

Наследственный аппарат и удвоение ДНК

ДНК точно сохраняет и передаёт признаки живых клеток.



Наследственный аппарат клетки: основа преемственности

Наследственный аппарат клетки хранит, копирует и передаёт генетическую информацию. Именно он обеспечивает преемственность признаков и точную подготовку к делению, которое начинается только после завершения удвоения ДНК.



ДНК, гены и хромосомы

Роль ДНК

ДНК — молекула, в которой записана наследственная информация. Последовательность её нуклеотидов определяет, какие белки будут синтезированы и какие признаки проявятся у организма.

Что такое ген

Ген — это участок ДНК, несущий сведения об одном продукте: белке или функциональной РНК. Именно гены являются единицами наследования и изменчивости.

Как устроена хромосома

Хромосома представляет собой компактно упакованную молекулу ДНК, связанную с белками. Такая организация позволяет разместить огромный объём информации в ограниченном пространстве ядра.

Примеры у организмов

У человека в соматических клетках 46 хромосом, а у большинства бактерий наследственный материал представлен одной кольцевой молекулой ДНК. Это отражает различия в организации клеток.



Прокариоты и эукариоты: где находится ДНК

Сравнение показывает, что расположение и форма ДНК зависят от типа клетки и уровня её организации.

У прокариот ДНК компактнее и проще организована, а у эукариот — сложнее упакована и тесно связана с белками.

Школьный курс биологии: строение клетки

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Место ДНК	нуклеоид	ядро
Форма ДНК	кольцевая	линейная
Упаковка	слабая	с гистонами
Набор	обычно одна молекула	хромосомы

Клеточный цикл и момент репликации



Нуклеотиды и принцип комплементарности

Состав нуклеотида

Нуклеотид ДНК состоит из сахара, остатка фосфорной кислоты и одного из четырёх оснований. Именно их последовательность образует записанную в молекуле информацию.

Связи между основаниями

Комплементарные пары удерживаются водородными связями. Они достаточно прочны для стабилизации молекулы, но при этом позволяют цепям разъединяться при репликации.

Правило спаривания

Аденин спаривается с тиминном, а гуанин — с цитозином. Такое строгое соответствие называется принципом комплементарности и лежит в основе точного копирования ДНК.

Почему копирование возможно

Если известна последовательность одной цепи, вторая определяется однозначно. Поэтому клетка может безошибочно построить новую цепь по матрице исходной.



Двойная спираль ДНК

1

Антипараллельность

Две цепи ДНК расположены антипараллельно: одна идёт в направлении $5' \rightarrow 3'$, другая — $3' \rightarrow 5'$. Такое устройство важно для работы ферментов репликации.

2

Связи между цепями

Цепи удерживаются водородными связями между основаниями. Связи достаточно слабы, чтобы двойная спираль могла временно раскрываться при копировании.

3

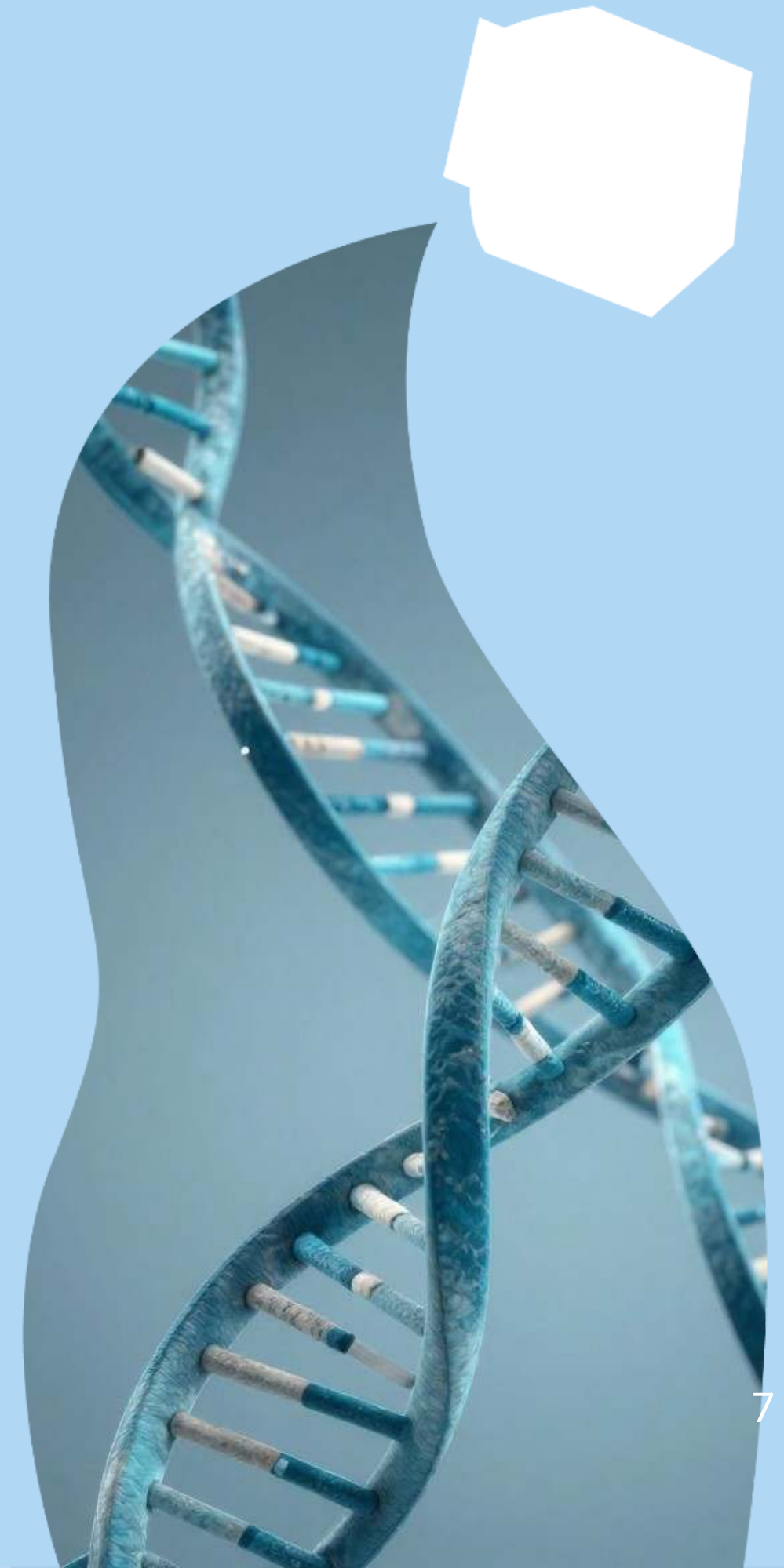
Генетическая запись

Последовательность нуклеотидов несёт генетический код. В ней зашифрована информация о строении белков и, следовательно, о признаках организма.

4

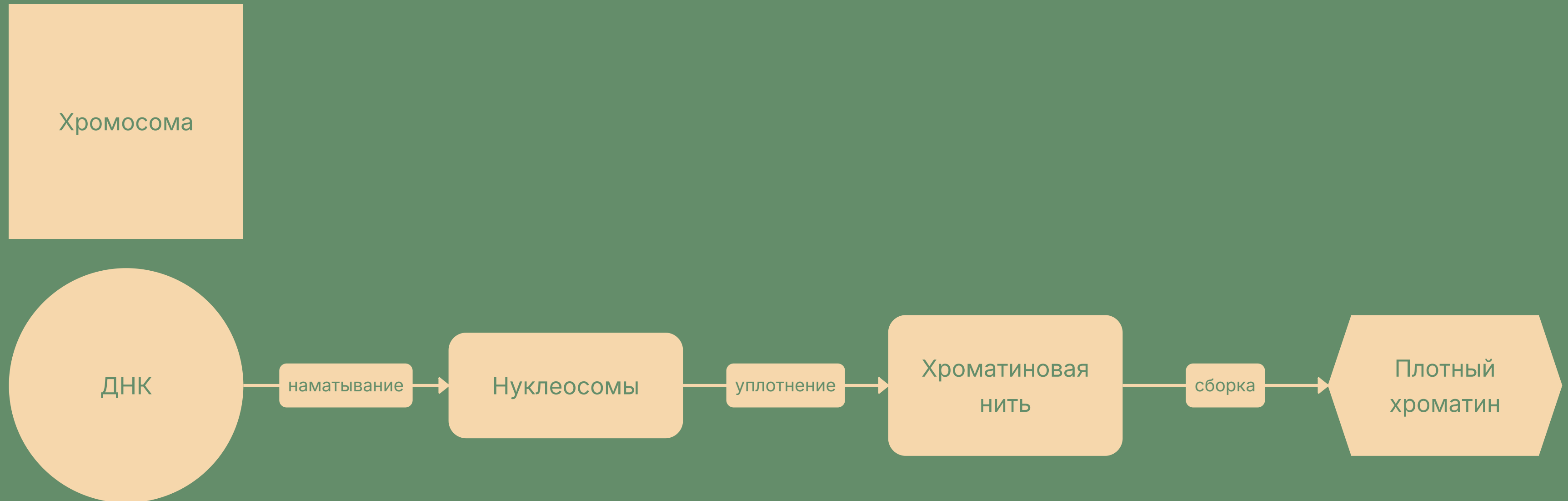
Польза структуры

Спиральная форма делает молекулу более устойчивой и помогает сохранять порядок оснований при удвоении. Это снижает вероятность ошибок во время репликации.



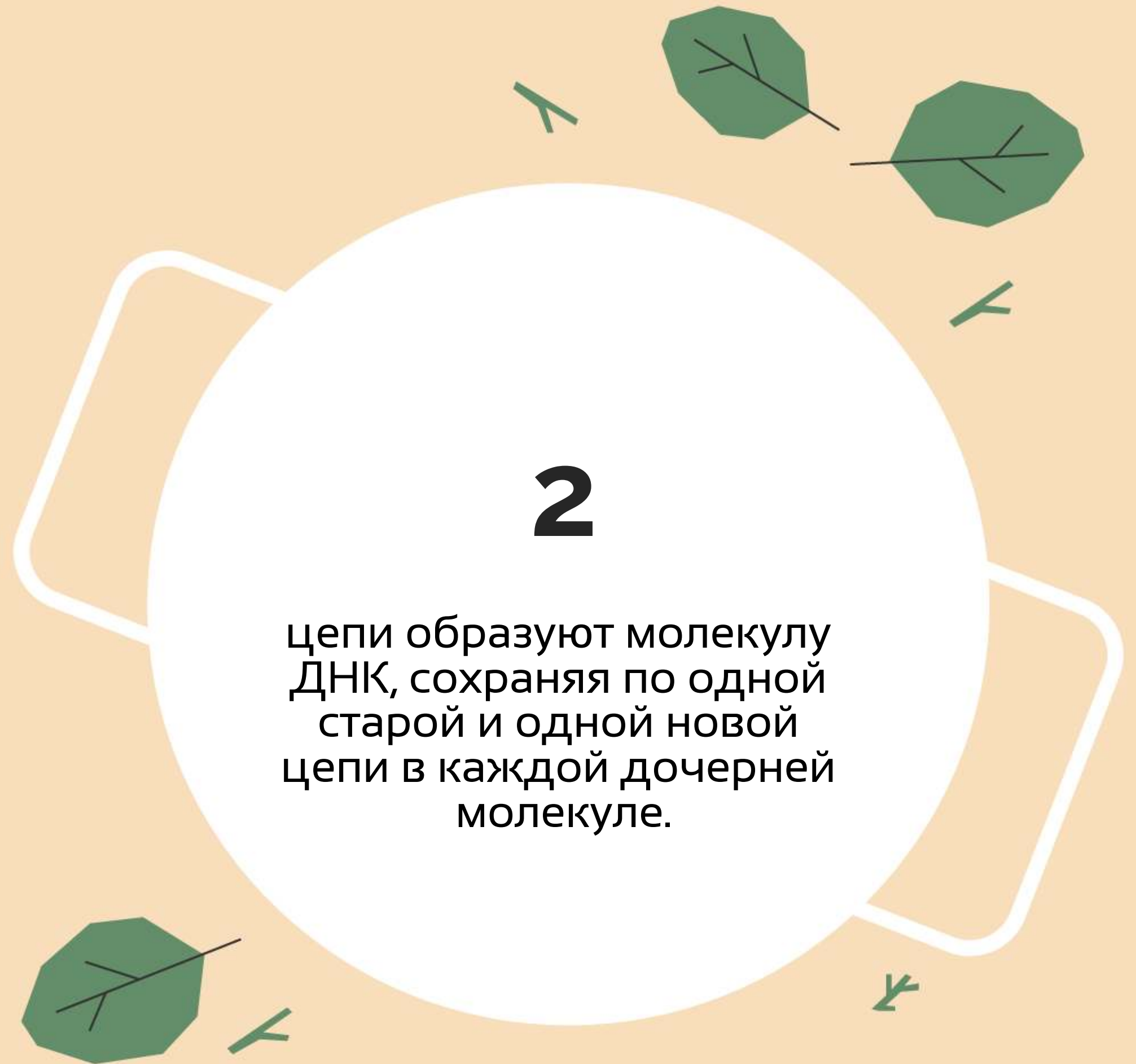
Как ДНК упакована в хроматин

Схема показывает последовательные уровни упаковки ДНК в клеточном ядре.



2 цепи образуют молекулу ДНК, и каждая из них служит матрицей для синтеза новой комплементарной цепи.

Принцип полуконсервативной репликации



Ферменты репликации и их функции



Каждый фермент выполняет свою часть работы, поэтому репликация идёт быстро и точно.



Репликация возможна только при слаженной работе нескольких специализированных ферментов.



Школьный курс биологии: репликация ДНК

Фермент	Действие	Роль
Хеликаза	разъединяет цепи	раскрывает ДНК
Праймаза	создаёт праймер	задаёт старт
ДНК-полимераза	достраивает цепь	копирует информацию
Лигаза	соединяет фрагменты	завершает цепь

Репликационная вилка

Место копирования

Репликационная вилка образуется там, где двойная спираль временно раскрывается, а каждая исходная цепь становится матрицей для сборки новой. Это ключевая рабочая зона копирования ДНК.

Ферментативная работа

В точке вилки ферменты последовательно разворачивают молекулу и удерживают цепи разъединёнными, чтобы нуклеотиды могли присоединяться по правилам комплементарности. Без этого синтез новых цепей невозможен.

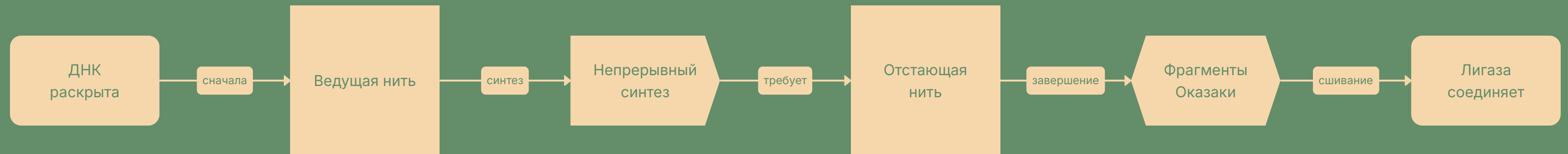
Много очагов начала

У эукариот репликация стартует не в одной, а во многих точках одной молекулы ДНК. Такой принцип ускоряет копирование огромного генома и помогает завершить его до деления клетки.



Ведущая и отстающая нити

Направление работы ДНК-полимеразы определяет различия в синтезе цепей и необходимость дополнительных праймеров на отстающей нити.



Фрагменты Оказаки и завершение синтеза

1

Короткие участки

Фрагменты Оказаки формируются на отстающей нити, потому что ДНК-полимераза не умеет двигаться в нужном направлении непрерывно. Каждый фрагмент начинается с нового праймера и удлиняется отдельно.

2

Замена праймеров

Когда синтез участка завершён, РНК-праймеры удаляются, а освободившиеся промежутки заполняются ДНК. Так молекула постепенно приобретает целостную структуру без пропусков и разрывов.

3

Сшивание цепи

Последний шаг выполняет лигаза: она соединяет соседние фрагменты прочной фосфодиэфирной связью. Благодаря этому отстающая нить становится непрерывной и полностью готовой к передаче дочерней клетке.



Этапы репликации по порядку

Последовательность этапов показывает, что репликация — не один акт, а цепочка строго согласованных реакций, где каждый следующий шаг зависит от завершения предыдущего.

Переход от расплетания к контролю ошибок отражает логику: сначала молекула копируется, затем результат проверяется и доводится до завершённого состояния.



Схема этапов репликации ДНК по школьному курсу биологии.

Проверка ошибок и репарация ДНК



Проверка при синтезе

ДНК-полимераза способна распознавать неверно включённый нуклеотид и удалять его до продолжения синтеза. Такой контроль заметно уменьшает число ошибок ещё во время копирования.



Исправление повреждений

После репликации специальные системы репарации находят повреждения, которые не были исправлены сразу. Они вырезают дефектный участок и восстанавливают правильную последовательность по сохранённой матрице.



Защита генома

Благодаря proofreading и репарации клетка сохраняет стабильность генома. Это особенно важно для быстро делящихся тканей, где даже редкая ошибка может иметь заметные последствия.

Ошибки репликации и мутации



1

Как возникает изменение

Мутация начинается с изменения в последовательности нуклеотидов, которое закрепляется в молекуле ДНК. Источником могут быть ошибки копирования, повреждения или недостаточно эффективная репарация.



2

Возможные последствия

Не каждая мутация сразу влияет на организм. Одни изменения оказываются нейтральными, другие нарушают работу белков, а третьи могут дать полезный признак в определённых условиях.



3

Роль в наследственности

Именно мутации создают наследственную изменчивость, благодаря которой популяции не остаются одинаковыми. Без таких различий не было бы материала для отбора и эволюционных изменений.

Проблема конца репликации и теломеры



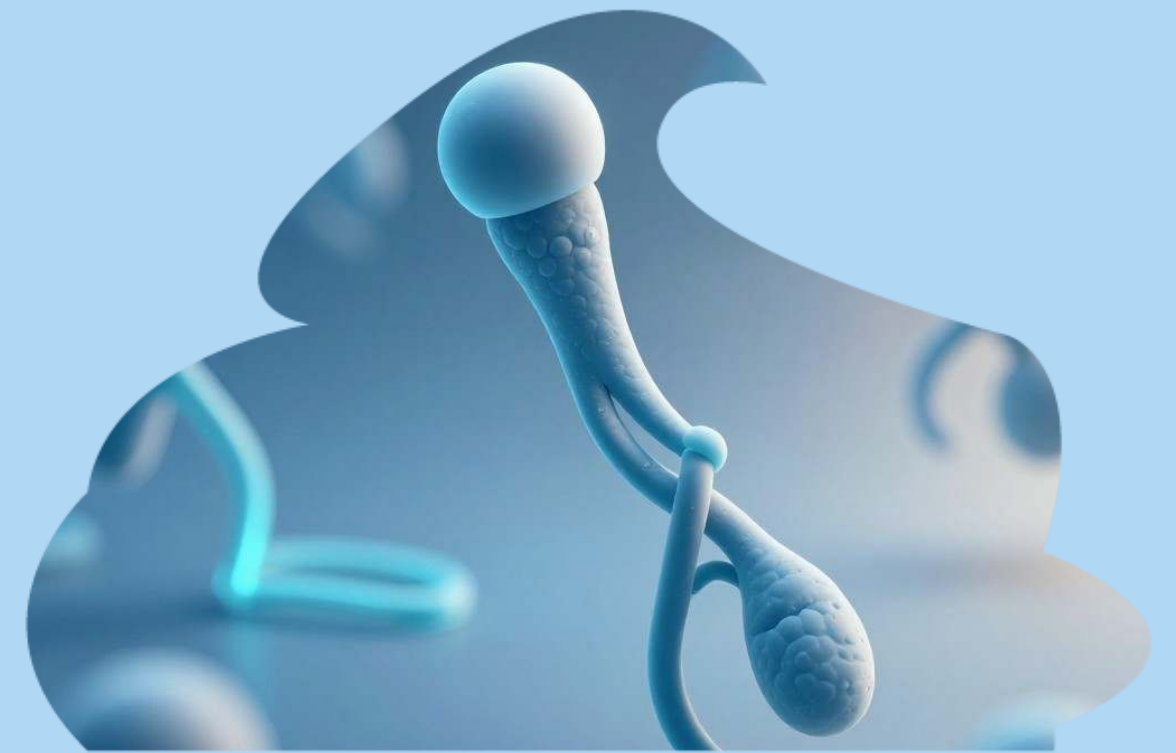
Защитный конец

На концах линейных хромосом находятся теломеры — участки, которые работают как защитные «колпачки». Они помогают сохранить важные гены от постепенной потери при копировании ДНК.



Проблема укорочения

При каждом делении теломеры могут немного укорачиваться, потому что самый край молекулы копируется не так удобно, как внутренние участки. Это создаёт проблему точного сохранения длины хромосом.



Механизм поддержки

Связь репликации с делением клетки

Сначала копирование

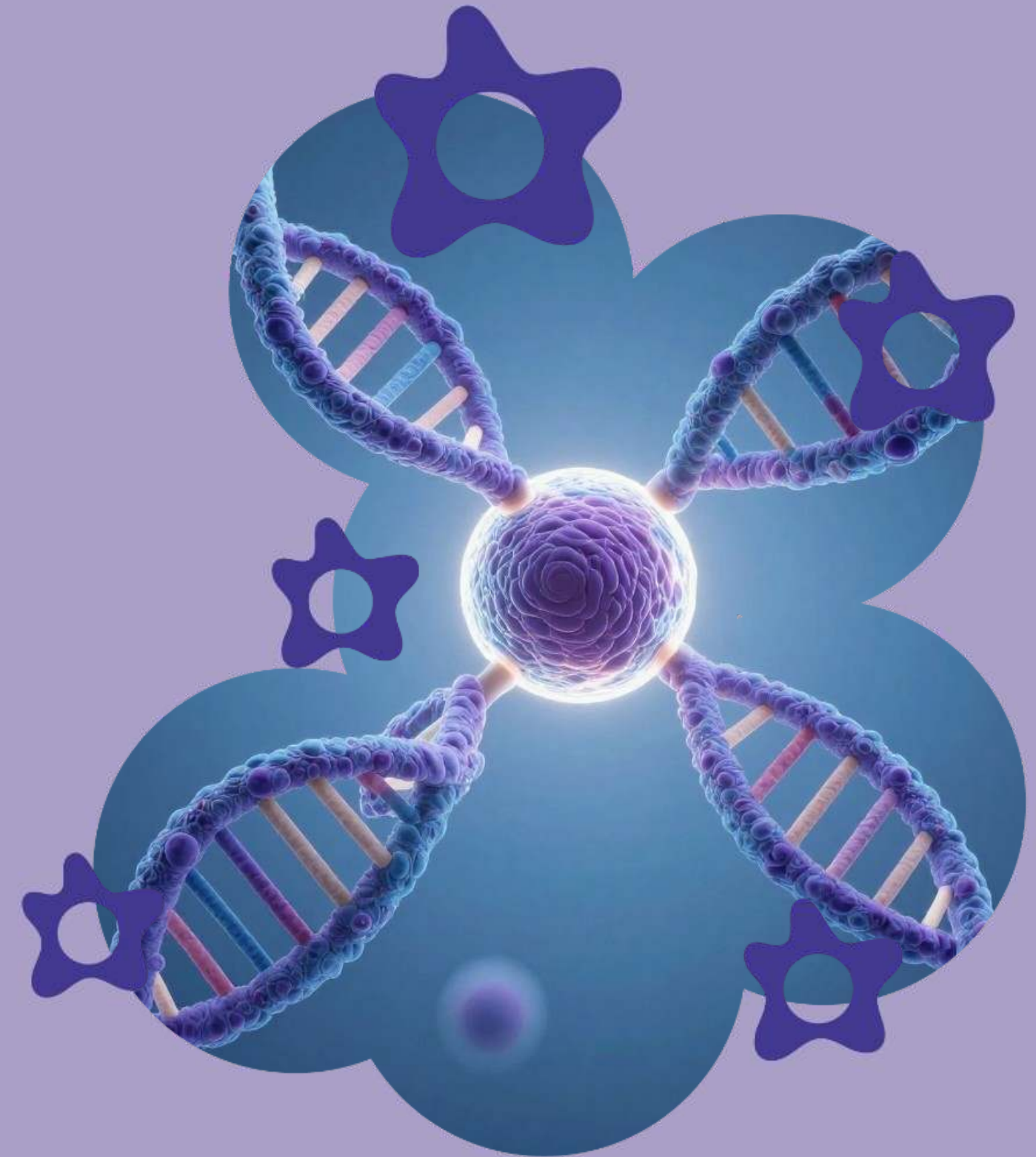
Сначала клетка удваивает ДНК, чтобы каждая будущая дочерняя клетка получила полный набор наследственной информации. Без этого деление привело бы к потере части генетического материала.

Набор хромосом

У человека в соматических клетках сохраняется диплоидный набор из 46 хромосом. Он обеспечивает устойчивость развития и одинаковость наследственной информации в клетках тела.

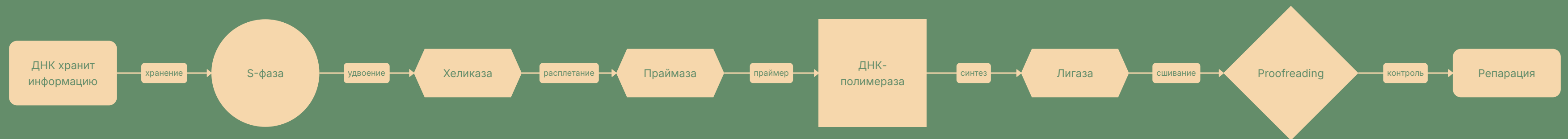
Потом распределение

Затем хромосомы распределяются между дочерними клетками, и каждая из них получает одинаковый набор генов. Это особенно важно для точного сохранения признаков организма.



Карта процесса: от ДНК к дочерним клеткам

Схема объединяет хранение наследственной информации, её удвоение в S-фазе и ферментативные шаги, обеспечивающие точность копирования.



Как сохраняется наследственная информация

Наследственная информация сохраняется, потому что ДНК не просто копируется, а переписывается с точной проверкой каждого шага. Эта надёжность делает возможным развитие, наследование и разнообразие живых организмов.

