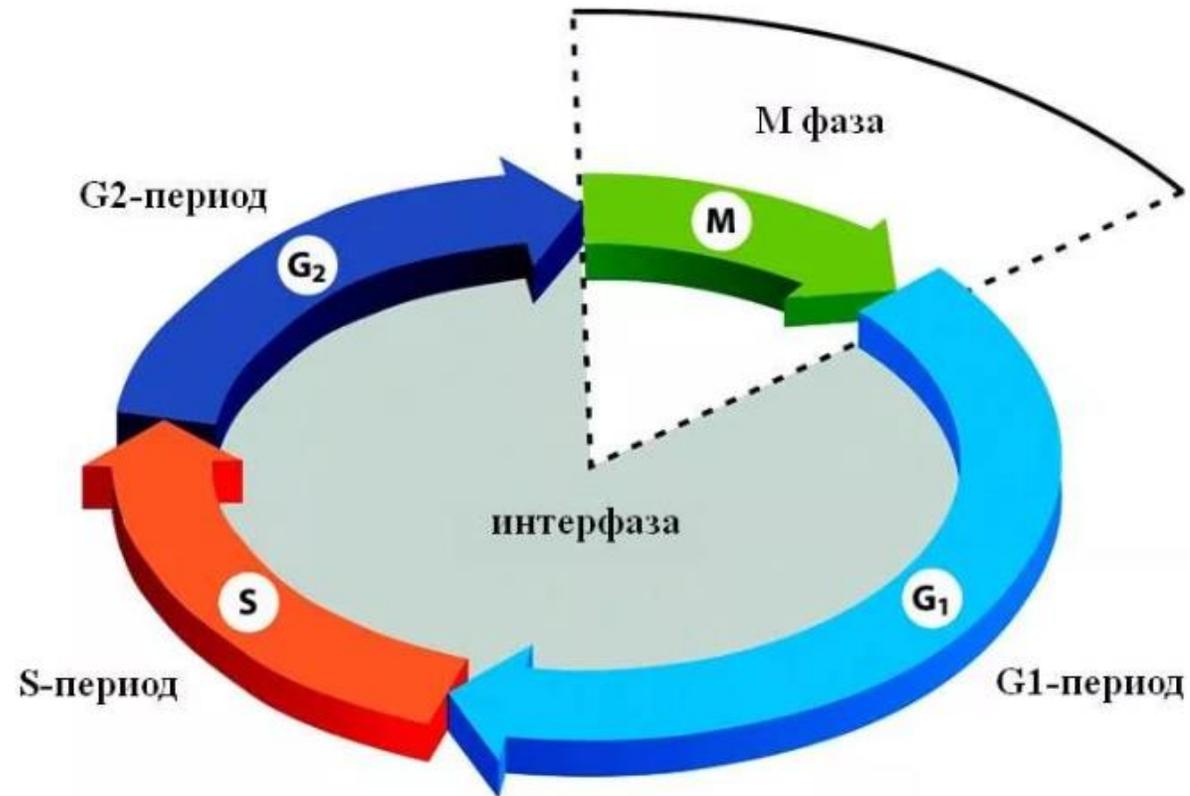


Рис. Клеточный цикл

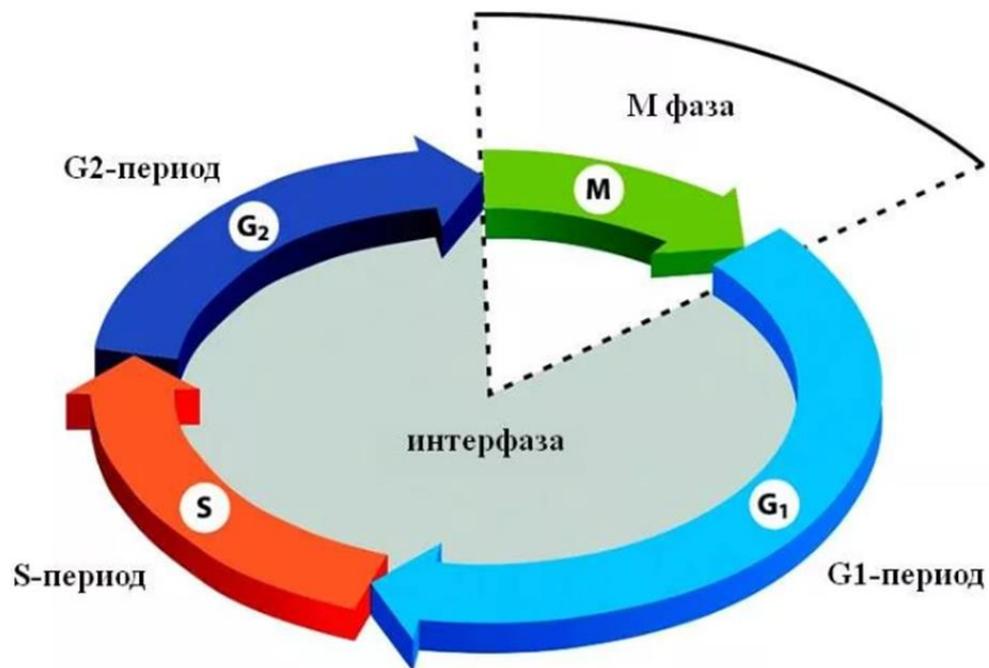
# Продолжительность периодов клеточного цикла у разных клеток

Ткань и орган	Продолжительность, ч	
	интерфазы	деления
Эпителий тонкой кишки мыши	12—18	0,5—1
Эпителий толстой кишки мыши	11	3
Корешок конского боба	25	0,5

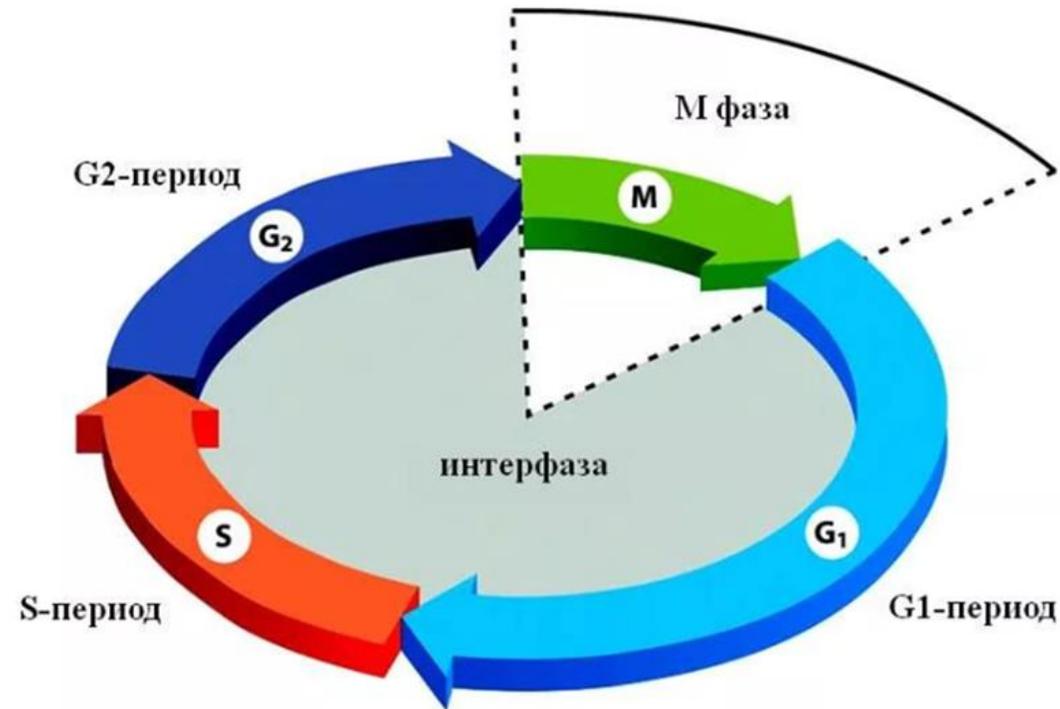
# Интерфаза

**Интерфаза** (от лат. inter — между и греч. phasis — появление) - часть клеточного цикла между двумя последовательными делениями. Она характеризуется активными процессами обмена веществ, синтезом белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, накоплением клеткой питательных веществ, увеличением количества всех её органоидов, ростом и увеличением объёма цитоплазмы.

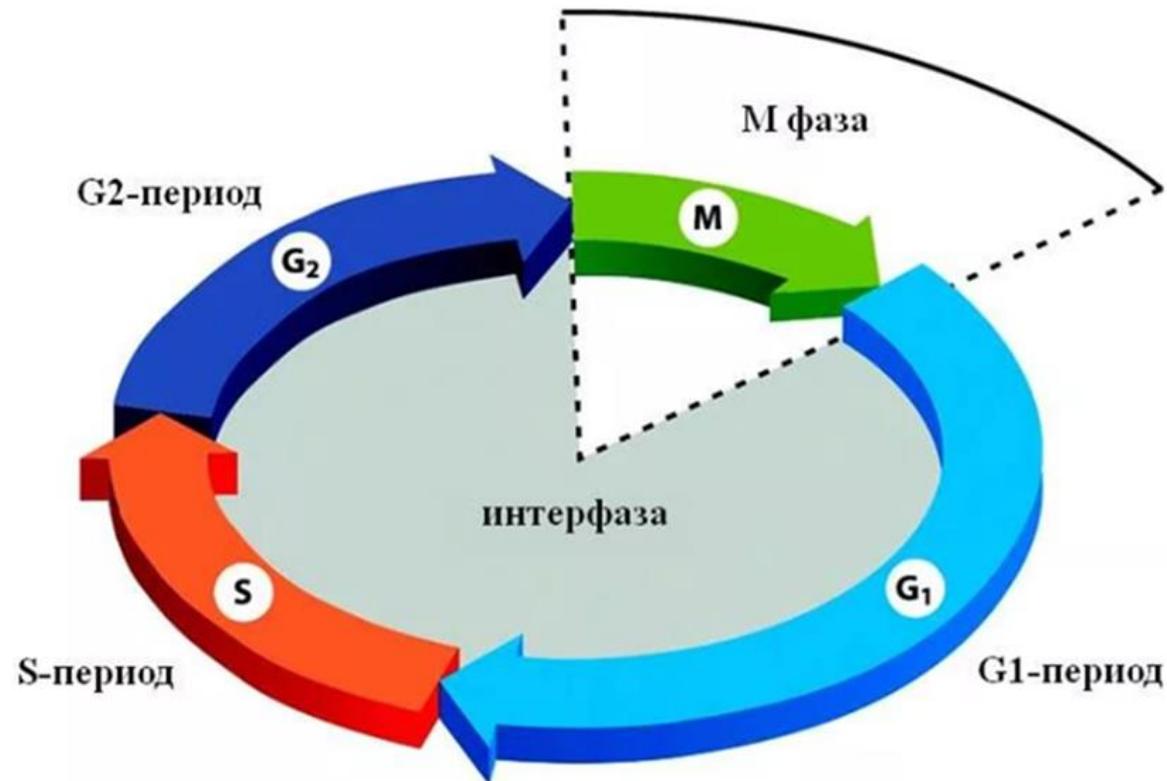
В интерфазе различают три последовательных периода: **пресинтетический —  $G_1$** , **синтетический —  $S$** , **постсинтетический —  $G_2$**



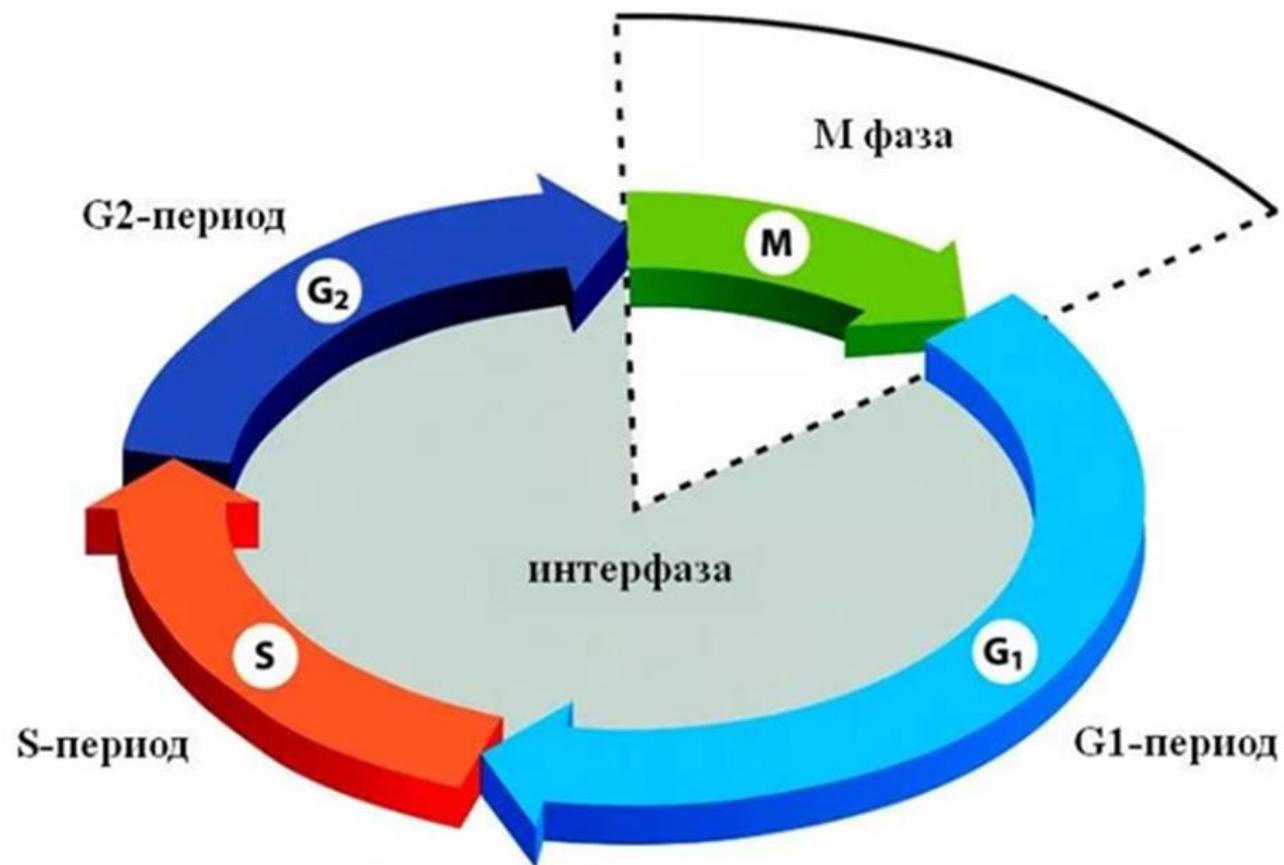
**Пресинтетический период ( $G_1$ )** характеризуется интенсивными процессами обмена веществ. В клетке увеличивается количество органоидов — хлоропластов, митохондрий, лизосом, вакуолей с клеточным соком и т. д. Завершение формирования ядрышка, синтез РНК и белков, участвующих в репликации ДНК, синтез АТФ, рост клетки.



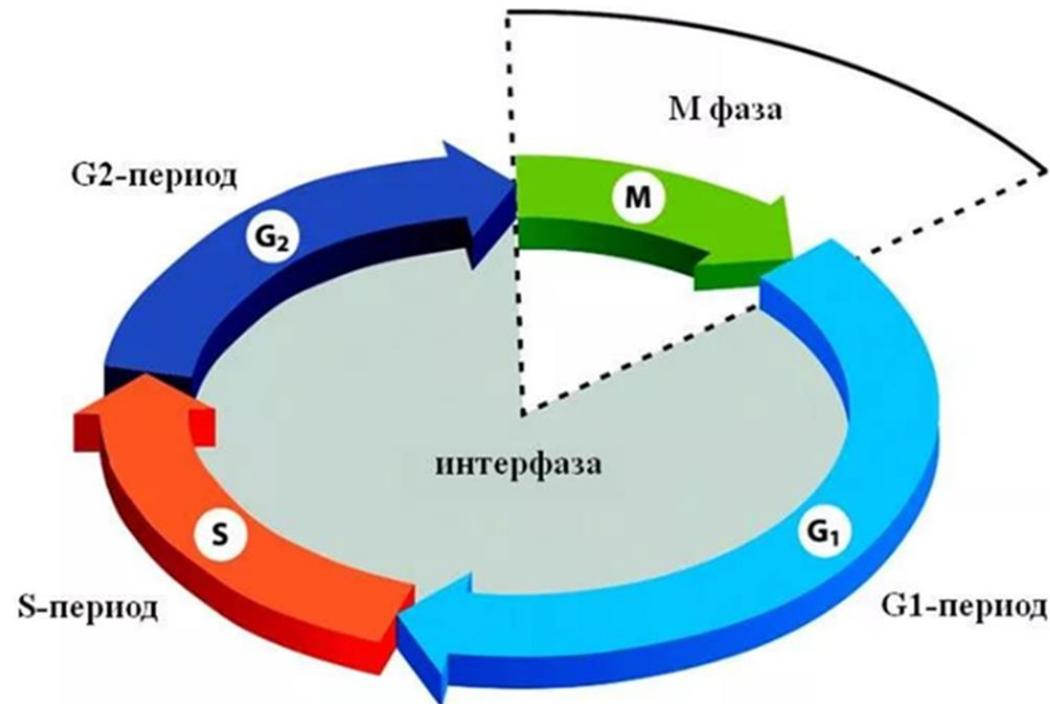
**Синтетический период (S)** наступает где-то в середине интерфазы и характеризуется **самоудваением ДНК — репликацией**. Если до начала синтетического периода каждая хромосома состояла из одной молекулы ДНК, то в конце этого периода она уже состоит из двух идентичных молекул ДНК, т. е. из двух сестринских хроматид. Синтез РНК и белков.



**Постсинтетический период (G2)** непродолжителен. Синтез РНК и белков, необходимых для формирования веретена деления, удвоение центриолей, синтез АТФ, необходимый для дальнейшего деления клетки. Начало спирализации хроматина.

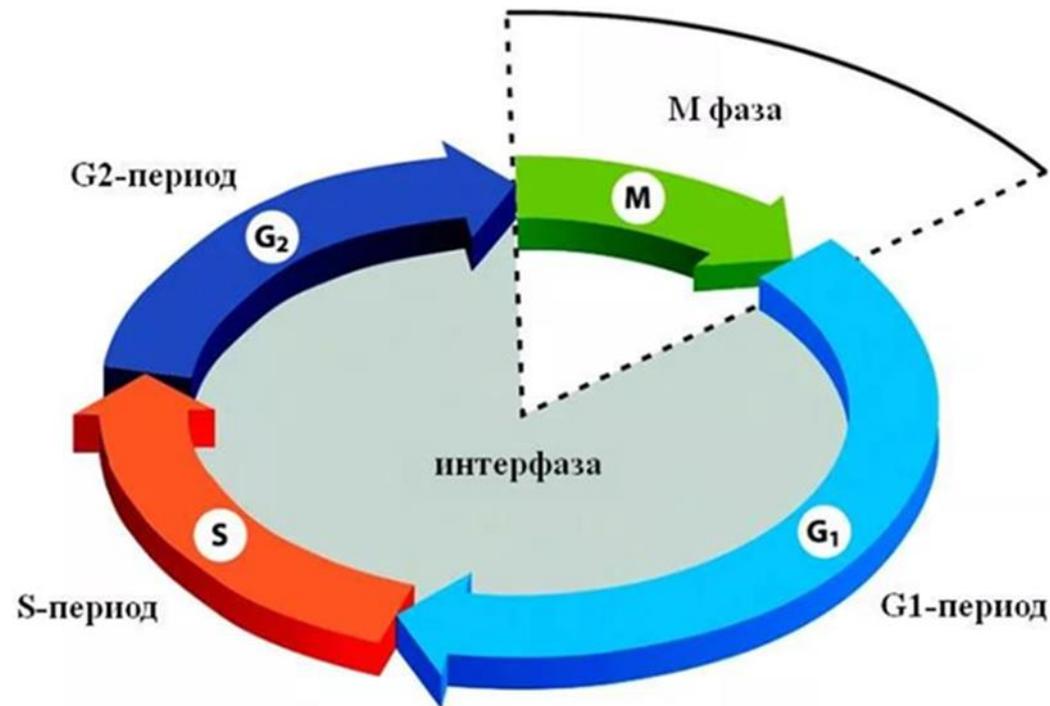


Продолжительность **интерфазы** зависит от типа клеток и в среднем составляет не менее 90% от общего времени клеточного цикла. Это время чаще всего зависит от пресинтетического периода, длительность которого варьируется в очень широких пределах. Этот период в клеточном цикле может практически отсутствовать, когда клетки делятся быстро, например при дроблении зиготы. Но может продолжаться значительное время, почти всю жизнь организма. Так, нервные клетки головного мозга у взрослого человека находятся в пресинтетическом периоде интерфазы всю жизнь и более не делятся.



# Матричный синтез ДНК

В синтетический период интерфазы происходит важнейшее событие клеточного цикла, связанное с процессом самовоспроизведения ДНК, который обеспечивает точное копирование генетической информации и передачу её от материнской клетки дочерним клеткам при последующем делении.



## Принципы репликации ДНК

Процесс самоудвоения ДНК, обеспечивающий точное копирование генетической информации в клетке, называют **репликацией** (от лат. replicatio — повторение) или **редупликацией**. **Репликация ДНК** – это процесс синтеза дочерней молекулы ДНК на матрице родительской ДНК.

*В его основе лежат следующие принципы.*

**1. Комплементарность.** Каждая цепь молекулы ДНК содержит последовательность нуклеотидов, в точности комплементарную последовательности нуклеотидов другой цепи.

**2. Полуконсервативный синтез.** Если разделить две цепи одной молекулы ДНК, то каждая из них будет служить матрицей для синтеза соответствующей недостающей цепи. Новые молекулы ДНК будут содержать одну новую и одну исходную материнскую цепь ДНК. Две дочерние молекулы ДНК полностью идентичны исходной материнской.

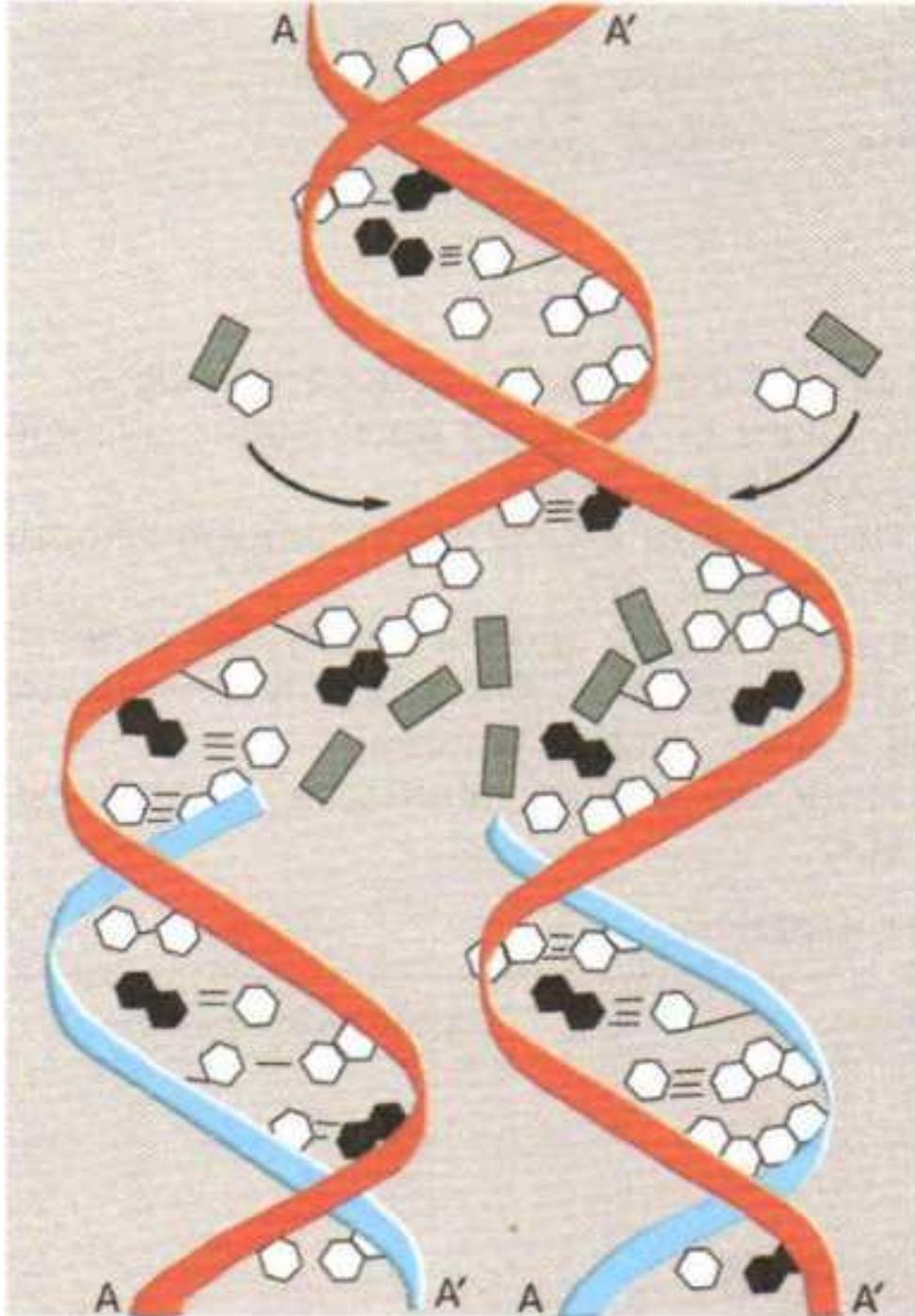
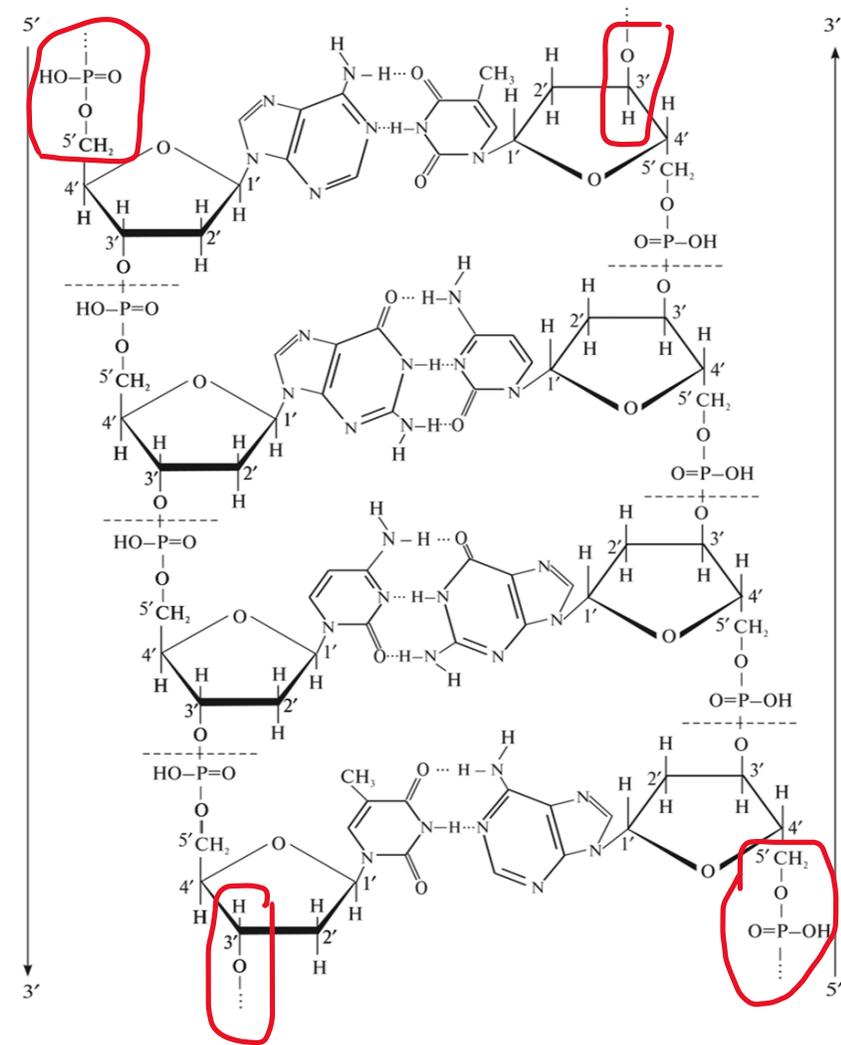


Рис. Полуконсервативный синтез молекулы ДНК. Красным цветом обозначены материнские цепи молекулы ДНК; голубым цветом — новые дочерние цепи молекулы ДНК

**3. Антипараллельность.** Две цепи в молекуле ДНК антипараллельны. Это значит, что у нуклеотида в начале одной цепи находится остаток дезоксирибозы со свободной гидроксидной группой ( $-\text{OH}$ ) у 3'-атома углерода, а у комплементарного ему нуклеотида в начале другой цепи находится остаток фосфорной кислоты, соединённый с 5'-атомом углерода дезоксирибозы. Соответственно, первая цепь заканчивается нуклеотидом с 5'-концом, а вторая цепь — нуклеотидом с 3'-концом.



4. **Челночный синтез.** Фермент ДНК полимераза, обеспечивающий синтез новой цепи ДНК на матрице исходной цепи, соединяет нуклеотиды только в направлении от 5'-нуклеотида к 3'-нуклеотиду. Поэтому синтез на одной цепи идёт непрерывно, а на другой фрагментами в обратном направлении. Затем фрагменты соединяются между собой в непрерывную цепь.

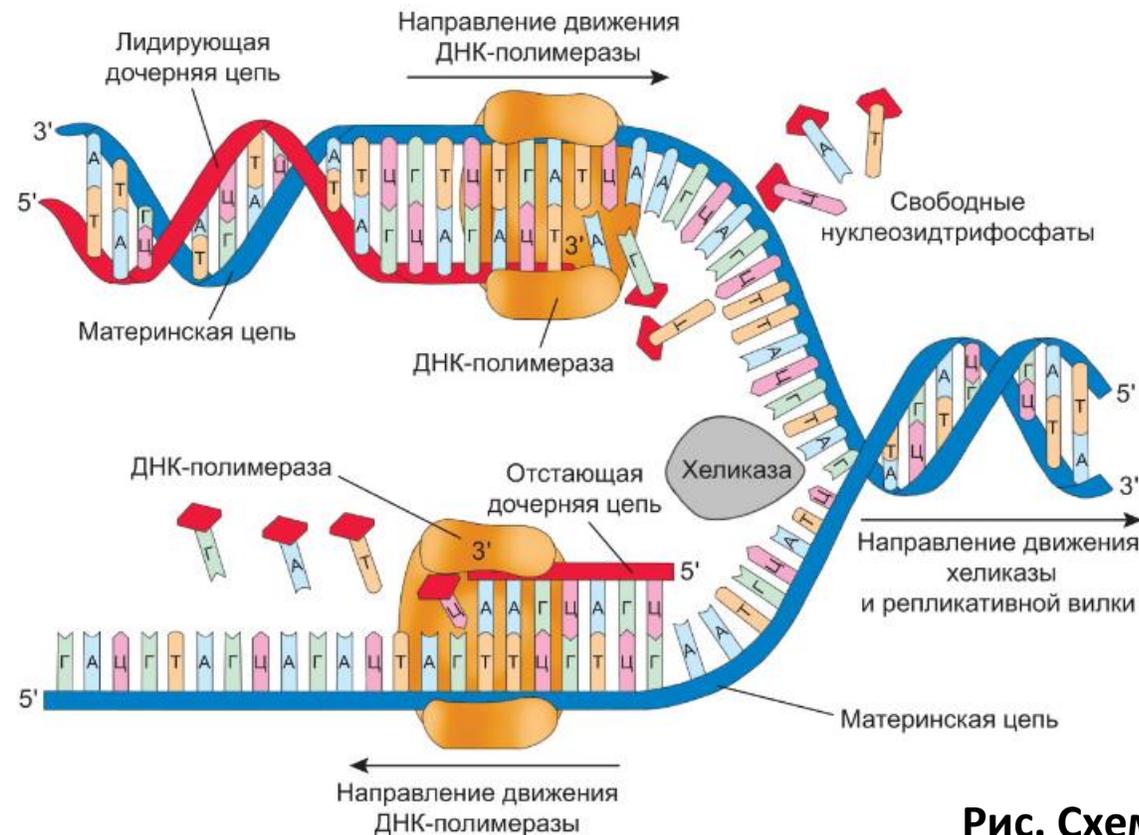


Рис. Схема процесса репликации ДНК

## Этапы репликации ДНК

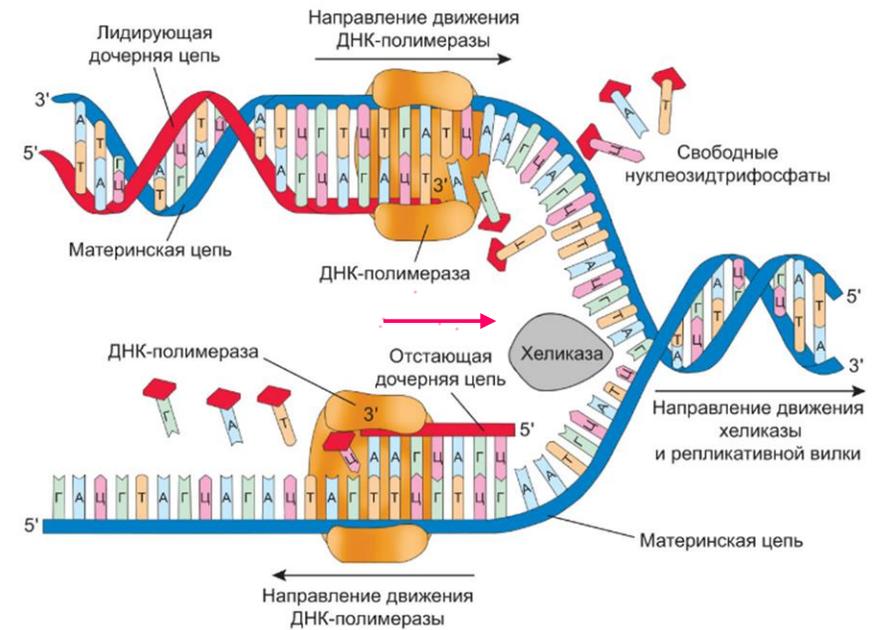
Первая стадия — **инициация**.

Вторая стадия — **элонгация**.

Третья, завершающая стадия — **терминация**.

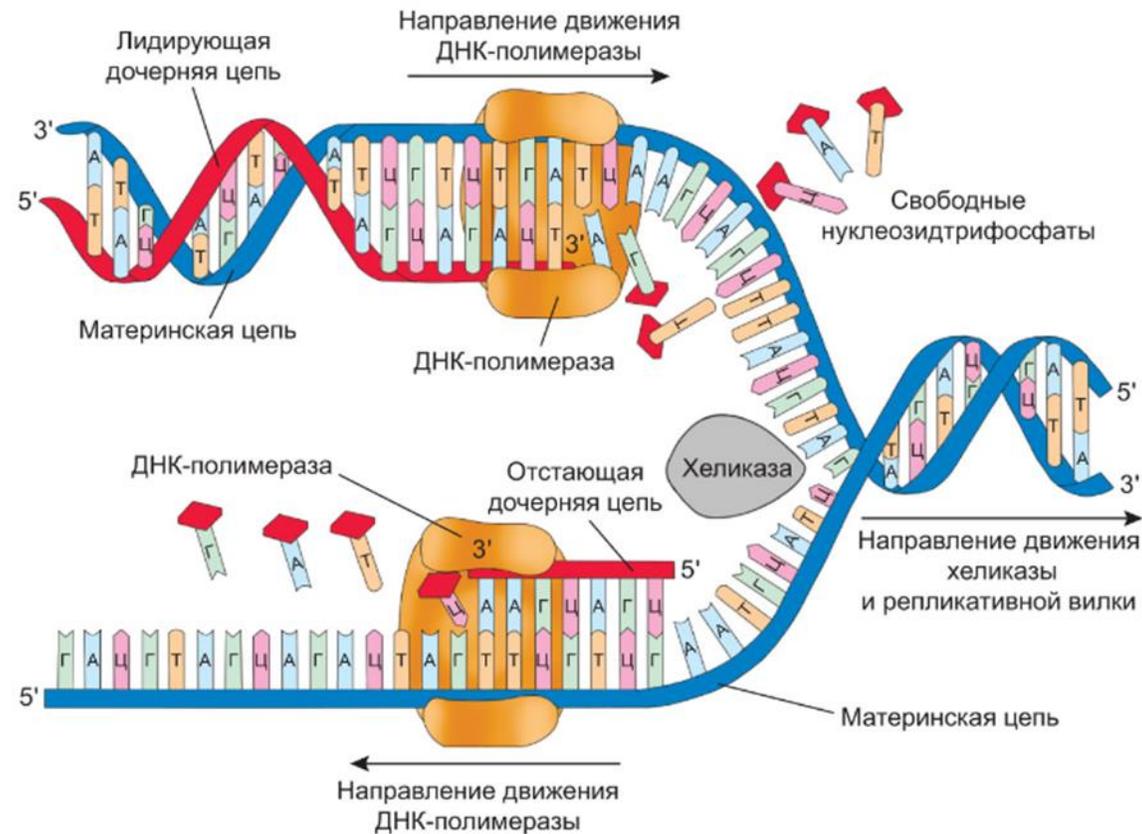
## Первая стадия — инициация.

**Инициация (запуск).** Особые ферменты начинают раскручивать молекулу ДНК от точки начала репликации. Затем **фермент хеликаза** разъединяет цепи исходной материнской молекулы, разрывая водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями. При этом две цепи расходятся под определенным углом и образуют так называемую **репликативную вилку**, напоминающую букву Y. **Хеликаза**, подобно бегунку застежки «молния», движется вдоль молекулы ДНК, разделяя комплементарные цепи. Это сопровождается перемещением репликативной вилки, и образно говоря, расстегиванием «молнии». Далее с разошедшимися цепями связываются молекулы **ДНК-полимеразы** — главные ферменты репликации.

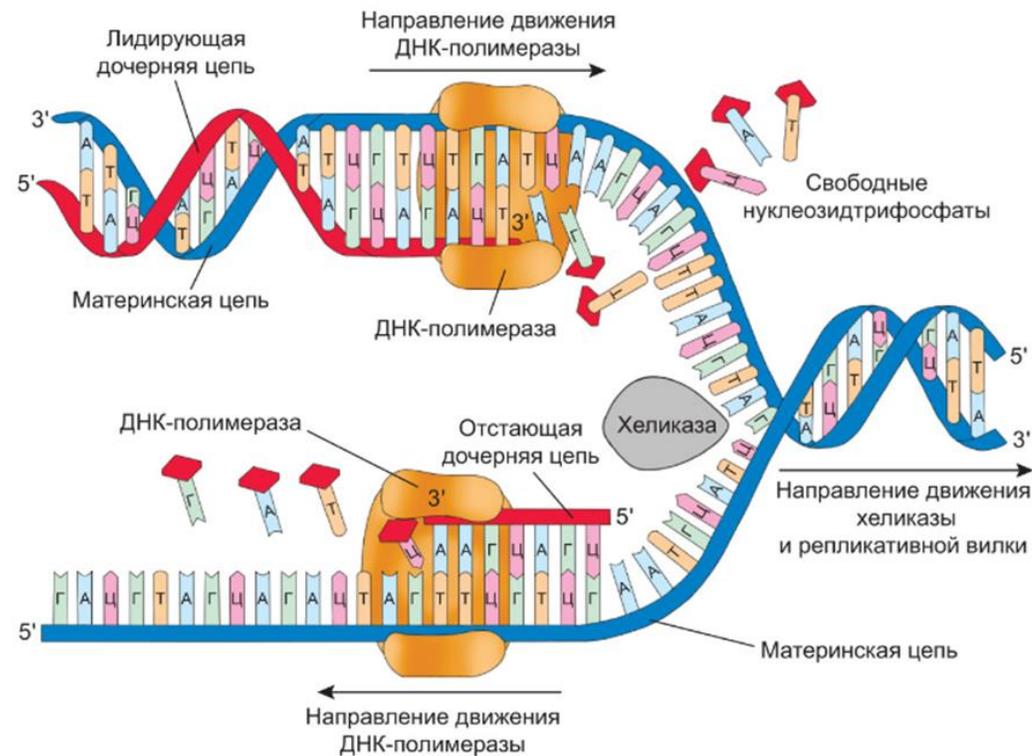


## Вторая стадия — элонгация.

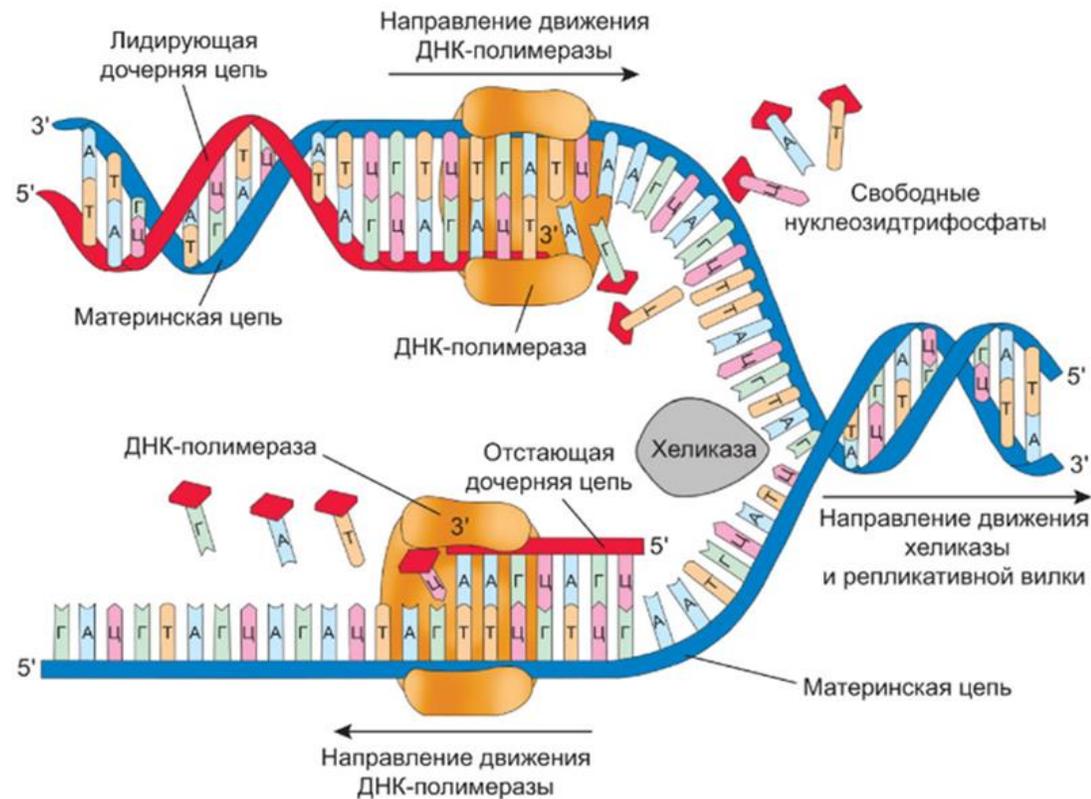
- **Элонгация (удлинение, наращивание дочерних цепей ДНК).** Молекулы ДНК-полимеразы начинают двигаться вдоль материнских цепей, используя их в качестве матриц для построения новых дочерних цепей. Это значит, что в растущие дочерние цепи ДНК включаются только те нуклеотиды, которые комплементарны соответствующим нуклеотидам материнских цепей. Поэтому репликацию относят к реакциям **матричного синтеза**.



В процессе репликации материалом для синтеза дочерних цепей ДНК являются не нуклеотиды как таковые, а **нуклеозидтрифосфаты**. От обычных нуклеотидов их отличает наличие **трех остатков фосфорной кислоты** (как в молекуле АТФ) вместо одного. Связи между этими остатками являются макроэргическими. Таким образом, нуклеозидтрифосфаты — соединения, богатые энергией. В процессе их присоединения к растущим дочерним цепям ДНК происходит отщепление двух «лишних» остатков фосфорной кислоты. В результате выделяется энергия, которая используется для протекания реакции (т. е. для образования фосфоэфирных связей), и нуклеозидтрифосфаты становятся стандартными нуклеотидами новых цепей ДНК.



Особенность ДНК-полимеразы состоит в том, что она может двигаться вдоль существующей цепи ДНК только в направлении  $3' \rightarrow 5'$ . При этом наращивание дочерней цепи всегда происходит антипараллельно: от 5'-конца к 3'-концу (т. е. **новые нуклеотиды добавляются к 3'-концу синтезируемой цепи**). Например, если участок материнской цепи ДНК содержит последовательность нуклеотидов 3'ГТАЦАГ5', то при наращивании соответствующего ему участка дочерней цепи нуклеотиды будут присоединяться в следующем порядке: 5'ЦАТГТЦ3'.



Способность ДНК-полимеразы к перемещению вдоль цепи ДНК только в одном направлении приводит к следующему. Вдоль одной материнской цепи (той, у которой направление  $3' \rightarrow 5'$  совпадает с направлением перемещения репликативной вилки) фермент движется непрерывно. Дочерняя цепь ДНК, которая при этом синтезируется, называется **лидирующей или ведущей**.

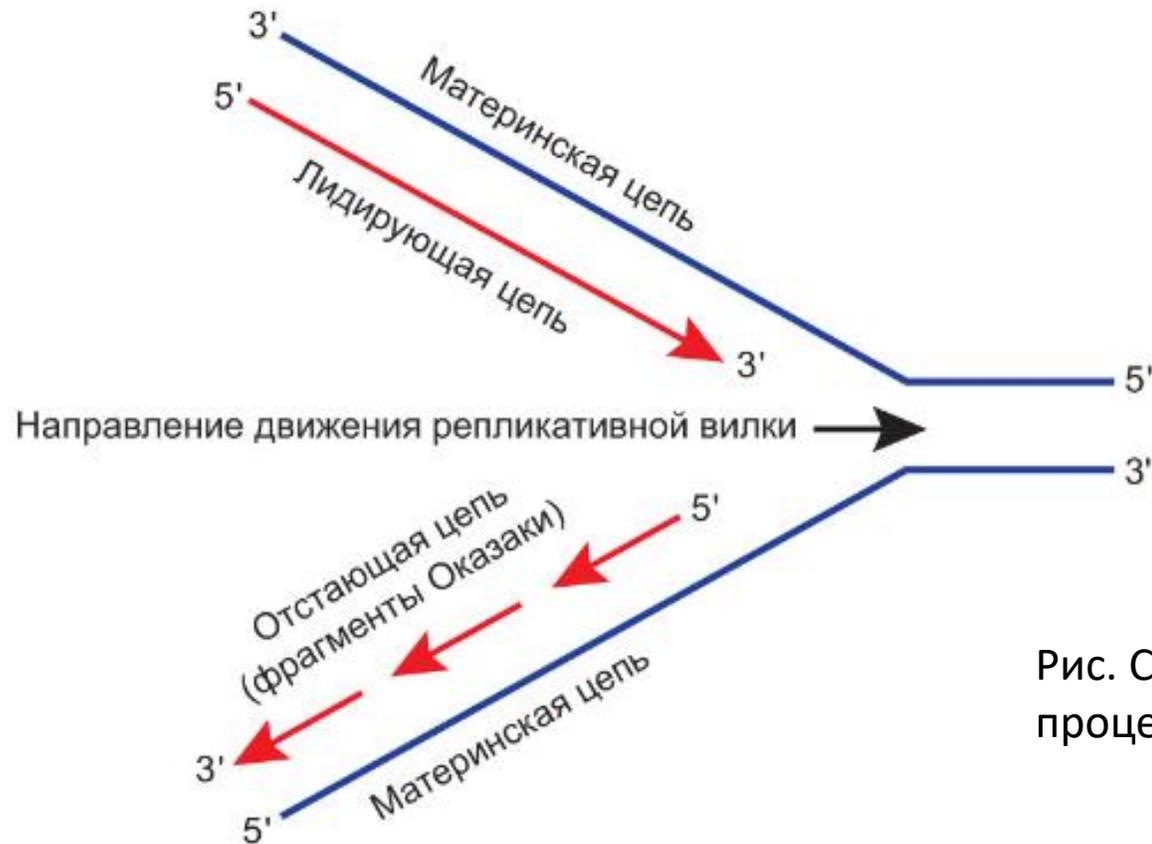
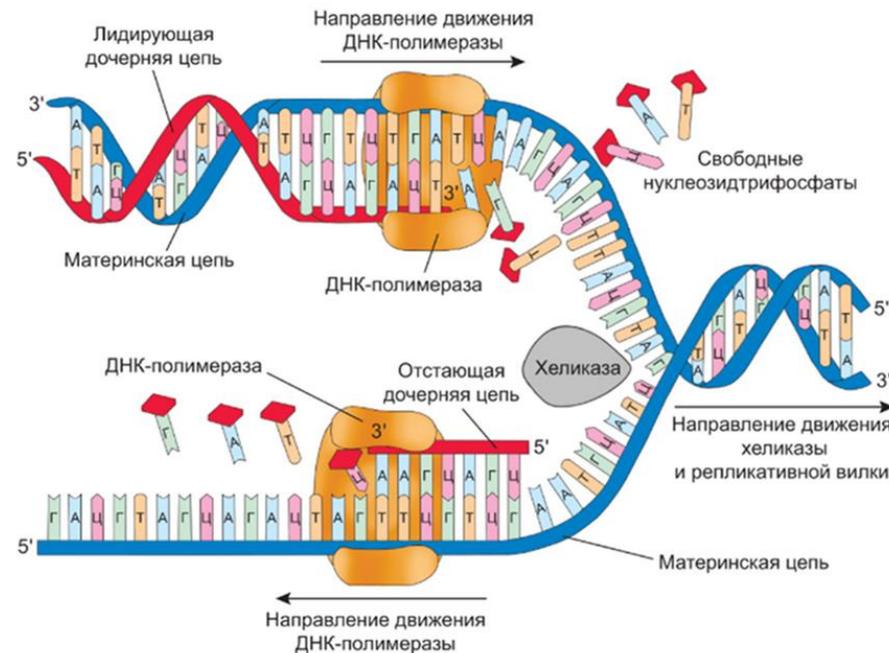


Рис. Схема наращивания дочерних цепей ДНК в процессе репликации.

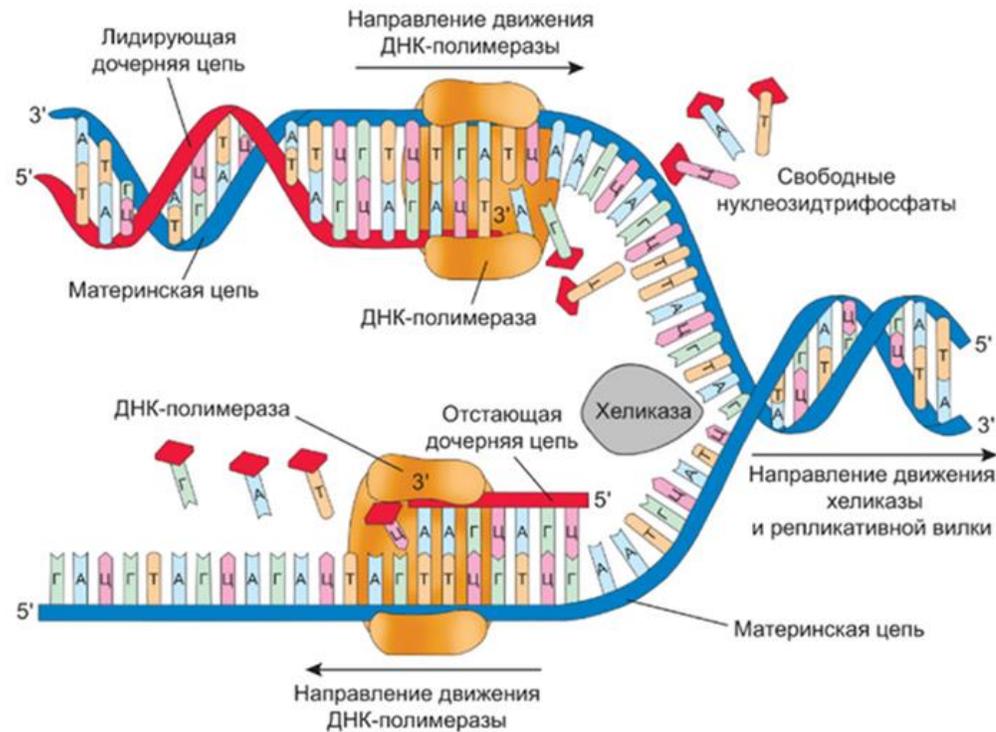


# Третья стадия - терминация (остановка).

**Третья, завершающая стадия — терминация.** С вновь синтезированных молекул ДНК снимаются все белковые факторы, ферменты. Две дочерние молекулы ДНК, идентичные друг другу и исходной материнской молекуле, спирализуются и приобретают соответствующую вторичную структуру. Процесс синтеза ДНК окончен. В состав каждой из них входит одна цепь материнской молекулы ДНК и одна вновь синтезированная дочерняя цепь.

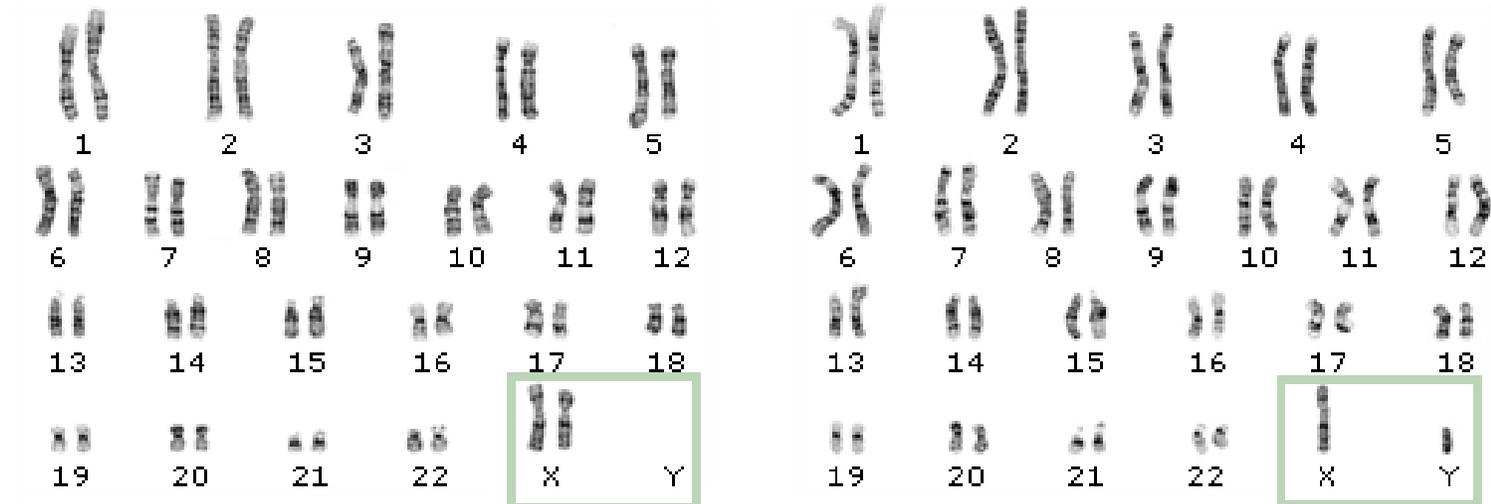


В репликации ДНК, кроме основного фермента **ДНК-полимеразы**, принимают участие многие другие белки-ферменты. Они обеспечивают соединение фрагментов, удаление ошибочных нуклеотидов, спирализацию вновь синтезированных участков. Точность копирования лежит в основе правильности передачи наследственной информации от материнской клетки дочерним клеткам. Весь процесс репликации обеспечивается энергией АТФ.





Хромосомы. Хромосомный набор клетки.



Важная роль в жизненном цикле клетки принадлежит **хромосомам** (от греч. chroma — цвет и soma — тело) — **комплексам молекул ДНК и белков**. Хромосомы — нуклеопротеидные структуры в ядре эукариотической клетки, в которых сосредоточена большая часть наследственной информации и которые предназначены для **её хранения, реализации и передачи**.

Большинство хромосом в интерфазе имеют вид тонких нитей, что делает их невидимыми. После репликации каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые спирализуются, соединяются с белками и приобретают чёткие, хорошо заметные формы.

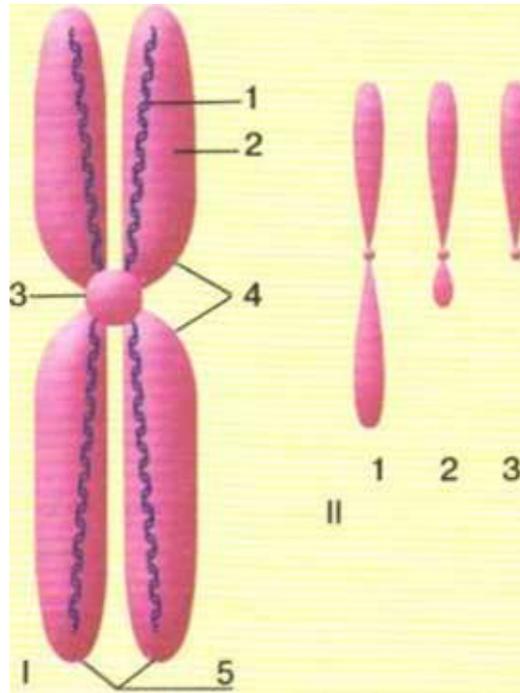
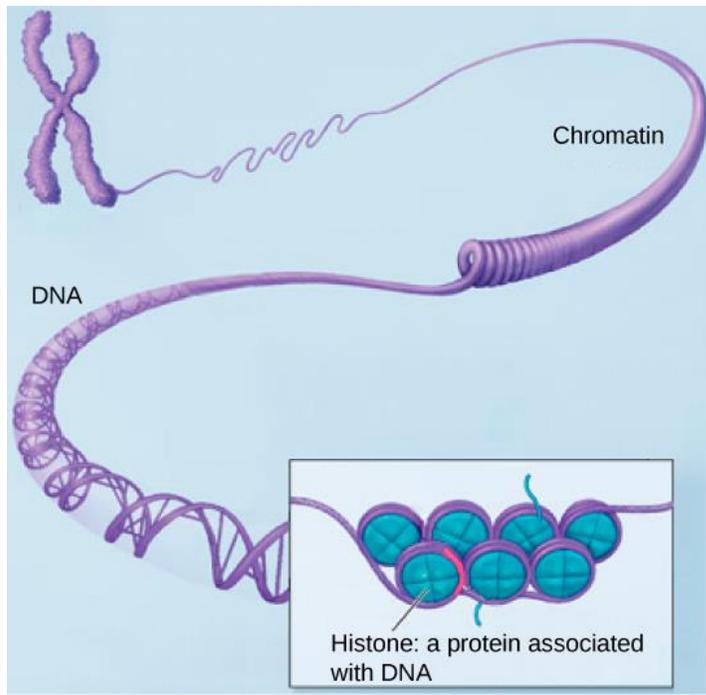


Рис. Схема строения метафазной хромосомы (I): 1 — молекулы ДНК; 2 — белковые компоненты; 3 — центромера; 4 — плечи хромосомы; 5 — сестринские хроматиды. Виды хромосом (II): 1 — равноплечие; 2 — разноплечие; 3 — одноплечие

## Строение хромосом.

Изучение хромосом **эукариотических** клеток показало, что они состоят из длинных нитей молекул **ДНК и белков**.

В **прокариотической** клетке содержится **только одна кольцевая молекула ДНК**, не связанная с **белками**. Поэтому, строго говоря, её нельзя назвать хромосомой. Это **нуклеотид**.

Если бы удалось растянуть нить ДНК каждой хромосомы, то её длина значительно превысила бы размер ядра. Важную роль в упаковке гигантских молекул ДНК играют **ядерные белки — гистоны**. ДНК соединяется с группами ядерных белков, образуя множество повторяющихся структур — **нуклеосом**. Они являются структурными единицами хроматина, плотно упакованы вместе и образуют единую структуру в виде спирали толщиной 36 нм.

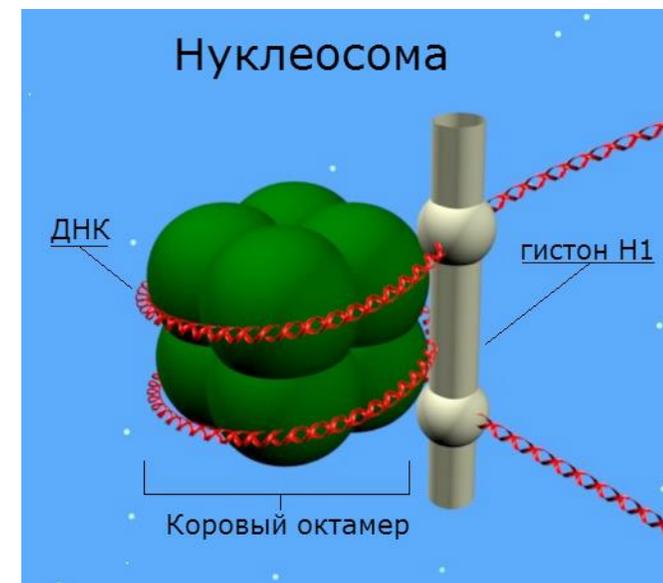
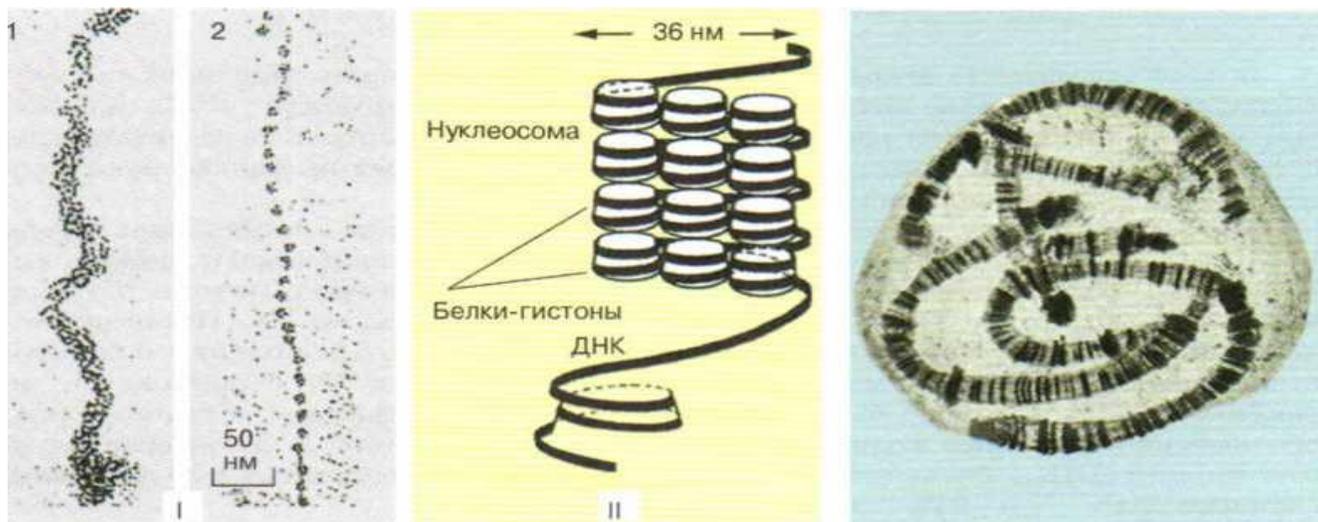


Рис. Строение интерфазных хромосом:  
I — фото. Под электрон. микроскопом.  
II — образование нуклеосомной структуры

Схематическое изображение структуры нуклеосомы

Хромосомы в интерфазе растянуты в виде тонких длинных нитей, они содержат большое количество деспирализованных участков, что делает их практически невидимыми. Перед делением клетки молекулы ДНК реплицируются, и каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые спирализуются, конденсируются с белками и приобретают чёткие формы.

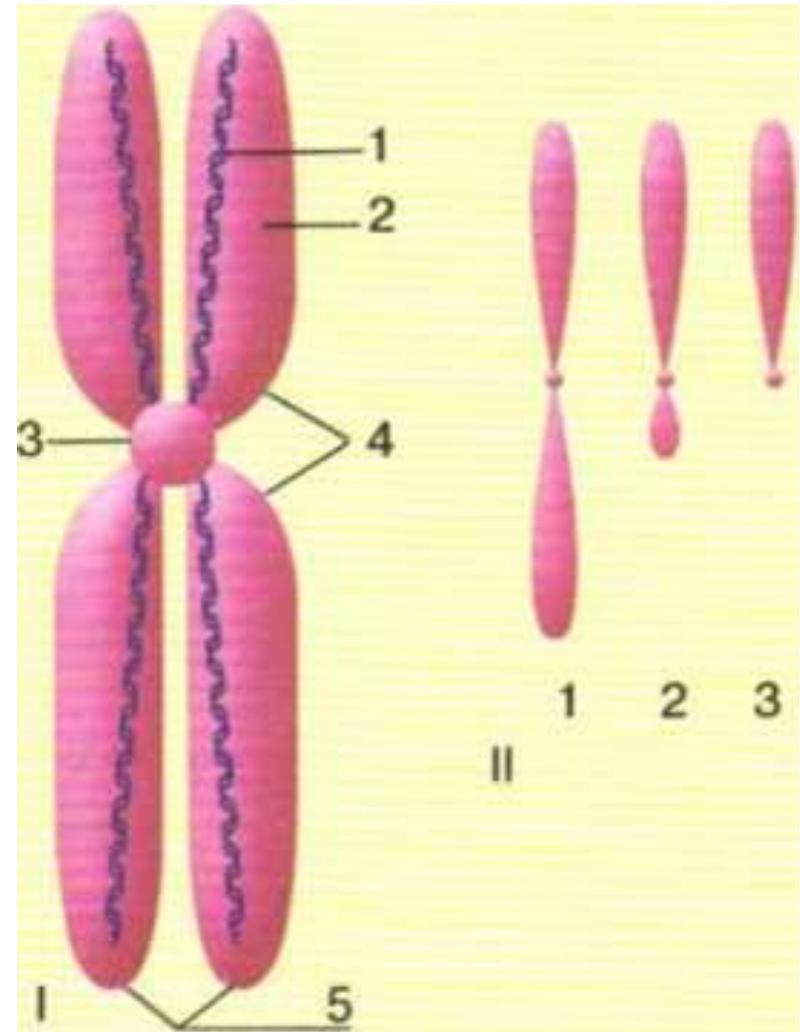


Рис. Схема строения метафазной хромосомы (I): 1 — молекулы ДНК; 2 — белковые компоненты; 3 — центромера; 4 — плечи хромосомы; 5 — сестринские хроматиды. Виды хромосом (II): 1 — равноплечие; 2 — разноплечие; 3 — одноплечие

Две дочерние молекулы ДНК упаковываются порознь и образуют **сестринские хроматиды**. Сестринские хроматиды удерживаются вместе **центромерой** и образуют единую **хромосому**. Центромера (от лат. centrum — срединная точка) — это участок сцепления двух сестринских хроматид, контролирующий движение хромосом к полюсам клетки во время деления.

К этой части хромосом прикрепляются нити веретена деления

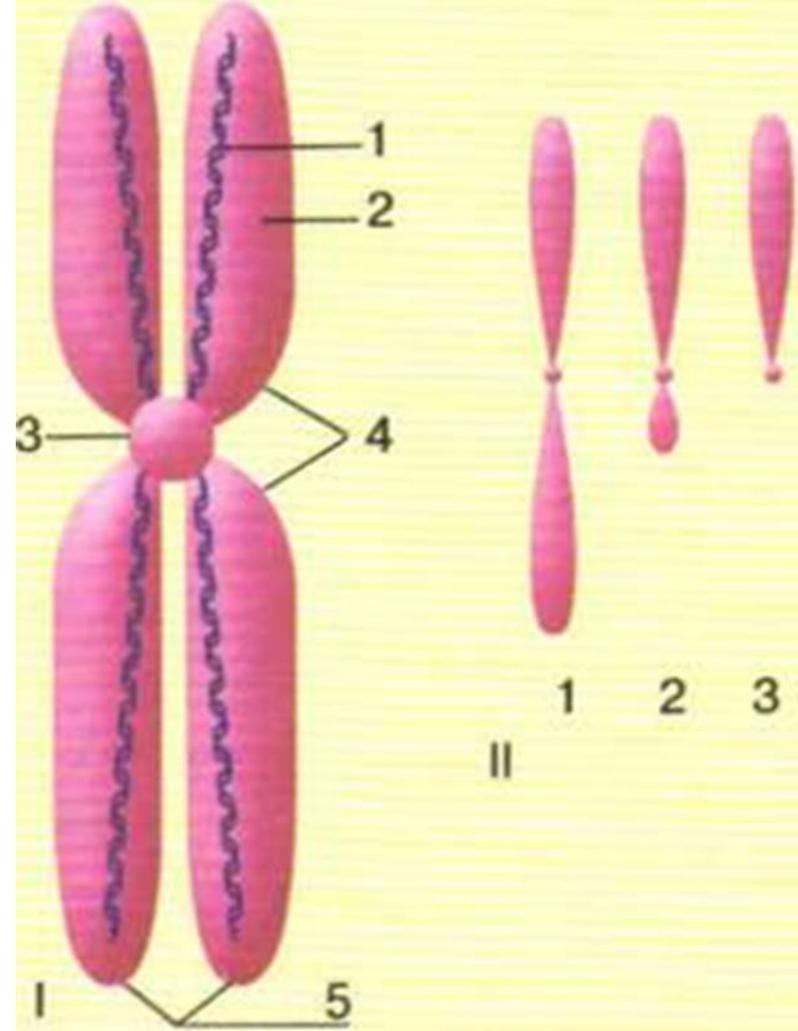


Рис. Схема строения метафазной хромосомы (I): 1 — молекулы ДНК; 2 — белковые компоненты; 3 — центромера; 4 — плечи хромосомы; 5 — сестринские хроматиды. Виды хромосом (II): 1 — равноплечие; 2 — разноплечие; 3 — одноплечие

Идентифицировать хромосомы возможно только в **метафазе митоза**, когда они максимально плотно упакованы, хорошо окрашиваются и видны в световой микроскоп. В это время можно определить их количество в клетке, изучить внешний вид. В каждой хромосоме выделяются плечи хромосом и центромера. В зависимости **от положения центромеры** различаются три типа хромосом — **равноплечие, разноплечие и одноплечие.**

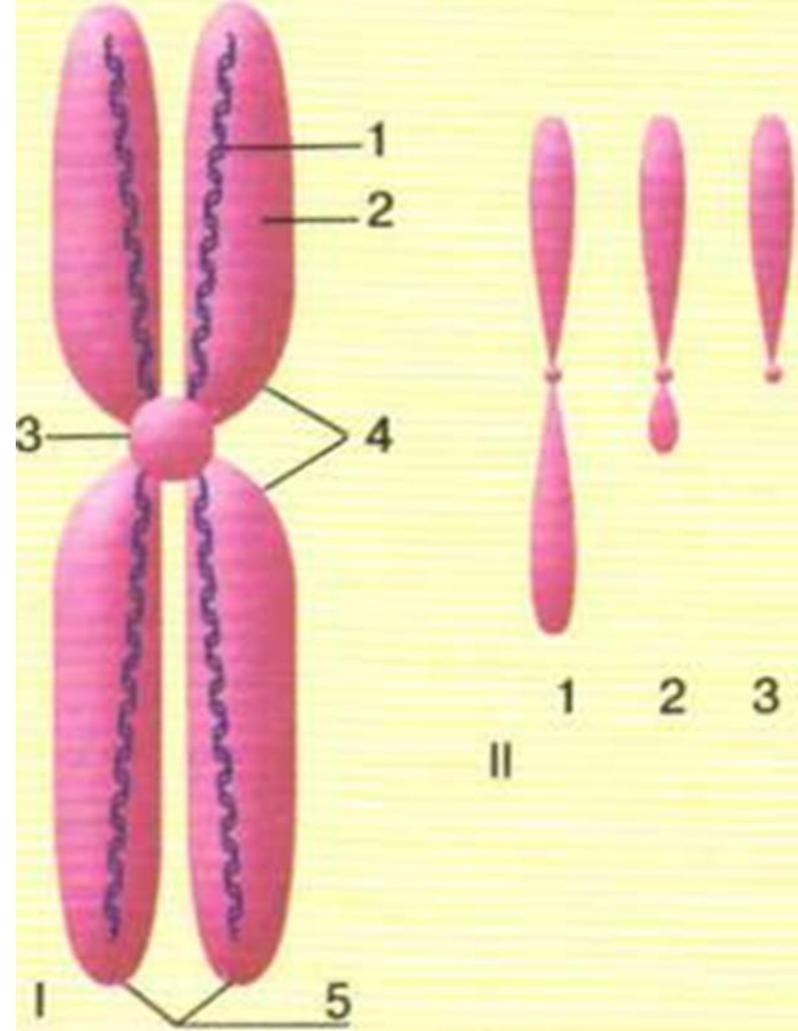
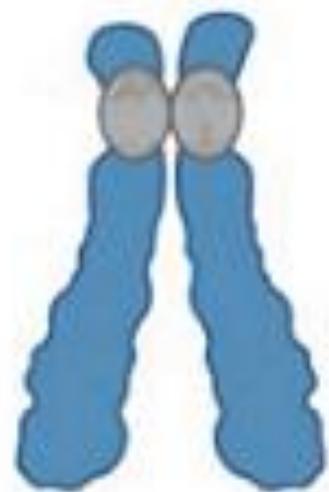


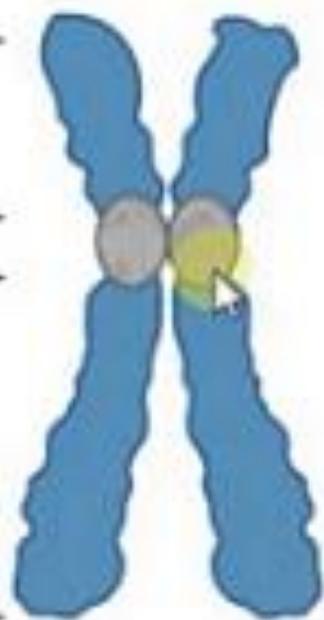
Рис. Схема строения метафазной хромосомы (I): 1 — молекулы ДНК; 2 — белковые компоненты; 3 — центромера; 4 — плечи хромосомы; 5 — сестринские хроматиды. Виды хромосом (II): 1 — равноплечие; 2 — разноплечие; 3 — одноплечие



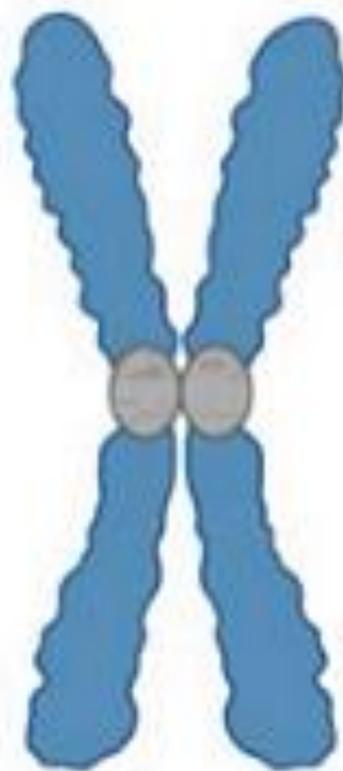
**Акроцентрическая**

короткое  
плечо

длинное  
плечо



**Субметацентрическая**



**Метацентрическая**

## Хромосомный набор клеток.

Клетки каждого организма содержат определённый набор хромосом, совокупность которых в **соматически (неполовых) клетках** называется **кариотипом** (от греч. karyon — ядро и typos — форма). Для каждого вида организмов характерен свой **кариотип**. Хромосомы разных кариотипов отличаются по форме, величине, качеству и набору содержащейся в них генетической информации.

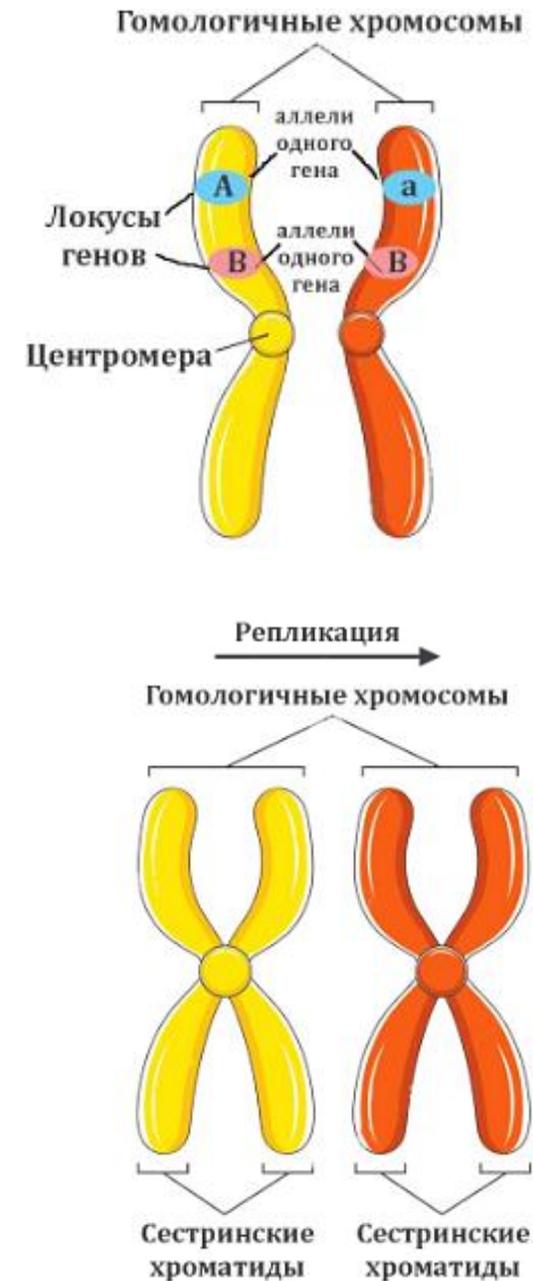
Кариотип **человека** представлен **46 хромосомами**, плодовой мушки дрозофилы — 8, одного из культурных видов пшеницы — 28.

**Хромосомный набор строго специфичен для каждого вида организмов**

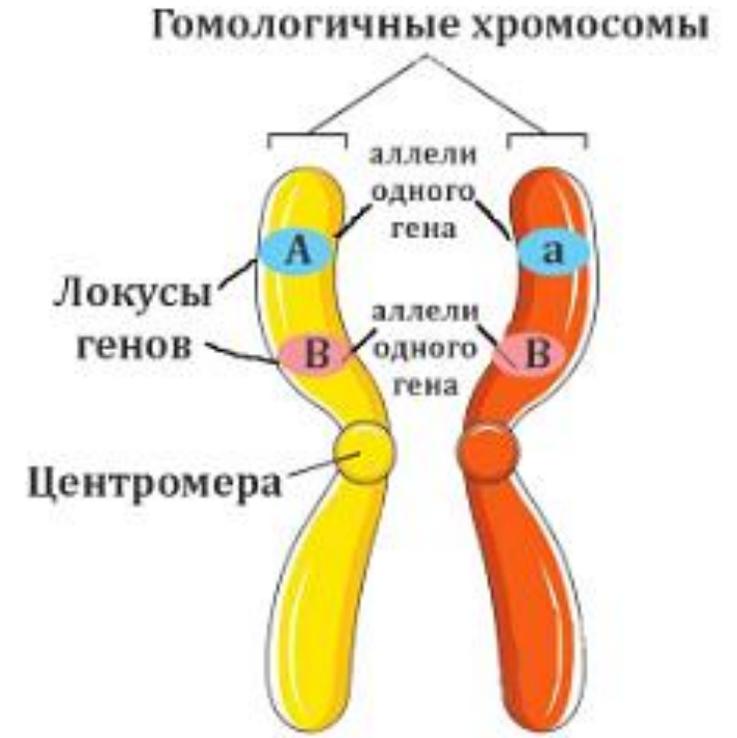


В клетках могут содержаться **двойной и одинарный наборы хромосом**.

- **Двойной, или диплоидный** (от греч. *diploos* — двойной и *eidos* — вид), набор хромосом характеризуется наличием парных хромосом, которые одинаковы по величине, форме и характеру наследственной информации. Парные хромосомы называют **гомологичными** (от греч. *homoios* — одинаковый, подобный). Например, все соматические клетки человека содержат 23 пары хромосом, т. е. 46 хромосом представлены в виде 23 пар. У дрозофилы 8 хромосом образуют 4 пары.
- Парные гомологичные хромосомы внешне очень похожи. Их центromеры находятся в одних и тех же местах, а гены расположены в одинаковой последовательности. Их гены в соответствующих (идентичных) локусах представляют собой **аллельные гены**.

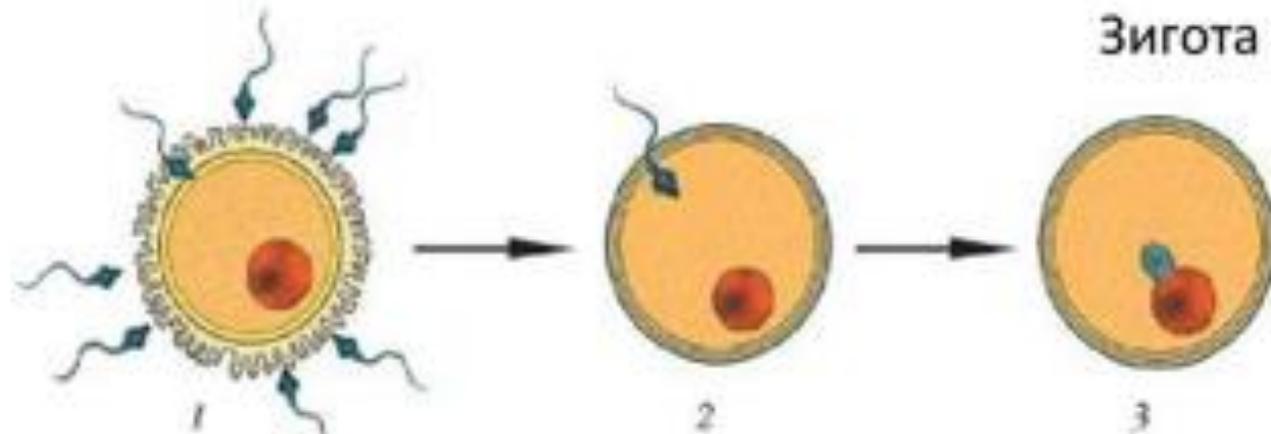


При двуполом размножении **одна гомологичная хромосома наследуется организмом от матери, а другая — от отца.** Гомологичные хромосомы не идентичны друг другу. Они имеют один и тот же набор генов, однако они могут быть представлены как различными (у гетерозигот), так и одинаковыми (у гомозигот) аллелями, то есть формами одного и того же гена, ответственными за проявление различных вариантов одного и того же признака.



В некоторых клетках или организмах может существовать одинарный набор хромосом, который называют **гаплоидным** (от греч. haploos — одиночный, простой и eidos — вид). Парные хромосомы в этом случае отсутствуют, гомологичных хромосом в клетке нет. В **половых клетках** всех организмов всегда содержится **только гаплоидный набор хромосом**.

**Диплоидность** клеток в жизненном цикле восстанавливается при **оплодотворении — слиянии гамет**.



Таким образом, **хромосомный набор клеток (кариотип) каждого организма и вида в целом строго специфичен и является его основной характеристикой.**

Количество генетического материала в клетке описывается не только количеством хромосом, но и количеством молекул ДНК.

Хромосомный набор принято обозначать латинской буквой **n**. Диплоидный набор соответственно обозначается **2n**, а гаплоидный — **n**. Для обозначения количества генетического материала, т. е. числа молекул ДНК, используют латинскую букву **c**. В диплоидном наборе количество ДНК в двуххроматидных хромосомах (после репликации) обозначается **4c**, а в однохроматидных (после митоза) — **2c**. Количество ДНК в гаплоидном наборе двуххроматидных хромосом обозначается **2c**,

а однохроматидных — **c**.

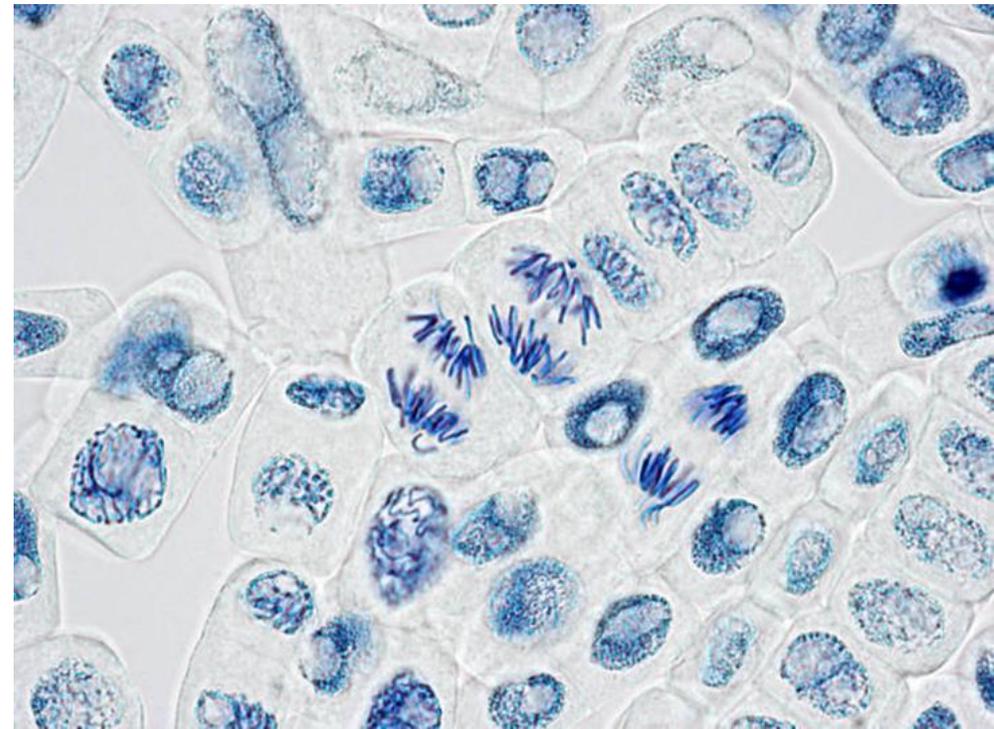
Например:

- $n2c$  – гаплоидный набор двуххроматидных хромосом;
- $2n4c$  – диплоидный набор двуххроматидных хромосом.
- $2n2c$  – диплоидный набор однохроматидных хромосом;

Таблица. Основные периоды клеточного цикла

Период		Содержание наследственного материала в диплоидной клетке	Краткая характеристика
Интерфаза	Пресинтетический ( $G_1$ )	$2n2c$	Рост клетки, образование органоидов, подготовка к репликации
	Синтетический (S)	$2n2c$ (в начале) → → $2n4c$ (в конце)	Репликация ДНК, удвоение центриолей клеточного центра
	Постсинтетический ( $G_2$ )	$2n4c$	Завершение подготовки к делению
Митоз (M)		$2n4c$ (в материнской клетке) → → $2n2c$ (в каждой дочерней клетке)	Деление клетки на две дочерние

# Деление клетки. Митоз



Рост организма осуществляется благодаря делению его клеток. Способность к делению — важнейшее свойство клетки. В результате деления из одной клетки возникают две новые. Таким образом, самовоспроизведение проявляется уже на клеточном уровне. Наиболее распространённый способ деления — **митоз — непрямо́е деление клетки. Митоз** был открыт в 1874 г. русским ботаником **Иваном Дорофеевичем Чистяковым.**



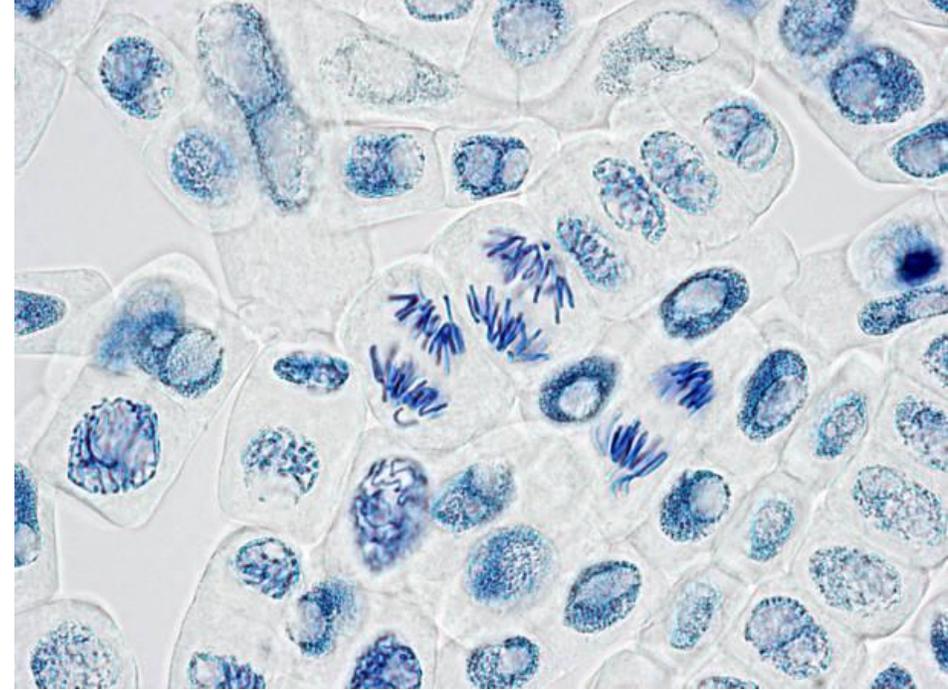
Иван Дорофеевич Чистяков (1843—1877)

**Митоз** (от греч. **mitos** — нить) — это процесс образования двух дочерних клеток с набором хромосом, идентичным исходной материнской клетке. Митотическое деление клеток приводит к увеличению их числа, обеспечивает рост организма, регенерацию, возобновление клеток в процессе их старения. У некоторых организмов митоз лежит в основе их размножения бесполом путём. Например, при вегетативном размножении растений в результате митоза образуются новые органы.

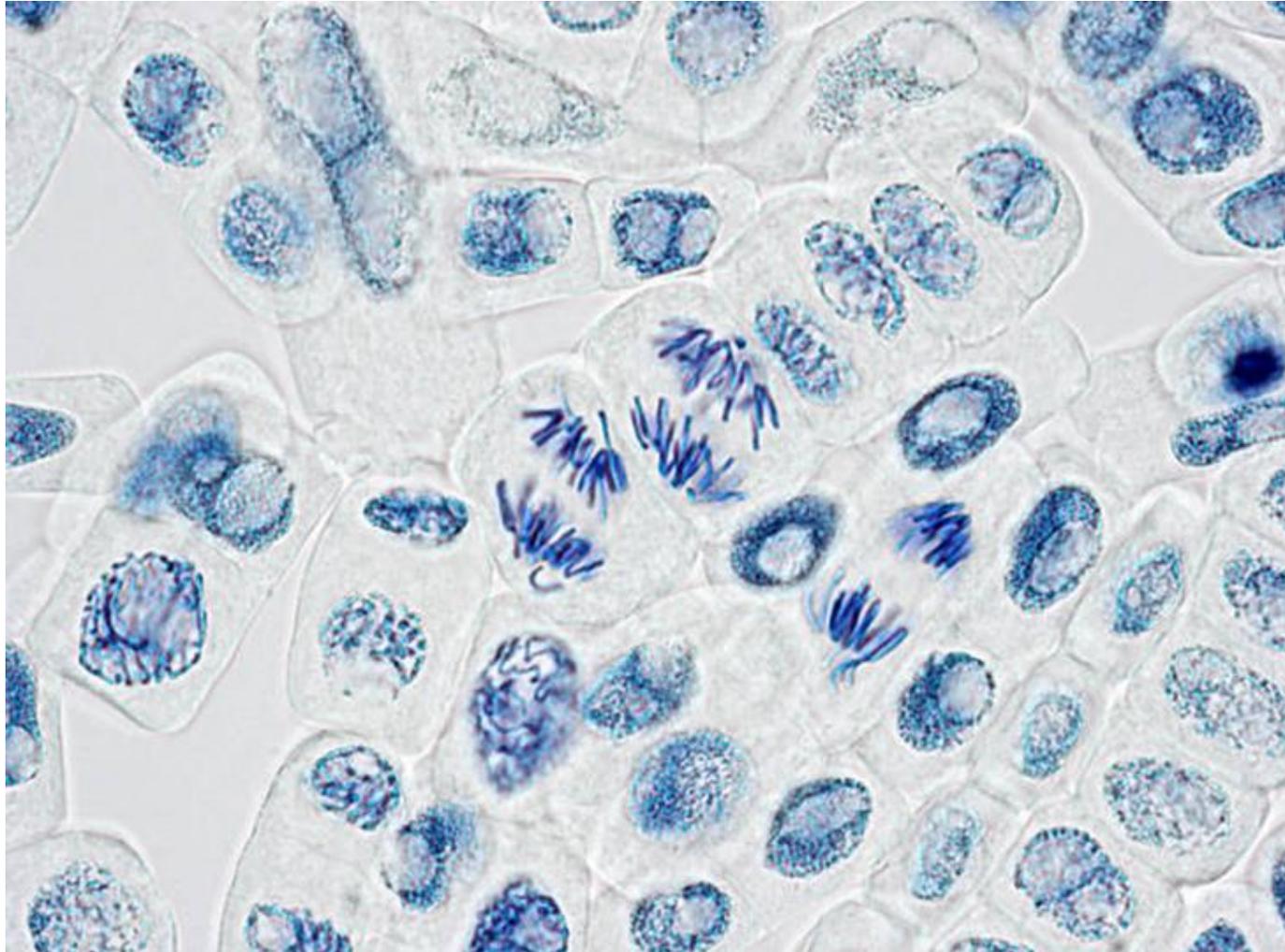
Митоз состоит из двух последовательных процессов: **кариокинеза** — деления ядра, или собственно митоза, и **цитокинеза** — деления цитоплазмы с органоидами.

При **кариокинезе** происходит основное, наиболее важное событие деления — перераспределение хромосом, т. е. молекул ДНК, обеспечивающих передачу наследственной информации двум дочерними клеткам.

В **процессе цитокинеза** осуществляется более или менее одинаковое распределение цитоплазмы и её органоидов между двумя дочерними клетками. Однако это событие не происходит с такой точностью, как процесс кариокинеза.



Митоз обычно можно наблюдать в световой микроскоп на фиксированных препаратах. Современные методы фазово-контрастной микроскопии и микрофотосъёмки дают возможность увидеть его в динамике и в живых клетках.



# Стадии митоза.

Митоз состоит из четырёх последовательных стадий, обеспечивающих равномерное распределение генетической информации и органоидов между двумя дочерними клетками: **профаза**, **метафаза**, **анафаза**, **телофаза**.

**Профаза.** Первая стадия митоза самая продолжительная. Переход из периода  $G_2$  интерфазы в профазу митоза происходит постепенно. Хроматин начинает **конденсироваться (спирализоваться)** и хорошо заметен в микроскоп. Каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид — двух молекул ДНК. Количество хромосом в диплоидной клетке составляет  $2n$ , а число молекул ДНК удвоено и равно  $4c$ . Сестринские хроматиды соединены друг с другом центромерой. Ядерная мембрана и ядрышко распадаются и исчезают.

Центриоли клеточного центра расходятся к полюсам, образуя веретено деления, состоящее из микротрубочек. Микротрубочки располагаются вокруг центриолей в виде «звезды».

**Хромосомный набор  $2n4c$**

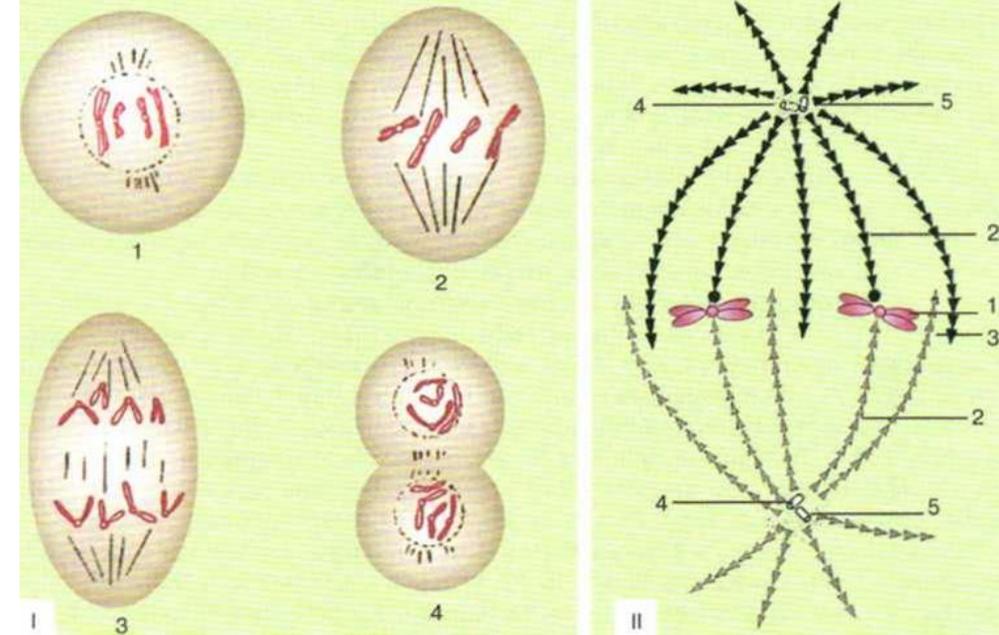


Рис. Стадии митоза (I): 1 — профаза; 2 — метафаза; 3 — анафаза; 4 — телофаза. Схема митотического веретена деления в метафазе (II): 1 — хромосома; 2 — микротрубочки веретена деления; 3 — зона перекрывания микротрубочек; 4 — центриоли; 5 — полюс веретена деления. Микротрубочки связаны с центромерой хромосом, обеспечивают движение хромосом к экватору и их выстраивание на равном расстоянии от полюсов клетки. В местах перекрывания микротрубочки антипараллельны

## Стадии митоза.

**Метафаза.** Во вторую стадию митоза нити веретена деления соединяются с центромерами хромосом и перемещают их в экваториальную зону клетки. В конце метафазы все хромосомы выстраиваются в одной экваториальной плоскости и образуют метафазную пластинку. В этом положении они удерживаются микротрубочками веретена деления.

Каждая хромосома состоит из двух хроматид и имеет перетяжку – центромеру, к которой прикрепляются нити веретена деления.

**Хромосомный набор  $2n4c$**

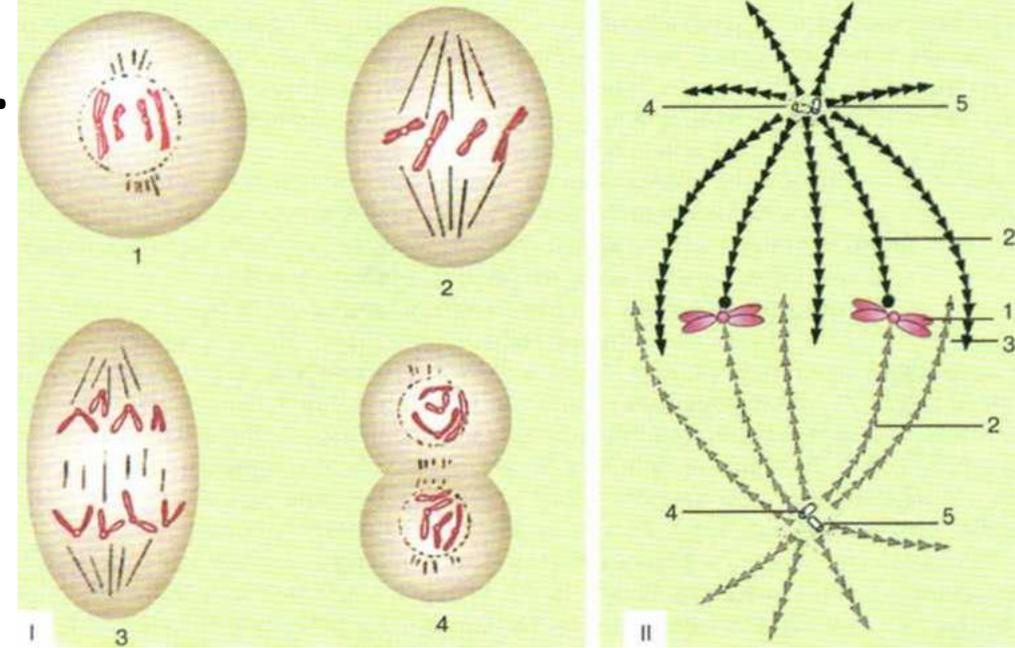


Рис. Стадии митоза (I): 1 — профаза; 2 — метафаза; 3 — анафаза; 4 — телофаза. Схема митотического веретена деления в метафазе (II): 1 — хромосома; 2 — микротрубочки веретена деления; 3 — зона перекрывания микротрубочек; 4 — центриоли; 5 — полюс веретена деления. Микротрубочки связаны с центромерой хромосом, обеспечивают движение хромосом к экватору и их выстраивание на равном расстоянии от полюсов клетки. В местах перекрывания микротрубочки антипараллельны

## Стадии митоза

**Анафаза.** Это довольно короткая стадия. Внезапно сестринские хроматиды всех хромосом одновременно разделяются в местах центромеры. Каждая центромера делится пополам, и хромосома распадается на две хроматиды, которые теперь становятся отдельными хромосомами. С помощью нитей веретена деления начинается движение сестринских хроматид-хромосом к полюсам клетки. У каждого полюса в результате такого движения оказывается столько же хромосом, сколько их было в исходной

**Хромосомный набор  $2n2c$  у полюсов;  $4n4c$  в целой клетке.**

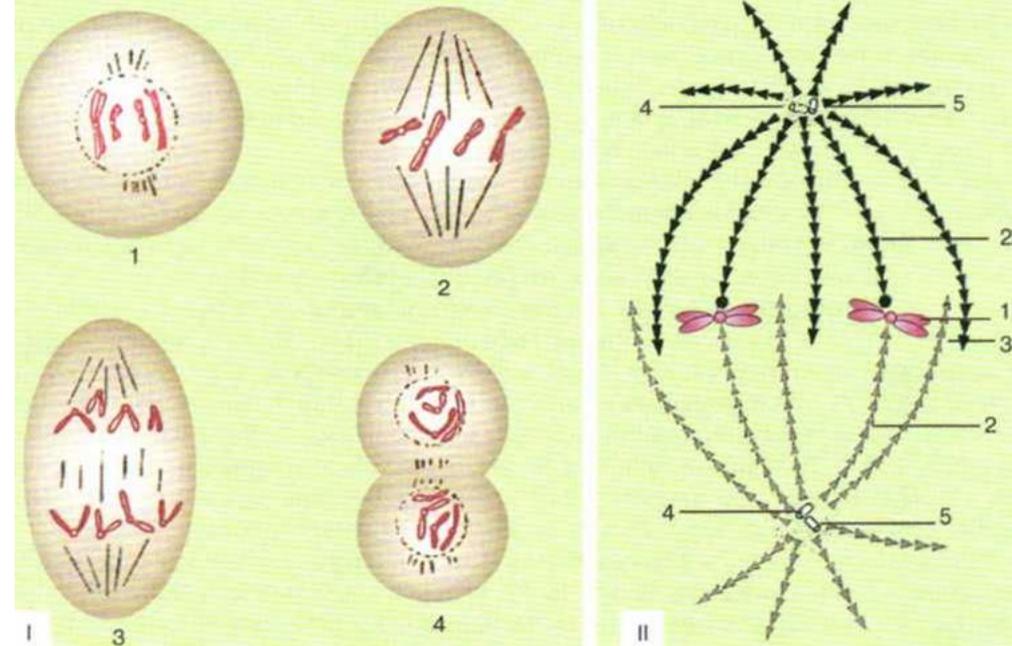


Рис. Стадии митоза (I): 1 — профаза; 2 — метафаза; 3 — анафаза; 4 — телофаза. Схема митотического веретена деления в метафазе (II): 1 — хромосома; 2 — микротрубочки веретена деления; 3 — зона перекрывания микротрубочек; 4 — центриоли; 5 — полюс веретена деления. Микротрубочки связаны с центромерой хромосом, обеспечивают движение хромосом к экватору и их выстраивание на равном расстоянии от полюсов клетки. В местах перекрывания микротрубочки антипараллельны

## Стадии митоза.

**Телофаза.** На последней стадии происходит формирование новых ядер у полюсов клетки. Хромосомы деспирализуются, нити веретена деления исчезают. Вновь формируется ядрышко. Эта стадия завершает процесс деления ядра, который плавно переходит в процесс деления цитоплазмы клетки — цитокинез.

**Хромосомный набор в каждой клетке  $2n2c$ .**

**Цитокинез.** Клеточные органоиды равномерно распределяются по двум полюсам клетки. В экваториальной части плазматическая мембрана образует впячивание, которое втягивается внутрь клетки. В клетке образуется борозда деления — перетяжка из наружной плазматической мембраны, которая постепенно углубляется к центру клетки. В результате этого возникают две новые дочерние клетки, идентичные исходной материнской.

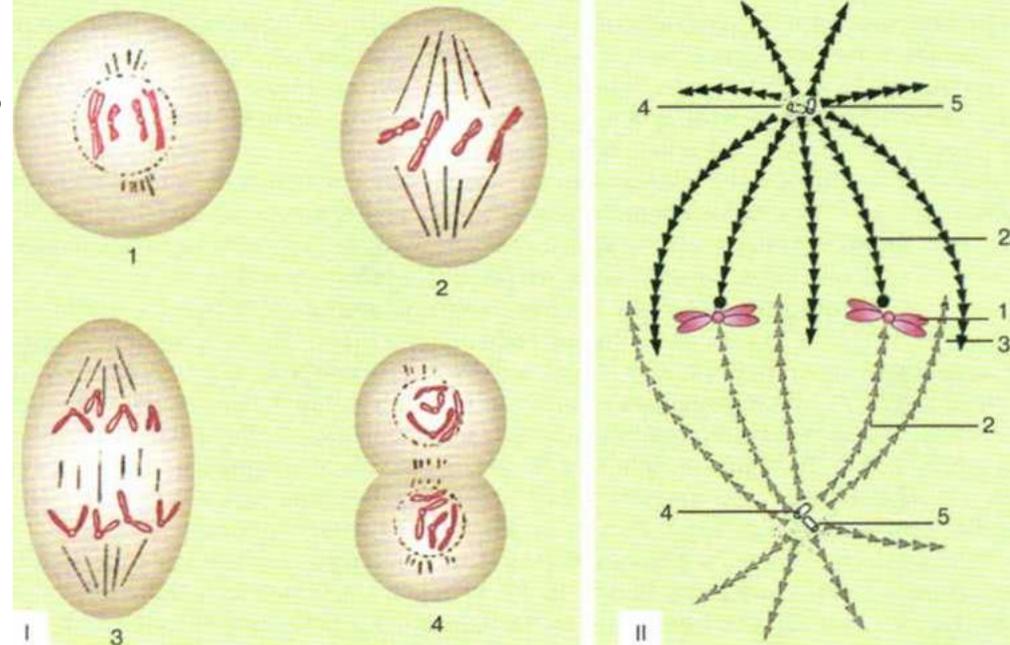
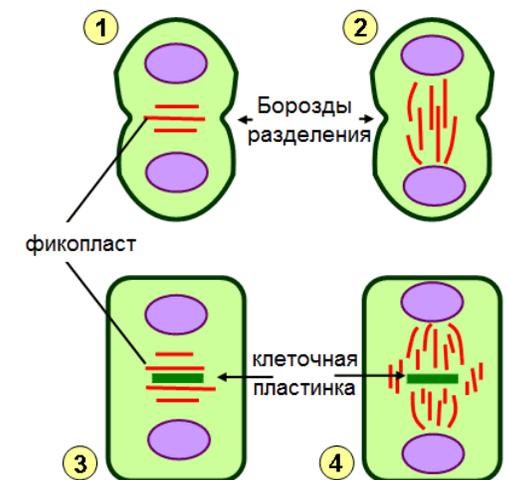


Рис. Стадии митоза (I): 1 — профаза; 2 — метафаза; 3 — анафаза; 4 — телофаза.

Схема митотического веретена деления в метафазе (II): 1 — хромосома; 2 — микротрубочки веретена деления; 3 — зона перекрывания микротрубочек; 4 — центриоли; 5 — полюс веретена деления. Микротрубочки связаны с центромерой хромосом, обеспечивают движение хромосом к экватору и их выстраивание на равном расстоянии от полюсов клетки. В местах перекрывания микротрубочки антипараллельны

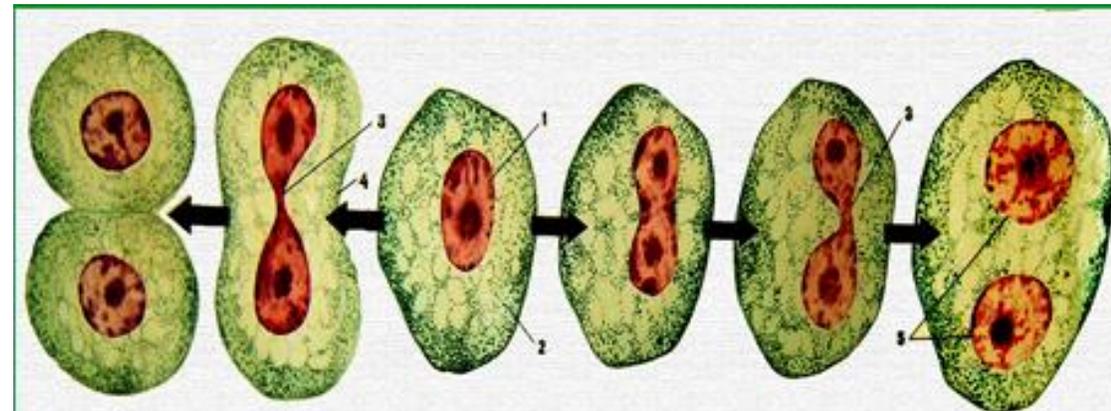
- Весь процесс деления длится от нескольких минут до 3 ч, в зависимости от типа клеток и организма. Продолжительность всего процесса деления клетки в несколько раз короче её интерфазы.
- Митоз в растительных и животных клетках имеет ряд отличий. **Во-первых**, в растительных клетках центриоли отсутствуют, и «звёзды» из микротрубочек не образуются. **Во-вторых**, у растений нити веретена деления исчезают не полностью, а сохраняются в экваториальной зоне. Здесь за счёт содержащегося в аппарате Гольджи формируются клеточная пластинка, которая, разрастаясь, сливается со стенками исходной клетки и разделяет материнскую клетку на две дочерние. Таким образом, впячивания и **перетяжки здесь не образуются**. За счёт целлюлозных волокон, которые придают клетке прочность и эластичность, происходит формирование первичной клеточной стенки.



**Биологический смысл митоза** заключается в обеспечении постоянства числа хромосом и идентичности наследственной информации исходной материнской клетки и вновь возникающих клеток. Кроме того, благодаря митозу увеличивается количество клеток, происходит рост тканей и органов.

# АМИТОЗ

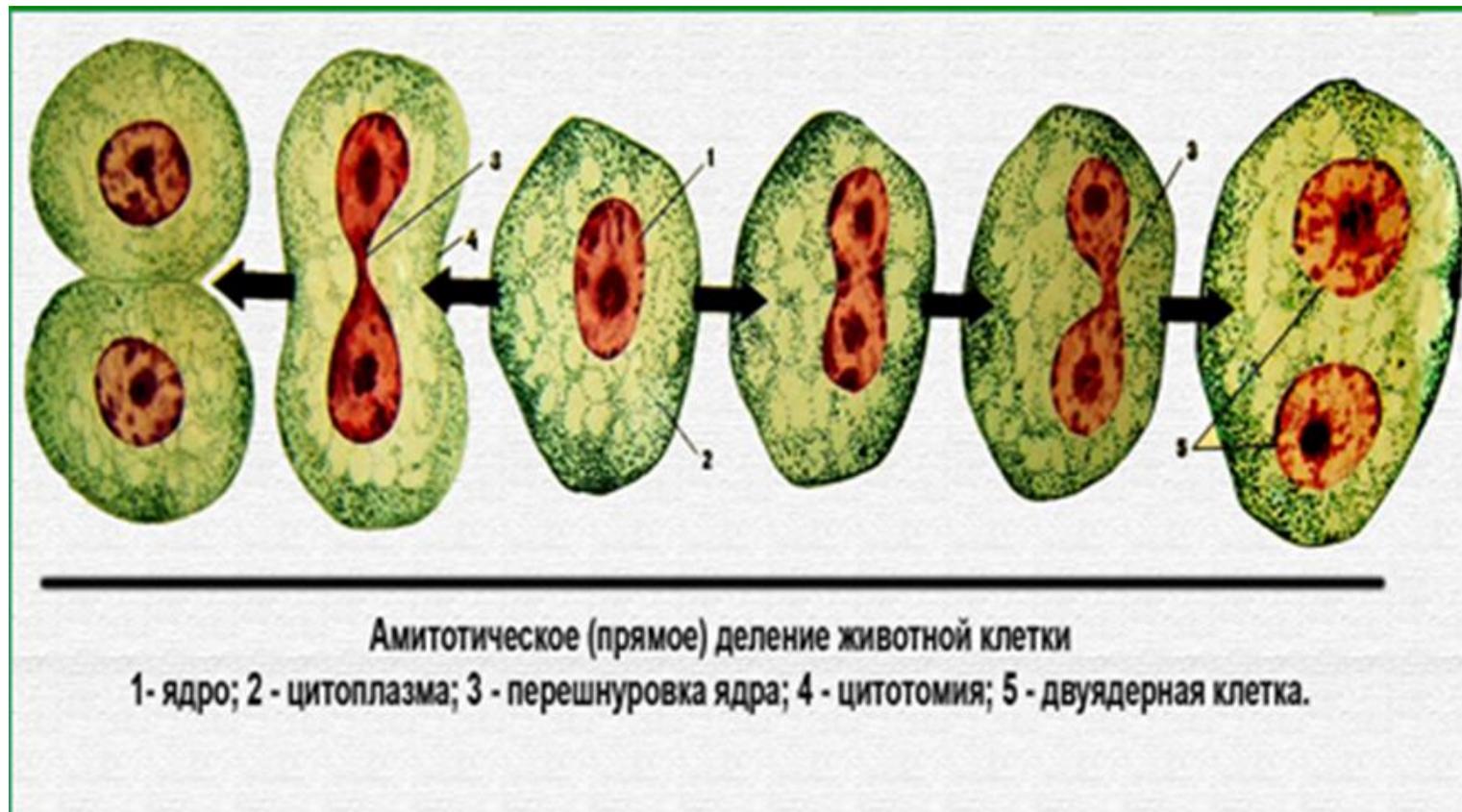
**АМИТОЗ.** Иногда встречается и другой вид деления клетки — амитоз (от греч. а — отрицательная частица и mitos — нить) — прямое деление ядра, без образования видимых хромосом и веретена деления. При амитозе ядро клетки сохраняет интерфазное строение и хромосомы не спирализуются. Ядро перешнуровывается перетяжкой, поэтому строго равноценного распределения генетической информации между дочерними клетками при амитозе не происходит. Амитоз может сопровождаться делением клетки, а может ограничиваться лишь делением ядра без разделения цитоплазмы, что приводит к образованию дву- и многоядерных клеток.



Амитотическое (прямое) деление животной клетки

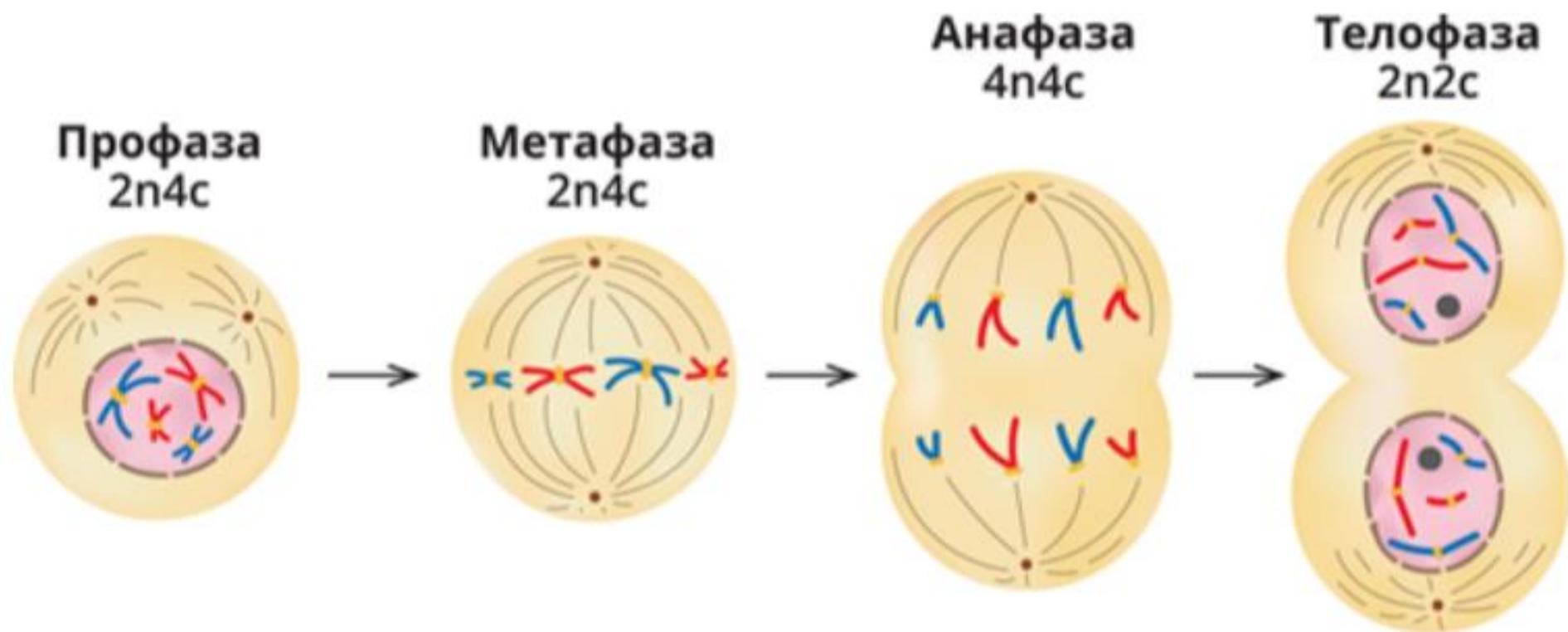
1- ядро; 2 - цитоплазма; 3 - перешнуровка ядра; 4 - цитотомия; 5 - двуядерная клетка.

Амитоз распространён у простейших, низших грибов, в клетках специализированных тканей высших животных и человека, например хрящевой ткани и роговицы глаза. Амитозом делятся также клетки раковых опухолей. В биологическом смысле амитоз представляет собой неполноценное деление клеток, утративших способность к митозу.



# Для митоза:

Фаза	Количество хромосом, $n$	Количество ДНК, $c$
$G_1$	$2n$	$2c$
S	$2n$	$4c$
$G_2$	$2n$	$4c$
Профаза	$2n$	$4c$
Метафаза	$2n$	$4c$
Анафаза	$4n$	$4c$
Телофаза	$2n$	$2c$



Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разрушение ядерной оболочки.</li> <li>2. Спирализация хромосом.</li> <li>3. Расхождение центриолей к полюсам.</li> <li>4. Образование веретена деления.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расположение хромосом на экваторе клетки.</li> <li>2. Прикрепление нитей веретена деления к центромерам.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разделение хромосом.</li> <li>2. Расхождение однохроматидных хромосом к полюсам.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исчезновение веретена деления.</li> <li>2. Формирование ядерной оболочки.</li> <li>3. Деспирализация хромосом.</li> <li>4. Цитокинез.</li> <li>5. Образование двух дочерних клеток, идентичных материнской.</li> </ol>
$2n4c$	$2n4c$	$4n4c$	$2n2c$
