

Клеточный цикл. Репликация.

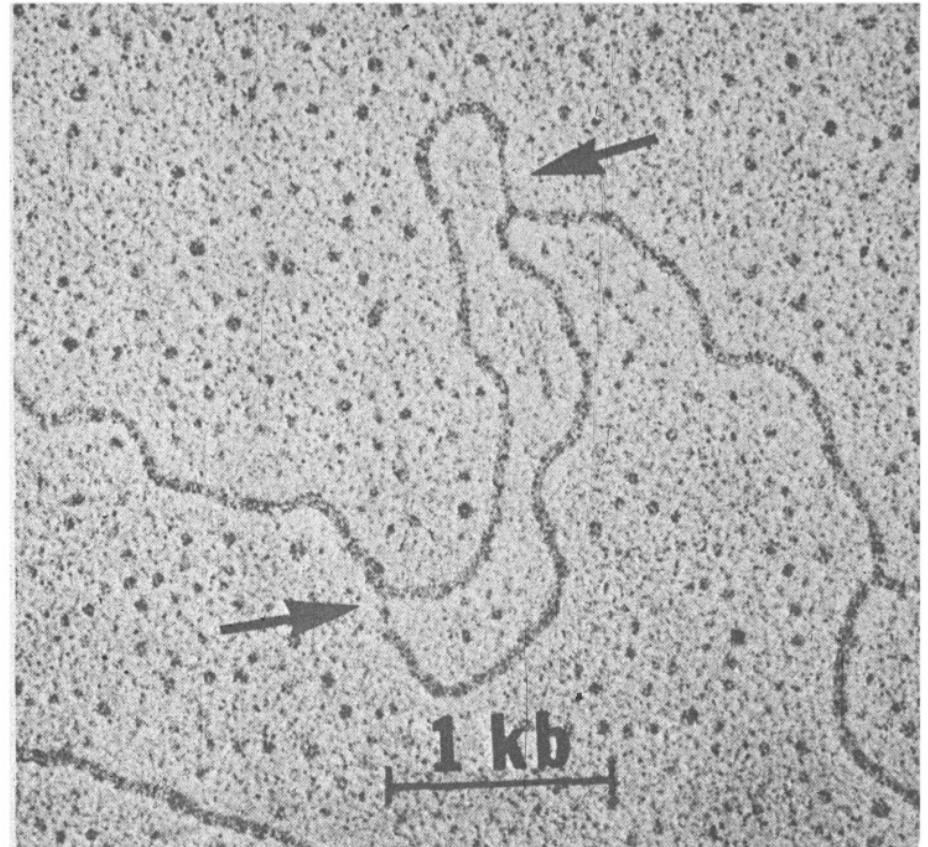
Точка начала репликации (origin replication=**ori**) – место, куда могут сесть ферменты репликации.

Два комплекса ферментов от точки репликации начинают движение в разные стороны. Если ДНК кольцевая, и есть только одна точка **ori**, то говорят, имеется один **репликон**, т.е. ферментативные комплексы пройдут равный путь и встретятся.

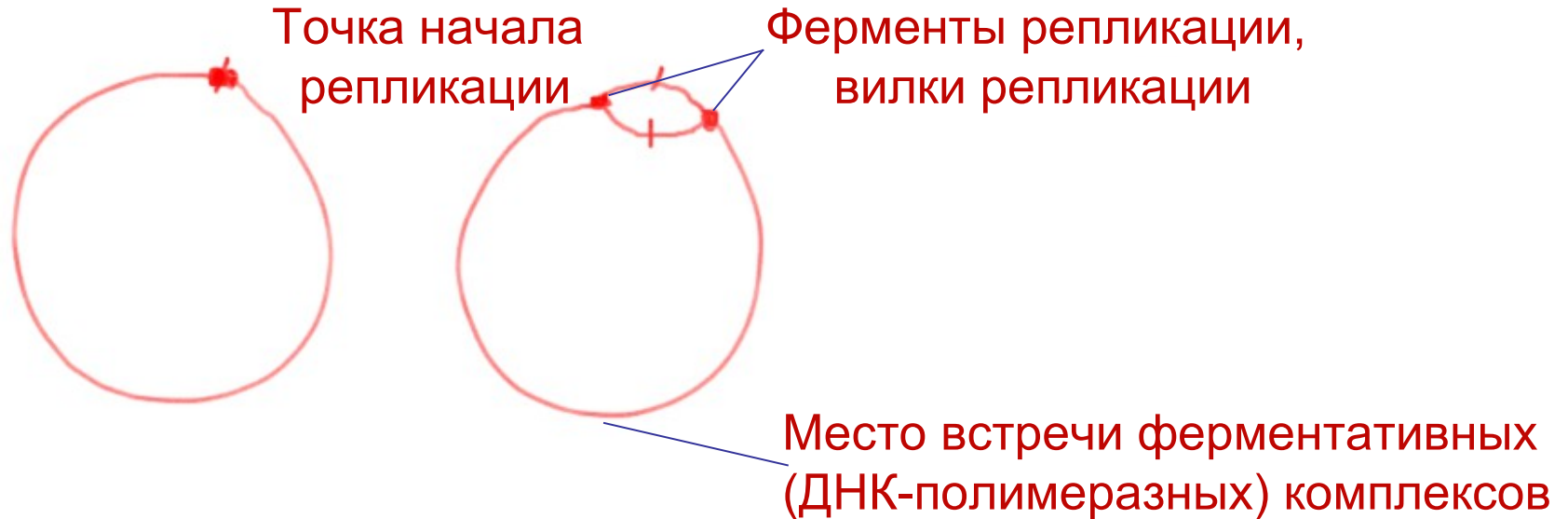
У прокариот кольцевая молекула ДНК и один репликон.

Хроматиновая фибрилла во время репликации.

Стрелками указаны **вилки репликации**



Репликация у прокариот



У кишечной палочки, *E. coli*, размер генома $4,6 \times 10^6$ п. н. Скорость движения репликативной вилки около 1000 п.н. в секунду. Время репликации всей молекулы ДНК примерно 40 минут.

Скорость движения репликативной вилки у эукариот- 50 п.н./с. Их молекулы ДНК более длинные, например, длина ДНК первой хромосомы человека – 250×10^6 п.н.

На репликацию такой молекулы с одной точкой **ori** понадобилось бы почти 140 часов, т.е. около 6 суток!

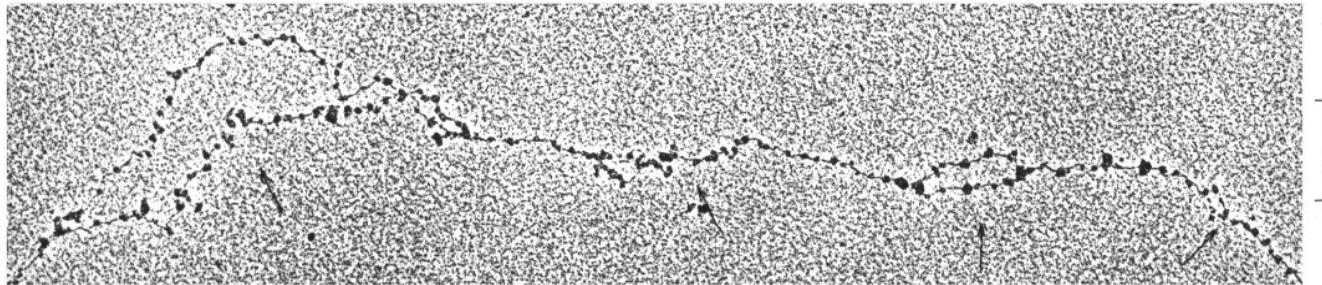
Какой выход?

Создать много точек **ori**: у млекопитающих их 2×10^5 - 2×10^6 .



Если количество точек начала репликации $2 \times 10^5 - 3 \times 10^6$, то надо в два раза больше комплектов ферментов. Сразу надо много нуклеотидов, нужна энергия для синтеза нуклеотидов, белков хроматина.

И клетка приступает к репликации разных репликонов по очереди. Т.е. существует расписание репликации.



Разные репликоны вступают в репликацию не одновременно

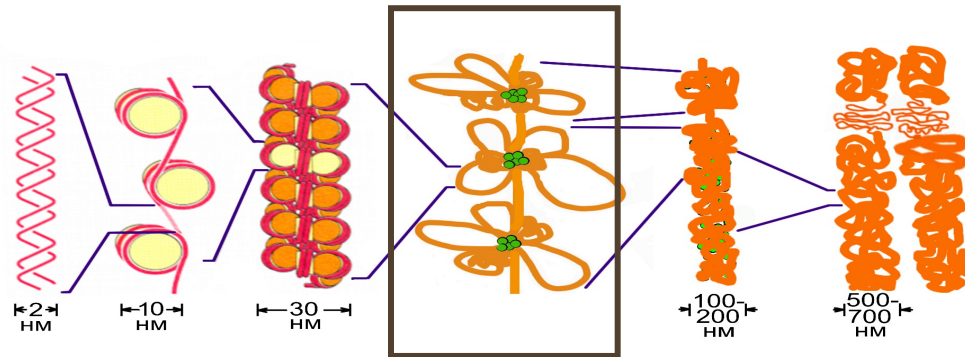
Расписание репликации.

Вначале удваиваются участки, в которых идет транскрипция в данной клетке.

В последнюю очередь реплицируются районы, которые в данной клетке не транскрибируются.

Только в ранних зародышах репликация может идти сразу во всех репликонах одновременно, т.к. клетки пользуются запасами, созданными яйцеклеткой.

При репликации хроматин остается на 3 уровне упаковки.



Митоз- деление ядра (клетки), при котором каждое из дочерних ядер получает генетическую информацию, идентичную генетической информации материнской клетки

Профаза – конденсация хромосом, преобразование ядерной оболочки

Исчезновение ядерной оболочки

Прометафаза – конгрессия хромосом

Метафаза – проверка правильности прикрепления кинетохоров

Разделение хроматид в центромерном районе

Анафаза – расхождение хромосом к полюсам и раздвигание полюсов

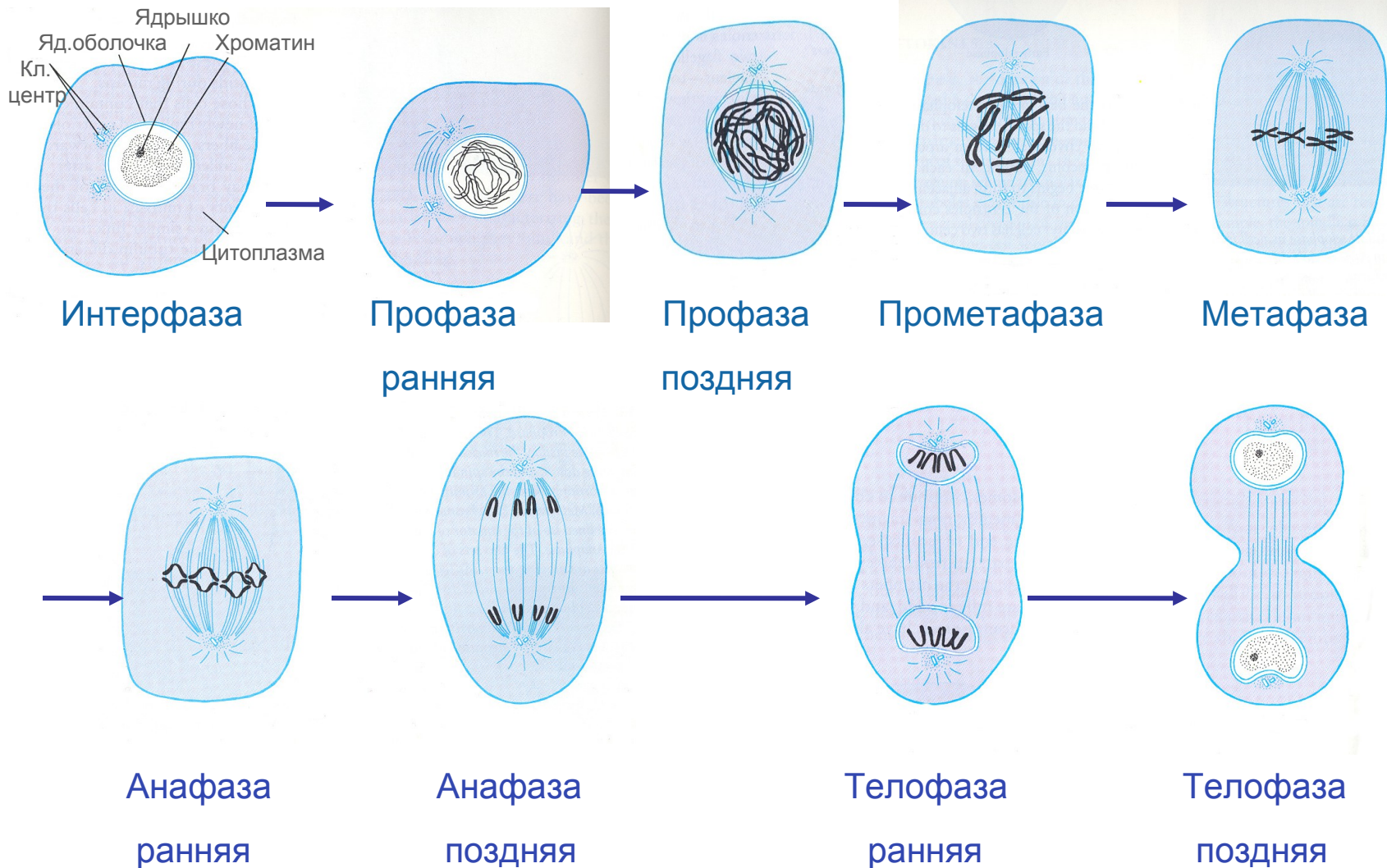
Образование ядерной оболочки

Телофаза – деконденсация хромосом

(Цитокинез)

Деление клетки: Митоз + Цитокинез = цитотомия

Схема деления животной клетки



События митоза

Конденсация-деконденсация хромосом, образование кинетохора

Разрушение и сборка ядерной оболочки

Образование двух полюсов, движение полюсов в профазе и анафазе

Взаимодействие микротрубочек с хромосомами

Движение хромосом в прометафазе и анафазе

Цитокинез – разделение цитоплазмы

События митоза

Конденсация-деконденсация хромосом, образование кинетохора

Разрушение и сборка ядерной оболочки

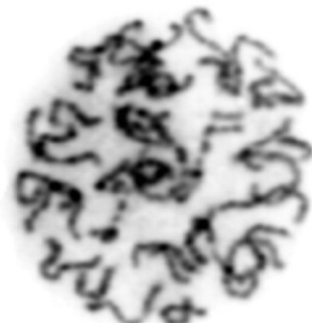
Образование двух полюсов, движение полюсов в профазе и анафазе

Взаимодействие микротрубочек с хромосомами

Движение хромосом в прометафазе и анафазе

Цитокинез – разделение цитоплазмы

Конденсация хромосом в профазе-метафазе (с 4 до 5 уровня)



Профаза



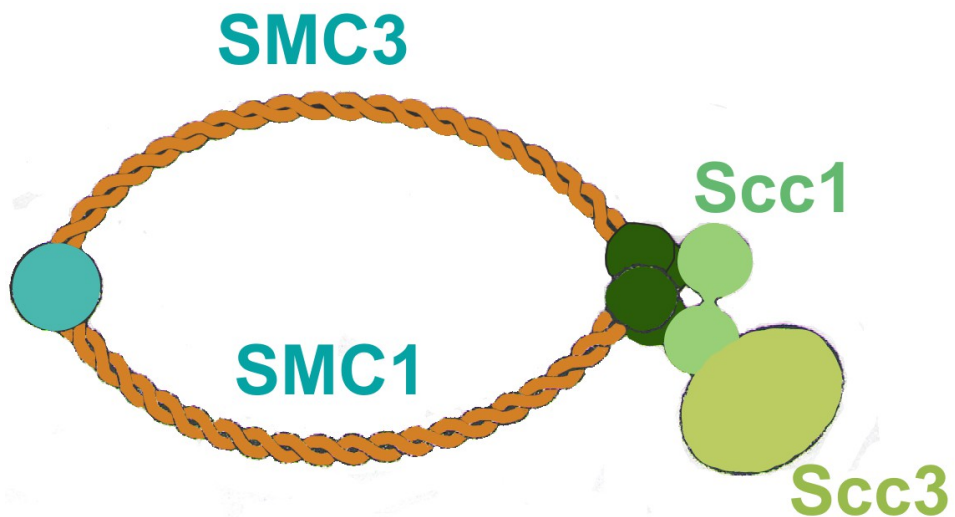
Прометафаза



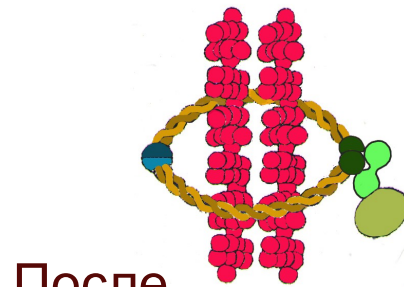
«Метафаза»

Когезин обеспечивает правильную

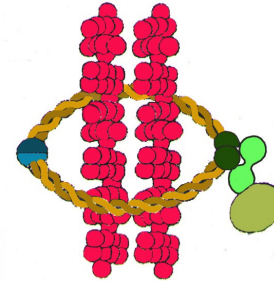
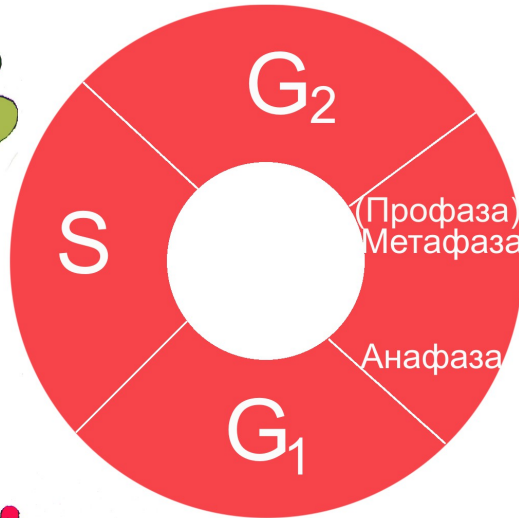
сегрегацию
сестринских
хроматид



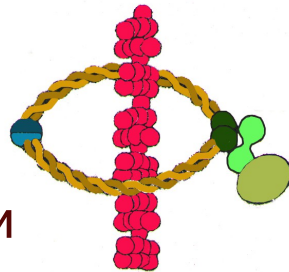
У позвоночных в ранней профазе когезин разрушается в хромосомных плечах, оставаясь только в области кинетохора



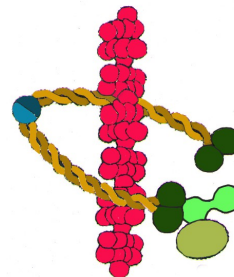
После репликации сестринские хроматиды остаются вместе



В анафазе активируется фермент, который разрезает белок Scc1 и когезиновое кольцо раскрывается

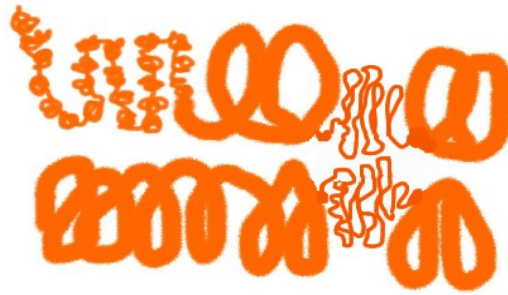


Адгезин и др. белки способствуют замыканию кольца

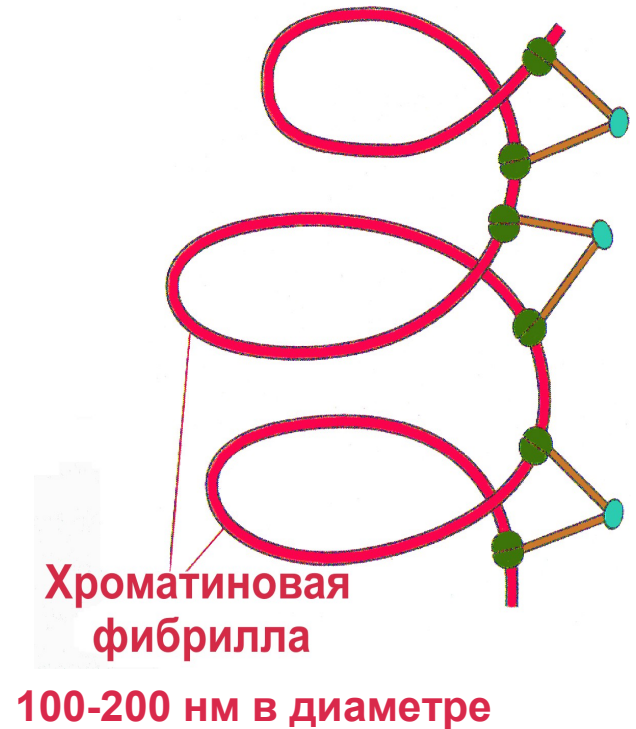
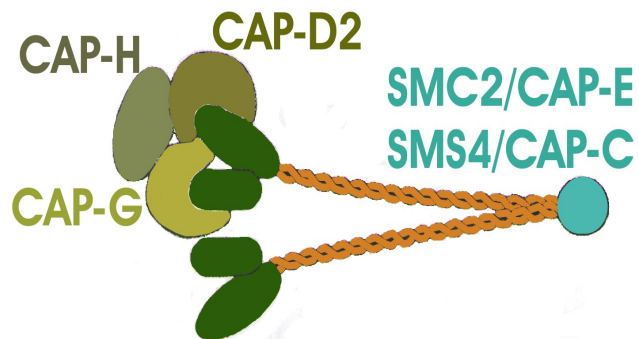


В телофазе когезин связывается с хроматином

Метафазная хромосома находится на 5 уровне упаковки.



Упаковку с 4 до 5 уровня обеспечивает белок **конденсин**



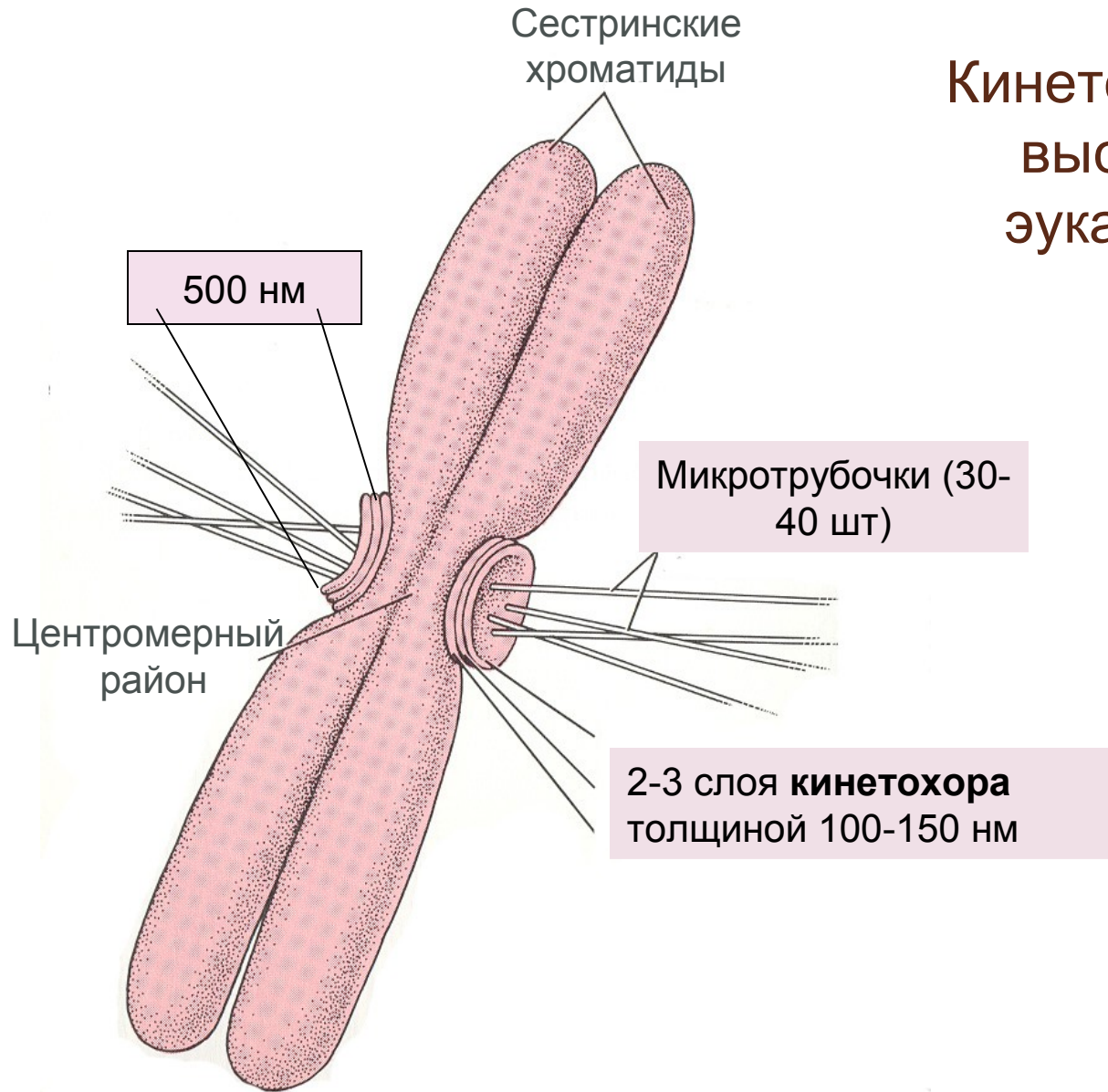
Кинетохор – это скопление нескольких десятков белков, которые начинают собираться над центромерным районом каждой сестринской хроматиды, начиная с профазы и к началу прометафазы формируют 2 или 3 слоя.

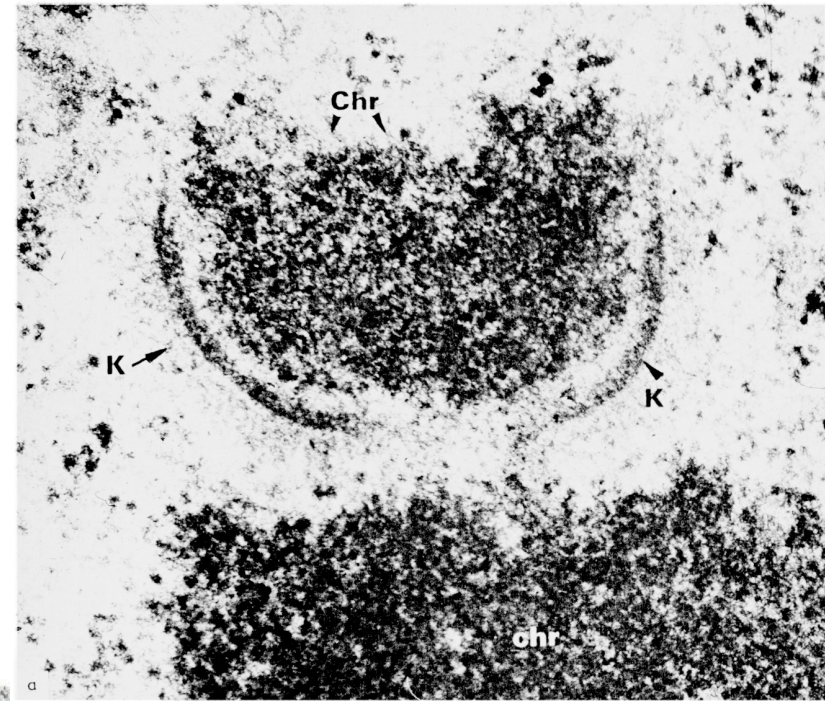
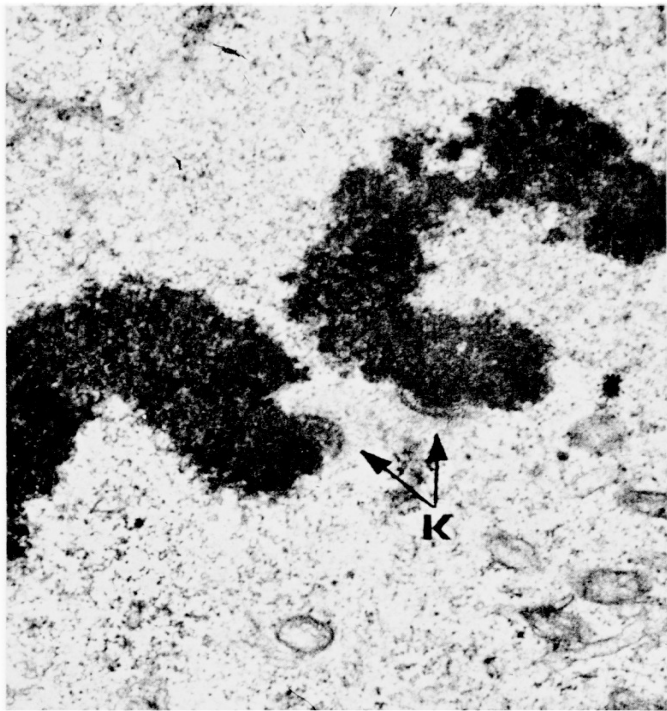
Кинетохор отвечает за прикрепление микротрубочек.

Функции центромерного района и кинетохора

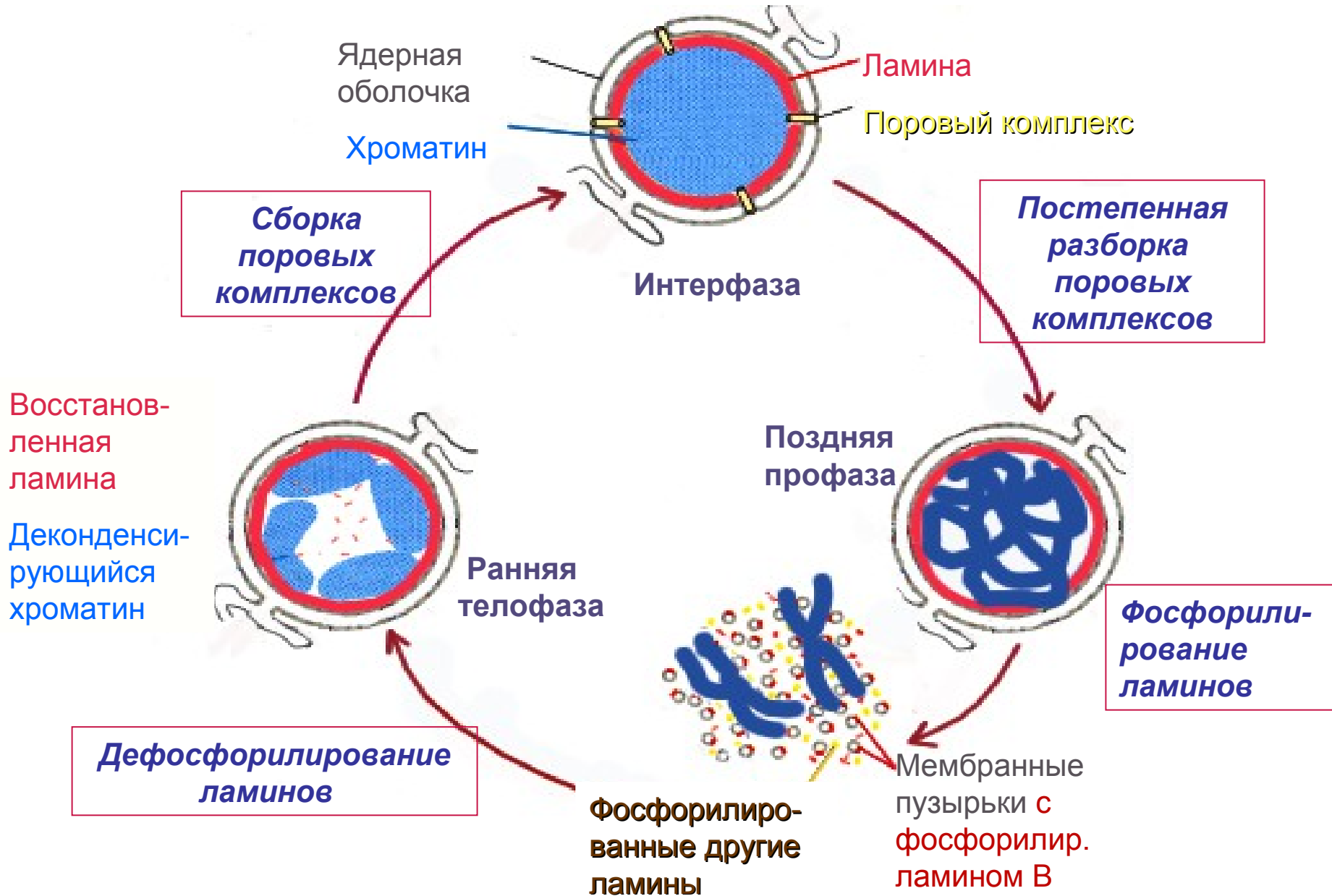
1. **Захват и удержание микротрубочек**
2. **Связывание микротрубочек**
3. **Соединение сестринских хроматид.**

Кинетохоры высших эукариот

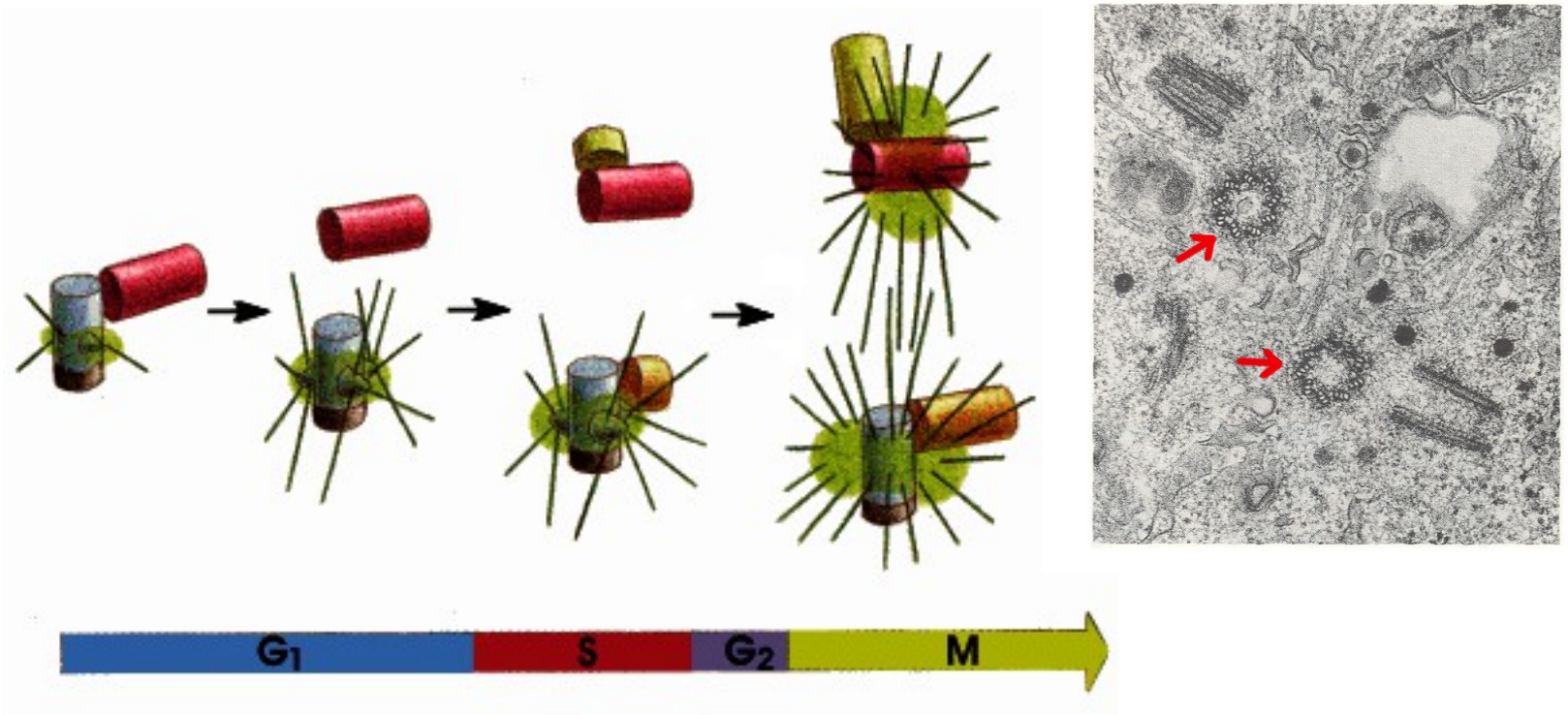




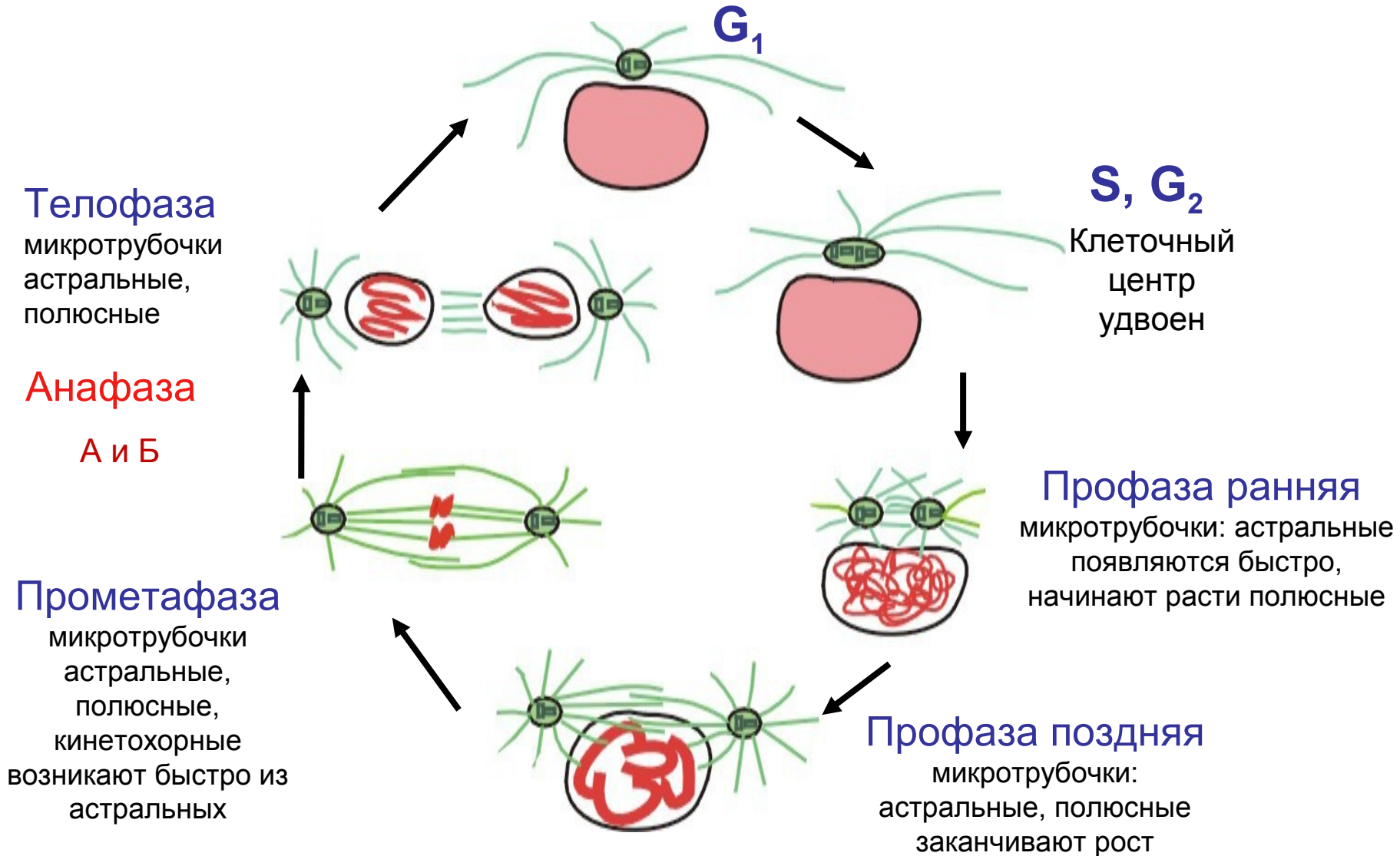
Ядерная оболочка в клеточном цикле



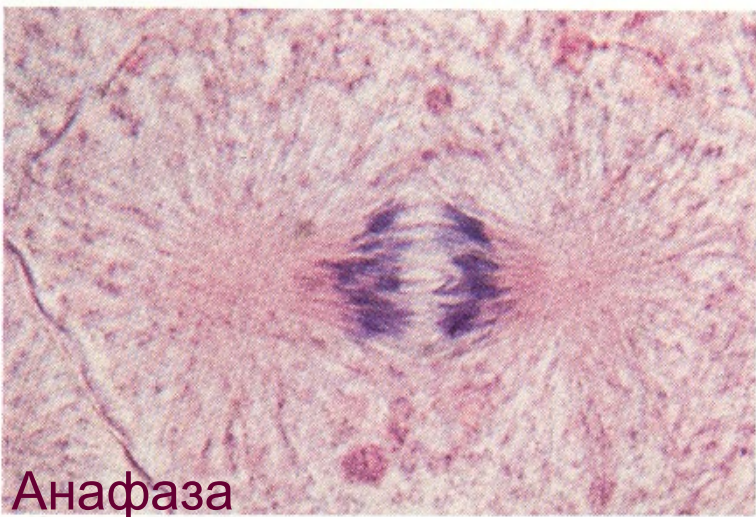
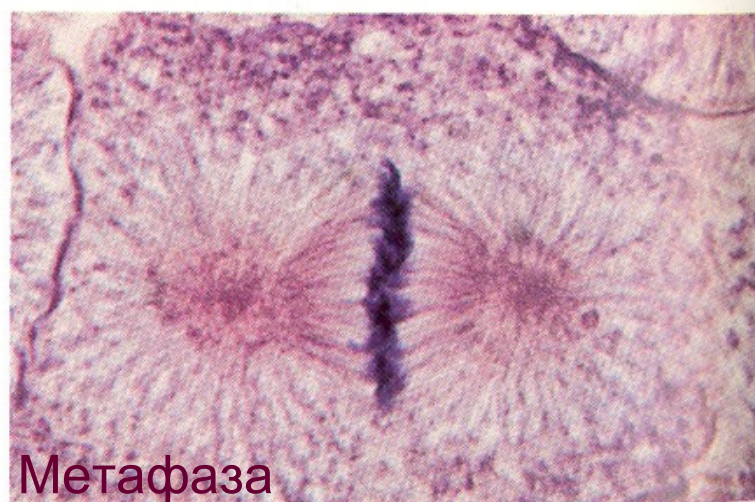
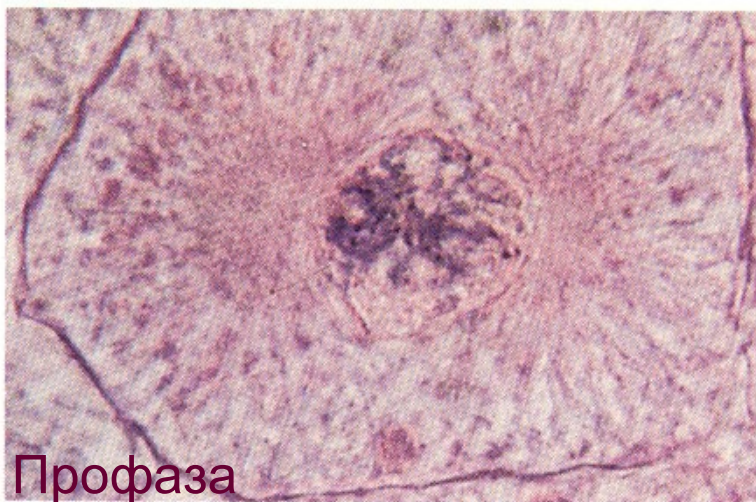
Центриоли в клеточном цикле животной клетки



Динамика тубулинового скелета в клеточном цикле (животные)

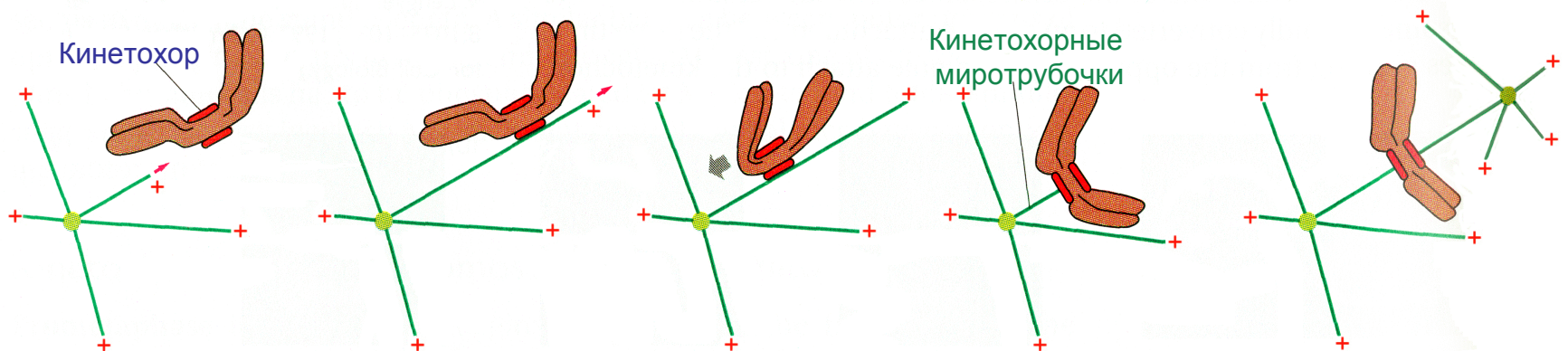


Деление клетки сига

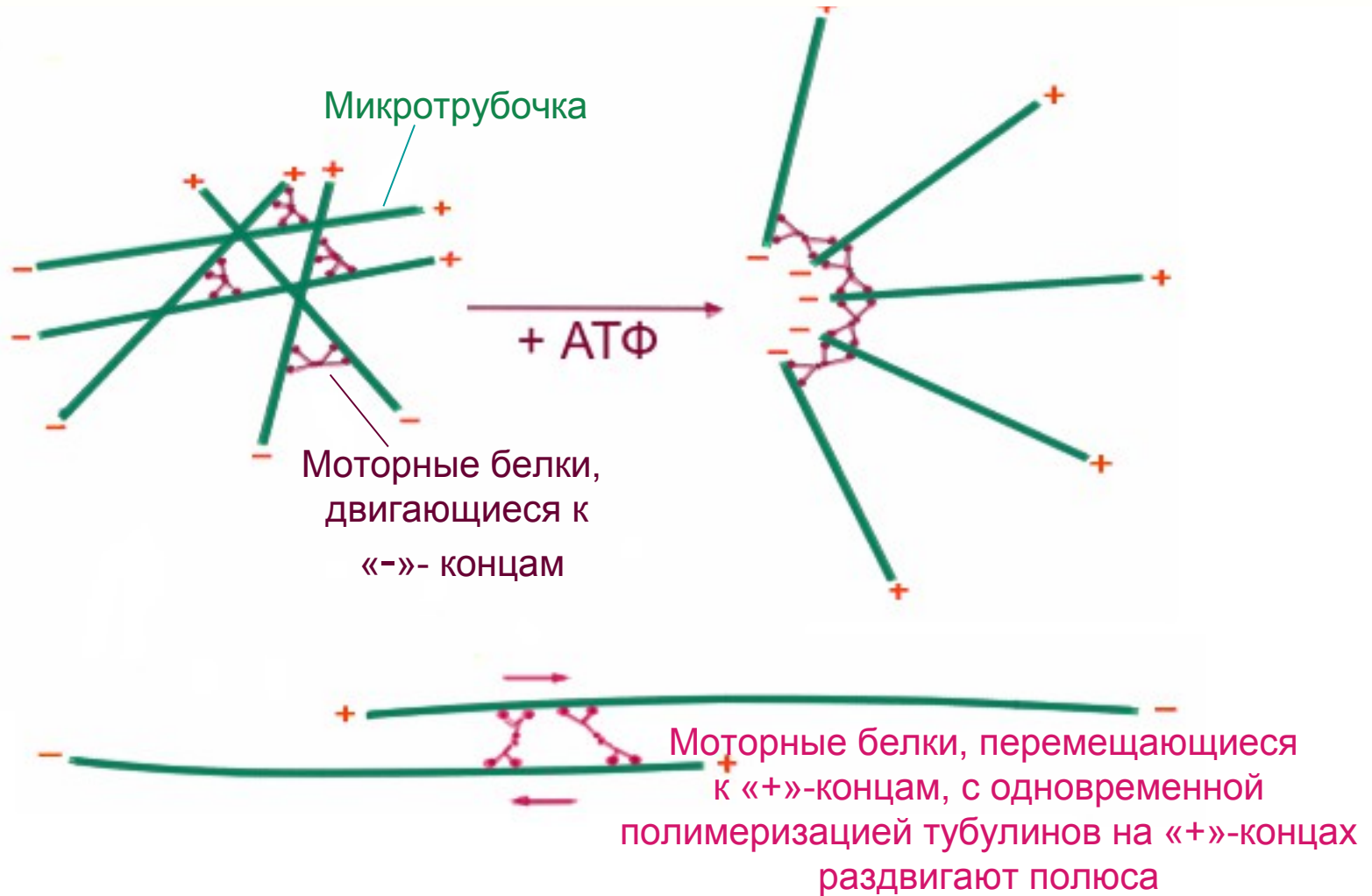


Механизм взаимодействия микротрубочек с хромосомами в прометафазе

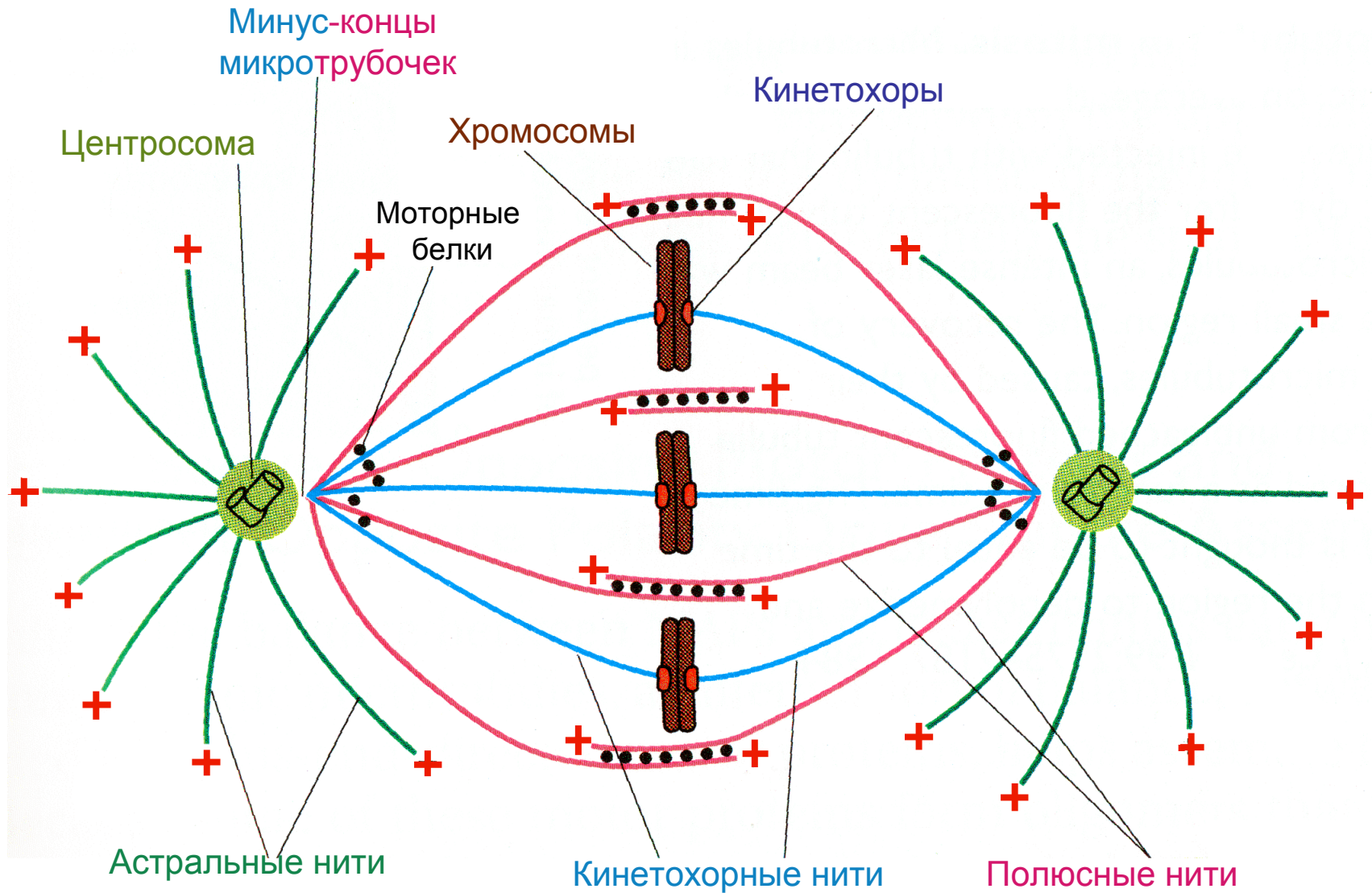
1. **Астральные** микротрубочки растут в направлении к центру клетки. Моторные белки наружного слоя кинетохора захватывают одну микротрубочку (либо с «+»-конца, либо присоединяясь латерально). Хромосома скользит в направлении к полюсу кинетохором вперед, и это способствует встрече с «+»-концами других нитей – образуется пучок **кинетохорных** микротрубочек.
2. Ориентация кинетохоров способствует прикреплению микротрубочек от второго полюса.
3. Хромосомы двигаются в направлении к плоскости экватора. При этом нити от одного полюса удлиняются, а от другого укорачиваются.
4. Удлинение происходит за счет полимеризации тубулинов на «+»-конце, а укорачивание – за счет деполимеризации и на «+»- и на «-» концах.



Консолидация «-»-концов полюсных и кинетохорных нитей обеспечивается моторными белками,двигающимися вдоль микротрубочек к «-»- концам



Веретено деления животной клетки в метафазе

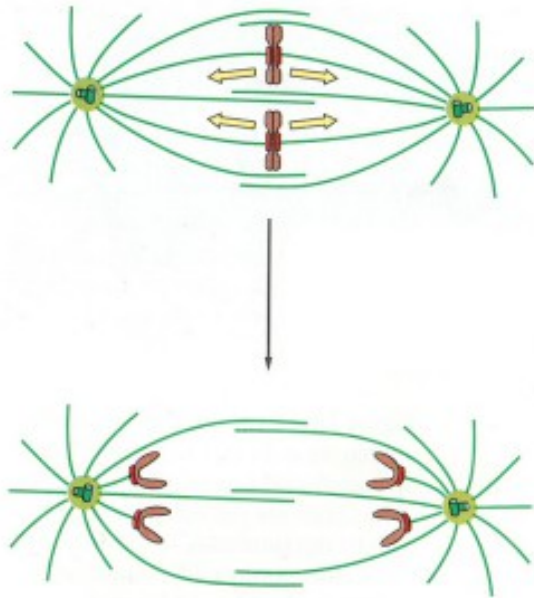


В анафазе кинетохорные микротрубочки
деполимеризуются на «+»-конце

Направление
движения в
анафазе

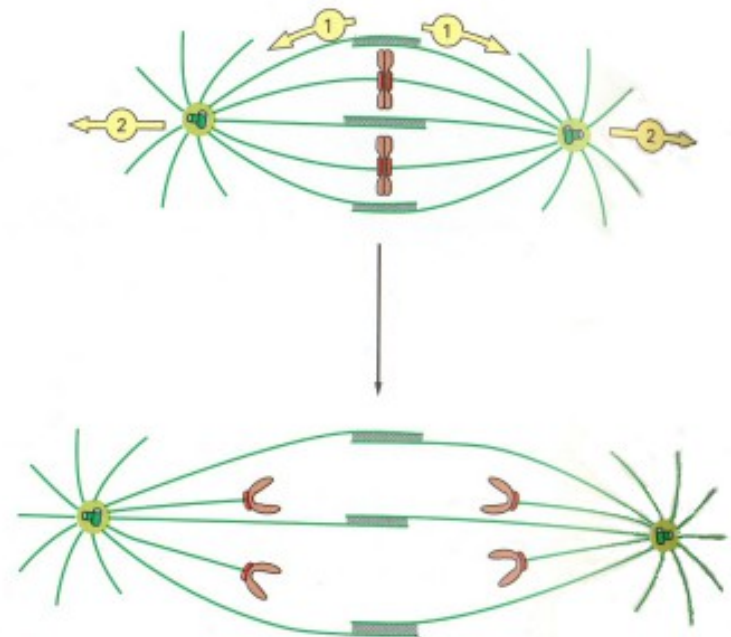


Расхождение хромосом в анафазе складывается из двух процессов: приближения хромосом к полюсам и раздвигания полюсов.



Анафаза А:

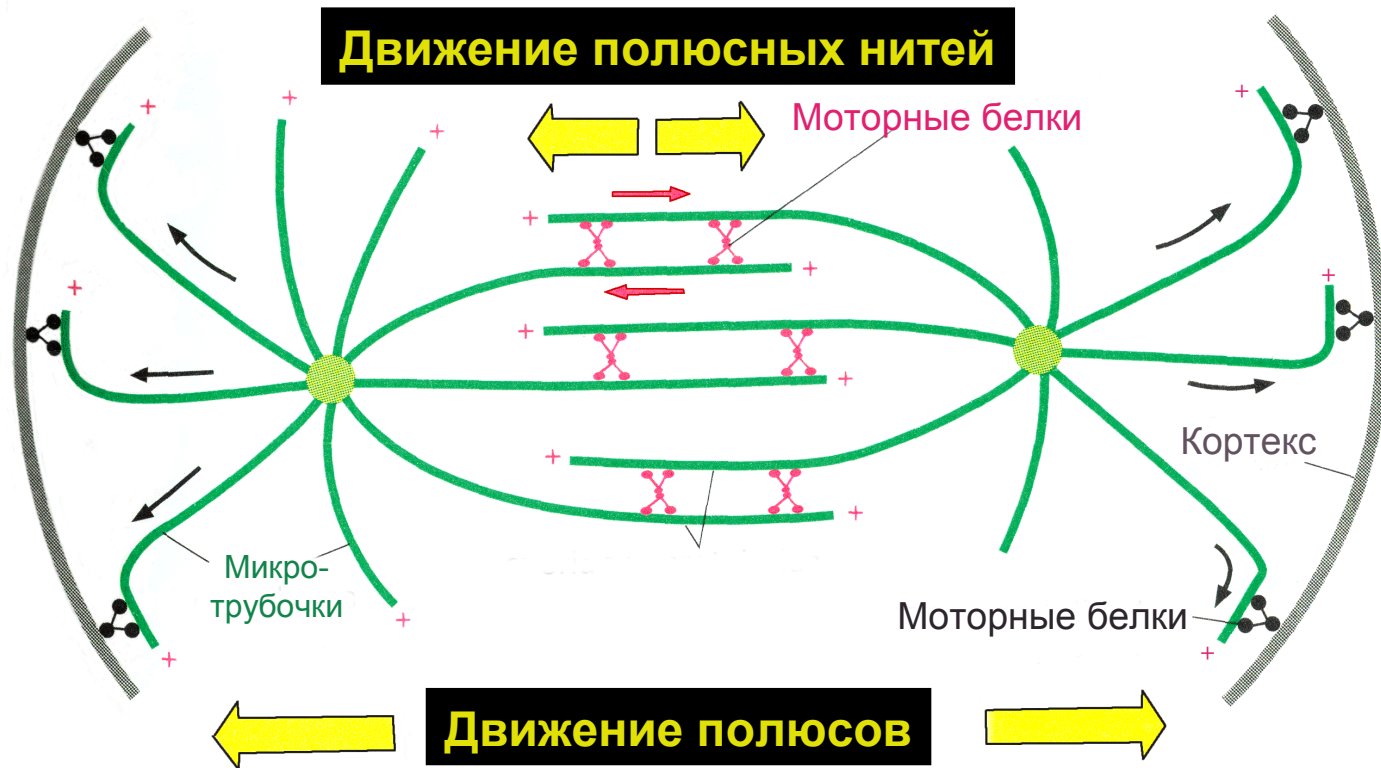
**Укорочение кинетохорных
микротрубочек**



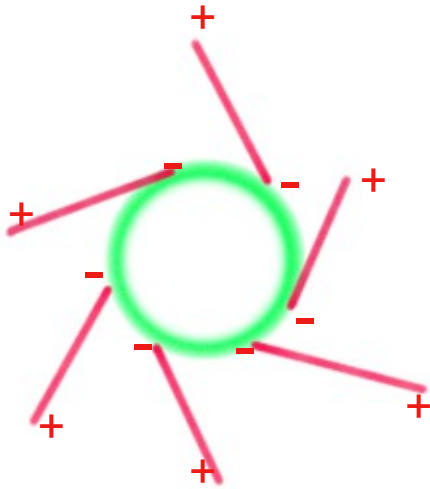
Анафаза В:

**Удлинение полюсных
микротрубочек**

Движение полюсов обеспечивается полюсными и астральными нитями



Особенности формирования веретена деления у растений



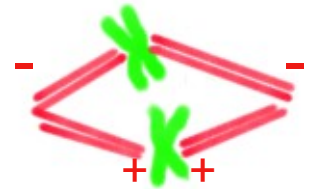
Интерфаза



Поздняя
профаза



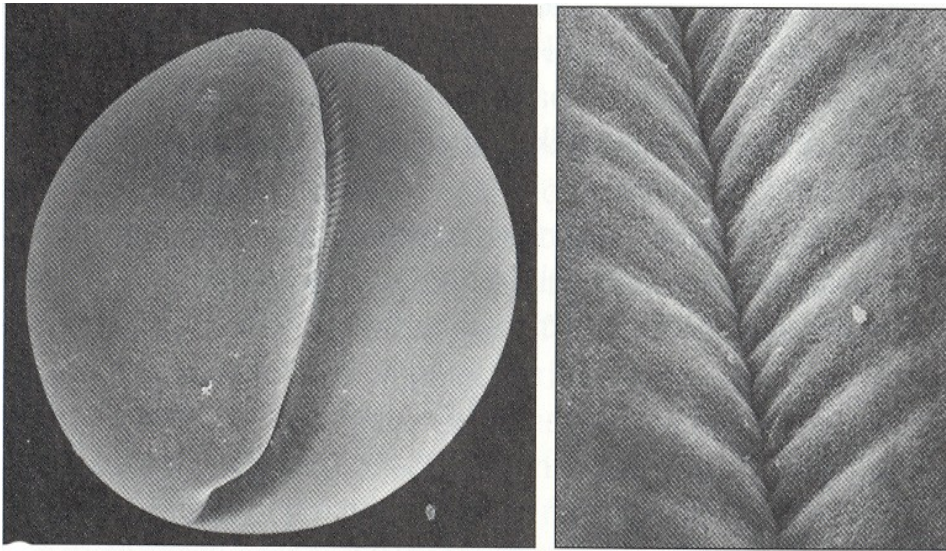
Прометафаза
ранняя



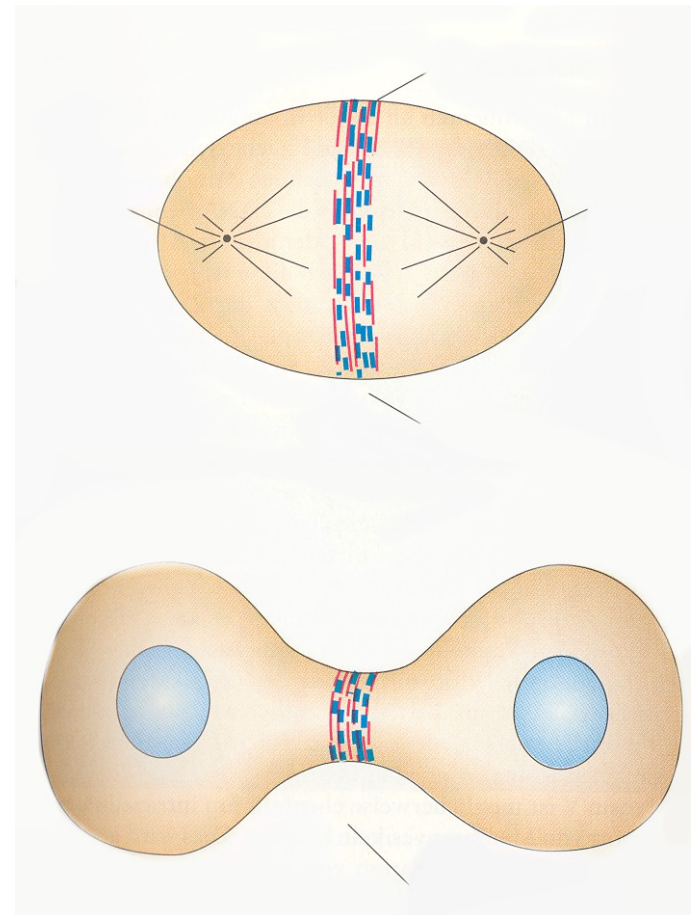
Метафаза

Цитокинез животной клетки происходит благодаря сокращению актин-миозинового кольца.

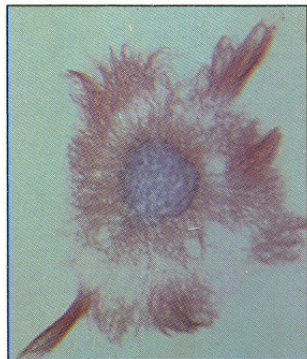
Борозда деления между двумя бластомерами лягушки



200 мкм



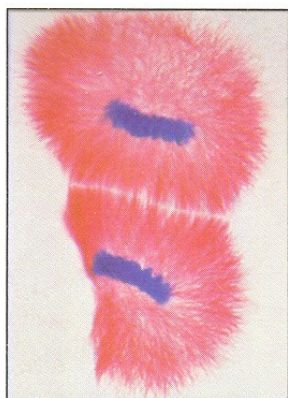
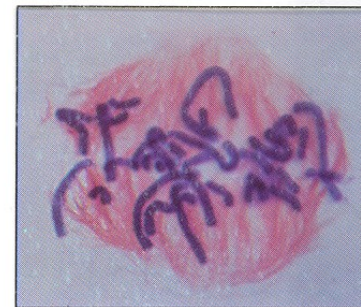
Профаза
ранняя



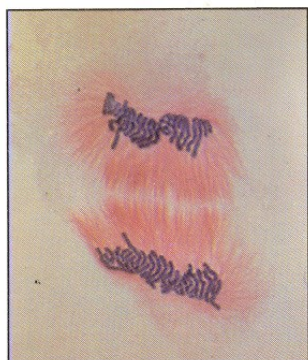
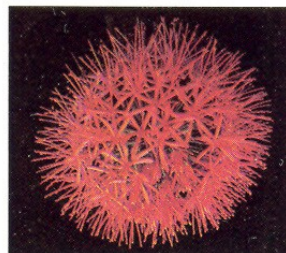
Профаза
поздняя



Прометафаза



Телофаза
поздняя



Телофаза

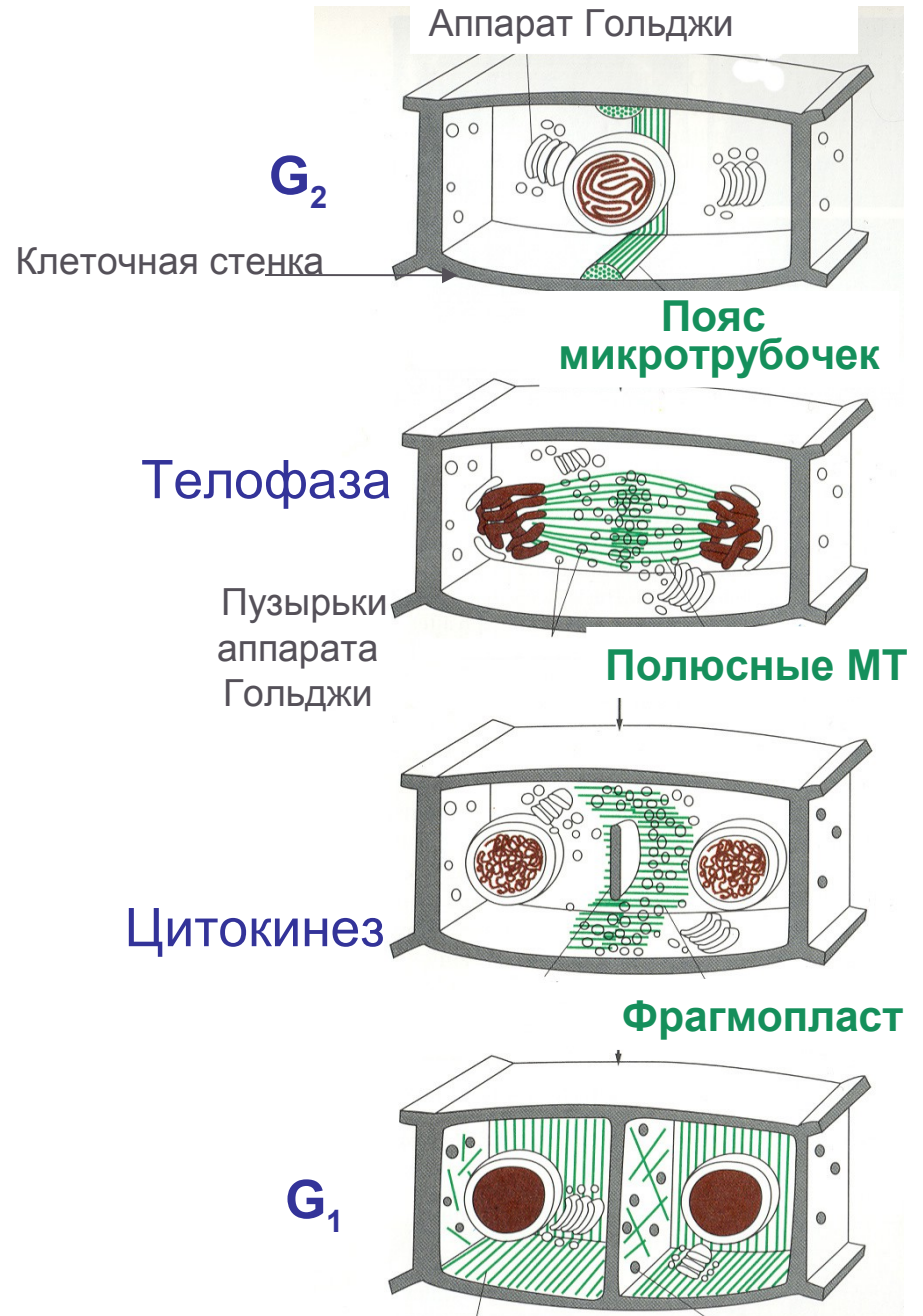


Анафаза

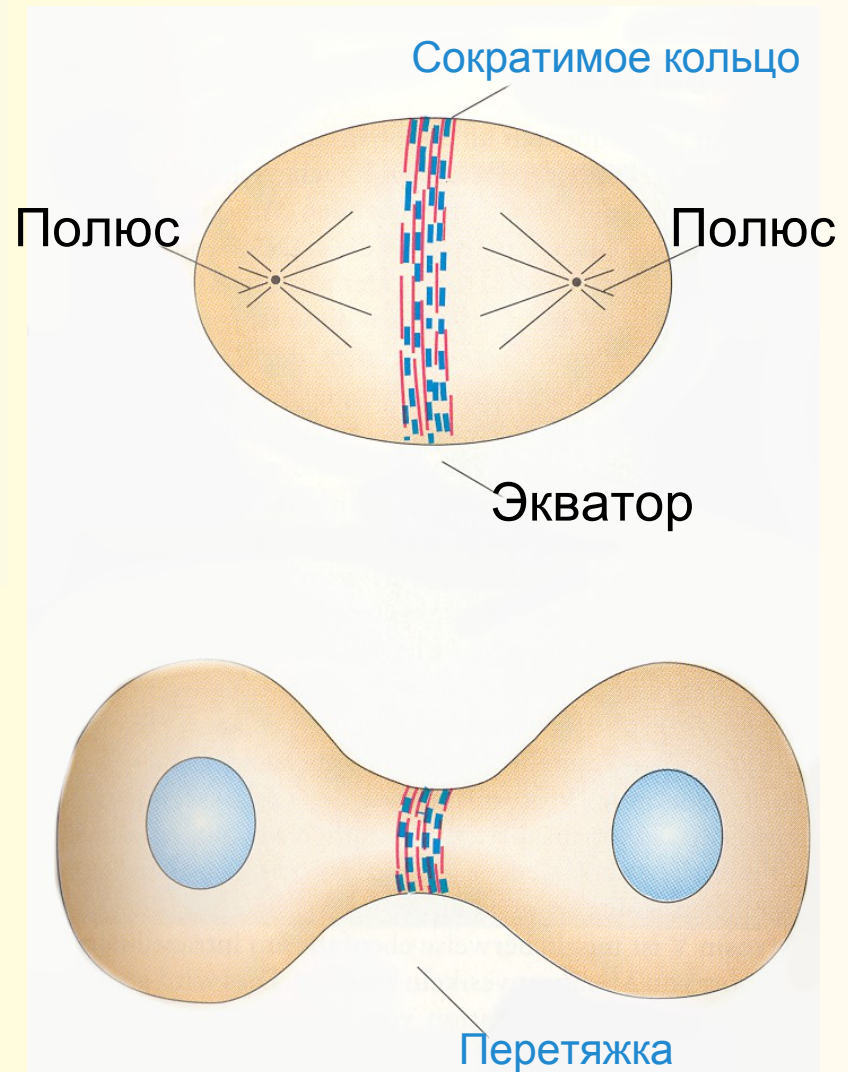


Метафаза

Микротрубочки в клеточном цикле растительной клетки



Животные клетки делят цитоплазму с помощью перетяжки. Ее образует актин-миозиновое кольцо, связанное с плазматической мембраной.



Перетяжка

Растительная клетка для разделения цитоплазмы строит клеточную пластинку между двумя дочерними клетками. Материал для нее приносят пузырьки, которые двигаются от аппарата Гольджи по микротрубочкам фрагмопласта.

