

**Пермский Государственный Медицинский Университет
имени академика Е.А.Вагнера**

Кафедра биологии, экологии и медицинской генетики

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ
ОСНОВЫ
НАСЛЕДСТВЕННОСТИ**

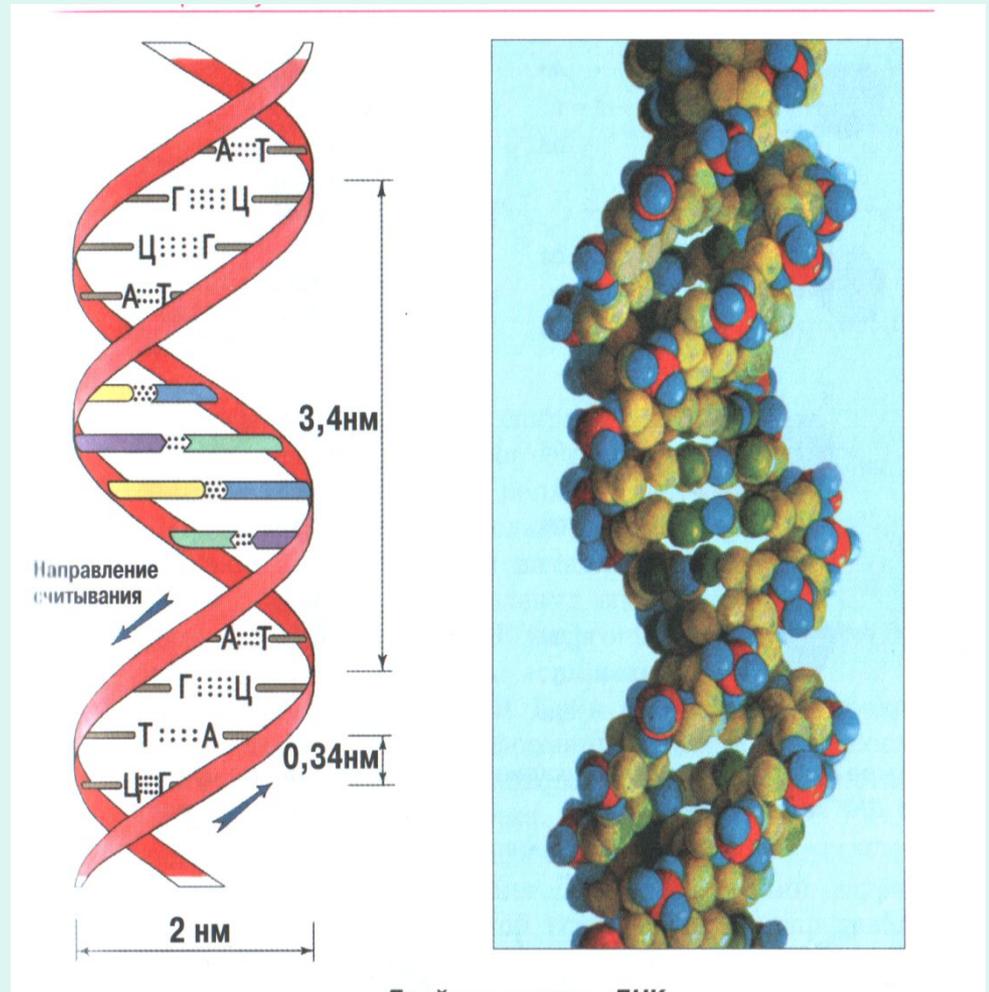
2022

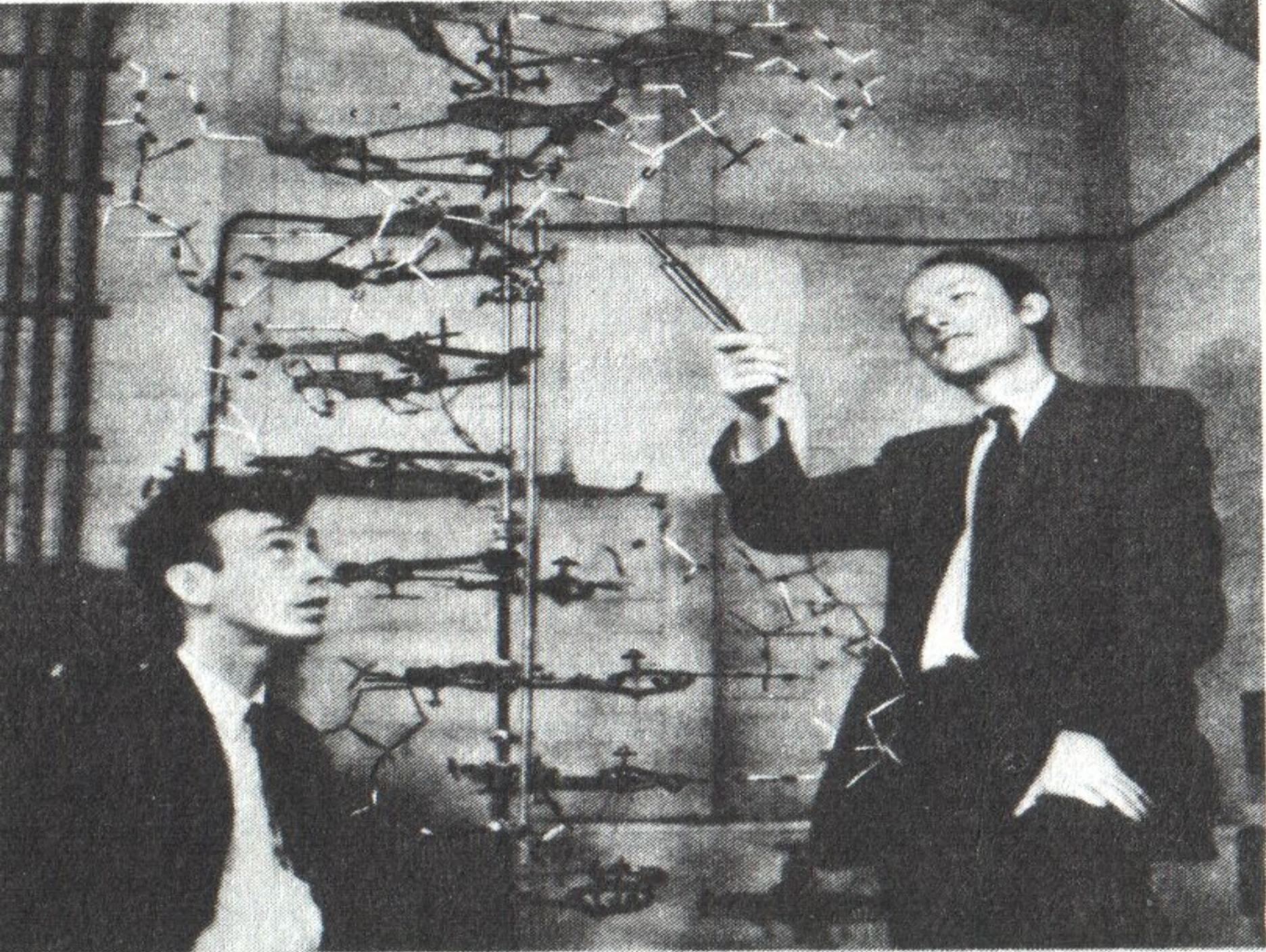
Доцент Логинова Елена Алексеевна

ПЛАН ЛЕКЦИИ:

- 1. Ген, строение, функции и свойства.**
- 2. Регуляция работы гена.**
- 3. Экспрессия генетической информации.**
- 4. Транскрипция.**
- 5. Процессинг.**
- 6. Сплайсинг РНК.**
- 7. Трансляция.**
- 8. Процессинг белка.**

Уотсон и Крик
показали, что ДНК
образована
двойной
спиральной
полинуклеотидной
цепью,
пространственная
структура В-
формы ДНК.





Свойства ДНК

1) Универсальность.

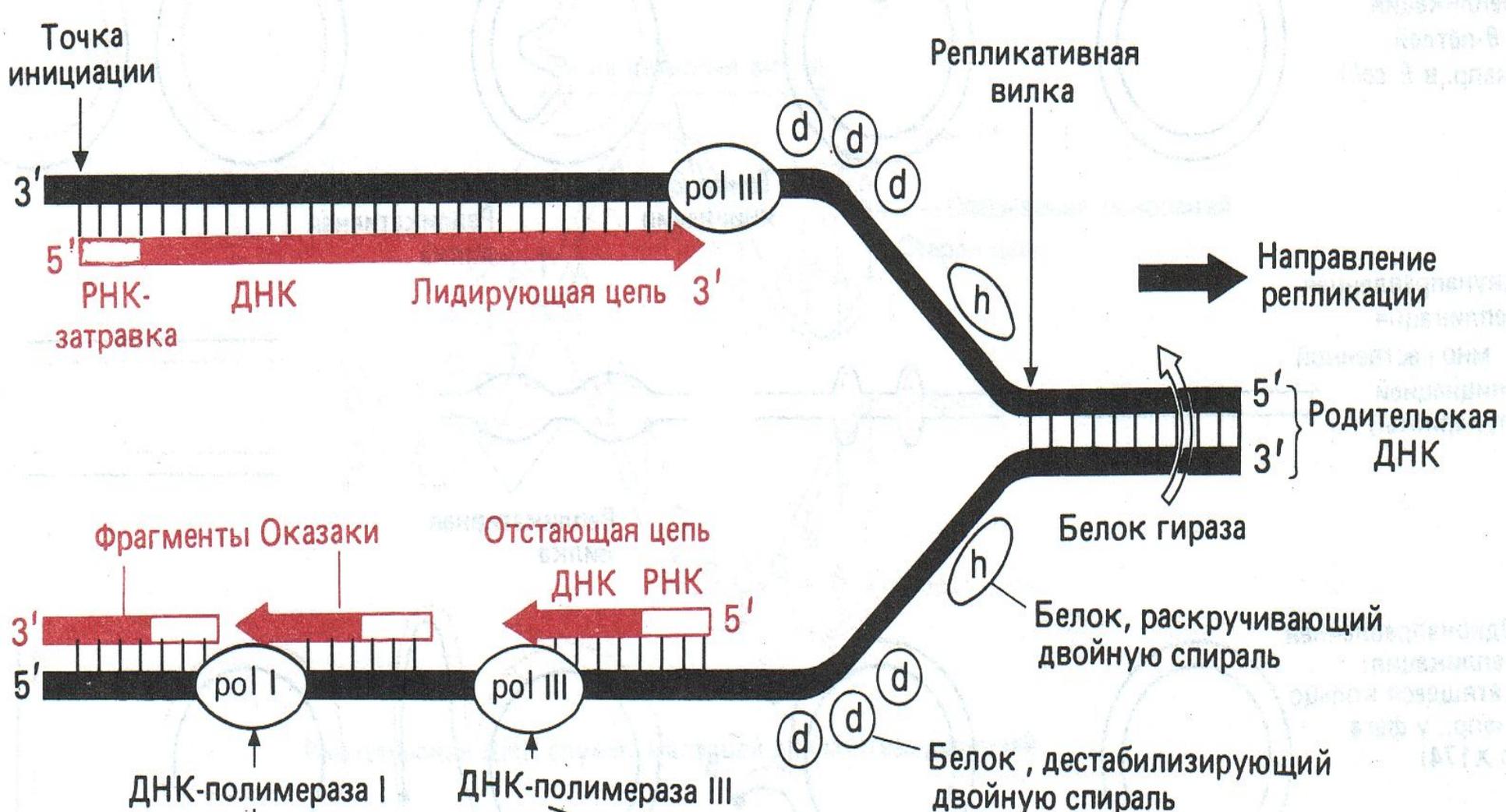
2) Специфичность

Специфичность зависит от ряда обстоятельств:

- **Сколько нуклеотидов образуют ДНК**
- **Какие нуклеотиды образуют ДНК**
- **Как расположены нуклеотиды в цепи**

3) Способность к самоудвоению, репликации или редупликации.

4) Способность к репарации.



Репликация начинается сразу в нескольких точках.

Единица репликации – **репликон**.

Репликацией ДНК выполняется одна из функций ДНК – воспроизведение и передача новому поколению генетической информации в процессе полового и бесполого размножения

4 . Генетический код и его свойства.

Генетический код – система расположения нуклеотидов в молекуле ДНК, контролирующая последовательность расположения аминокислот в белке.

генетический код **трехбуквенный,**
триплетный, состоит из кодонов

генетический код **универсален**

генетический код **уникален**

генетический код **вырожденный**

генетический код **неперекрывающийся,**
считывание в одном направлении

генетический код **эволюционно заморожен**

Словарь генетического кода

первая буква	Вторая буква кодона				третья буква
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ-фен УУЦ-фен УУА-лей УУГ-лей	УЦУ-сер УЦЦ-сер УЦА-сер УЦГ-сер	УАУ-тир УАЦ-тир УАА-стоп УАГ-стоп	УГУ-цис УГЦ-цис УГА-стоп УГГ- три	У Ц А Г
Ц	ЦУУ-лей ЦУЦ-лей ЦУА-лей ЦУГ-лей	ЦЦУ-про ЦЦЦ-про ЦЦА-про ЦЦГ-про	ЦАУ-гис ЦАЦ-гис ЦАА-гln ЦАГ-гln	ЦГУ-арг ЦГЦ –арг ЦГА-арг ЦГГ-арг	У Ц А Г
А	АУУ-илей АУЦ-илей АУА-илей АУГ-мет	АЦУ-тре АЦЦ-тре АЦА-тре АЦГ-тре	ААУ-аспн ААЦ-аспн ААА-лиз ААГ-лиз	АГУ-сер АГЦ-сер АГА-арг АГГ-арг	У Ц А Г
Г	ГУУ-вал ГУЦ-вал ГУА-вал ГУГ-вал	ГЦУ-ала ГЦЦ-ала ГЦА-ала ГЦГ-ала	ГАУ-асп ГАЦ-асп ГАА-глу ГАГ-глу	ГГУ-гли ГГЦ-гли ГГА-гли ГГГ-гли	У Ц А Г

1. Ген строение и функции

Единицей функционирования наследственного материала является **ГЕН**.

История развития представлений о гене:

- 1) Г.Мендель указал некоторые свойства гена: доминантность, рецессивность, дискретность, стабильность, нахождение в гамете лишь одного наследственного фактора из двух.

- 2) Термин ген был введен в 1909 году **В. Иогансоном**.
- 3) В 1911 году английский врач **А.Гаррод** делает вывод «Гены управляют синтезом и активностью ферментов».
- 4) Теория гена **Т.Г.Моргана** (1926 год)
- 5) Представление о гене **Н.Кольцова** (1927год)
- 6) **А.С.Серебровский** и **Н.П. Дубинин** 1928год
- 7) Физико-химическая концепция гена **Уотсона** и **Крика** (1953 год)
- 8) Открытие явления обратной транскрипции **Темином** и **Балтимором** (1970 год)

Определение гена.

Ген – это сложная динамическая система нуклеотидных последовательностей ДНК, принимающих участие в формировании признаков клетки и организма в целом.

Ген – это понятие биологическое, а не химическое. С химической точки зрения, молекулярной основой гена является действительно нуклеиновая кислота, но отрезок ДНК или РНК является геном лишь тогда, когда он находится в тесном взаимодействии с другими компонентами генетического аппарата клеток.

Основные положения системной концепции гена:

- **Ген** – это сложное системное образование. Оно включает структурно-функциональные и регуляторные участки.
- **Ген** не автономен, а является частью генетической структуры клетки, которая образована хромосомами, РНК, плазмогенами.
- **Ген** тесно связан с другими структурами клетки и организма (эндокринной, нервной, мембраной и т.д.).
- **Клетка и организм** оказывают влияние на **ген**, т.е. возможно обратное влияние сомы на ген.

Гены, определяющие развитие одного и того же признака и расположенные в одних и тех же **локусах** (участках) гомологичных хромосом называются **аллельными парами или генами**

Совокупность всех наследственных факторов организма (генов), в диплоидном наборе хромосом ядра называется **генотипом**

- Если в гомологичных хромосомах находятся аллельные гены, кодирующие одинаковое состояние признака (оба гена кодируют желтую окраску семян - **AA**), то такой организм называется **ГОМОЗИГОТНЫМ**
- Если гены кодируют различное состояние признака, то такой организм - **гетерозиготный** (**Aa**)

Физический размер генома

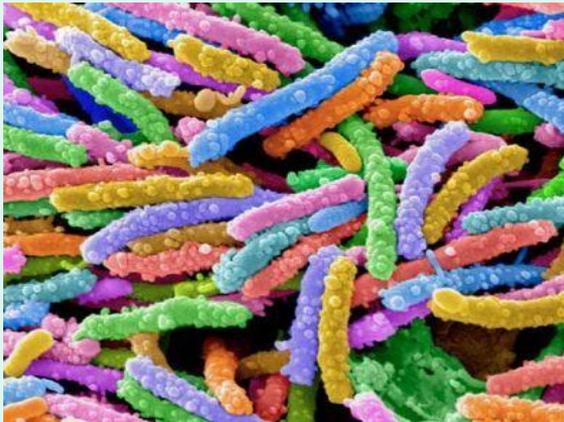
ГЕНОМ - суммарная ДНК гаплоидного набора хромосом и каждого из внехромосомных генетических элементов, содержащаяся в отдельной клетке

Прокариоты - до $8 \cdot 10^6$ п.
н.

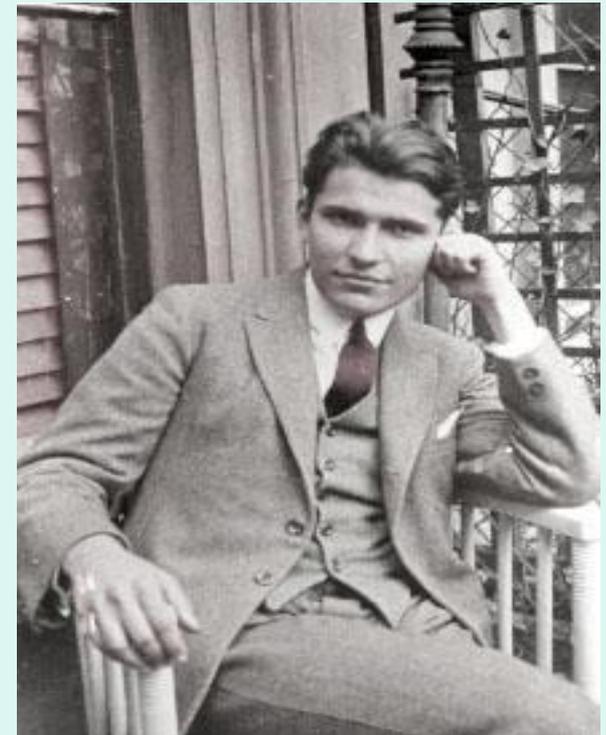
Эукариоты $10^6 - 10^{11}$ п.н.

Человек
 $3,3 \cdot 10^9$

Кишечная палочка
 $4 \cdot 10^6$



Дрозофила
 $1,4 \cdot 10^8$



Классификация генов:

1) Структурные гены

2) Гены модуляторы:

- Модификаторы

- Интенсификаторы – повышают мутабельность генов (частоту мутаций)

- Ингибиторы

3) Регуляторные гены

Уровни организации наследственного материала:

- 1) **Генный** (элементарная единица – ген)
- 2) **Хромосомный** (элементарная единица – хромосома)
- 3) **Геномный** взаимодействие генов из разных пар хромосом

Плазмогены

Плазмогены – внеядерный генетический материал:

- гены хромосом пластид, митохондрий, клеточного центра, вирусов, плазмид (внехромосомные генетические элементы).

Особенности плазмогенов:

- Количество непостоянно
- Передаются только по женской линии
- Неравномерно распределяются между дочерними клетками

Функции:

- 1) Осуществляют генетический контроль за синтезом ряда ферментов цитоплазмы.
- 2) Взаимодействуют с хромосомами ядра, т.к. часть информации митохондрий содержится в ядре.

Свойства генов:

- 1) Дискретность**
- 2) Стабильность**
- 3) Специфичность**
- 4) Способность к мутациям**
- 5) Дозированность**

Функции генов:

- 1) Хранение наследственной информации**
- 2) Передача наследственной информации в поколения**
- 3) Управление биосинтезом белков и других соединений в клетке**
- 4) Восстановление поврежденных генов (репарация ДНК т РНК)**
- 5) Обеспечение наследственной изменчивости клеток и организма**
- 6) Контроль за индивидуальным развитием клеток и организмов**
- 7) Рекомбинация (процесс перегруппировки генов)**

Строение гена эукариот

В 1978 году **Гильберт** на основании анализа многих работ предложил модель мозаичного

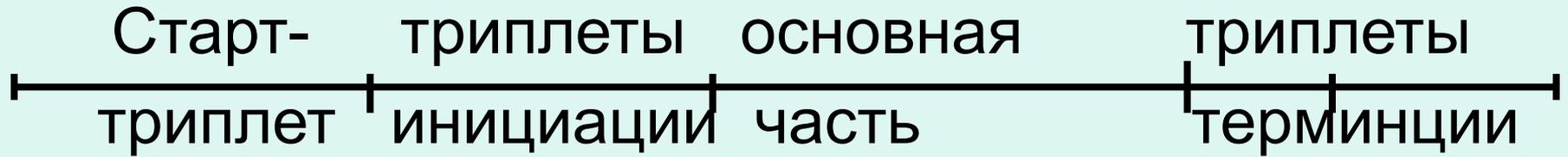
(интронно-экзонного) строения гена эукариот



Интроны-
информационно-
незначащие
участки

Экзоны-
информационно-
значащие
участки

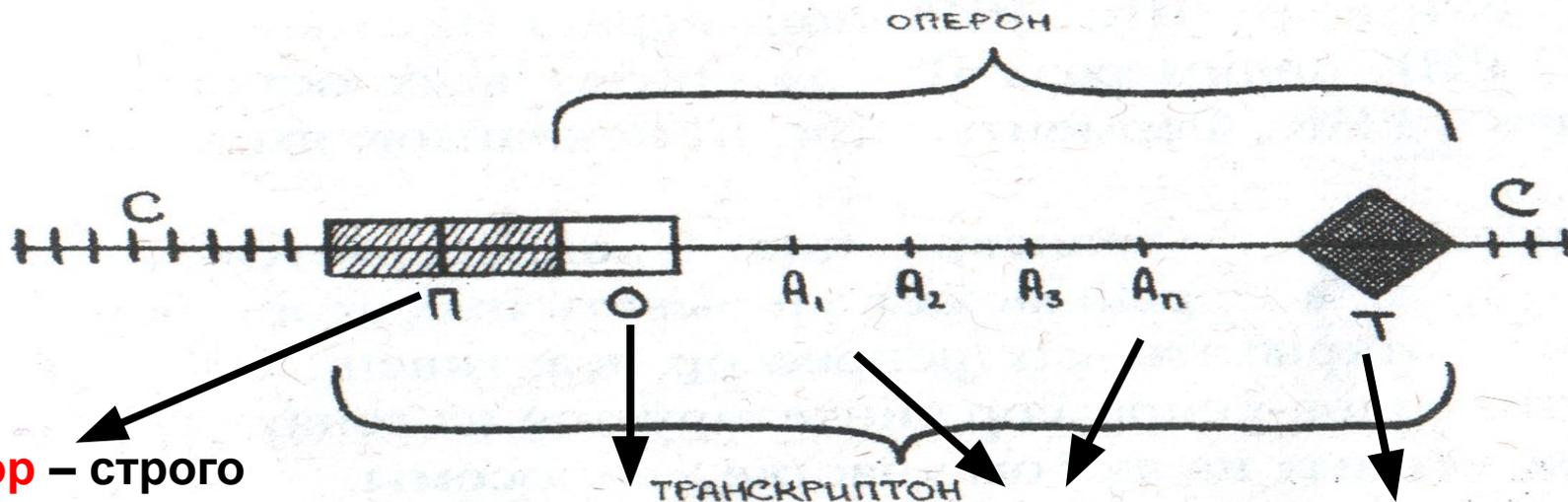
Строение гена эукариот



Гены прокариот состоят в основном из информационных участков (**экзонов**).

Гены эукариот состоят из информационных и неинформационных зон (**интронов и экзонов**).

транскриптон



Промотор – строго определенная нуклеотидная последовательность, которая узнается ферментом РНК полимеразой.

Оператор – регулирует транскрипцию

A_1, A_2, A_3, A_n – структурные гены

Терминатор – последовательность нуклеотидов, дойдя до которой РНК полимеразы соскальзывает с ДНК

Функция:

- 1) Это место присоединения РНК-полимеразы к молекуле ДНК
- 2) Определяет «смысловую» цепь ДНК

2. Регуляция работы генов.

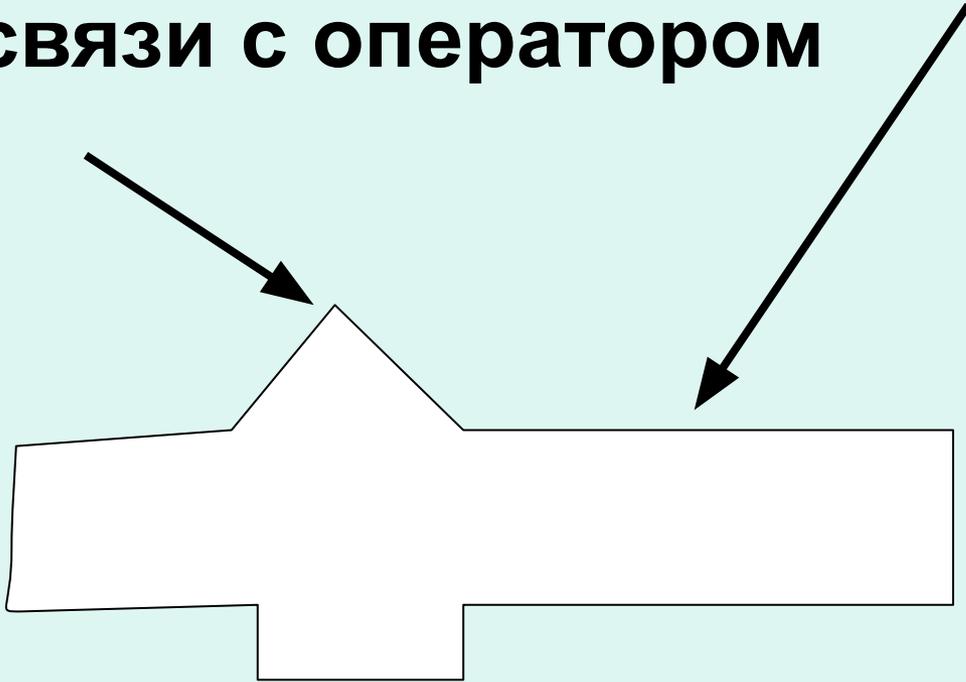
Как выяснил **Жак Моно**, работой оперона управляют **гены - регуляторы**.

Гены-регуляторы управляют работой структурных генов через **белки-репрессоры**

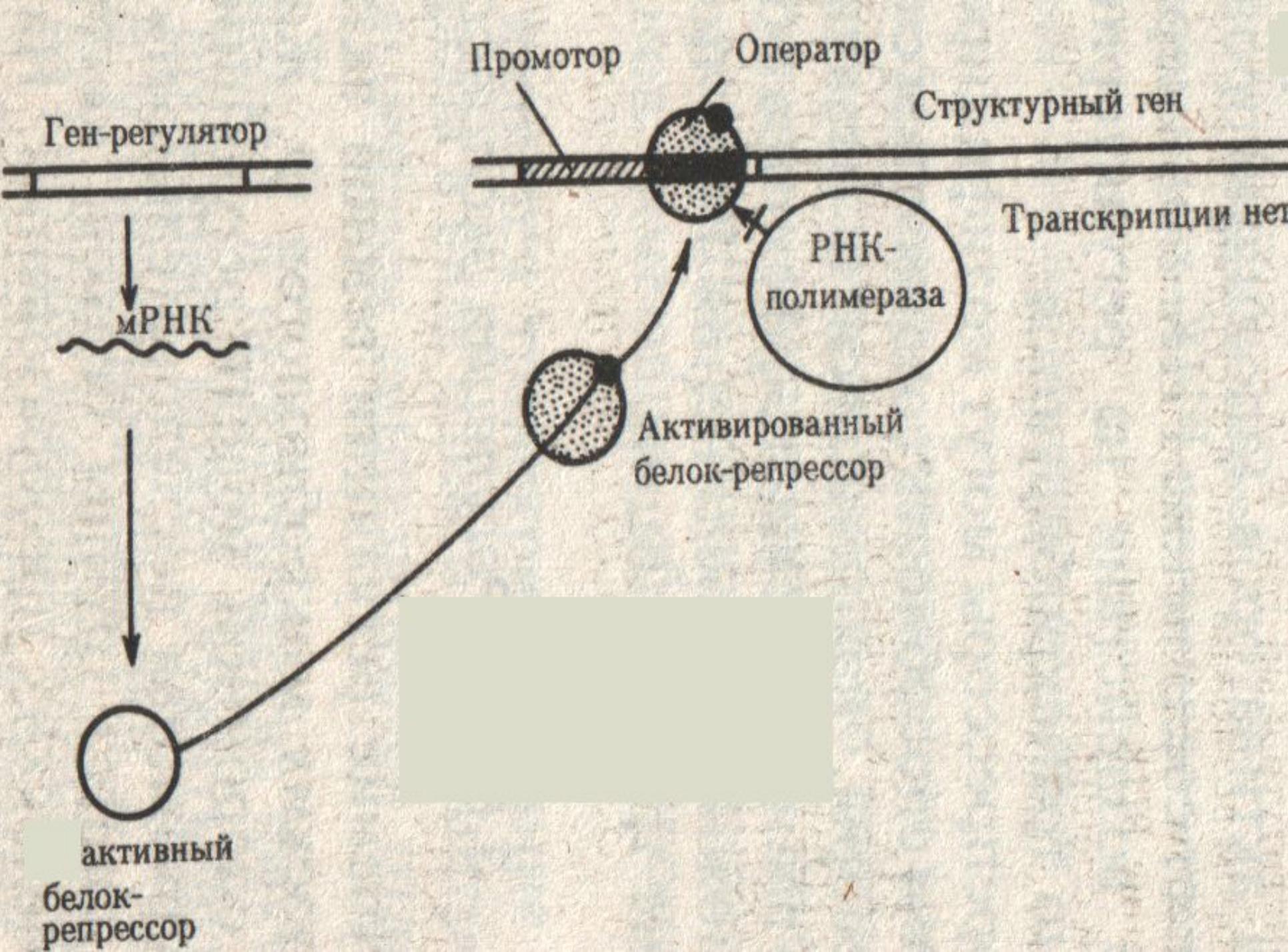
Ф. Жакоб и Ж.Мано в 1961 году вводят понятия: структурные гены, гены регуляторы, операторы, терминаторы, промоторы

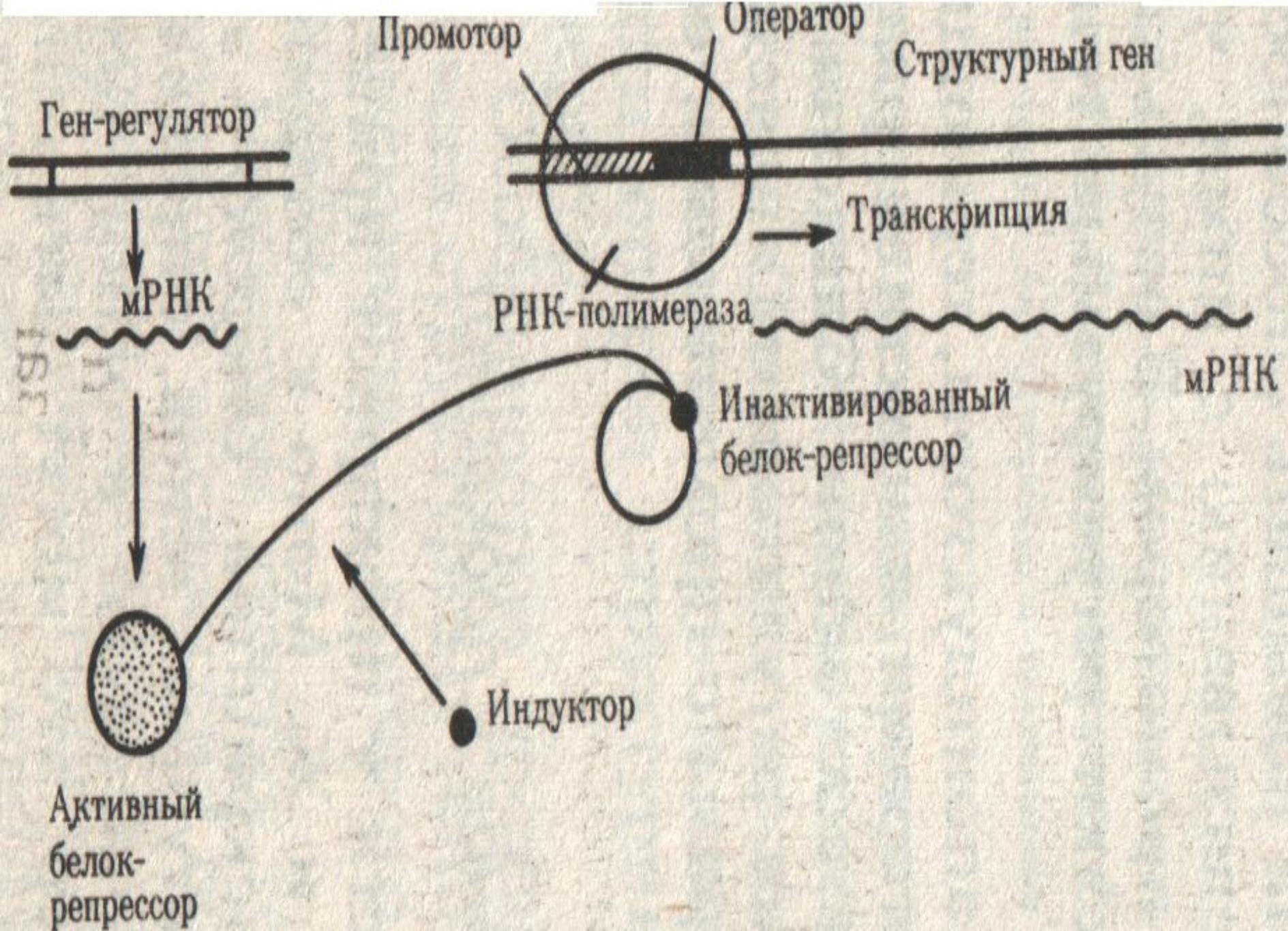
1. Ген-регулятор отвечает за синтез активного белка-репрессора.

1) зона связи с оператором

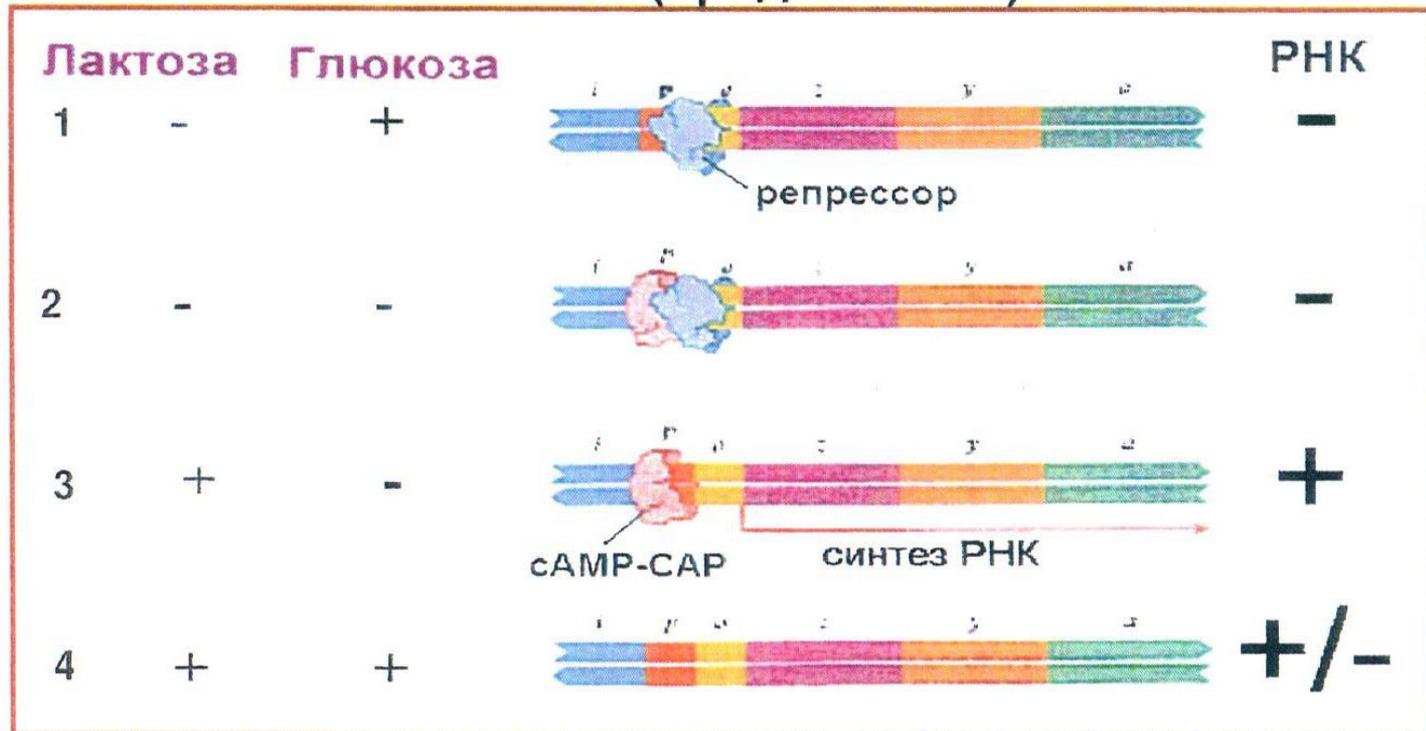


2) зона связи с субстратом (субстрат – любое вещество, информация о синтезе или распаде которого закодирована в данном транскрипционе).





Активность Лас-оперона регулируется глюкозой и лактозой (продолжение)



3. При добавлении лактозы и дефиците глюкозы в клетке лактоза связывается с репрессором, и он отсоединяется от оператора. Комплекс cAMP-CAP позволяет осуществлять транскрипцию генов лактозного оперона с высокой эффективностью.

4. Промоторная последовательность лактозного оперона «слабая», поэтому при наличии лактозы и глюкозы (не образуется cAMP-CAP) транскрипция генов оперона происходит, но с низкой эффективностью.

Жак Моно: «Что хорошо и правильно для бактерии с генетической точки зрения, то правильно и для слона».

Включение и работа транскриптона зависит от ряда факторов:

- Специализация клетки
- Физиологического состояния
- Возраста клетки
- Условий внешней среды

3. Этапы экспрессии генетической информации

В 1958 году Ф. Крик сформулировал центральную догму молекулярной биологии. Она показывает план потока информации в клетке

ДНК → РНК → белок → признак

Затем эта формула была дополнена:

ДНК ↔ ДНК ↔ РНК → белок → признак

Этот поток включает у эукариот 6 процессов:

- репликацию ДНК
- транскрипцию
- обратную транскрипцию
- процессинг и сплайсинг РНК
- трансляцию
- процессинг белка

Экспрессия генов



ДНК

транскрипция



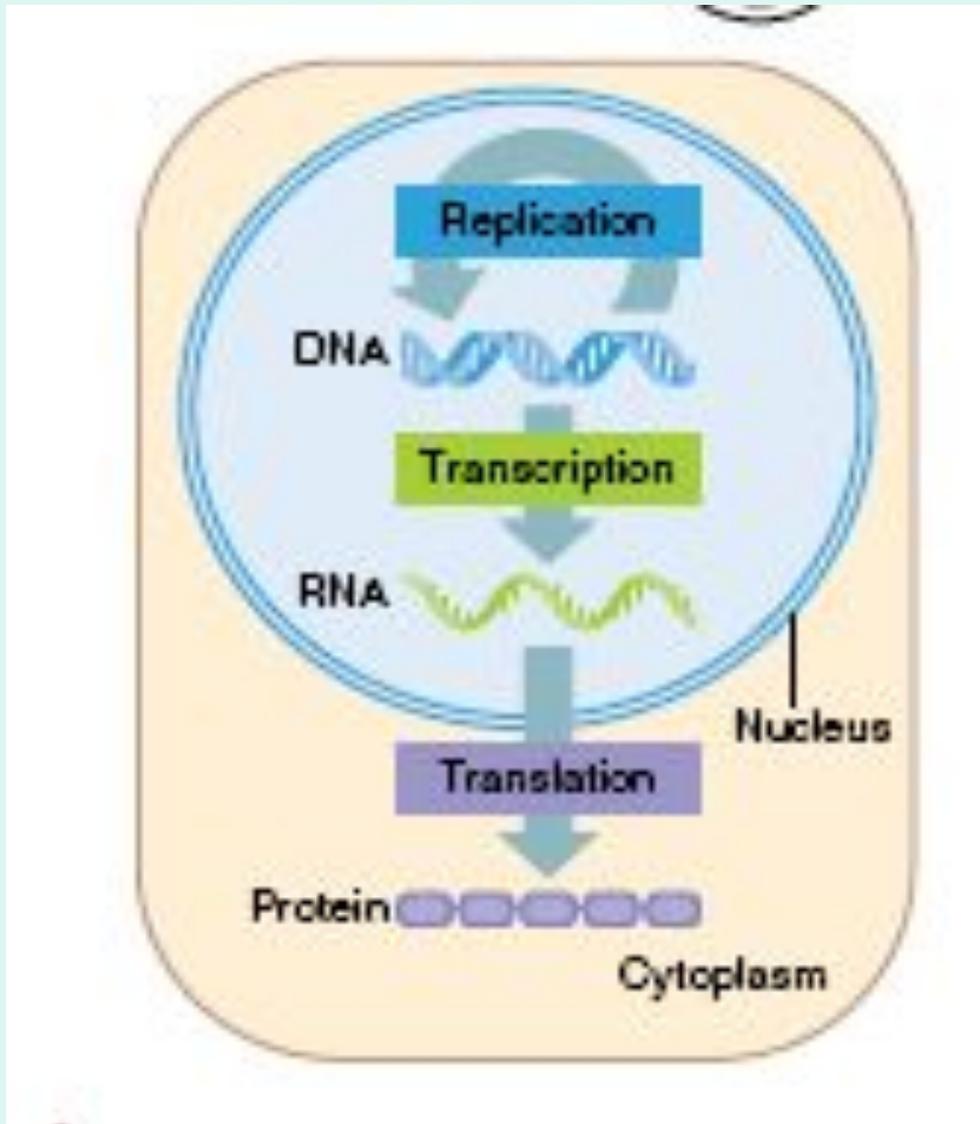
РНК

трансляция

Белок



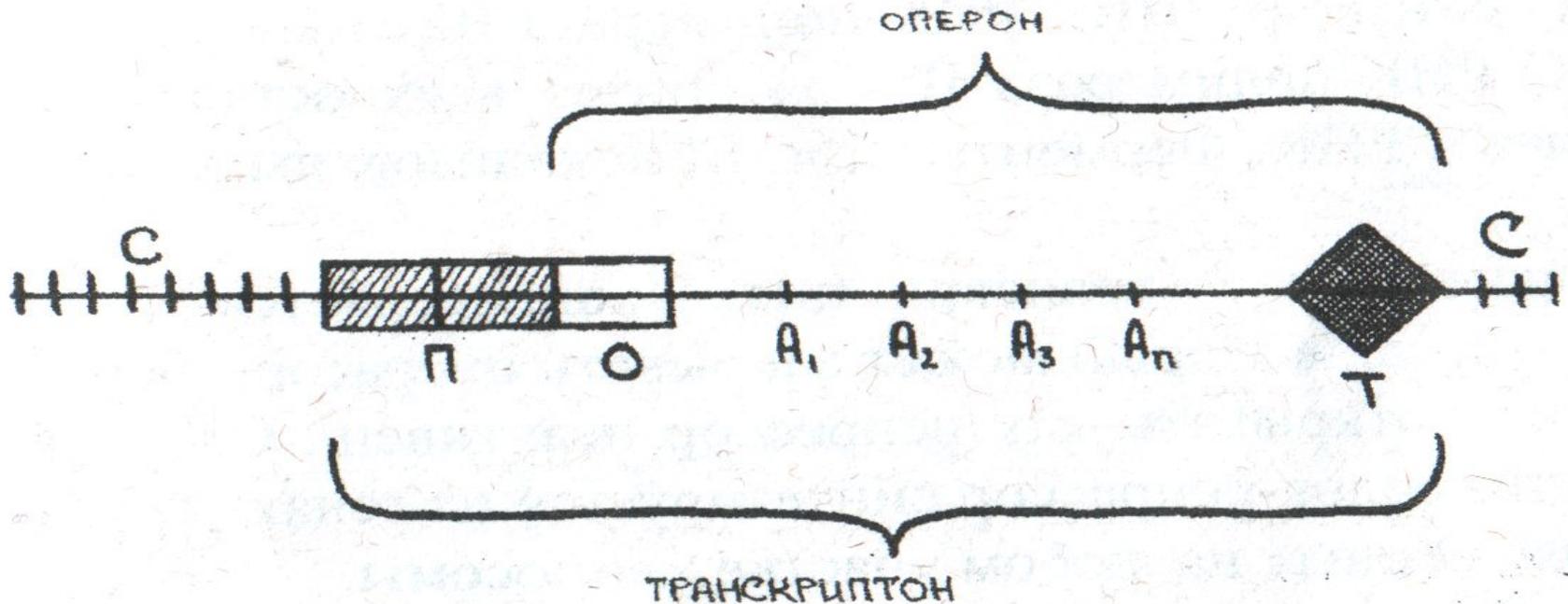
Перенос информации в клетке



Основные варианты:
ДНК-ДНК
ДНК-РНК
РНК-белок

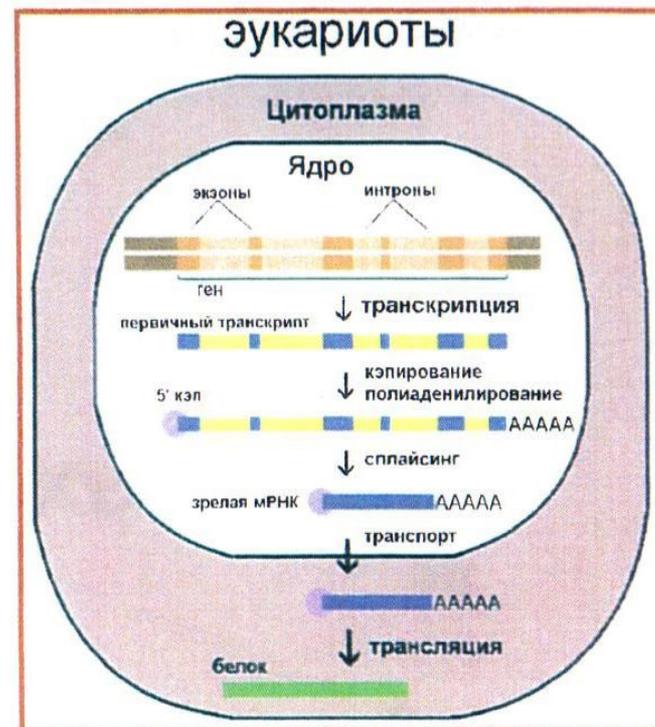
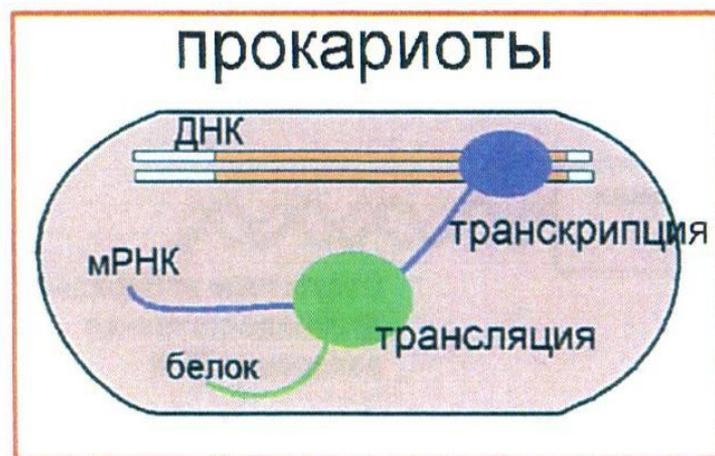
4. Транскрипция

Это переписывание информации с ДНК на нуклеотидную последовательность РНК. Она начинается с включения в работу



Транскриптоны расположены на хромосоме и отделены друг от друга неинформационными зонами - спейсерами

Транскрипцией называют биосинтез одноцепочечной молекулы РНК на матрице ДНК



- У прокариот процессы транскрипции и трансляции сопряжены и проходят в едином компартменте.
- У эукариот эти процессы разобщены - процесс транскрипции (и созревания мРНК) проходит в ядре, а трансляция – в цитоплазме.
- В каждом типе клеток экспрессируется свой набор генов.
- Процессы транскрипции в клетке строго регулируются.
- Кроме мРНК транскрибируются все остальные виды РНК.

Стадии транскрипции

ИНИЦИАЦИЯ

Промотор



ЭЛОНГАЦИЯ



ТЕРМИНАЦИЯ

Терминатор

Связывание РНК полимеразы с ДНК

Расплетание ДНК на участке 10-20 нуклеотидов

Формирование первых фосфодиэфирных связей

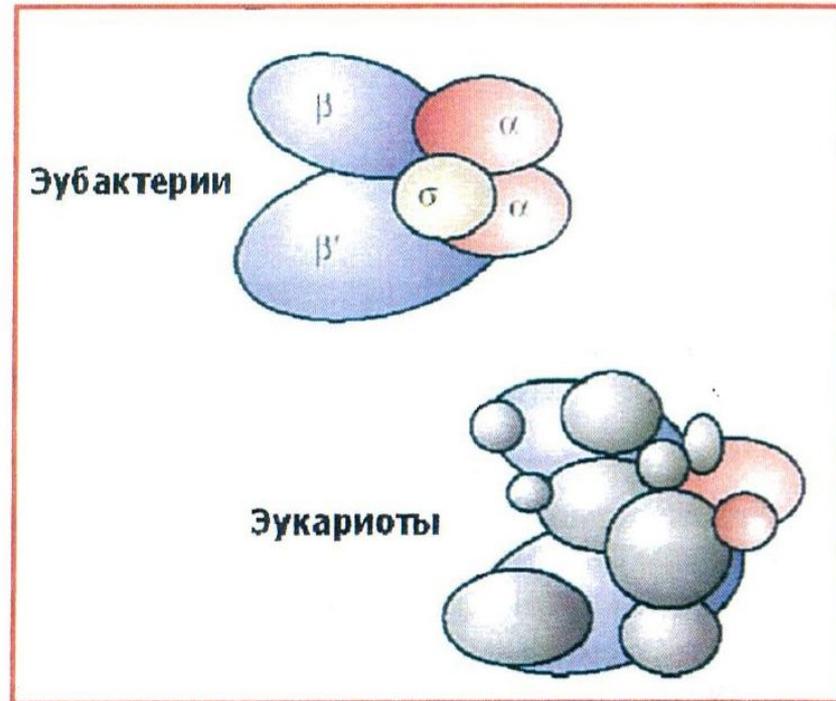
Удлинение цепи РНК

Остановка синтеза РНК

Распад тройного комплекса ДНК-РНК полимеразы-РНК

Эукариотические клетки содержат различные РНК-полимеразы

- RNA Pol I
 - синтезирует рРНК (28S, 18S, 5.8S)
- RNA Pol II
 - синтезирует **мРНК**, мяРНК (малые ядерные)
- RNA Pol III
 - синтезирует тРНК, 5S рРНК



Кор-фермент каждой РНК-полимеразы состоит из более **10 субъединиц**

У эукариот различают 3 вида РНК-полимераз, у прокариот – 1 вид.

- РНК-полимераза 1 – с её участием идёт синтез рРНК.
- РНК-полимераза 2 – с её участием транскрибируются структурные гены.
- РНК-полимераза 3 – с её участием идёт синтез тРНК

Считывание идёт всегда только с одной цепи ДНК, которая называется **смысловой (3'→5')**
Результатом этого этапа является гетерогенная ядерная РНК или незрелая РНК, или первичный транскрипт.

Особенности РНК-полимераз

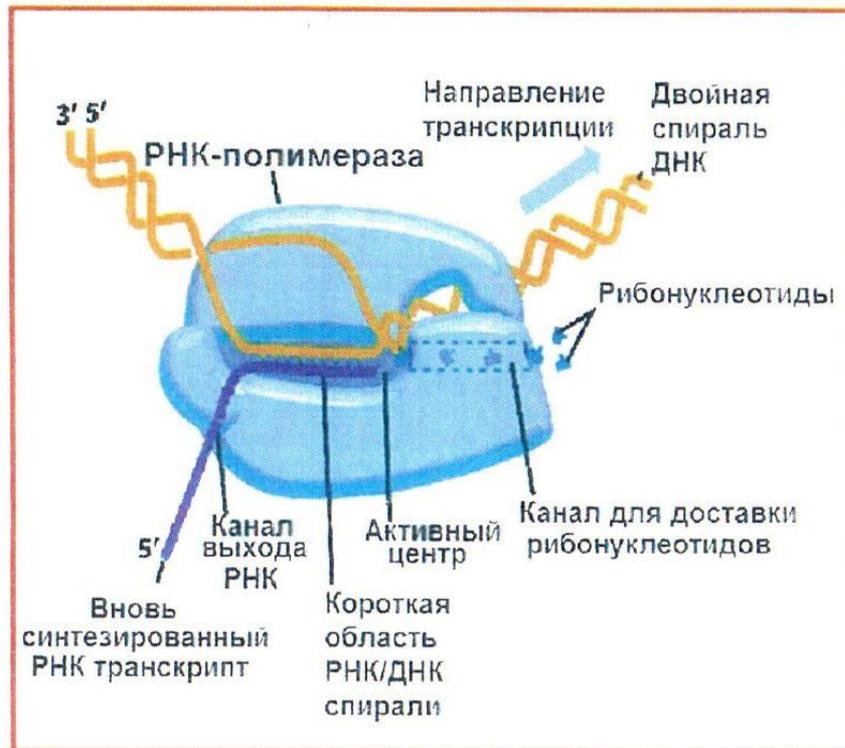


Схема строения РНК-полимеразы во время транскрипции

➤ Отличия от ДНК полимераз:

- Субстратами являются рибонуклеотиды АТР, СТР, ГТР, УТР;
- РНК-полимераза сама расплетает ДНК;
- РНК-полимеразам не требуется затравка для начала синтеза РНК;
- У РНК-полимеразы нет корректирующей активности (делает 1 ошибку на 10^4 оснований);
- Во время синтеза только часть молекулы РНК спарена с матрицей.

Дополнительные регуляторные элементы



➤ **Дистальные элементы** могут располагаться на произвольном расстоянии (до нескольких тысяч т.п.н.) и в любой ориентации по отношению к участку старта транскрипции

➤ Для максимального уровня экспрессии гена необходимы дополнительные регуляторные элементы -

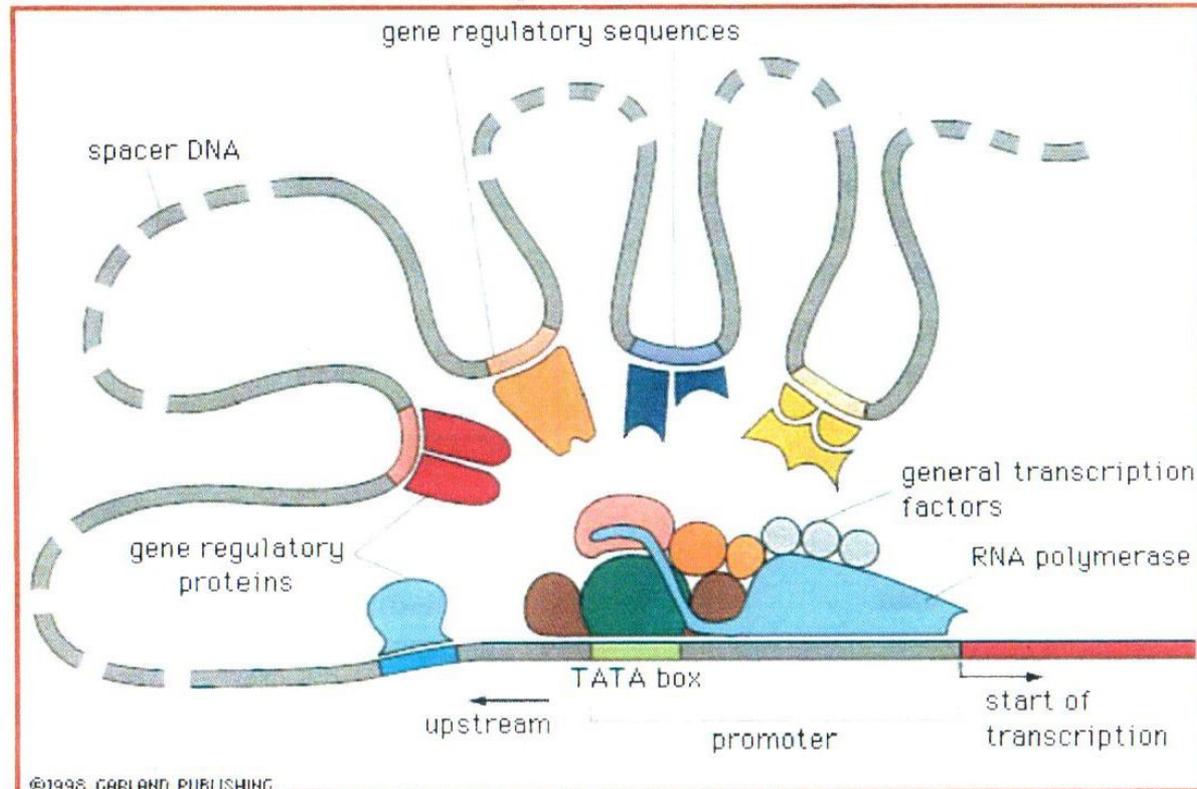
- **энхансеры** (enhancers, усилители),
- **сайленсеры** (silencers, глушители).

➤ Их функционирование основано на связывании со специфическими белками-регуляторами.

➤ Белок-регулятор может усиливать (в энхансере) или ослаблять (в сайленсере) инициацию транскрипции.

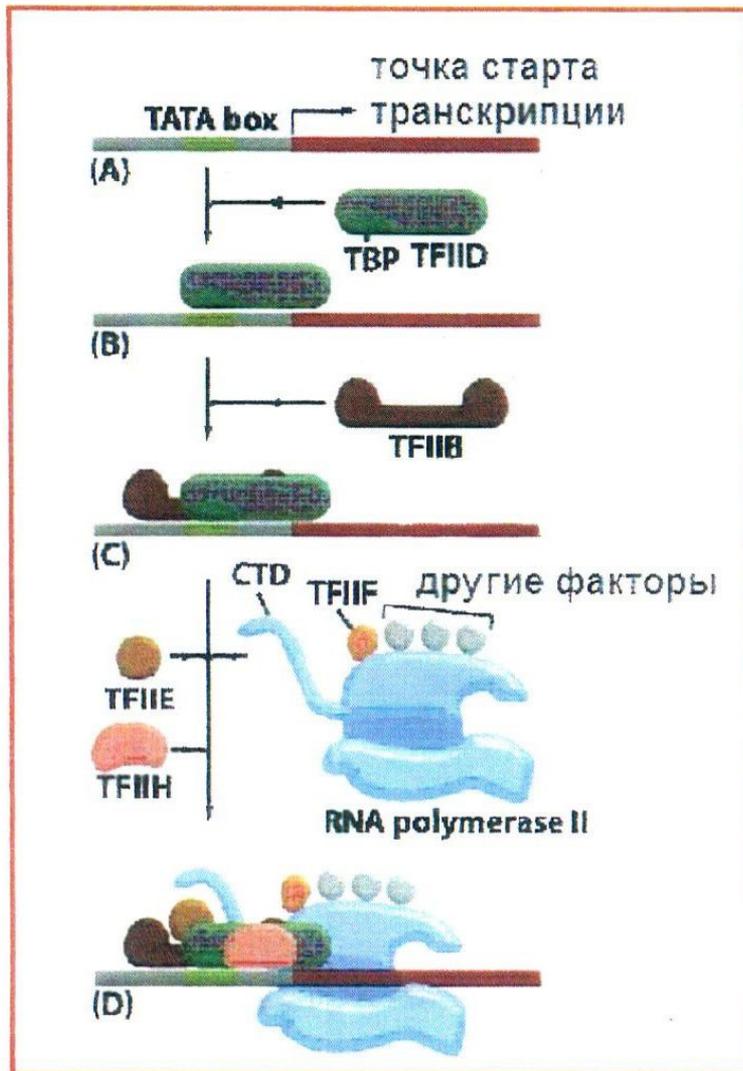
➤ Также участвуют хроматин-модифицирующие белки и белки-медиаторы, позволяющие белкам-регуляторам взаимодействовать с РНК-полимеразой и TF.

Уровень транскрипции определяется суммой воздействия всех белков-регуляторов



Взаимодействие большого числа регуляторных факторов позволяет тонко регулировать уровень транскрипции гена.

Инициация транскрипции эукариотической РНК-полимеразой II



А. Для начала транскрипции РНКП II необходимы факторы транскрипции (ТФ), которые позиционируют полимеразу в области промотора.

В. Через свою субъединицу ТВР (TATA-box-binding protein) фактор транскрипции TFIID распознает TATA-бокc и связывается с ним.

С. Связывается фактор TFIIB (не показано, но происходит изгибание ДНК).

Д. С ДНК связывается РНКП II (с TFIIF) и другие факторы.

Транскрипция идёт и на второй цепи ДНК, которую называли **антисмысловой**, где запись идёт с конца на начало, т. е. в обратном порядке (термодинамика не ясна).

Функции анти-РНК:

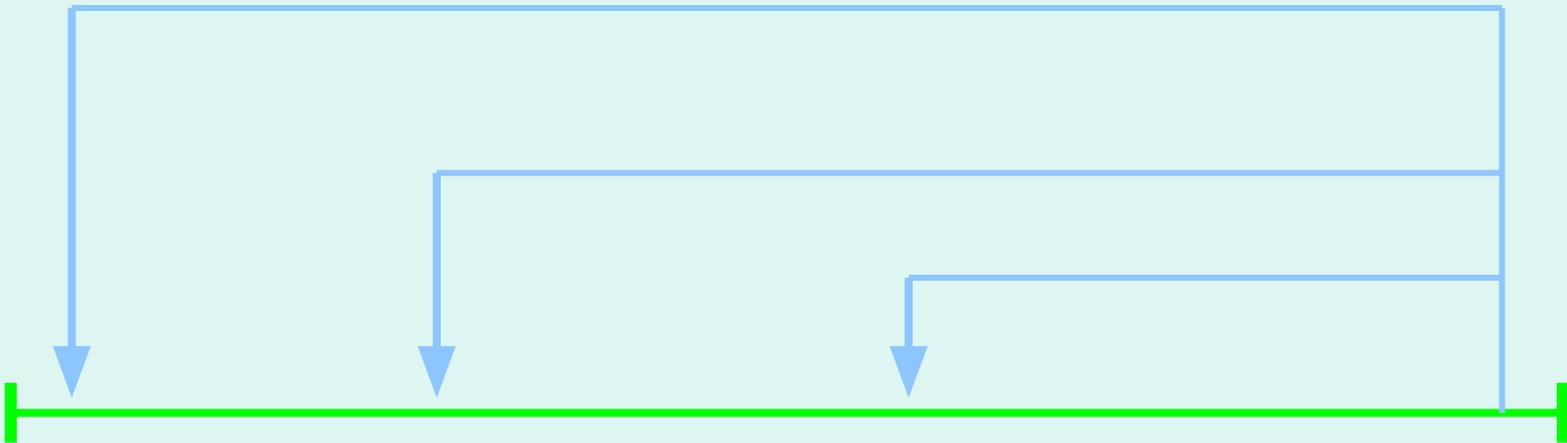
- В клетке антисмысловая и-РНК играет регулирующую роль в направлении дифференцировки.
- При образовании дуплекса (и-РНК + анти и-РНК) и-РНК не переносится из ядра на цитоплазму. Дуплекс быстрее разрушается ферментами.
- При введении в клетку анти и-РНК актина нарушается его синтез и не формируется цитоскелет.

Практическое значение этого открытия в медицине:

- Введение анти и-РНК вирусов саркомы Рауса, Герпеса, гриппа, СПИДа может предотвращать заражение.
- Анти и-РНК некоторых онкогенов в эксперименте устраняет злокачественное перерождение клеток.

Рамка считывания - установка начала транскрипции с первого нуклеотида структурного гена.

- У прокариот может быть несколько рамок считывания.
- У эукариот только 1 рамка считывания.



5. Процессинг (созревание)

IV. Процессинг мРНК у эукариот из пре-мРНК, или гяРНК (гетерогенной ядерной РНК)

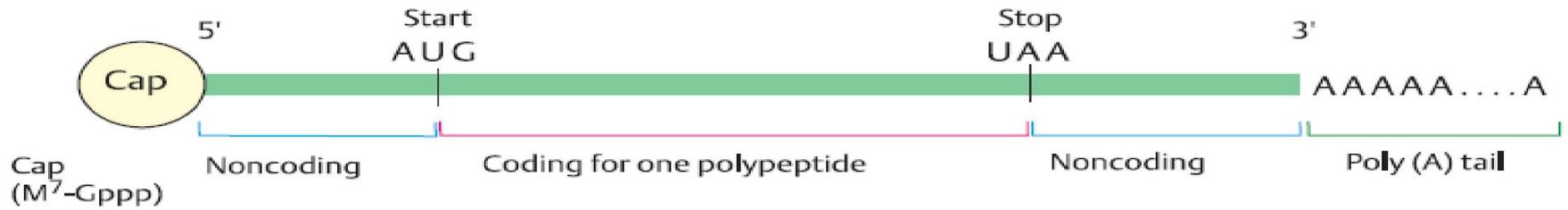
У большинства пре-мРНК в ядре происходит процессинг трех типов:

- кэпирование 5'-концевой области;
- процессинг 3'-концевой области: расщепление или расщепление и полиаденилирование;
- удаление интронов и сплайсинг экзонов.

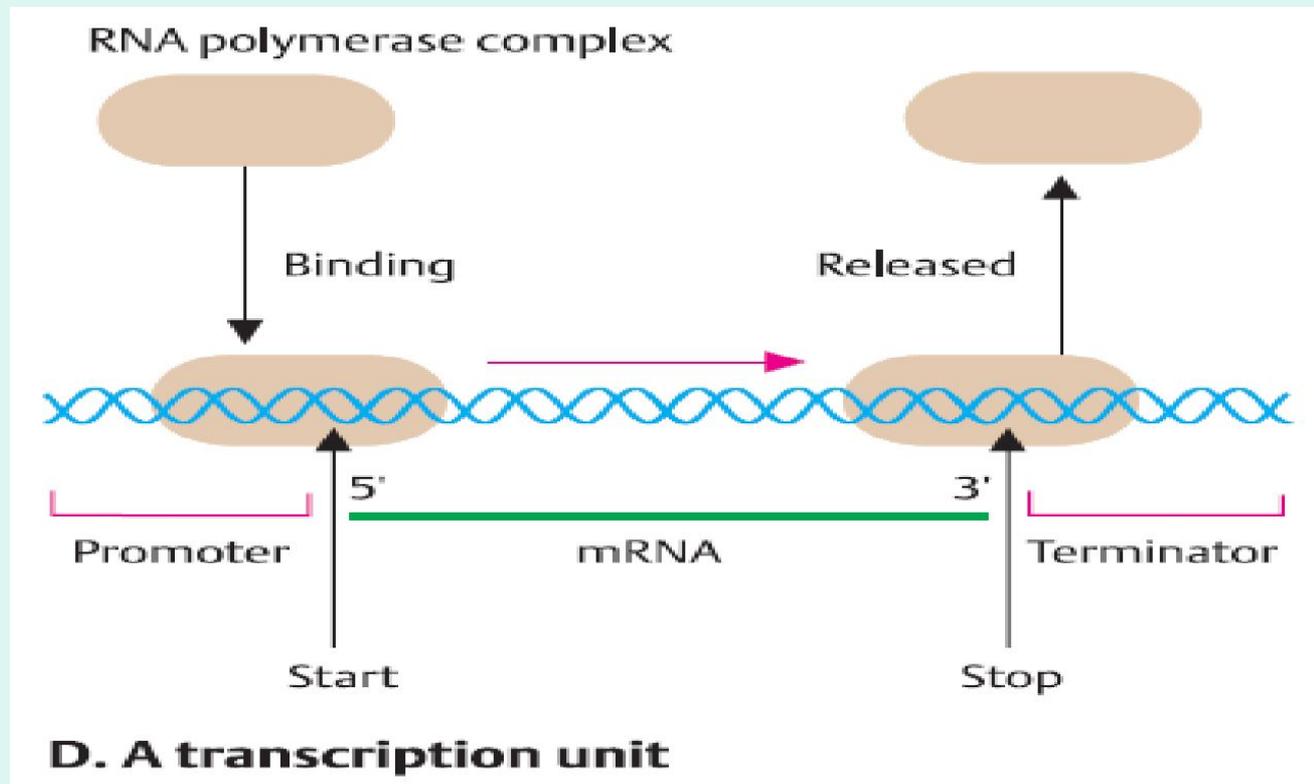
Для кэпирования и добавления полиА требуется РНК-полимераза II.

Ферменты кэпирования и полиаденилирования – факторы элонгации РНК-полимеразы II.

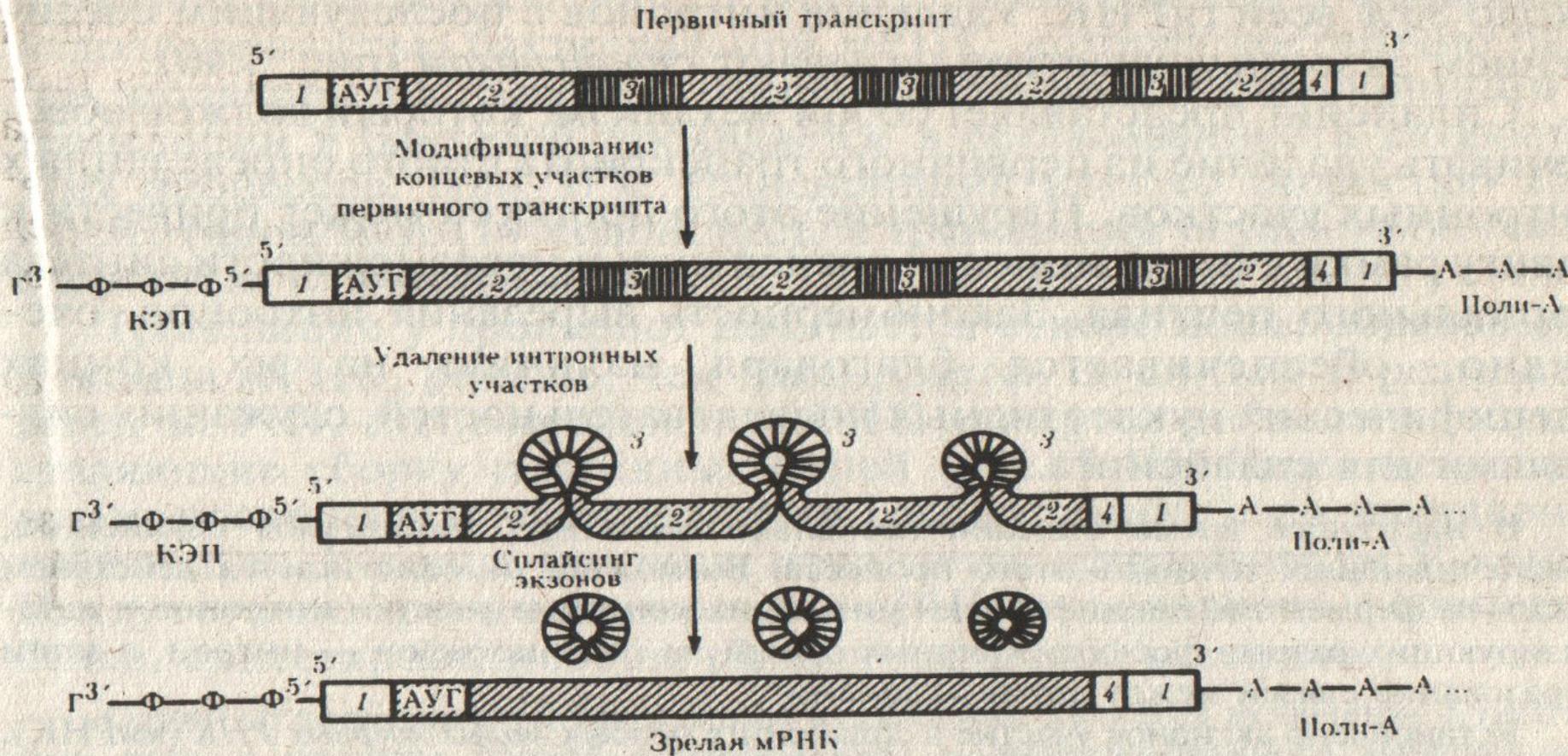
- Некоторые пре-мРНК подвергаются модификации, или «редактированию» РНК (RNA editing), что приводит к изменению последовательности транскрипта.



B. Prototype of a mature eukaryotic mRNA

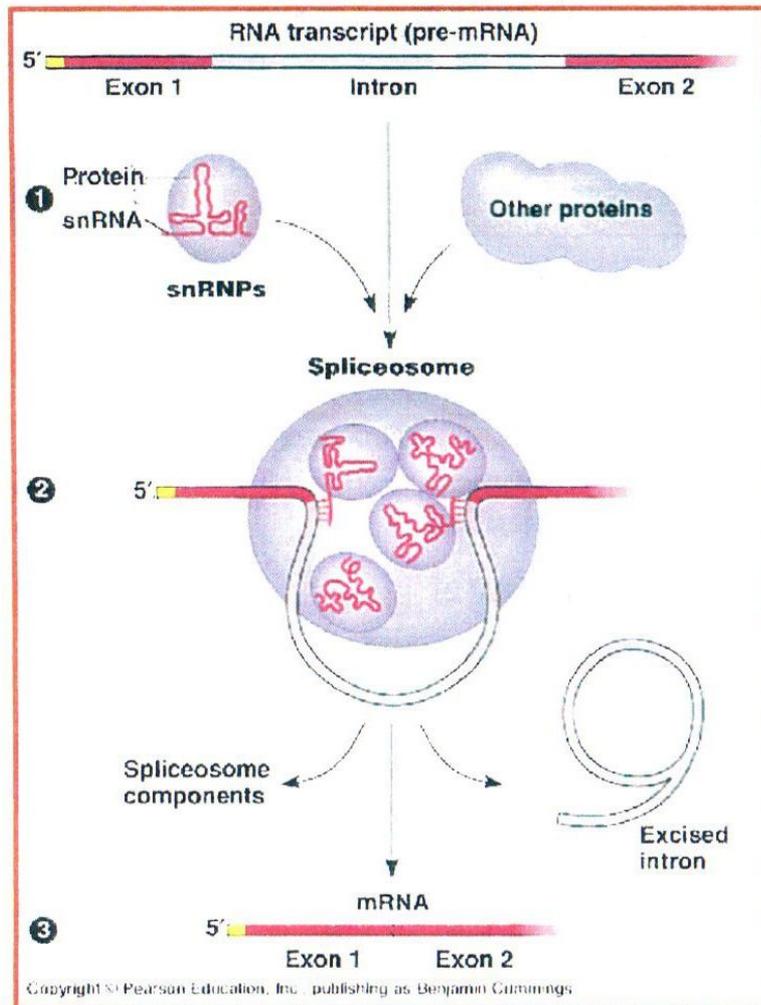


6. Сплайсинг – вырезание интронов



Вырезка интронов идет при помощи ферментов – **рестриктаз**. При помощи других ферментов – **лигаз** – идёт сшивание экзонных участков (**сплайсинг**).

Сплайсинг пре-мРНК в сплайсеосоме

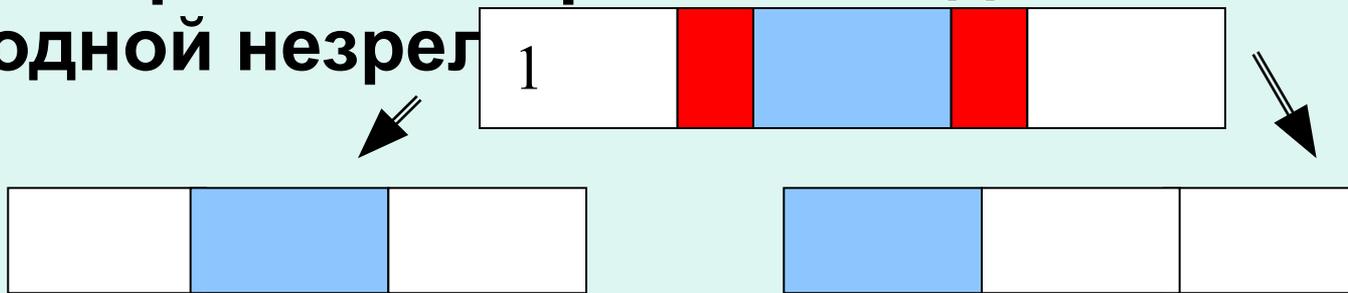


В сплайсеосоме сплайсинг происходит с участием мяРНК:

- сплайсеосома присоединяет мяРНК (<400 н., U1, U2...U12) в форме рибонуклеопротеидов (мяРНП) и другие белки в строгом порядке;
- сплайсинг в сплайсеосоме нуждается в АТР;
- не нуждается в поли А-хвосте;
- после завершения сплайсинга мРНК экспортируется в цитоплазму.

Альтернативный сплайсинг —

это образование разных видов и-РНК на основе одной незрелой



Примеры:

- 1) Один и тот же ген в клетках щитовидной железы отвечает за синтез **кальцитонина**, а в нервной ткани – за синтез **нейропептида**.
- 2) Альтернативный сплайсинг характерен в системе генов **иммуноглобулинов** у млекопитающих. Он позволяет формировать на основе одной незрелой РНК несколько видов и-РНК для синтеза разных видов антител.

Нарушение сплайсинга

- 1) При **ревматизме, красной волчанке** (аутоиммунных заболеваниях) у больных обнаружены антитела против мРНК, что приводит к нарушению сплайсинга.
- 2) **Талассемия** – у больных пониженное содержание гемоглобина.

Незрелая РНК



Норма

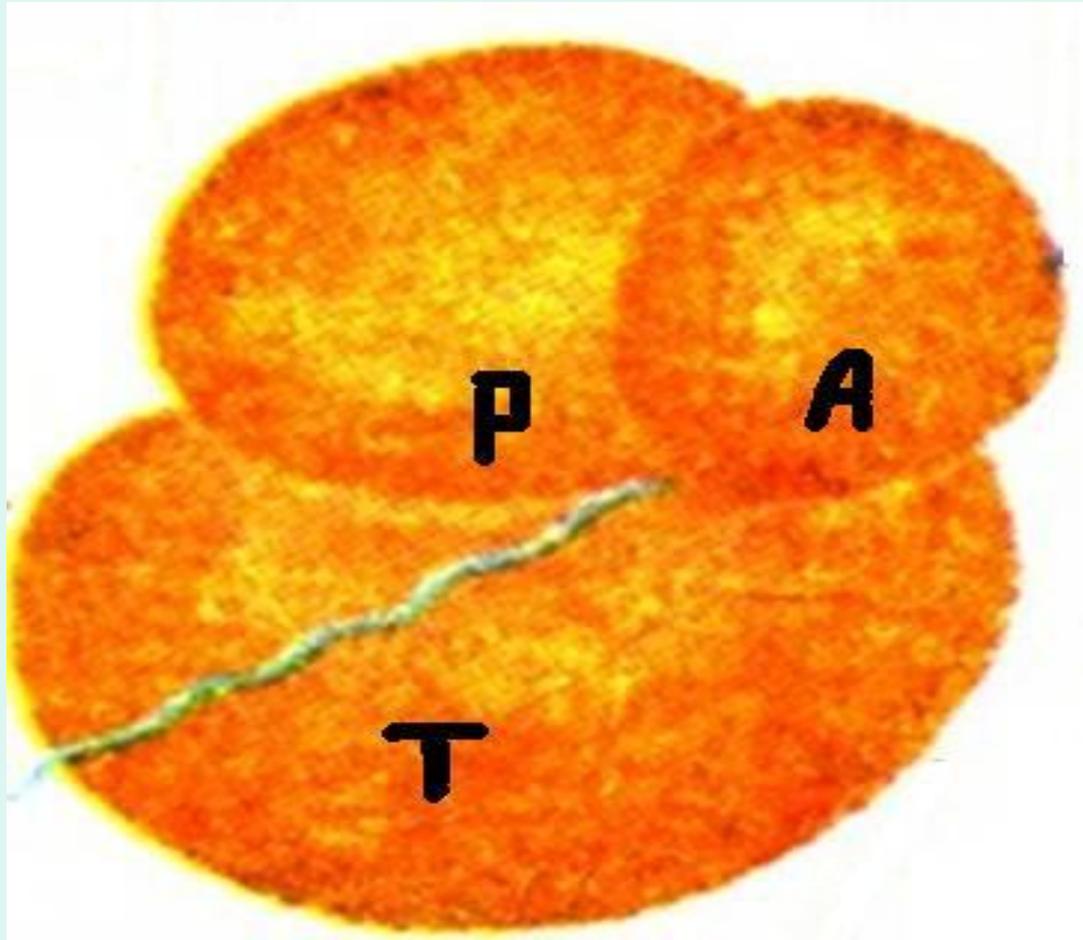


патология

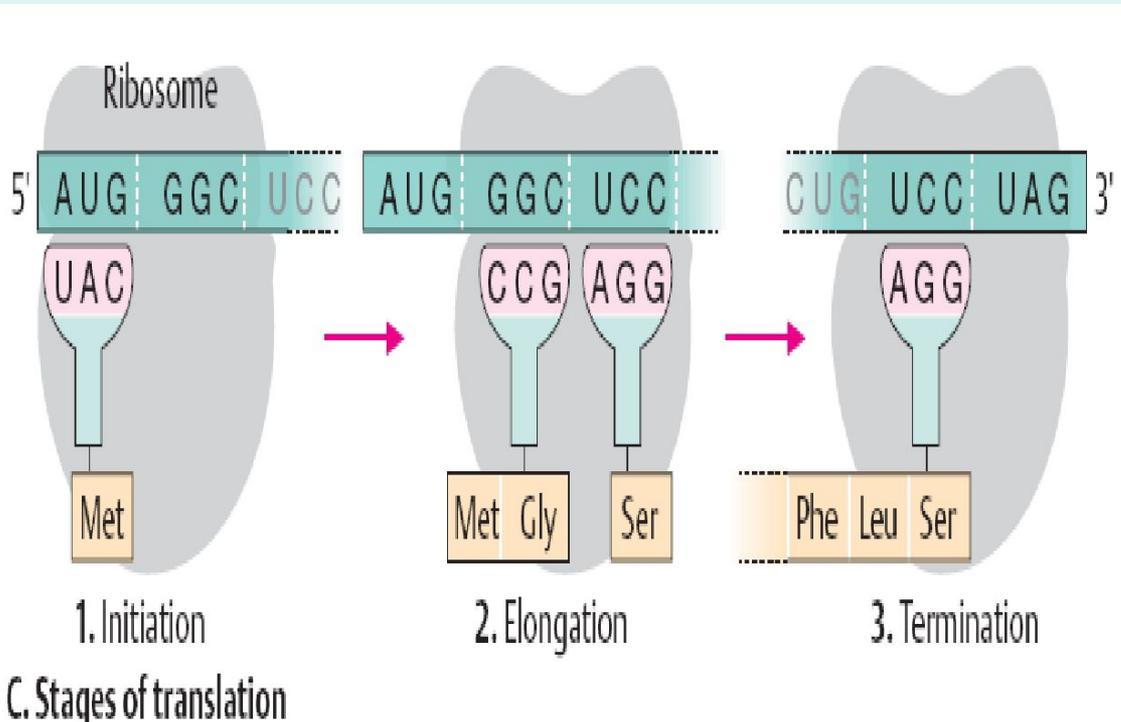


7. ТРАНСЛЯЦИЯ

перевод нуклеотидной последовательности и-РНК в аминокислотную последовательность белка в рибосоме



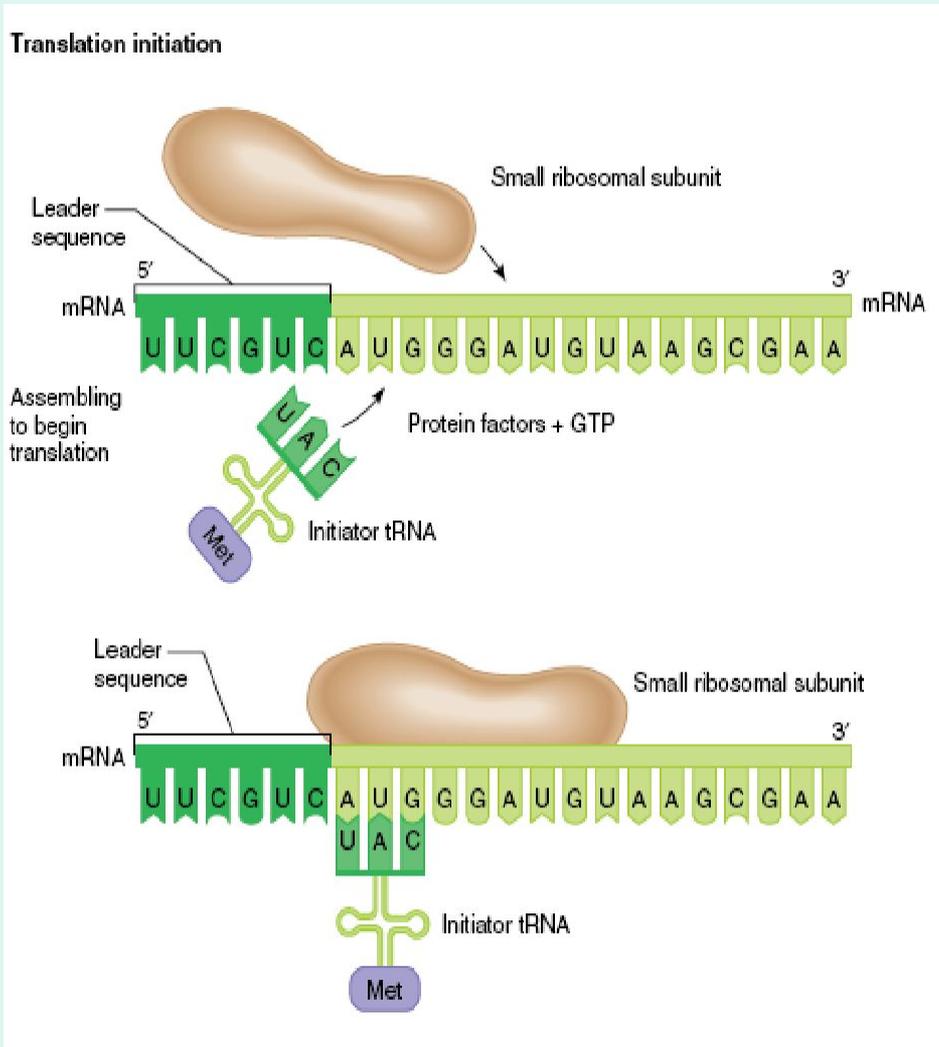
Трансляция– перевод нуклеотидной последовательности и-РНК в аминокислотную последовательность белка



- **Этапы биосинтеза белка:**
- **1. Инициация**
- **2. Элонгация**
- **3. Терминация**

Этапы биосинтеза белка:

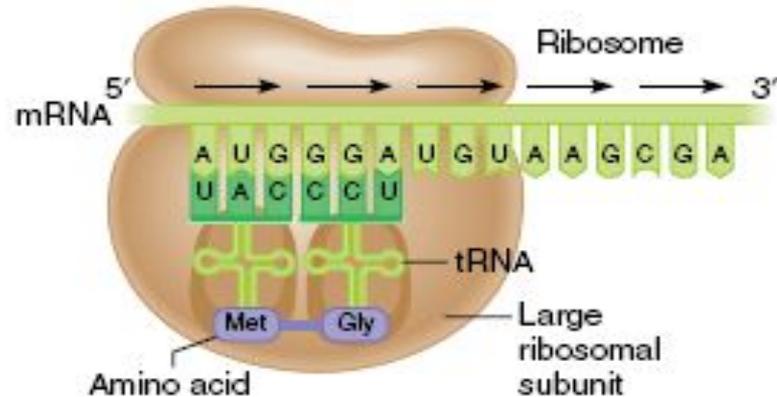
1. Инициация.



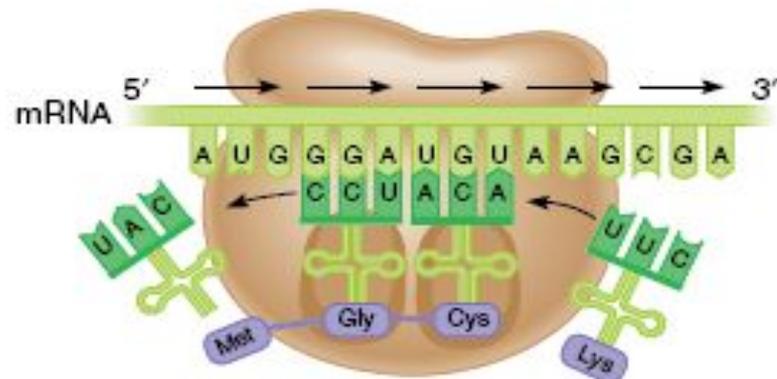
- **AUG** - единственный иницирующий кодон природных эукариотических мРНК
- Биосинтез белка начинается с образования комплекса между малой 30S субчастицей рибосом и инициаторной т-РНК

2. Элонгация.

TRANSLATION ELONGATION



a.

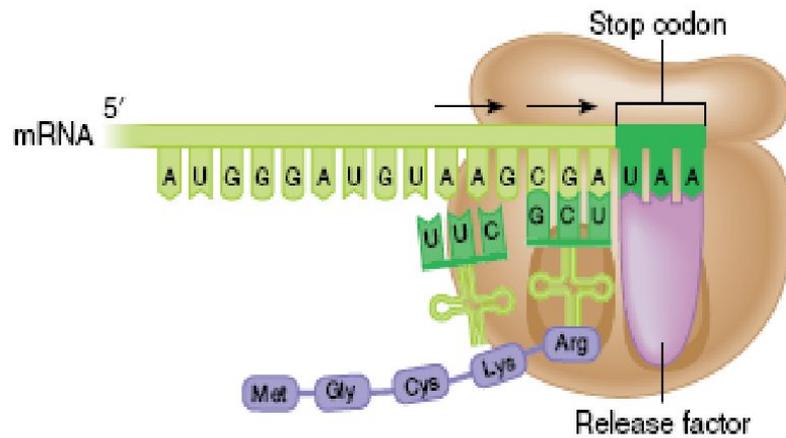


b.

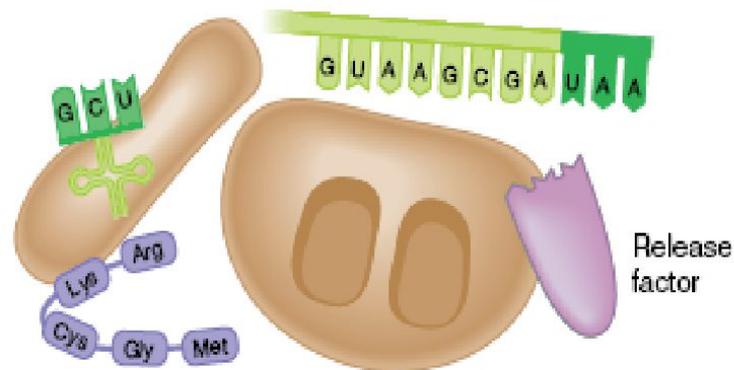
- Элонгация – процесс считывания информации по принципу комплиментарности

3. Терминация.

TRANSLATION TERMINATION

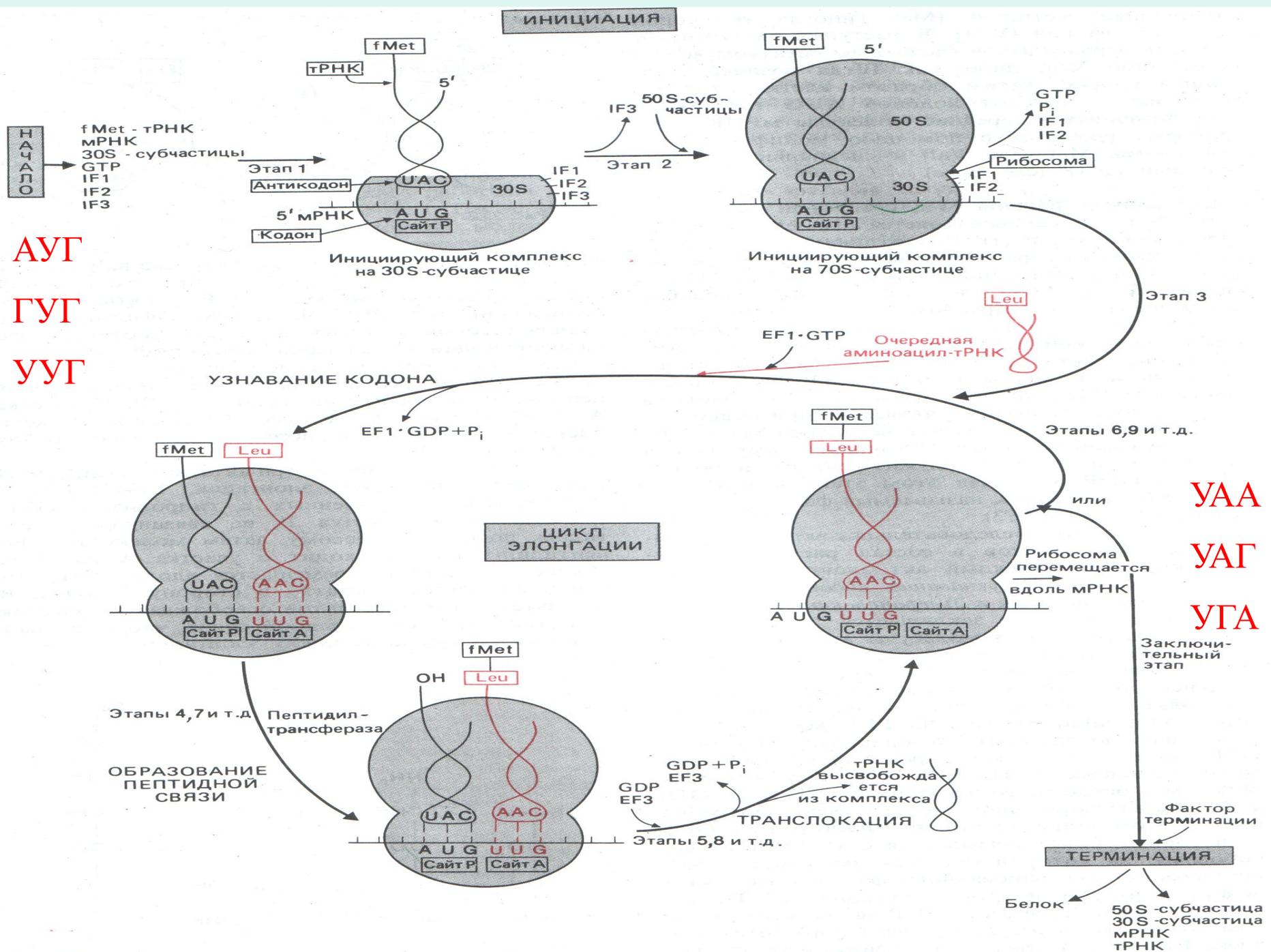


d. Ribosome reaches stop codon



e. Once stop codon is reached, elements disassemble

- Терминация – на иРНК стоп-кодон



АУГ
ГУГ
УУГ

Рис. 25.1.

Правильность декодирования зависит от:

- 1) Связывания аминокислоты с т-РНК,
- 2) Связывания кодона и антикодона.

УОББЛИНГ-эффект – это такое взаимодействие кодона и антикодона, при котором два первых нуклеотида кодона и антикодона строго комплементарны, а третий может колебаться.

норма

и-РНК УУГ-лейцин

т-РНК ААЦ

мутация

и-РНК УУА

уобблинг-эффект

т-РНК ААЦ

Биосинтез белков

❑ Наиболее сложный из генетических процессов

У эукариот участвует > 300 макромолекул:

- > 40 видов тРНК и рРНК;
- > 70 различных рибосомных белков;
- > 20 ферментов, активирующих аминокислоты;
- > 12 белковых факторов инициации, элонгации и терминации;
- > 100 ферментов процессинга белков;

У прокариот приблизительно столько же компонентов (до 35% сухого веса клетки *E.coli*).

❑ Наиболее энергоемкий процесс

Потребляет 90% энергии всех биосинтетических реакций

❑ Протекает с высокой скоростью

При 37°C белок из ста аминокислотных остатков синтезируется в *E.coli* за 5 сек.

8. Процессинг белка – процесс созревания белковой молекулы.

- 1) Многие мембранные белки синтезируются в виде пре-белков. Они имеют на N-конце лидерную последовательность, которая обеспечивает узнавание мембран и встраивание внутрь.**
- 2) Секреторные белки имеют на N-конце лидерную последовательность, которая обеспечивает их транспорт через мембрану.**

Посттрансляционные модификации и сворачивание белков

- Модификации и сворачивание белков могут происходить ко-трансляционно.
- Часто имеют место следующие модификации вновь синтезированных белков:
 - ✓ N-концевой метионин удаляется;
 - ✓ могут присоединяться кофакторы, например, гем к глобину;
 - ✓ лидерные последовательности отщепляются специфическими протеазами эндоплазматического ретикулума;
 - ✓ белки гликозилируются;
 - ✓ в предшественнике могут расщепляться специфические пептидные связи;
 - ✓ формируются дисульфидные связи;
 - ✓ некоторые аминокислоты подвергаются модификации;
 - ✓ могут быть добавлены липиды для якоривания.

Например, в аркуатном ядре промежуточного мозга вырабатывается молекула

пропиомеланокортина – 265аминокислот.



ПО АКСОНАМ

В переднюю долю гипофиза:

- 1) МСГ – 11АК**
- 2) АКТГ – 39АК(активирует (жировой кору надпочечников)**
- 3) В-липопротеин – 92АК (обезболивающий): (жировой обмен)**

(обезболивающий

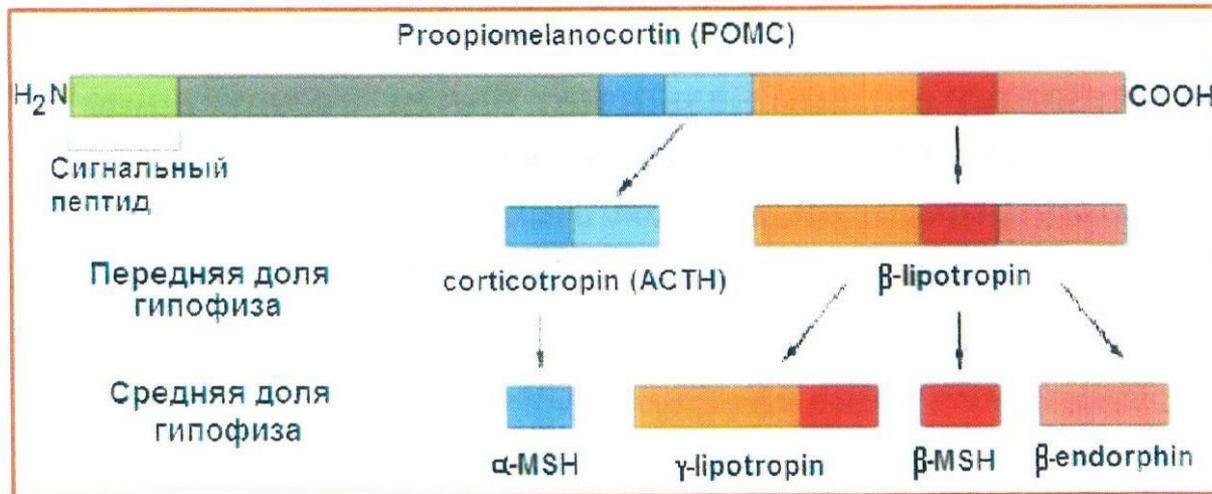


ПО АКСОНАМ

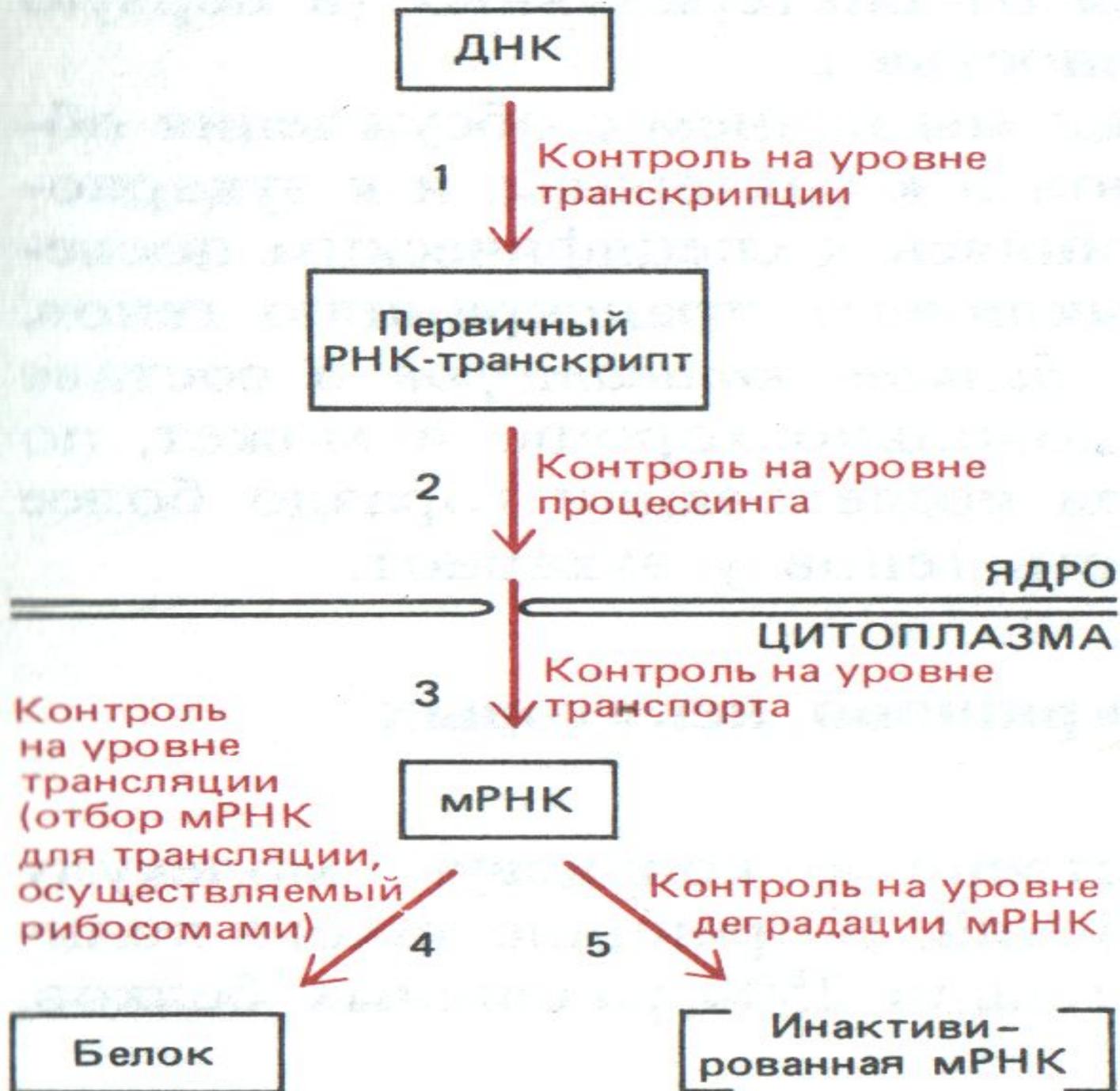
В спинной мозг:

- 1) αМСГ – 13 АК**
 - 2) α-липопротеин 59АК**
 - 3) β-эндорфин 30 АК**
 - а) В МСГ – 17 АК**
 - б) Энкефалены 4АК**
- эффект)**

Протеолитический процессинг. Образование активных пептидов



- Проопиомеланокортин (POMC) – прогормон, состоящий из 241 ак;
- Гормонально активными являются продукты расщепления POMC специфическими эндопептидазами гипофиза;
- В зависимости от места синтеза и конкретных стимулов образуются:
 - в передней доле при стимуляции кортикотропин-релизинг-гормоном – кортикотропин (ACTH) и бета-липотропный гормон (β -lipotropin);
 - в средней доле при стимуляции дофамином – меланоцит-стимулирующие гормоны (α -MSH, β -MSH), γ -lipotropin и β -endorphin;
- Продукты расщепления производятся в эквимольных количествах и секретируются в кровь одновременно (по уровню β -липотропного гормона оценивают адренокортикотропную функцию гипофиза)



Ингибиторы белкового синтеза

- Антибиотики, действующие только на прокариотов:
- ТЕТРАЦИКЛИН – блокирует связывание т-РНК с рибосомой
- СТРЕПТОМИЦИН – препятствует объединению большой и малой субъединицы рибосомы, нарушает процесс элонгации аминокислотной цепи
- ЭРИТРОМИЦИН – нарушает переход т-РНК из а-участка в Р-участок рибосомы и продвижение рибосомы по цепи и-РНК
- Внимание: митохондриальные рибосомы близки по чувствительности к прокариотическим
- Антибиотики, эффективные как для прокариотов, так и эукариотов.
- ПУРОМИЦИН - присоединяется к растущему концу полипептидной цепи, вызывает её преждевременное отделение от рибосомы
- АКТИНОМИЦИН Д – связывается с ДНК и препятствует процессу транскрипции
- Антибиотики, эффективные для эукариот.
- ЦИКЛОГЕКСИМИД – блокирует процесс транслокации на рибосомах, применяется при грибковых воспалениях
- АНИЗОМИЦИН – блокирует пептидилтрансферазу
- АЛЬФА-АМАНИТИН – блокирует синтез и-РНК за счёт связывания с РНК-полимеразой 2
- Применение антибиотиков, которые подавляют синтез белка во всех типах клеток (прокариот и эукариот) основано на том, что у паразитов синтез белка протекает быстрее, нежели у хозяев.

Отличие геномов у прокариот и эукариот.

Критерии	Прокариоты	Эукариоты
1. Ген. материал	В кольцевой хромосоме, расположенной в цитоплазме.	В разных хромосомах, заключён в ядре, имеет оболочку.
2. Хромосомы	Содержит мало белка	Много белков-гистонов и негист. прир.
3. Большую часть генома составляют	Структурные гены	Регуляторные гены
4. В рабочем состоянии	90% генов	5-10% генов
5. Объём генет. информации	Небольшой	Увеличивается
6. Процессы транскрипции и трансляции	Сопряжены	Разделены в пространстве и во времени
7. Рамка считывания	Каждый ген контролирует синтез определённого белка	Возможна другая рамка считывания
8. Индукторы	Продукты питания	Гормоны и физиологически активные вещества. Им. Значение – НС и эндокринная система
9. РНК-полимераза	1-вид	3-вид
10. Использование и-РНК	И-РНК используется многократно, т. е. м. давать до 50 копий	Повторное использование и-РНК под ? (считают – 1 раз)
11. Транскриптоны	Полигенны (включает несколько структурных генов)	Моногенный

Общие черты.

1. Хим. Организация наслед. М-ла в ДНК
2. Принцип записи генов.
3. ГЕН. Код
4. Принцип экспрессии

4. Первая успешная попытка конкретизации представлений о гене принадлежит Т. Г. Моргану, который