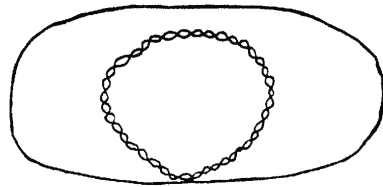
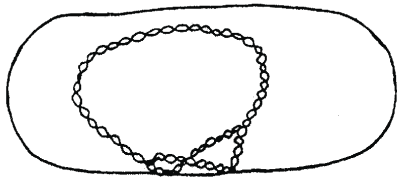


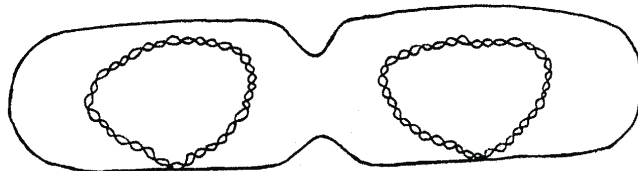
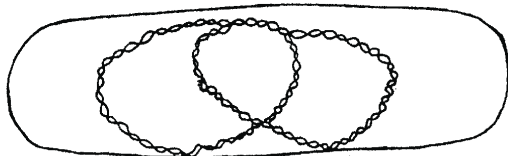
Тема 4. 4. Клеточный цикл. Митоз. Цитокинез.



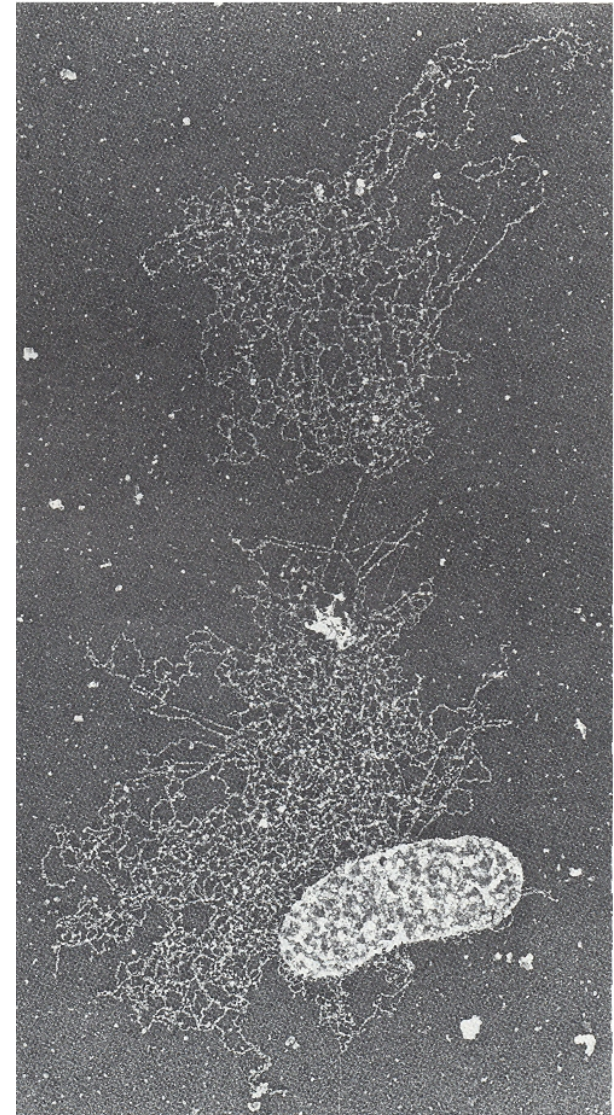
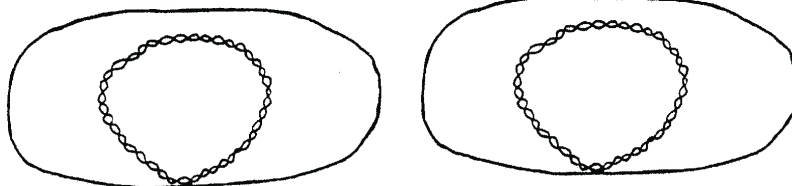
Прокариоты:

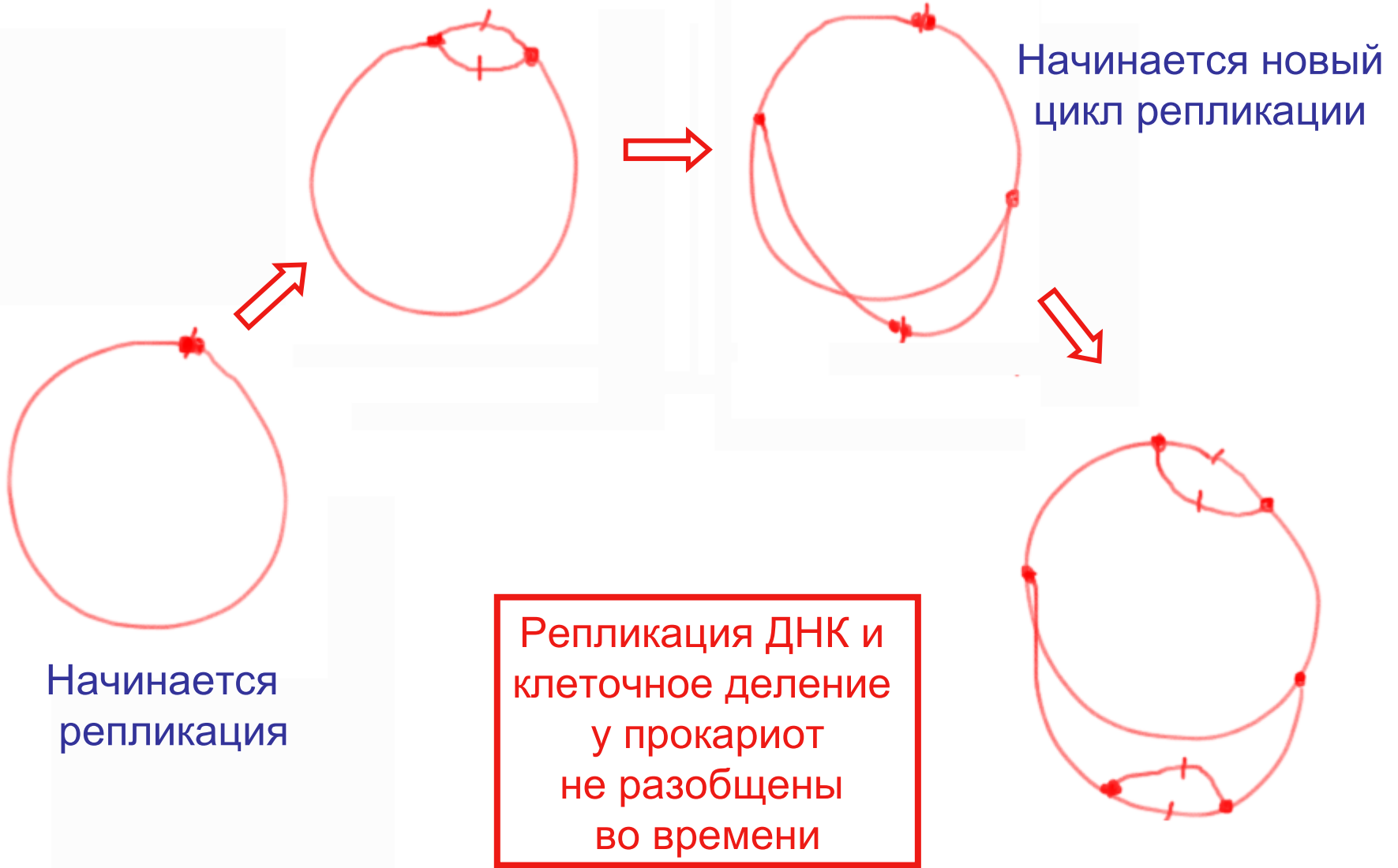


Начало репликации
ДНК



Начало разделения
клеток





Клеточный цикл у эукариот

Интерфаза + Митоз (М) + (Цитокинез)



Периоды:

G₁

S

G₂

Клеточный цикл в постоянно делящихся клетках занимает около суток

*Репликация ДНК.
Синтез гистонов.
Удвоение центриолей*

S

5

6

G₂

*Подготовка к митозу.
Синтез белков
веретена деления и
компактизации
хромосом*

*Деление ядра
(и
цитоплазмы)*

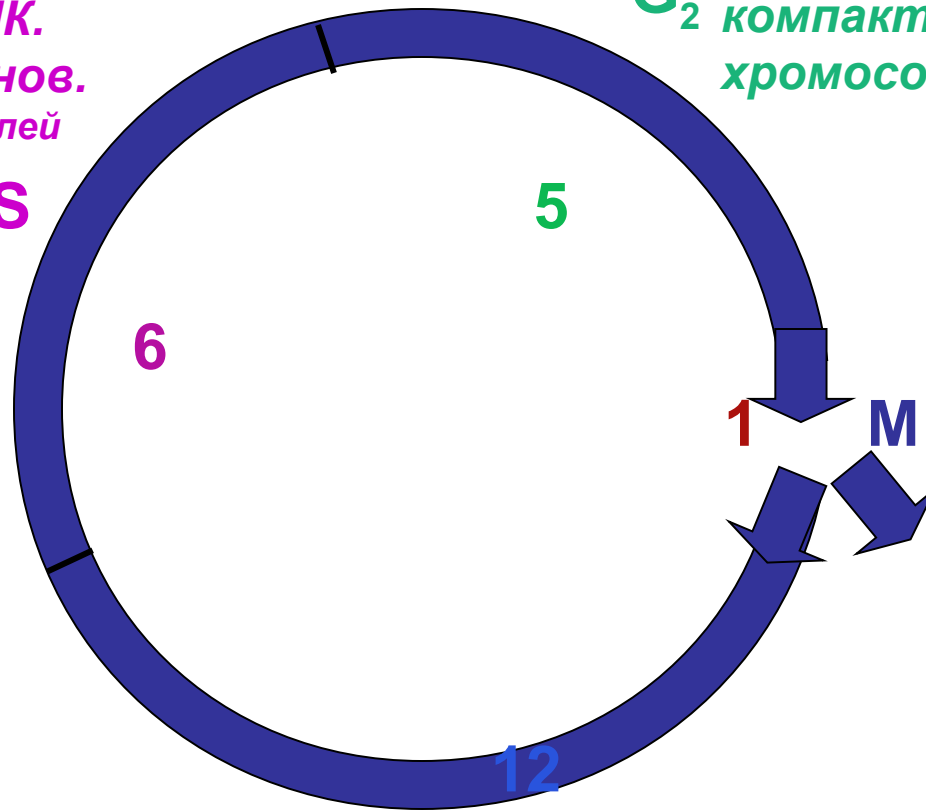
1

M

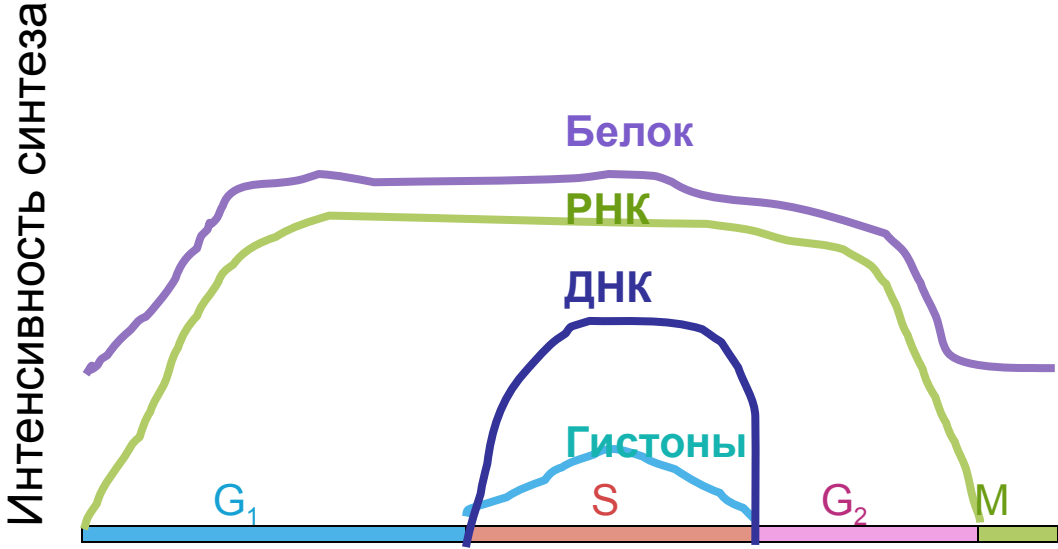
12

*Рост клетки: увеличение объема
цитоплазмы, количества и
объема органоидов.*

G₁

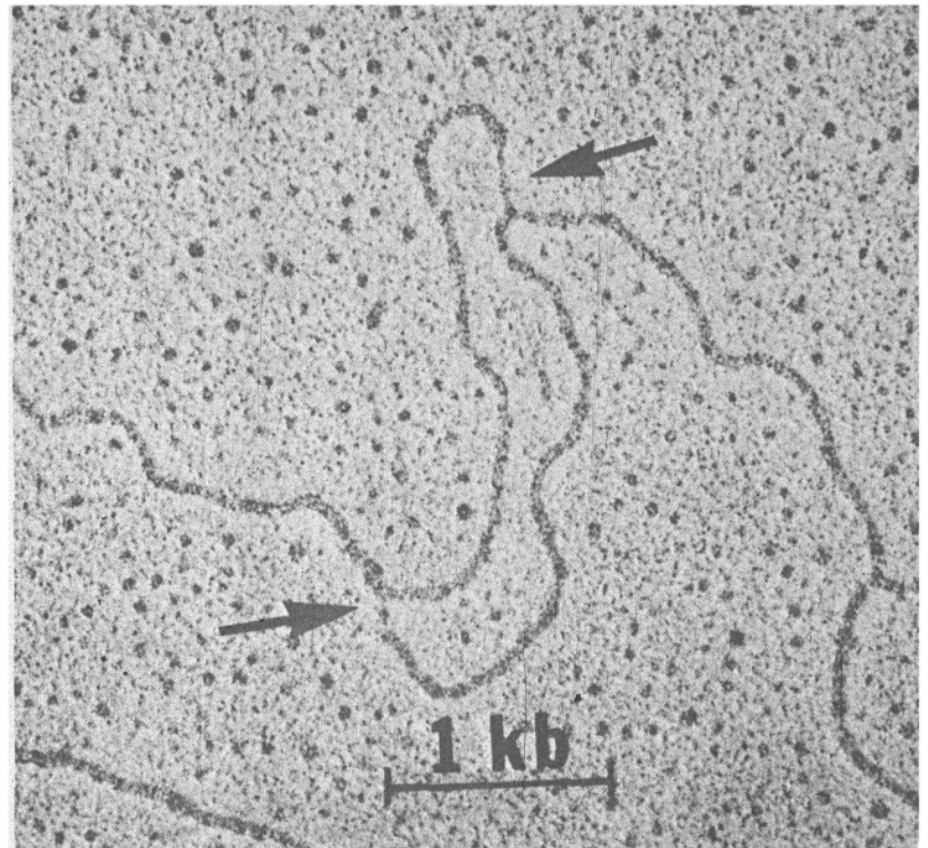


Клеточный цикл



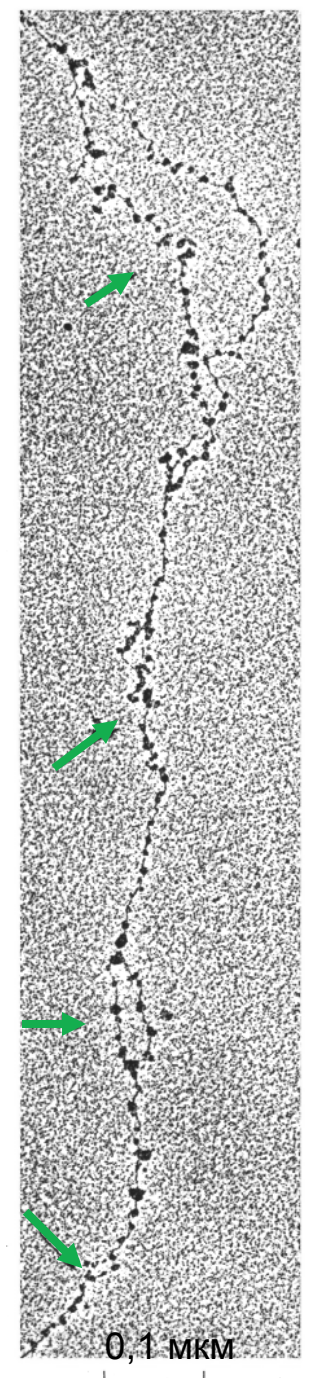
Хроматиновая фибрилла
во время репликации.

Стрелками указаны
вилки репликации



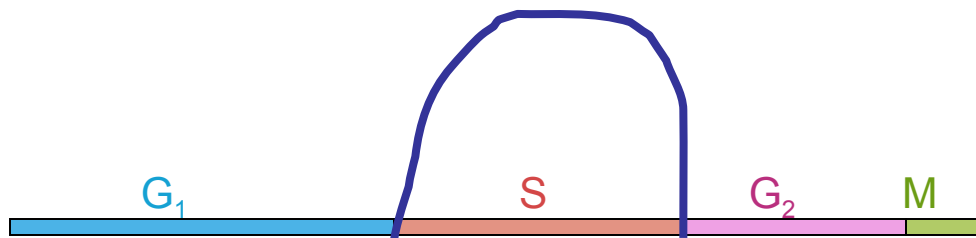


Разные репликоны
вступают в
репликацию
не одновременно



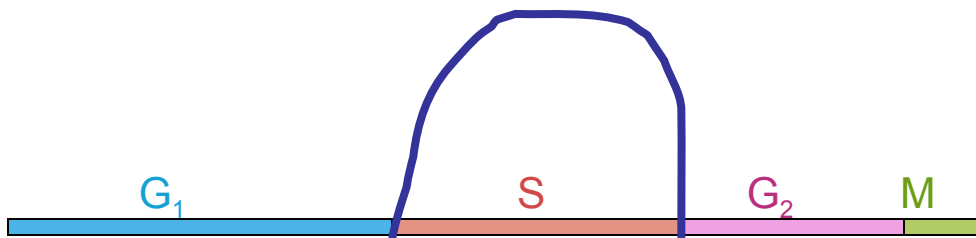
Расписание репликации

G-негативные районы (R-позитивные)
реплицируются в первую очередь
(гены обще клеточных функций)



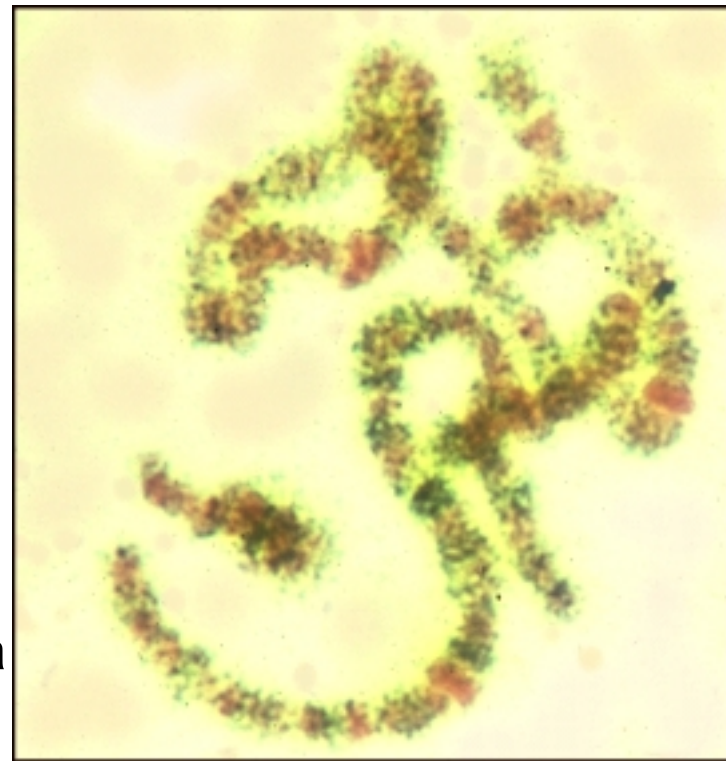
Расписание репликации

Конденсированный
хроматин
реплицируется
в последнюю очередь
(гетерохроматин)

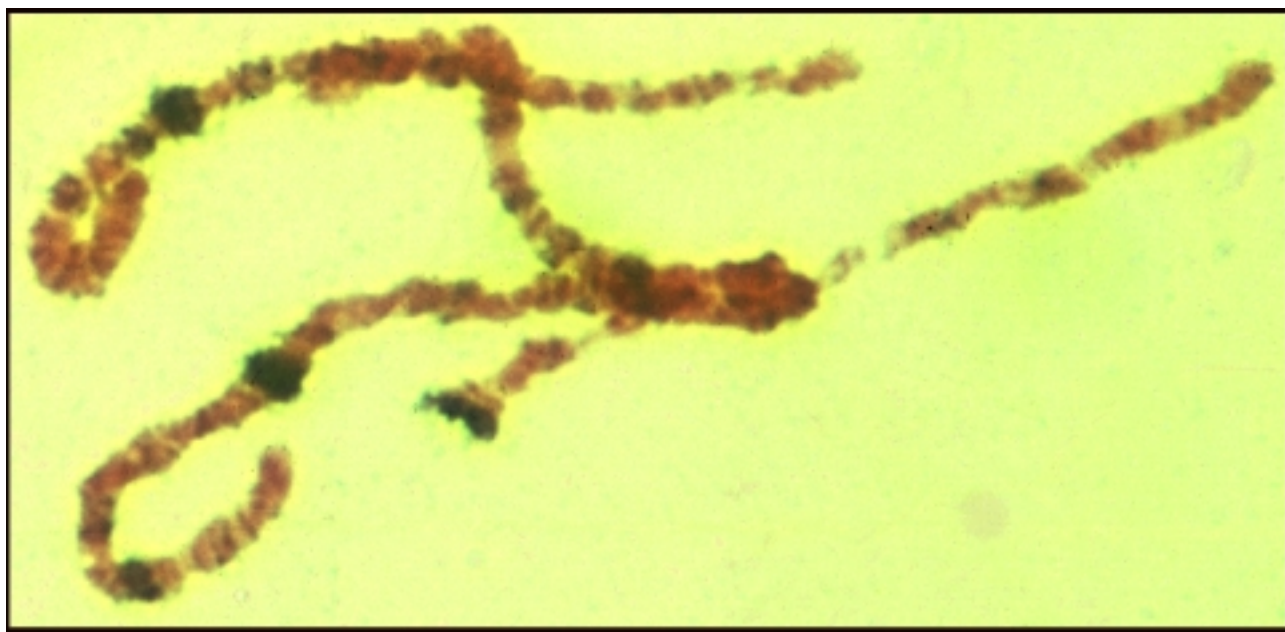


Включение ^3H -тимидина
в реплицирующиеся
политенные хромосомы
слюнной железы
Chironomus thummi

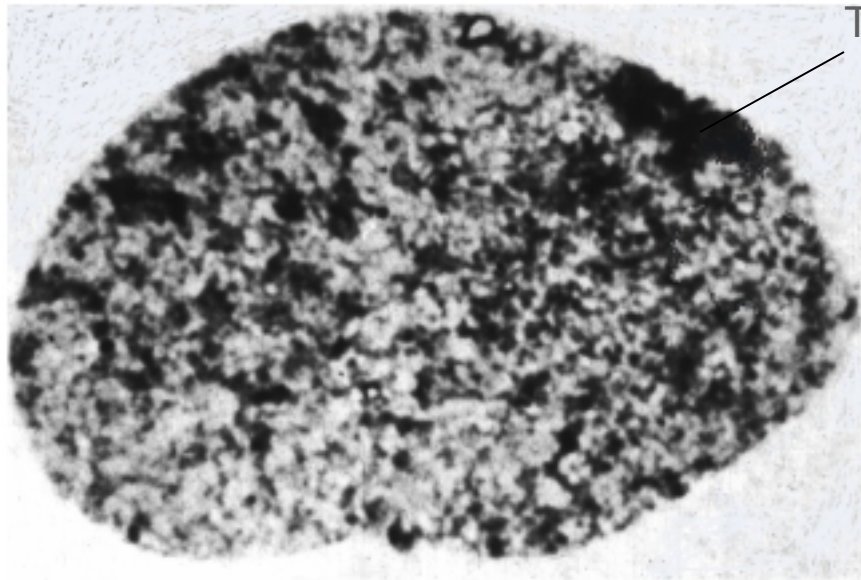
в начале
S-периода



и в конце
S-периода



Упаковка хроматина при репликации не меняется на «3-5» уровнях. Пуфы и диски не меняют своей структуры при включении меченого тимидина.



Тельце Барра

Ядро клетки кошки в фазово-контрастном микроскопе



Радиоавтограф того же ядра в световом микроскопе

Клетка зафиксирована в конце S-фазы, когда реплицируется гетерохроматин

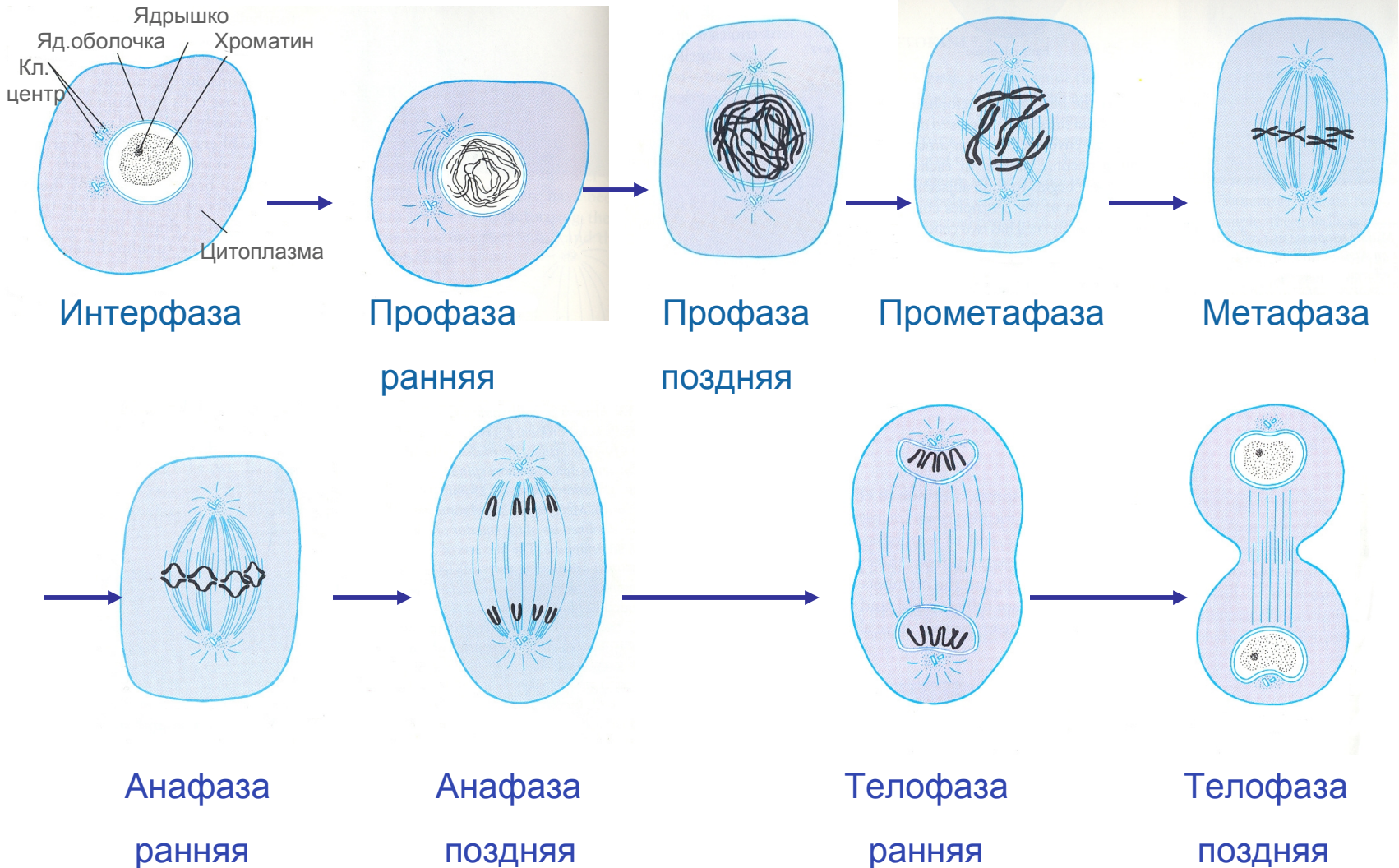


X-хромосома

Меченые ^3H -тимидином
хромосомы женщины.
Данная клетка получала
метку, находясь в конце
S-фазы

Деление клетки: Митоз +
Цитокинез = цитотомия

Схема деления животной клетки





Профаза

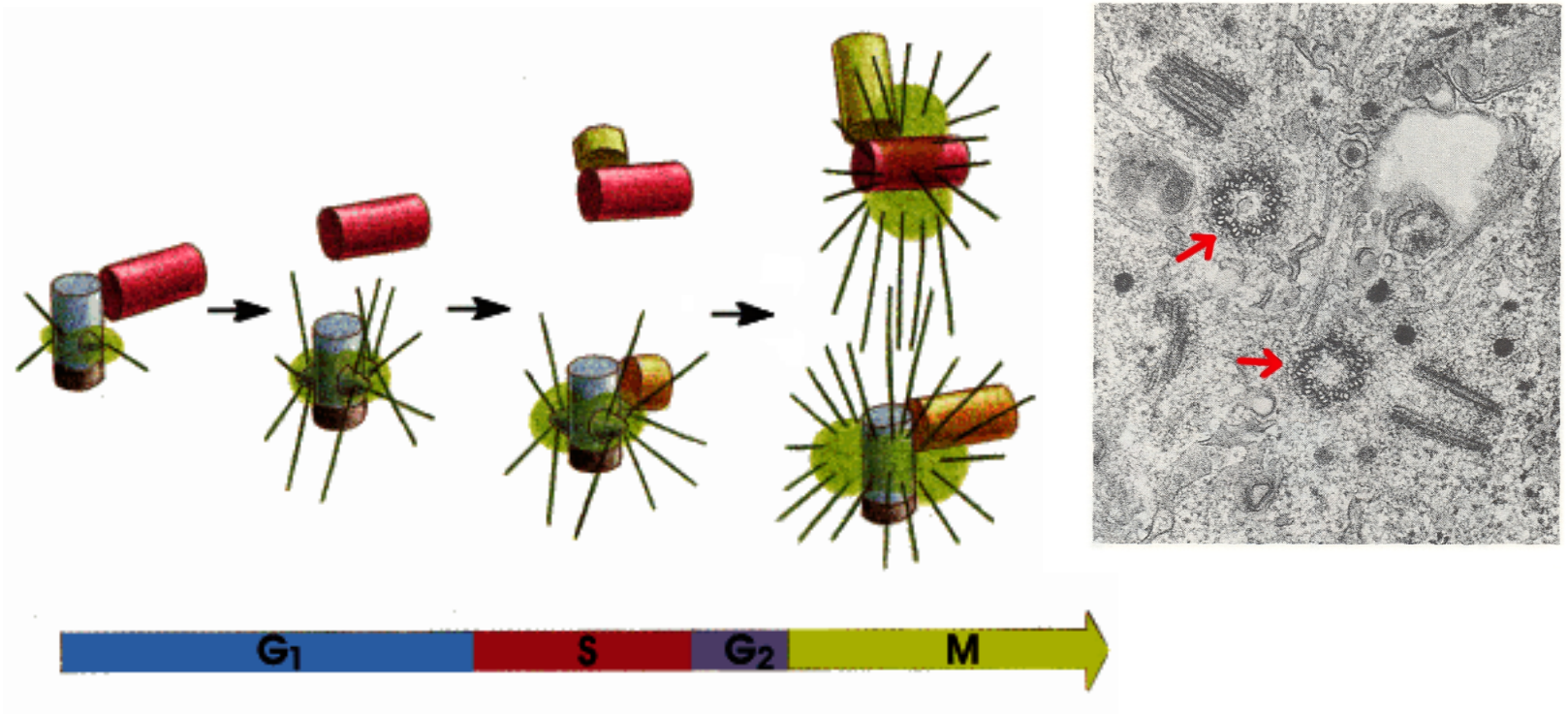


Прометафаза

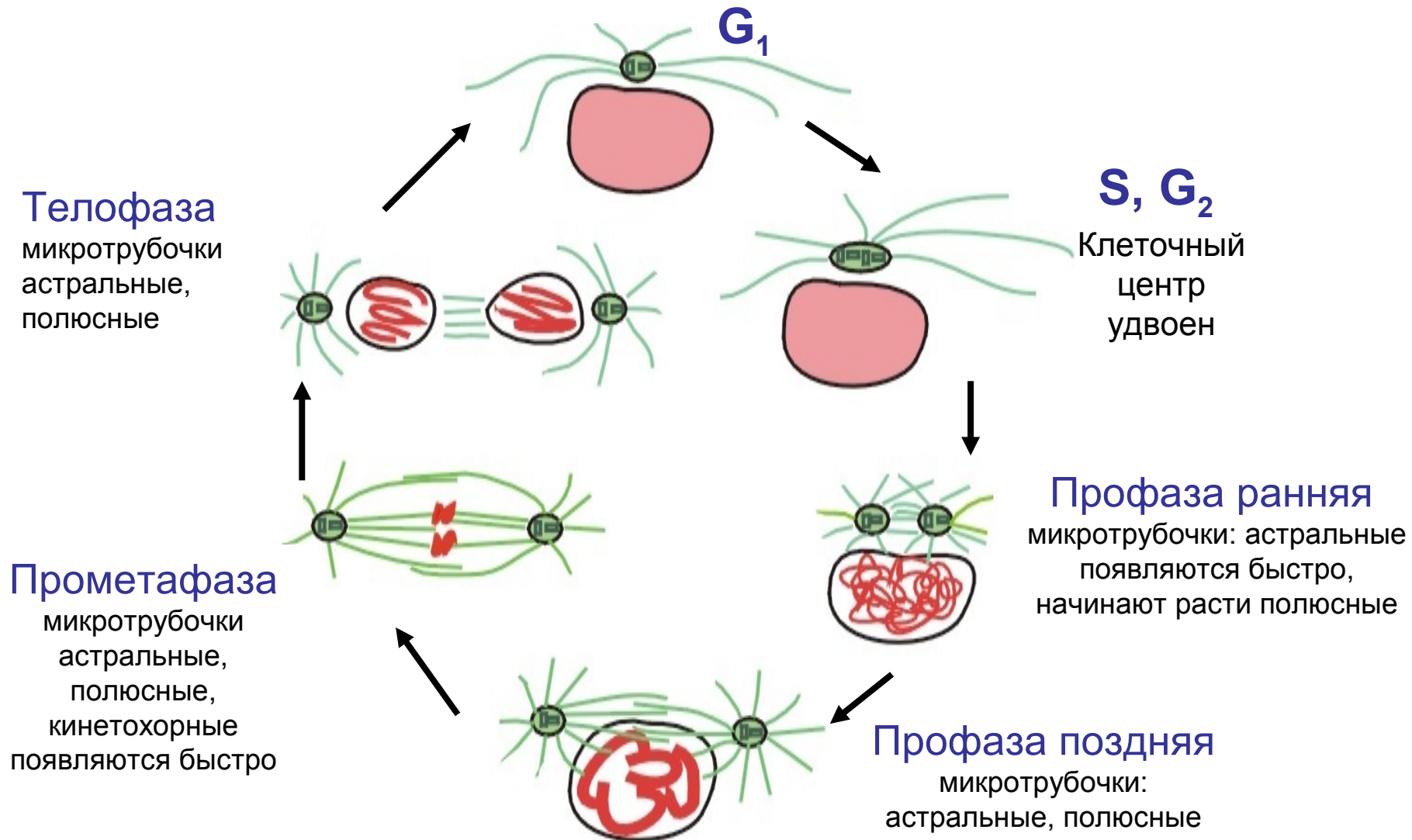


«Метафаза»

Центриоли в клеточном цикле животной клетки

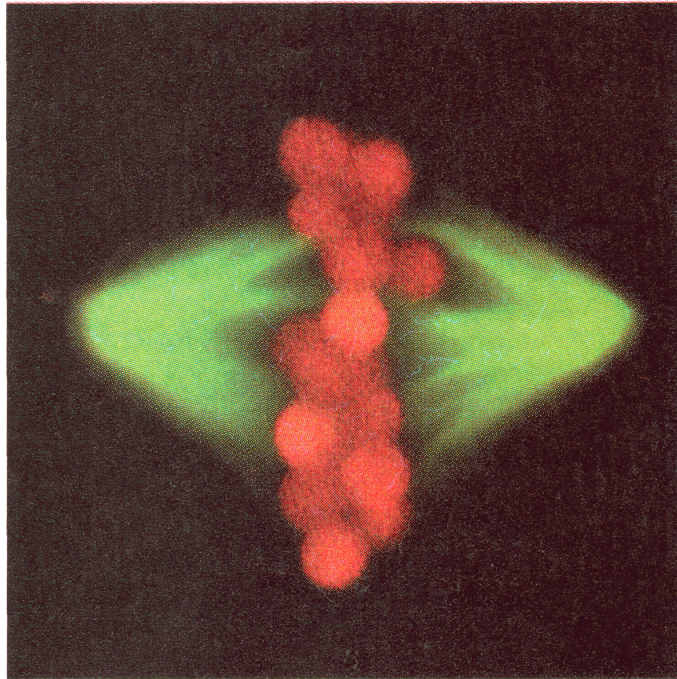


Динамика тубулинового скелета в клеточном цикле (животные)



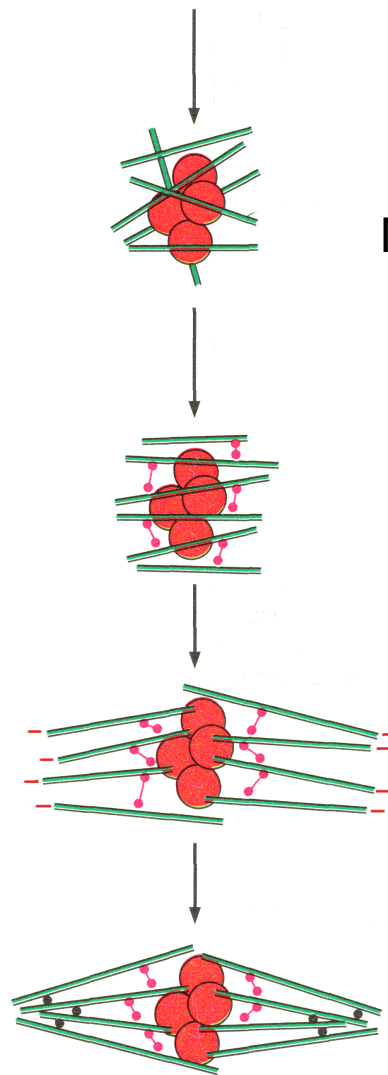
Механизм взаимодействия микротрубочек с хромосомами в прометафазе

- 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**.
1. Ориентация кинетохоров способствует прикреплению микротрубочек от второго полюса.
2. Хромосомы двигаются в направлении к плоскости экватора. При этом нити от одного полюса удлиняются, а от другого укорачиваются.
3. Удлинение происходит за счет полимеризации тубулинов на «+»-конце, а укорачивание – за счет деполимеризации и на «+»- и на «-» концах.



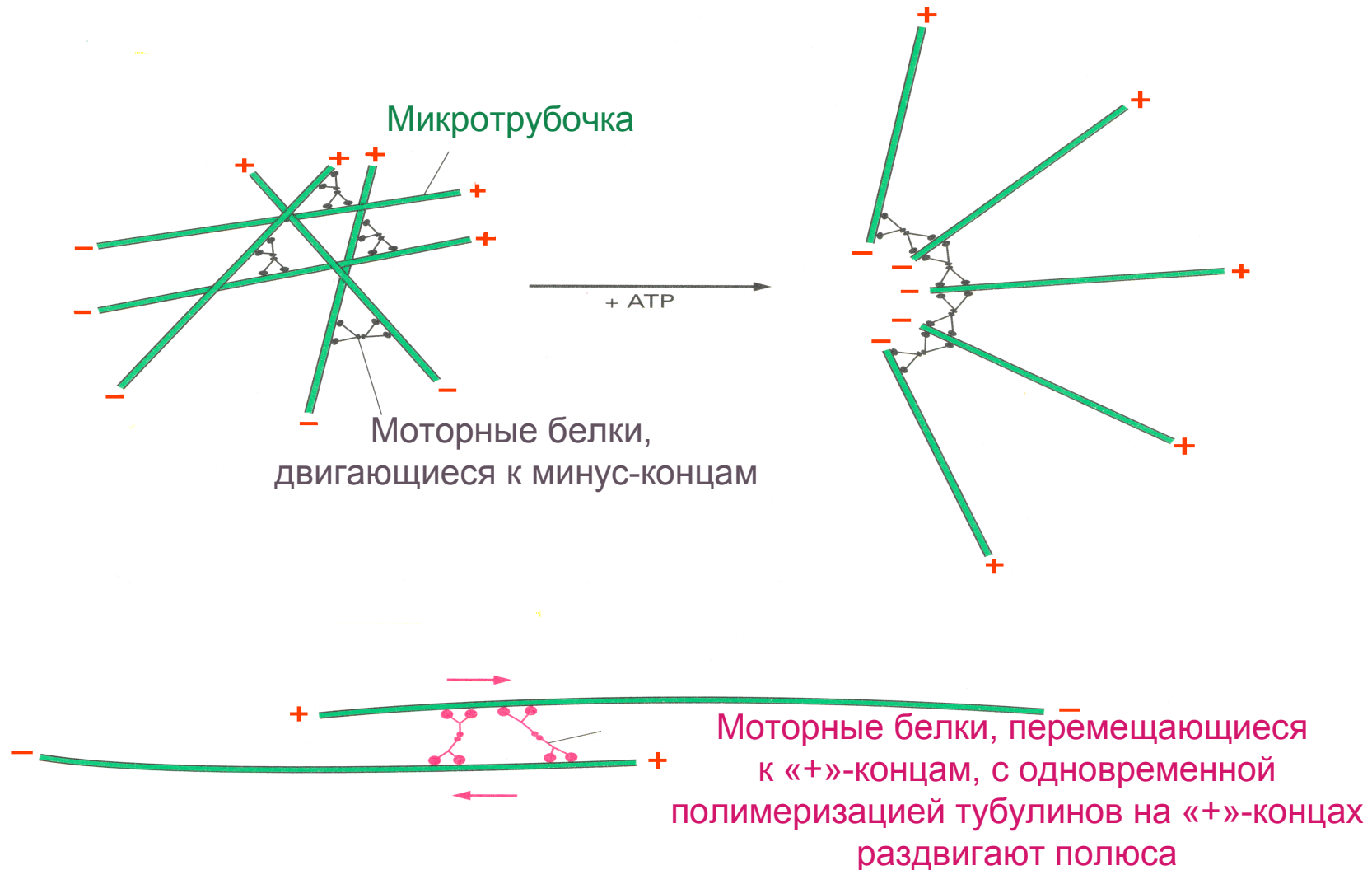
10 мкм

Схема событий и
фотография
заключительного этапа

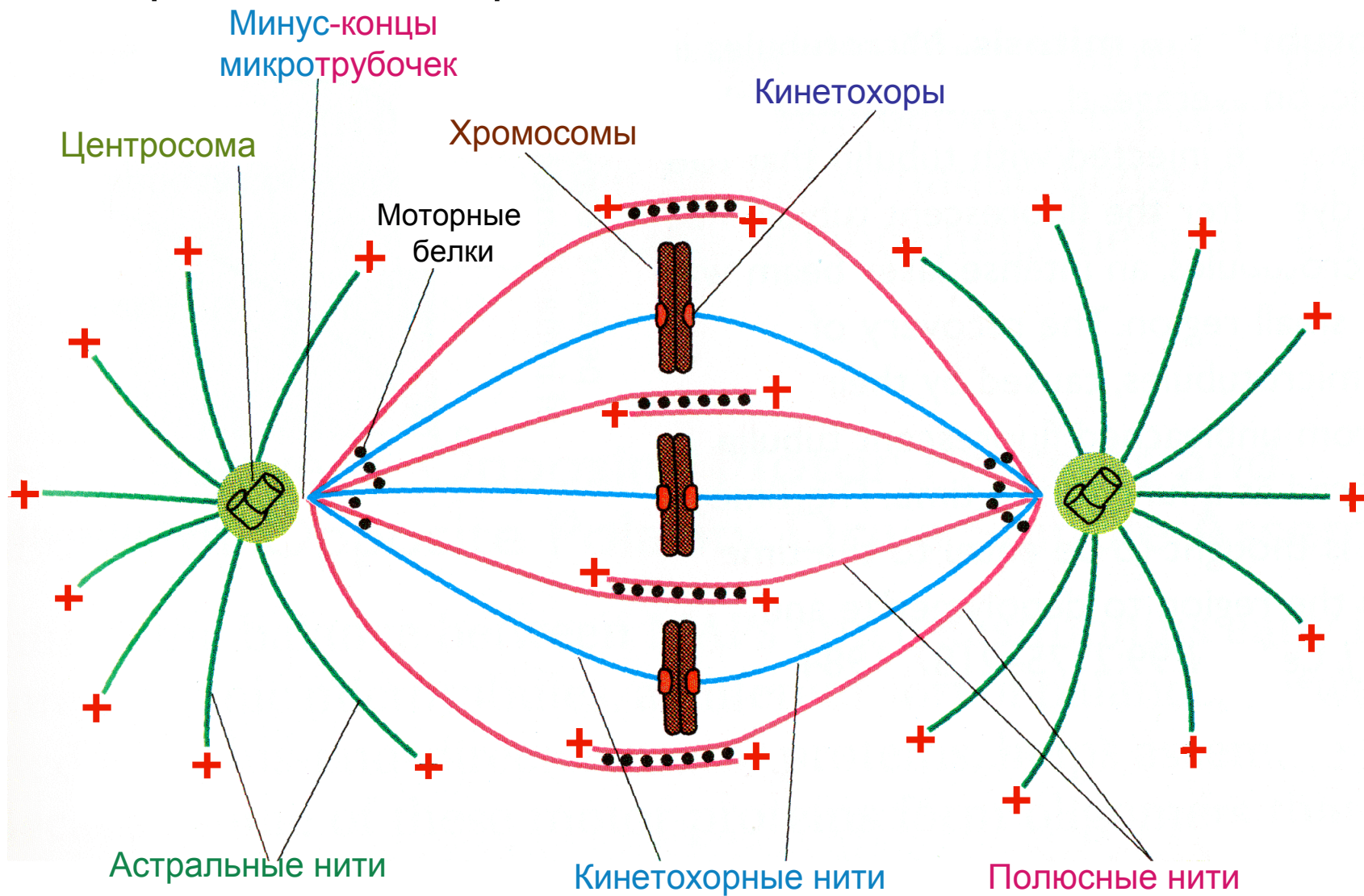


В экстракт из яйца
шпорцевой лягушки
добавили пузырьки,
содержащие
бактериальную ДНК.
Микротрубочки «нашли»
пузырьки с ДНК и
организовались в
веретено

Консолидация минус-концов и скольжение
плюс-концов относительно друг друга
обеспечивается моторными белками, двигающимися вдоль
микротрубочек к минус- или плюс-концам



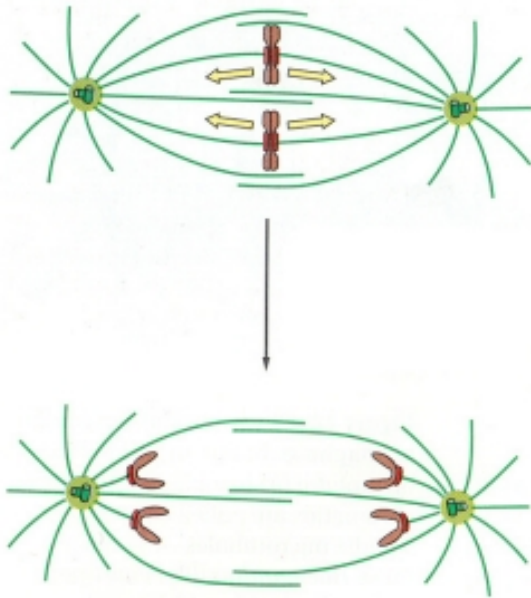
Организация веретена деления животной клетки



Кинетохорные микротрубочки в анафазе
деполимеризуются на «+»-конце

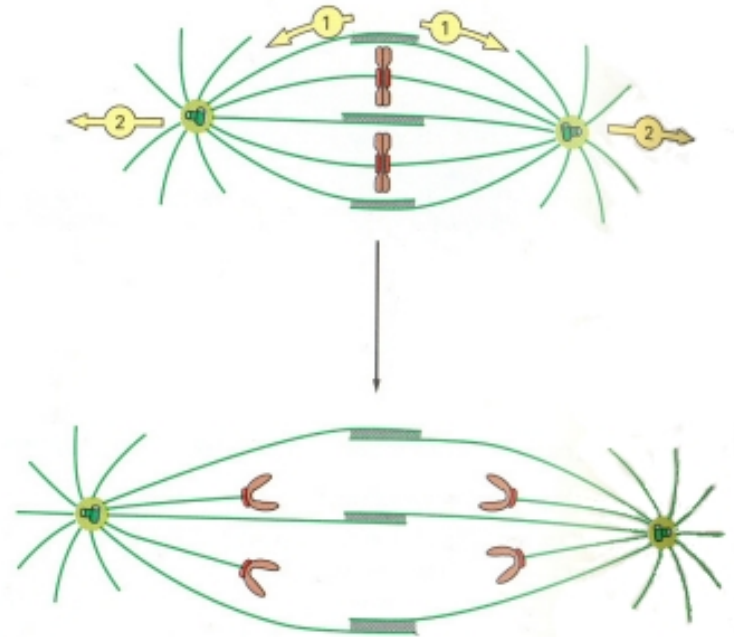


Расхождение хромосом в анафазе складывается из двух процессов



Анафаза А:

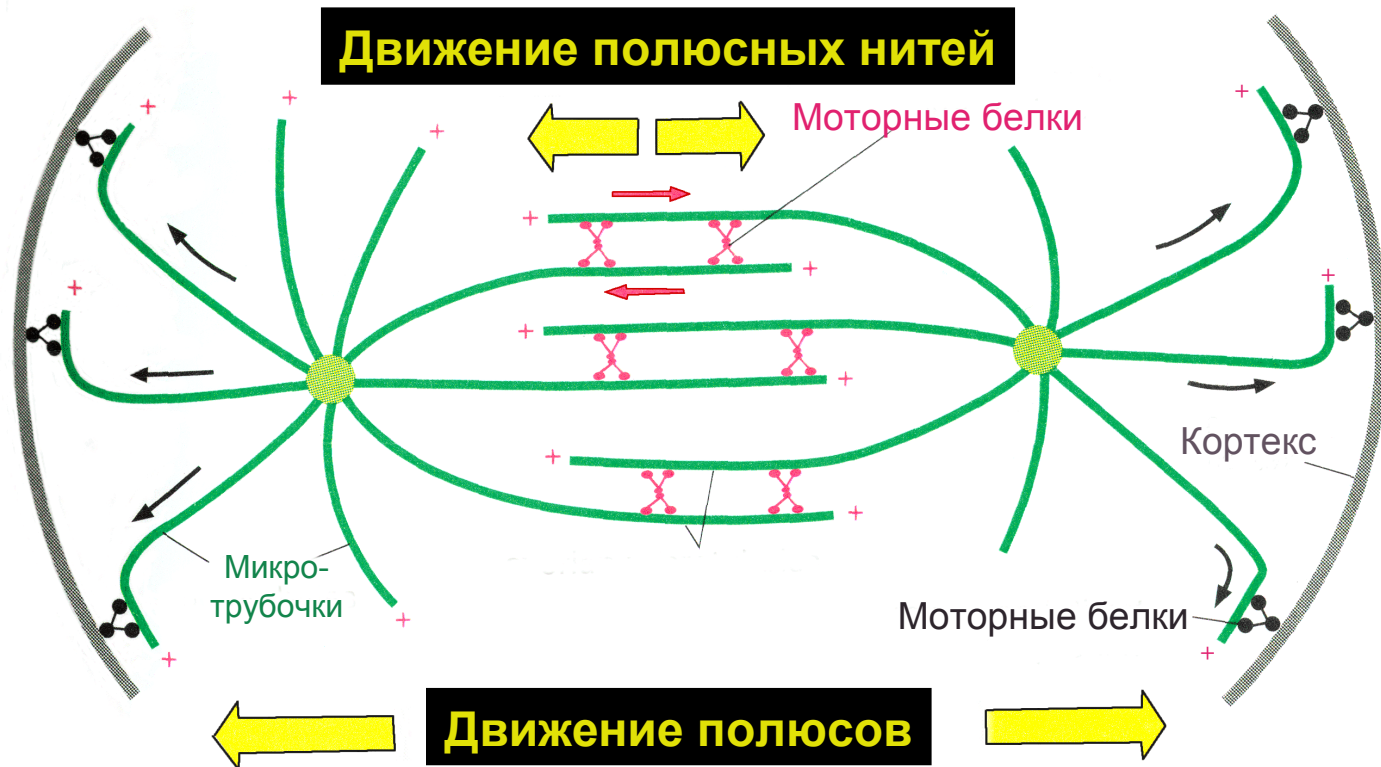
Укорочение кинетохорных микротрубочек



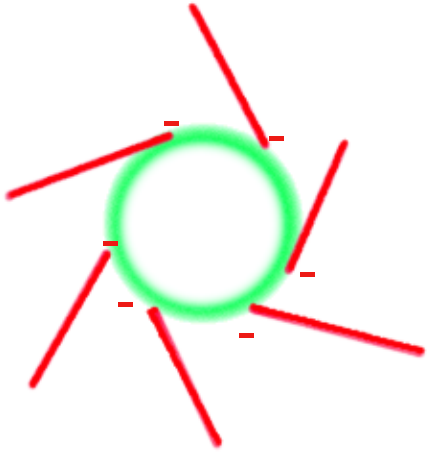
Анафаза В:

Удлинение полюсных микротрубочек

Движение полюсов обеспечивается
полюсными и астральными нитями



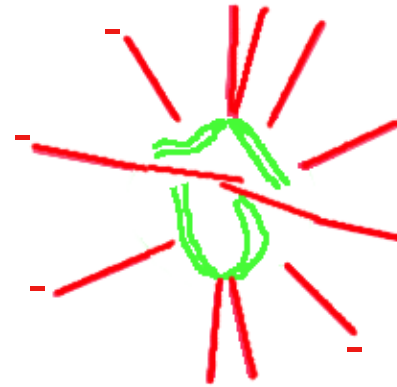
Особенности формирования веретена деления у растений



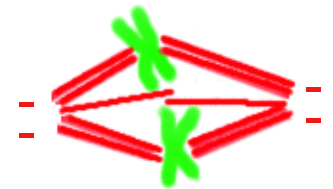
Интерфаза



Поздняя
профаза

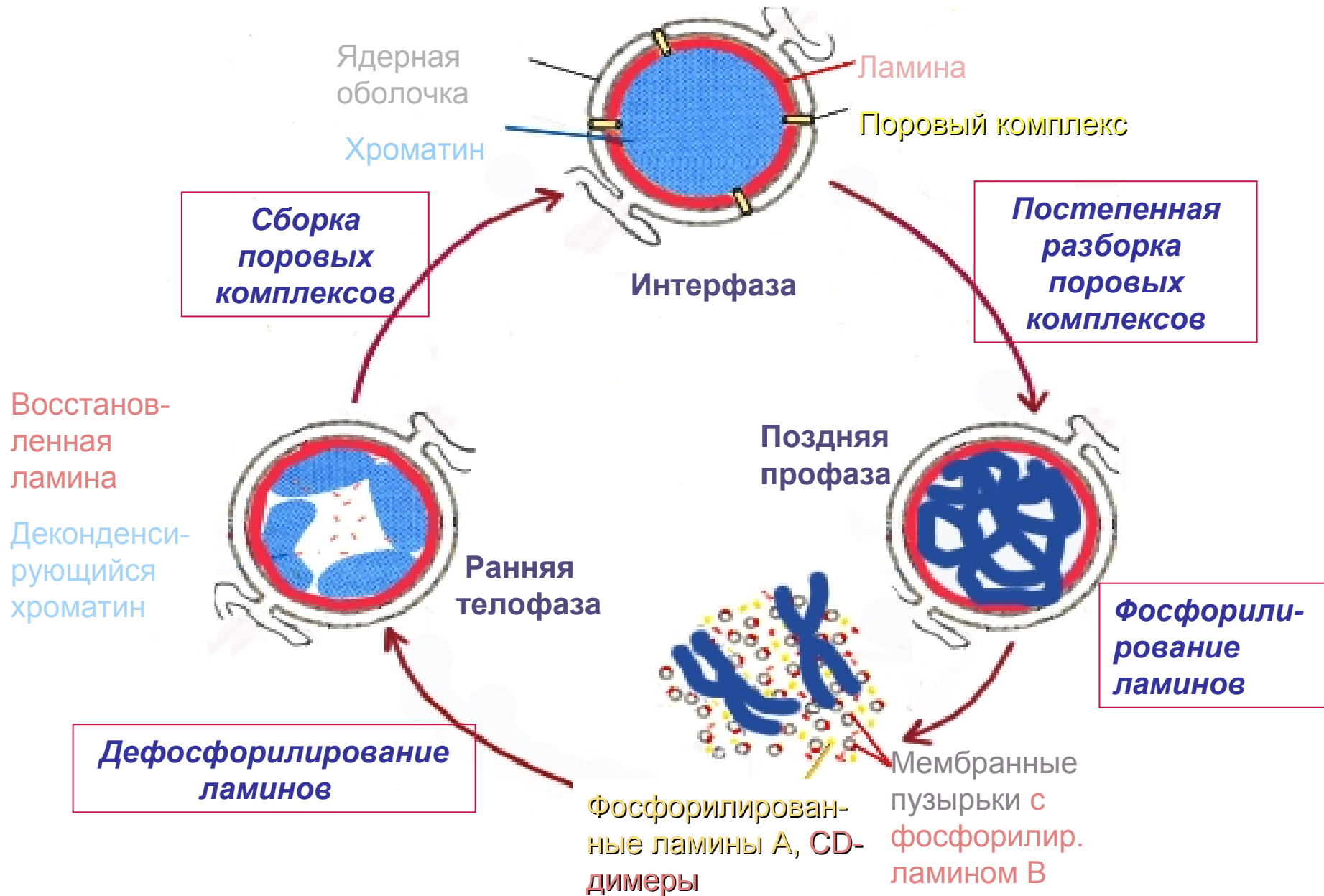


Ранняя
прометафаза

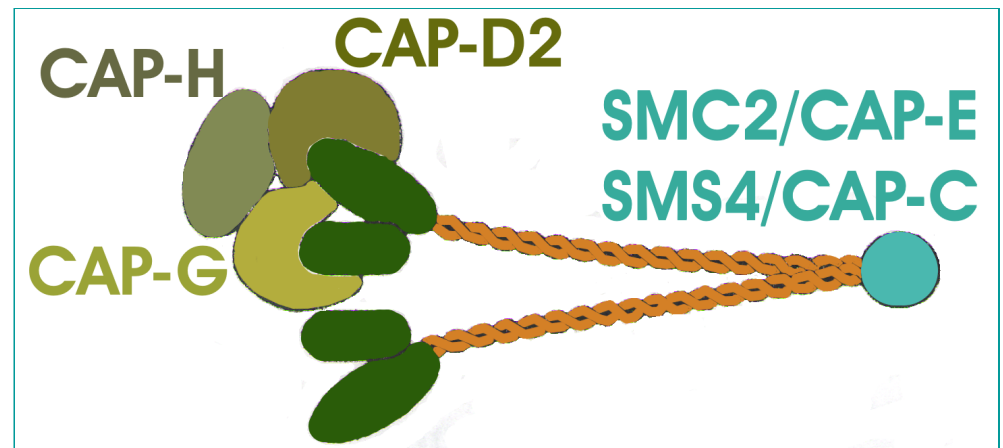
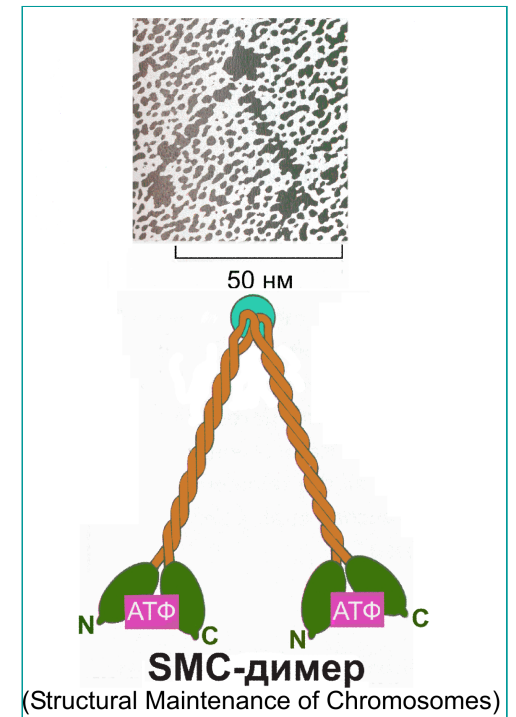
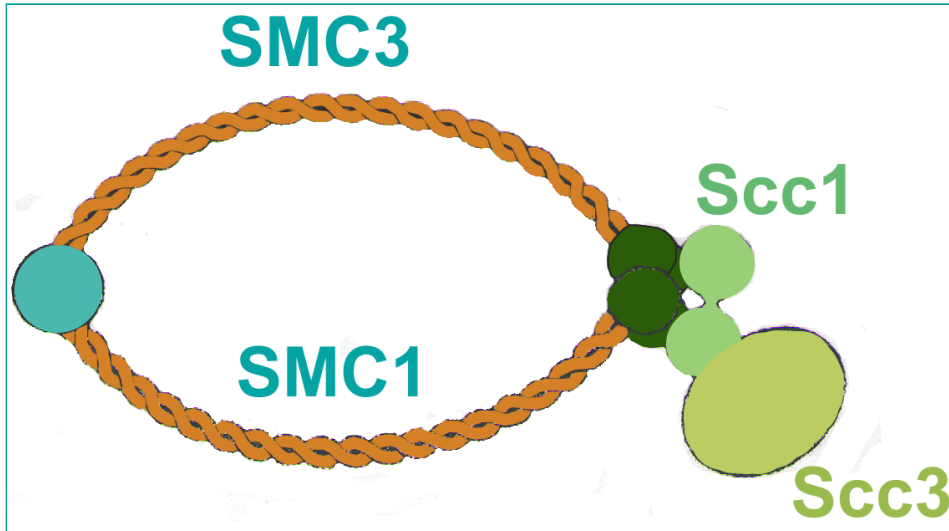


Метафаза

Ядерная оболочка в клеточном цикле

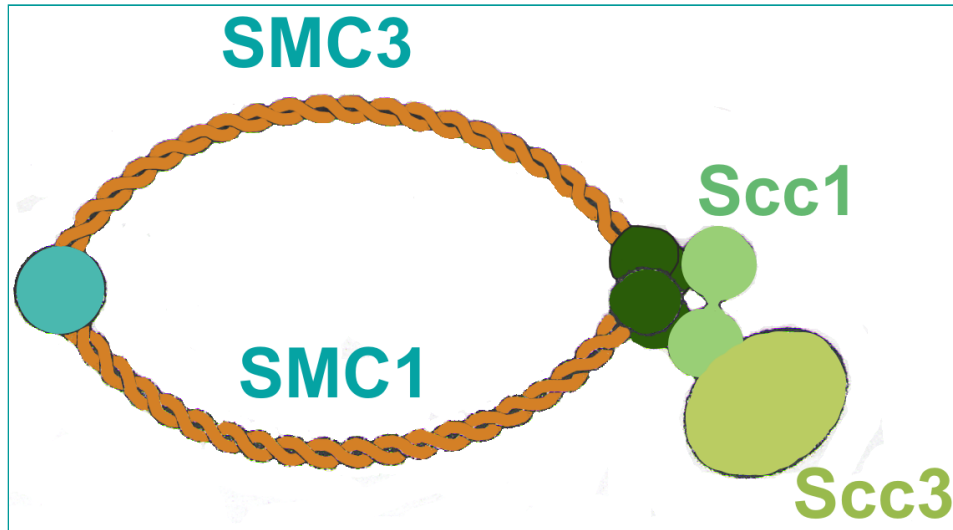


Когезин

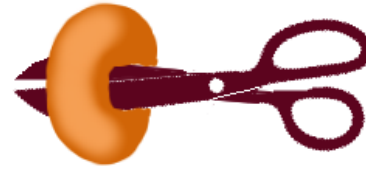


Конденсин

Когезин обеспечивает правильную сегрегацию сестринских хроматид



сегрегацию
сестринских
хроматид



Сепараза

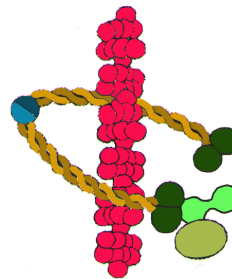
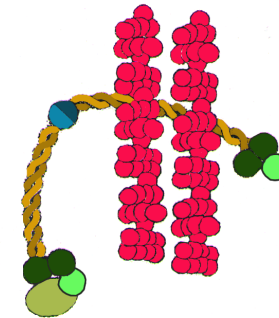
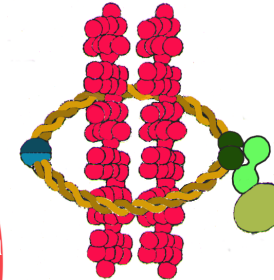
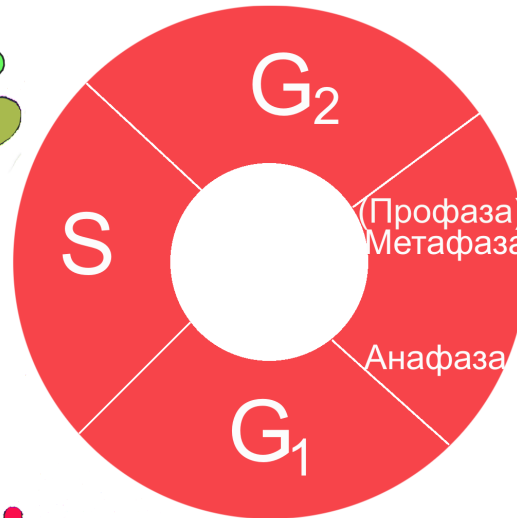
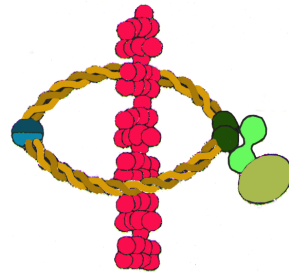
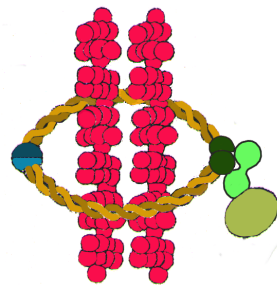
и

секурин

У позвоночных в ранней профазе когезин диссоциирует, оставаясь только в области кинетохора

После репликации сестринские хроматиды остаются вместе

Адгезин и др. белки способствуют замыканию кольца

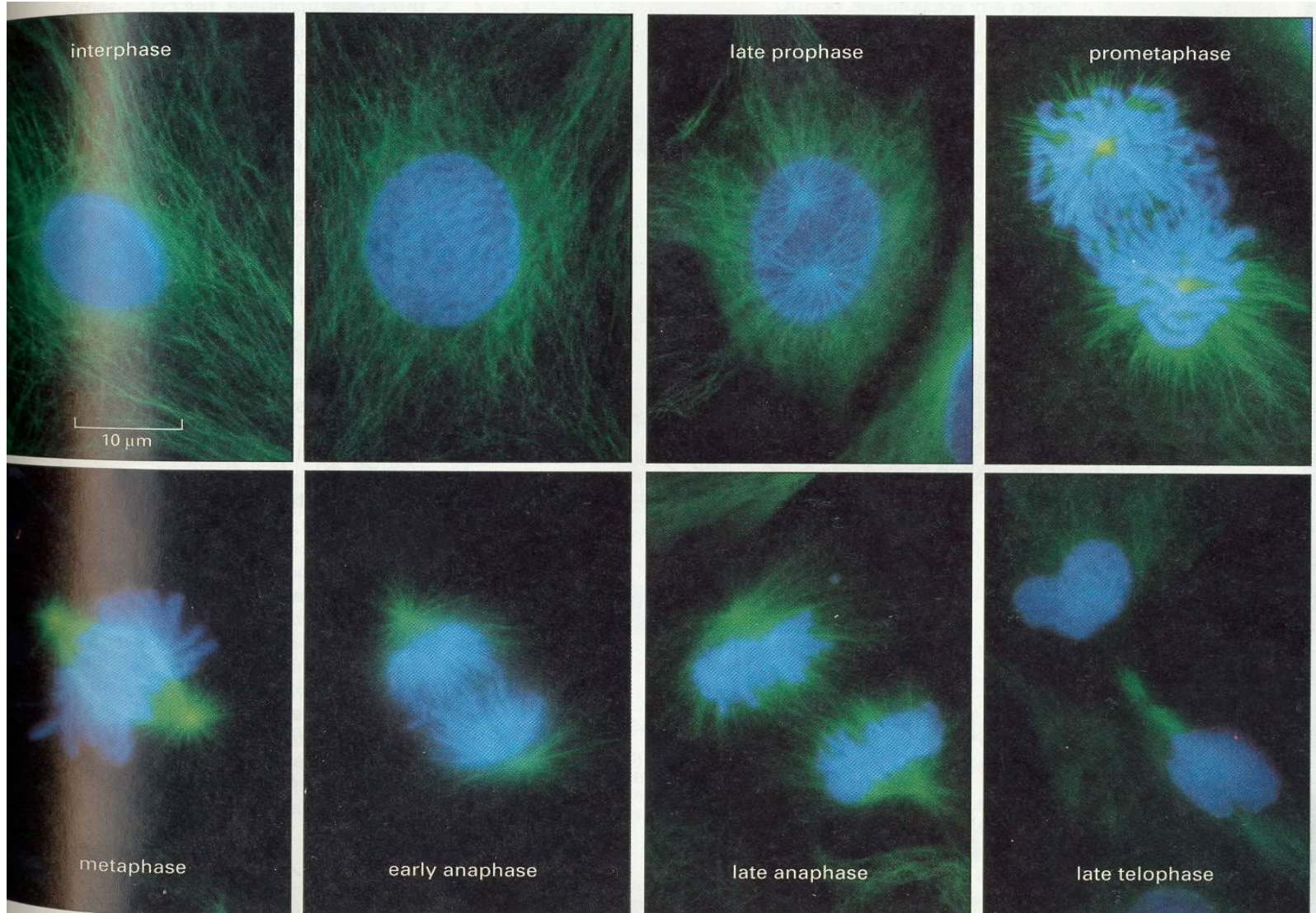


В анафазе активируется секураза, она освобождает сепаразу, которая разрезает Scc1...

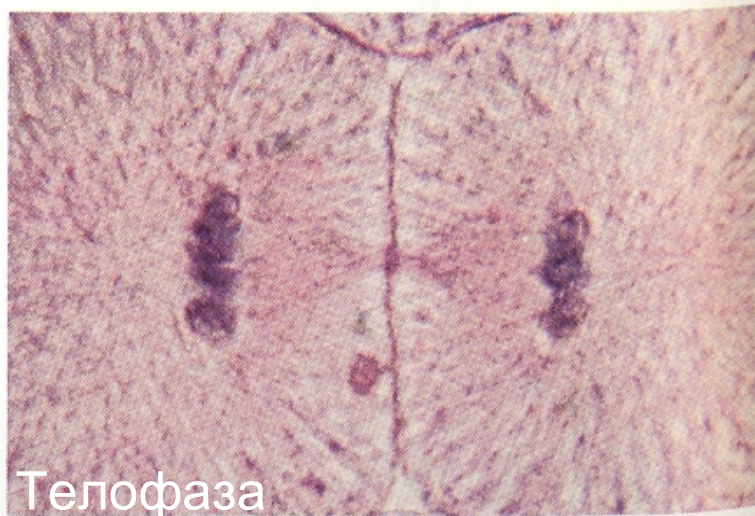
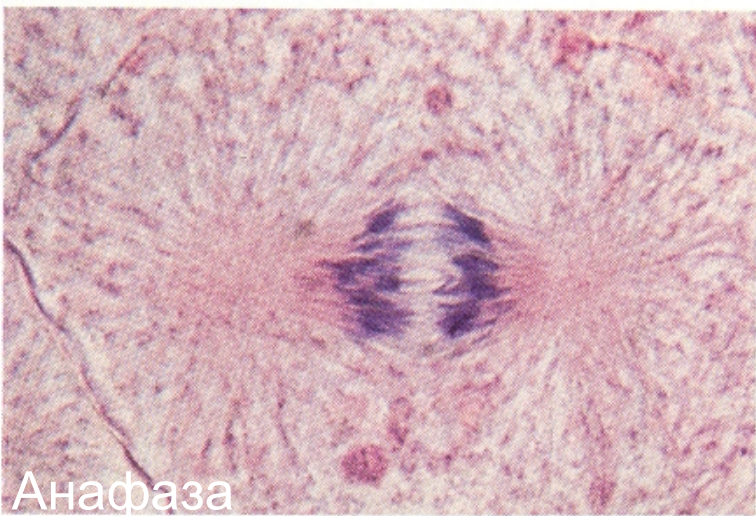
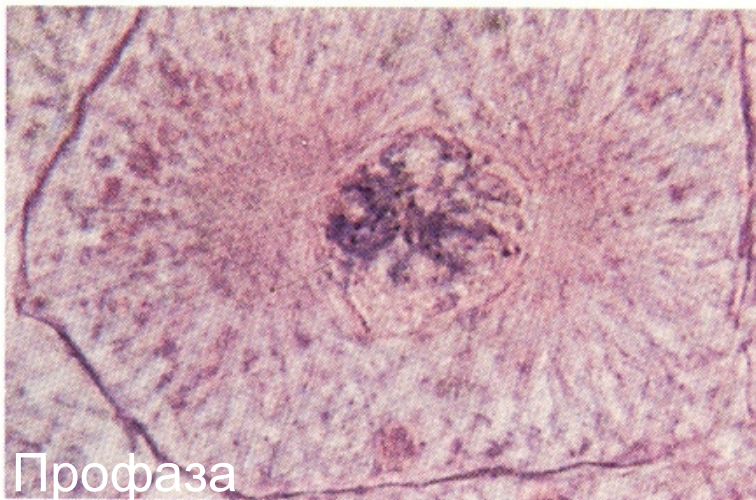
В телофазе когезин ассоциирует с хроматином

Деление животной клетки

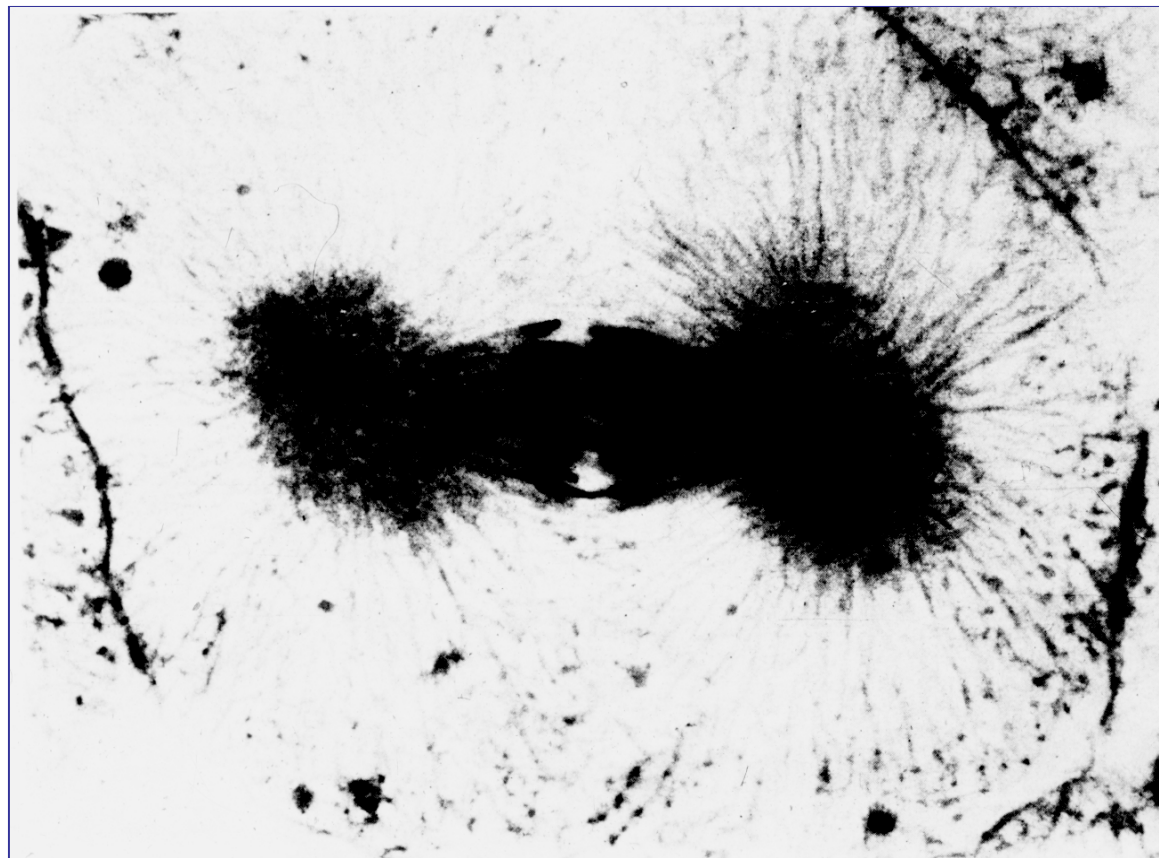
Окраска на ДНК (синий) и тубулин (зеленый)



Деление клетки сига

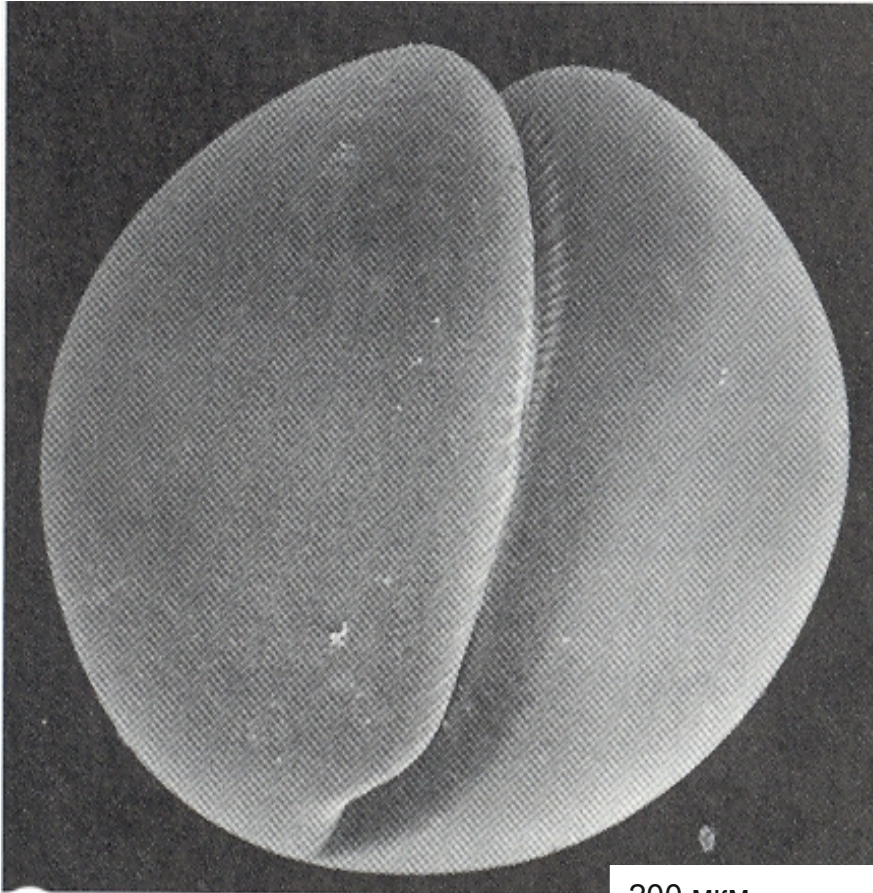


Веретено деления в первом делении дробления у форели



Цитокинез животной клетки происходит благодаря актин-миозиновому кольцу.

Борозда деления между двумя бластомерами лягушки

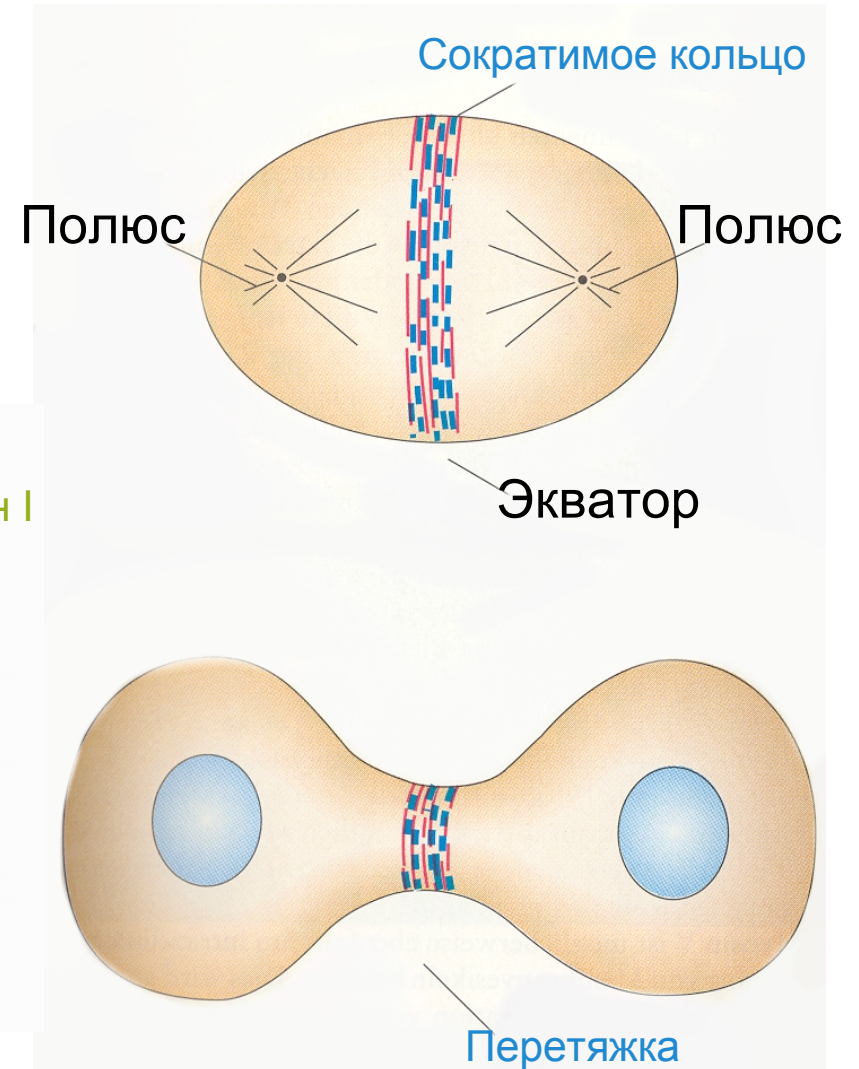


200 мкм



25 мкм

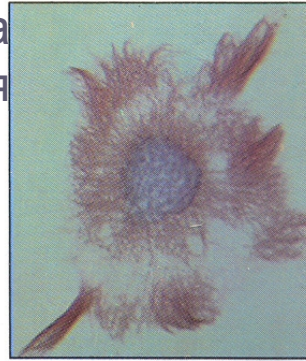
Актины и миозины участвуют в делении цитоплазмы



Деление растительной клетки (протопласт)

Окраска на ДНК (синий) и тубулин (красный)

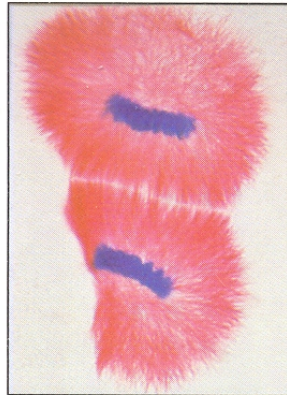
Профаза
ранняя



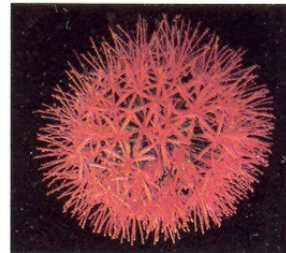
Профаза
поздняя



Прометафаза



Телофаза
поздняя



Телофаза

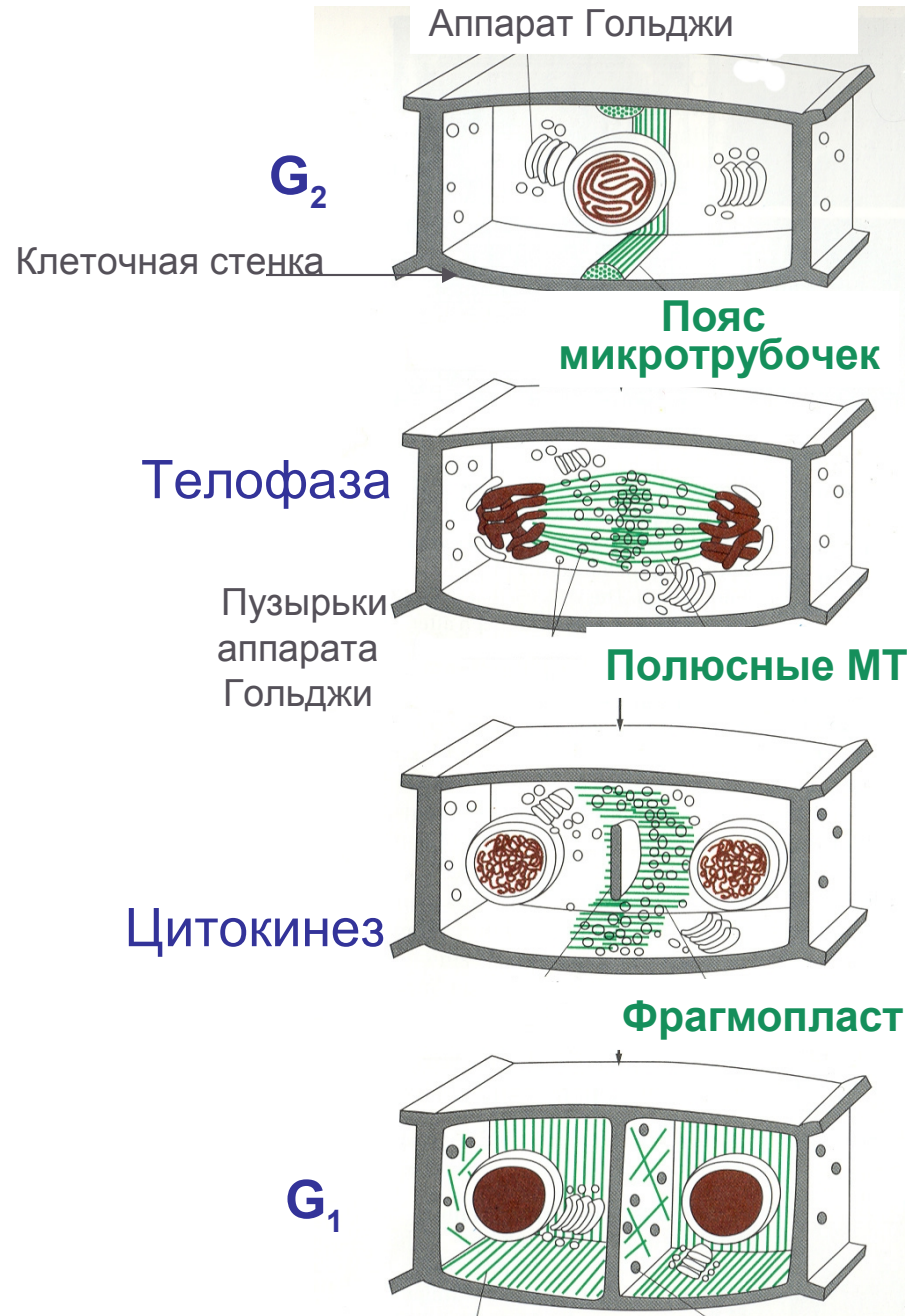


Анафаза



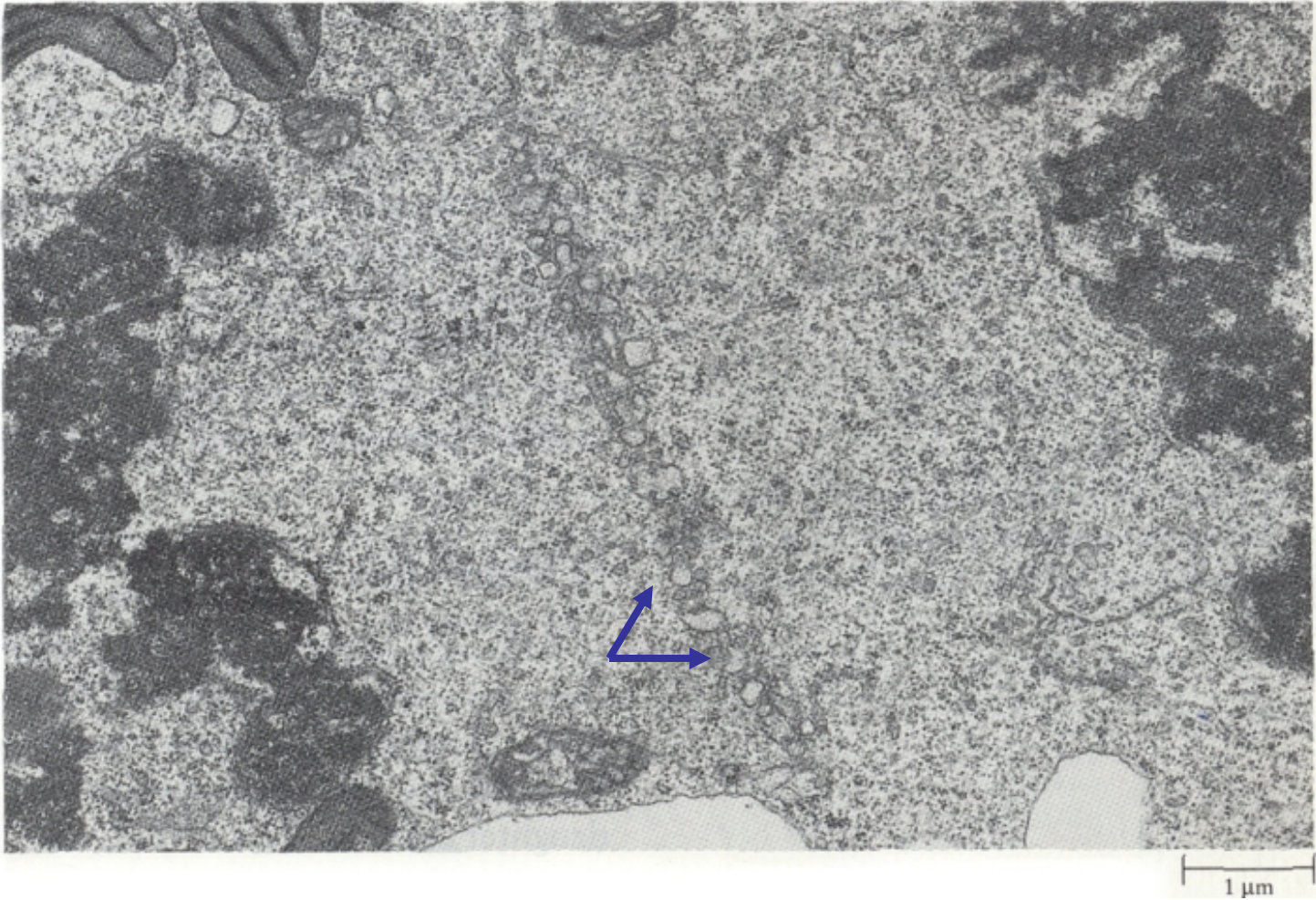
Метафаза

Изменение расположения микротрубочек в клеточном цикле растительной клетки

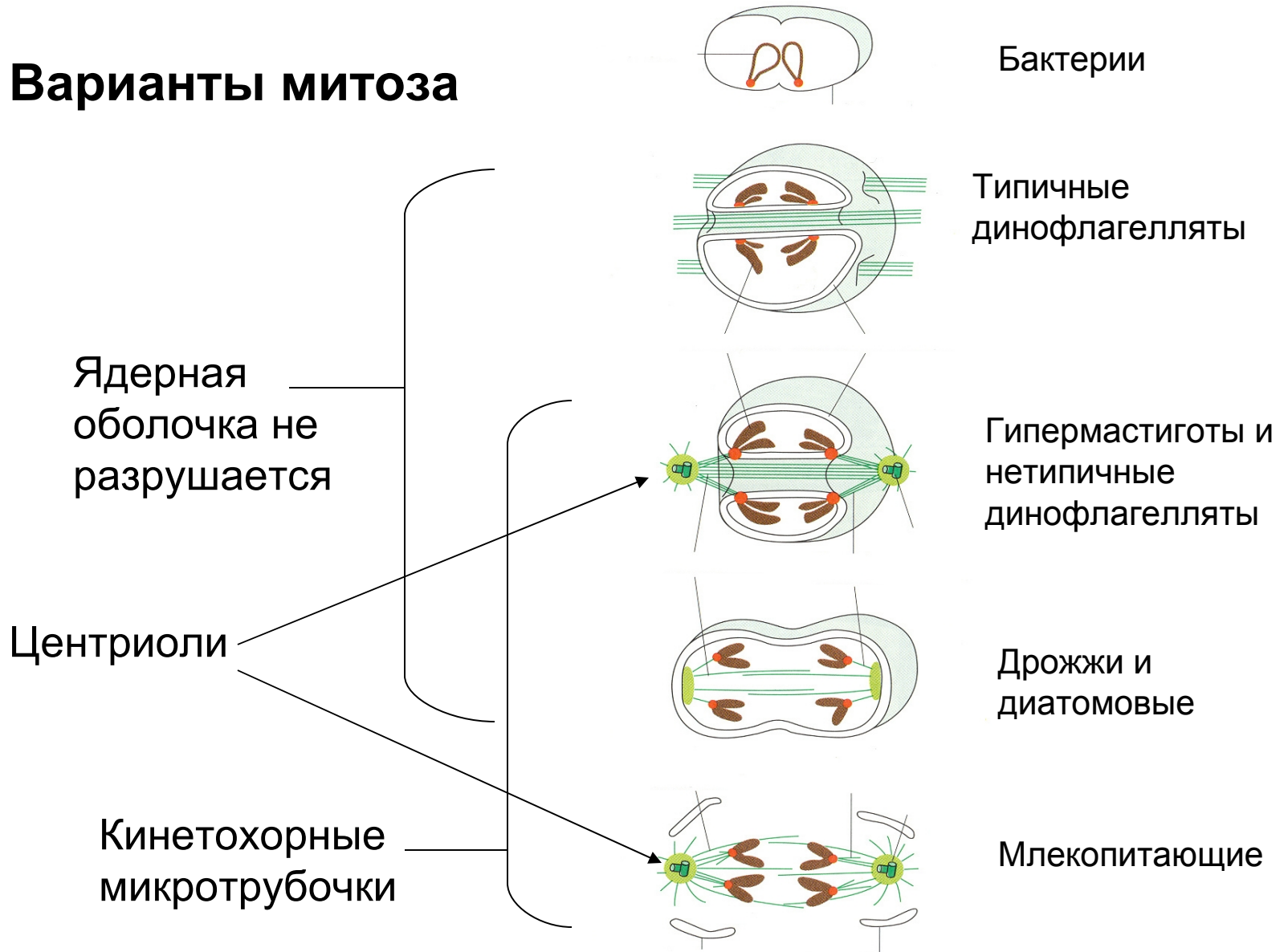


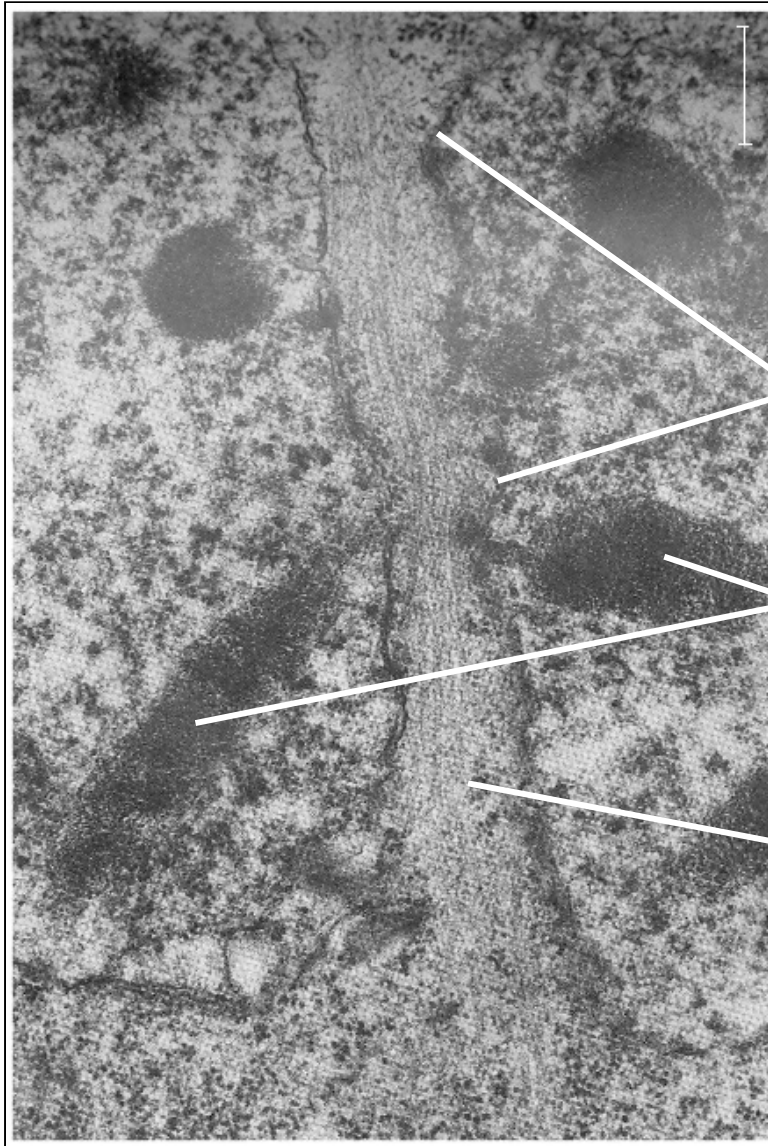
Цитокинез растительной клетки

Материал клеточной стенки приносится **пузырьками** от аппарата Гольджи вдоль микротрубочек фрагмопласта



Варианты митоза





Митоз у типичных динофлагеллят

Ядерная оболочка

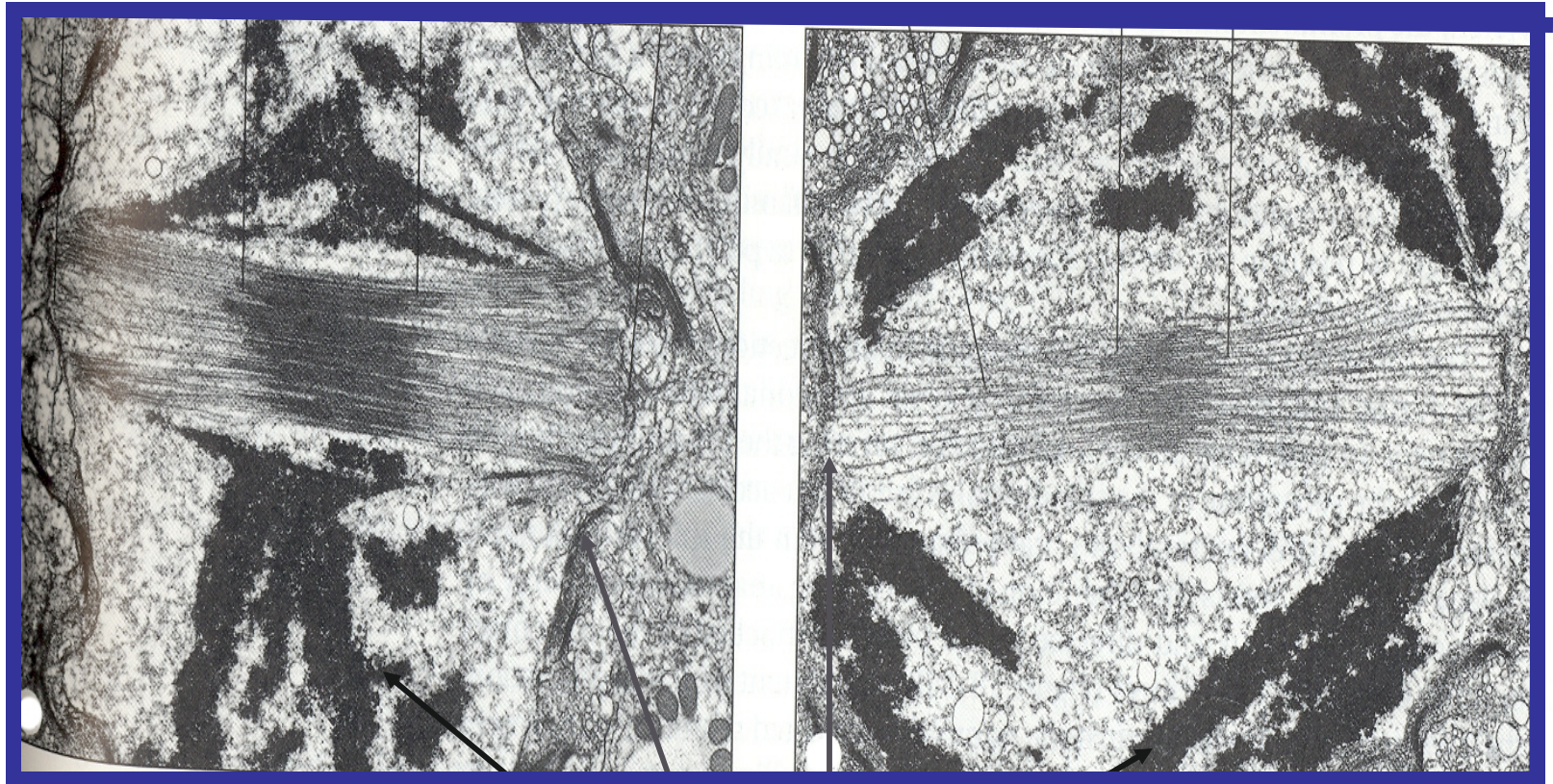
Хромосомы

Пучок микротрубочек

Закрытый митоз у диатомовых водорослей

Зона
перекрывания
микротрубочек

Зона
перекрывания
микротрубочек



Ядерная оболочка

Хромосомы

Метафаза

Анафаза