

# ТРАНСЛЯЦИЯ

- **Трансляция** – это процесс синтеза белка на мРНК.

- **Трансляция** представляет собой **второй этап** реализации генетической информации, закодированной в молекуле ДНК, т.е. второй этап экспрессии генов (кодирующих белки).
- «Путь от ДНК к белку» (экспрессия генов) отражает **основная догма молекулярной биологии**, предложенная Ф.Криком:

**ДНК → РНК → белок**

- Информационная связь между последовательностью нуклеотидов в молекуле нуклеиновой кислоты (ДНК и РНК) и последовательностью аминокислот в молекуле белка осуществляется с помощью **генетического кода.**

- Генетический код был расшифрован в 1961 г. М.Ниренбергом, Х.Корана и С.Очоа.

Первые исследования структуры генетического кода показали, что генетическая информация хранится в виде нуклеотидных триплетов.

Модель триплетного генетического кода была впервые предложена американским учёным Г. Гамовым (1954).

Группа из трёх нуклеотидов, которая кодирует 1 аминокислоту , называется **КОДОНОМ**, или **триплетом**.

Т.о. первое свойство генетического кода – **триплетность**.

- М.Ниренбергом, Х.Корана и С.Очоа расшифровали состав и порядок нуклеотидов во всех кодонах и их соответствие определенным аминокислотам.
- Число возможных кодонов (триплетов) равно  $4^3=64$ .
- Т.к. число биогенных аминокислот равняется 20, отсюда вытекает второе свойство генетического кода – его избыточность (**вырожденность**). Одной аминокислоте соответствует несколько кодонов.

- Из 64 кодонов три кодона являются **бессмысленными**, т.к. не кодируют ни одну из биогенных аминокислот.
- Эти триплеты – УАА, УАГ, УГА.
- Однако, они также имеют функциональное значение. Эти кодоны останавливают синтез белка, т.е. являются **stop-кодонами**.

# Свойства генетического кода:

- 1. **Триплетность.**
- 2. **Вырожденность.**
- 3. **Специфичность** (каждому кодону соответствует одна аминокислота).
- 4. **Непрерывность** (в последовательности триплетов в кодирующей белок части ДНК и РНК нет промежутков в виде отдельных нуклеотидов).
- 5. **Универсальность** (смысл триплетов одинаков у всех организмов (есть небольшие исключения в митохондриальном геноме и геномах низших эукариот и архей)).

# Таблица , отражающая положения 1-го, 2-го и 3-го нуклеотида в триплете (РНК) и соответствующие кодонам аминокислоты

Нуклеотид					
1-й	2-й				3-й
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } Фенилаланин УУЦ } УУА } Лейцин УУГ }	УЦУ } УЦЦ } Серин УЦА } УЦГ }	УАУ } Тирозин УАЦ } УАА } стоп-кодонаы УАГ }	УГУ } Цистеин УГЦ } УГА } стоп-кодон УГГ } Триптофан	У Ц А Г
Ц	ЦУУ } ЦУЦ } Лейцин ЦУА } ЦУГ }	ЦЦУ } ЦЦЦ } Пролин ЦЦА } ЦЦГ }	ЦАУ } Гистидин ЦАЦ } ЦАА } Глютамин ЦАГ }	ЦГУ } ЦГЦ } Аргинин ЦГА } ЦГГ }	У Ц А Г
А	АУУ } АУЦ } Изолейцин АУА } Метионин АУГ } старт-кодон	АЦУ } АЦЦ } Треонин АЦА } АЦГ }	ААУ } ААЦ } Аспарагин ААА } Лизин ААГ }	АГУ } АГЦ } Серин АГА } Аргинин АГГ }	У Ц А Г
Г	ГУУ } ГУЦ } Валин ГУА } ГУГ }	ГЦУ } ГЦЦ } Аланин ГЦА } ГЦГ }	ГАУ } Аспарагиновая ГАЦ } кислота ГАА } Глутаминовая ГАГ } кислота	ГГУ } ГГЦ } Глицин ГГА } ГГГ }	У Ц А Г



Таблица , отражающая положения 1-го, 2-го и 3-го нуклеотида в триплете (РНК) и соответствующие кодонам аминокислоты (англ. вариант). Приведены общепринятые однобуквенные обозначения аминокислот

		ВТОРАЯ БУКВА					
		U	C	A	G		
ПЕРВАЯ БУКВА	U	UUU } Фенил-аланин F UUC } UUA } Лейцин L UUG }	UCU } UCC } Серин S UCA } UCG }	UAU } Тирозин Y UAC } UAA } Стоп-кодон UAG } Стоп-кодон	UGU } Цистеин C UGC } UGA } Стоп-кодон UGG } Триптофан W	ТРЕТЬЯ БУКВА	U C A G
	C	CUU } CUC } Лейцин L CUA } CUG }	CCU } CCC } Пролин P CCA } CCG }	CAU } Гистидин H CAC } CAA } Глутамин Q CAG }	CGU } CGC } Аргинин R CGA } CGG }		U C A G
	A	AUU } AUC } Изолейцин I AUA } AUG } Метионин M старт-кодон	ACU } ACC } Треонин T ACA } ACG }	AAU } Аспарагин N AAC } AAA } Лизин K AAG }	AGU } Серин S AGC } AGA } Аргинин R AGG }		U C A G
	G	GUU } GUC } Валин V GUA } GUG }	GCU } GCC } Аланин A GCA } GCG }	GAU } Аспарагиновая кислота D GAC } GAA } Глутаминовая кислота E GAG }	GGU } GGC } Глицин G GGA } GGG }		U C A G

# Триплеты нуклеотидов в мРНК узнаются триплеттами нуклеотидов в антикодоне тРНК

**ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД**

Матричная РНК

НУКЛЕОТИДЫ

1-й 2-й 3-й

у ц а г

у } Фенилаланин } уцу } Тирозин } угу } Цистеин } у }  
 ууц } уцц } уац } уац } угц } ц }  
 ууа } уца } уаа } уга } уга } стоп-кодон } а }  
 ууг } уцг } уаг } угг } угг } Триптофан } г }

ц } ццу } ццу } цгу } цгу } аргинин } ц }  
 цуц } ццц } цац } цгц } цгц } а }  
 цуа } цца } цаа } цга } цга } а }  
 цуг } ццг } цаг } цгг } цгг } г }

а } ауу } ауу } аау } аау } аспарагин } у }  
 ауц } ауц } аац } аац } аспарагин } ц }  
 ауа } ауа } ааа } ааа } лизин } а }  
 ауг } метионин } ааг } ааг } лизин } г }  
 СТАРТ-КОДОН

г } гуу } гуу } гау } гау } аспарагиновая } у }  
 гуц } гуц } гац } гац } кислота } ц }  
 гуа } гуа } гаа } гаа } глутаминовая } г }  
 гуг } гуг } гаг } гаг } кислота } г }  
 валин } аланин } глицин }

Транспортная РНК

АЛАНИН

Иллюстрация: Матричная РНК (top) и транспортная РНК (bottom) с антикодоном, связанным с аминокислотой АЛАНИН.

**И Д Р О Ф А**

Автор: И.И. Давыдов, Москва, 2008 г.  
 Издание: 2008 г.  
 ISBN: 5-905-000-00-0  
 © 2008 ИДРОФА

# Вырожденность генетического кода (указаны кодоны для каждой аминокислоты, а также СТОП-КОДОНЫ)

- **Ala/A** - GCU, GCC, GCA, GCG
- **Leu/L** - UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG
- **Arg/R** - CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG
- **Lys/K** - AAA, AAG
- **Asn/N** - AAU, AAC
- **Met/M** - AUG
- **Asp/D** - GAU, GAC
- **Phe/F** - UUU, UUC
- **Cys/C** - UGU, UGC
- **Pro/P** - CCU, CCC, CCA, CCG
- **Gln/Q** - CAA, CAG
- **Ser/S** - UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC
- **Glu/E** - GAA, GAG
- **Thr/T** - ACU, ACC, ACA, ACG
- **Gly/G** - GGU, GGC, GGA, GGG
- **Trp/W** - UGG
- **His/H** - CAU, CAC
- **Tyr/Y** - UAU, UAC
- **Ile/I** - AUU, AUC, AUA
- **Val/V** GUU, GUC, GUA, GUG
- **START** - AUG
- **STOP** - UAG, UGA, UAA

- Для всех аминокислот, за исключением метионина и триптофана, существует более одного кодона. В этом случае вариации нуклеотидов наблюдаются в третьем положении нуклеотида в кодоне, когда одна аминокислота кодируется более, чем 4 триплетами, то – вариации присутствуют и в других положениях триплета.
- Поэтому иногда генетический код называется псевдодуплетным.

Взаимодействие между третьим нуклеотидом в кодоне мРНК и первым нуклеотидом в антикодоне тРНК менее прочное, чем между другими нуклеотидами в кодоне и антикодоне. Поэтому по данной позиции могут быть альтернативные взаимодействия. Это явление получило название «теории качания» (wobble-гипотезы).

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД						
Матричная РНК						
НУКЛЕОТИДЫ						
	1-й	2-й			3-й	
	У	Ц	А	Г		
<p>Транспортная РНК АЛАНИН</p>	У	ууу } Фенилаланин ууц } ууа } ууг } Лейцин	уцу } уцц } Серин уца } уцг }	уау } Тирозин уац } уаа } <i>стоп-кодон</i> уаг }	угу } Цистеин угц } уга } <i>стоп-кодон</i> угг } Триптофан	у ц а г
	Ц	цуу } цуц } Лейцин цуа } цуг }	ццу } ццц } Пролин цца } ццг }	цау } Гистидин цац } цаа } Глютамин цаг }	цгу } цгц } Аргинин цга } цгг }	у ц а г
	А	ауу } ауц } Изолейцин ауа } ауг } Метионин <i>СТАРТ-КОДОН</i>	ацу } ацц } Треонин аца } ацг }	аау } Аспарагин аац } ааа } Лизин ааг }	агу } Серин агц } ага } Аргинин агг }	у ц а г
	Г	гуу } гуц } Валин гуа } гуг }	гцу } гцц } Аланин гца } гцг }	гау } Аспарагиновая кислота гац } гаа } Глутаминовая кислота гаг }	ггу } ггц } Глицин гга } ггг }	у ц а г



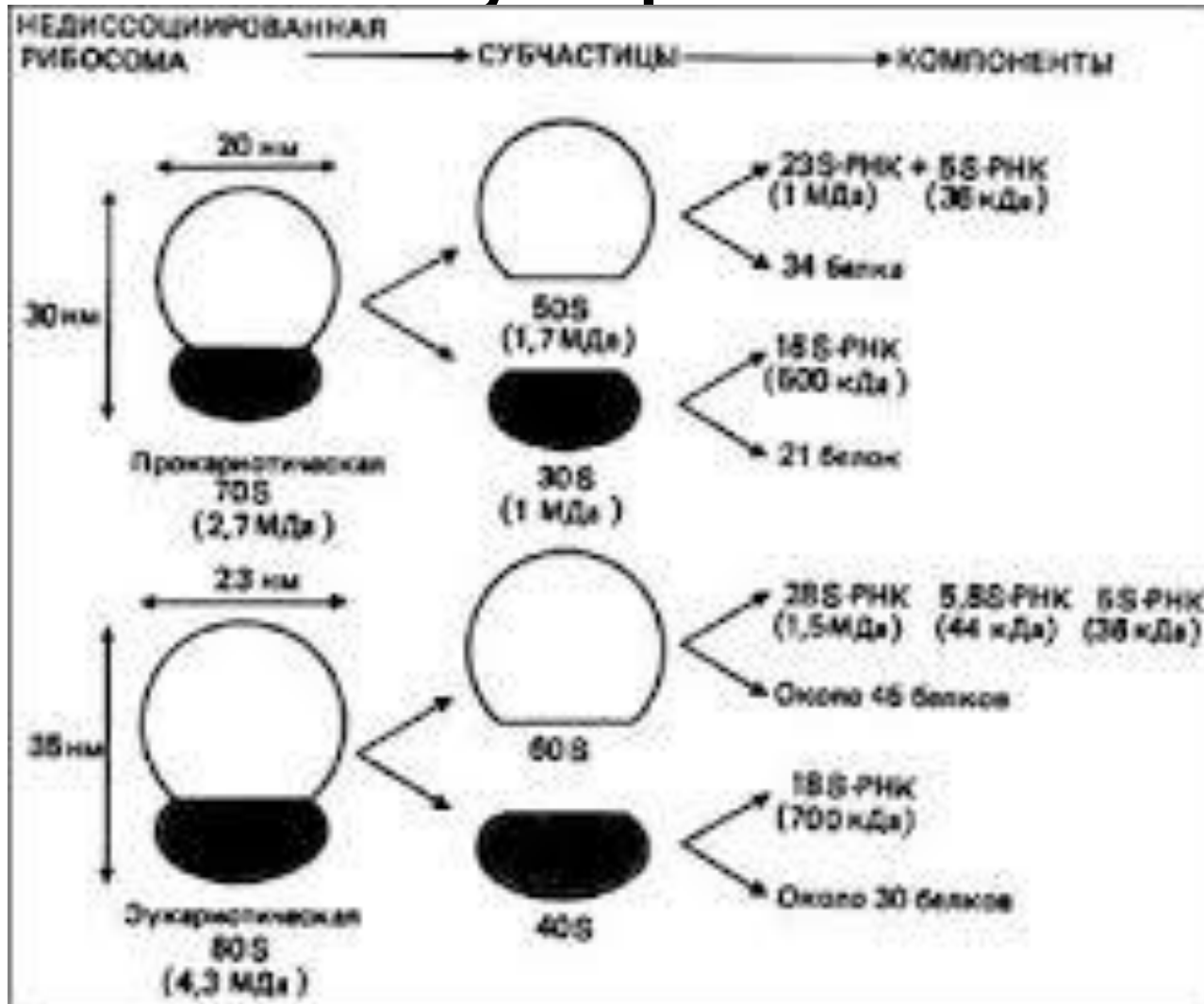
- **Участники процесса трансляции:**
- -мРНК
- -рибосомы
- -аминоацил-тРНК
- -ферменты аминоацил-тРНКсинтетазы
- -факторы трансляции

# РИБОСОМА

имеет три функциональных участка: А – акцепторный участок для поступления аминокислоты (в составе тРНК), Р- пептидильный участок для пептидила (в составе тРНК), Е (exit) – участок выхода свободной тРНК, не связанной с аминокислотой

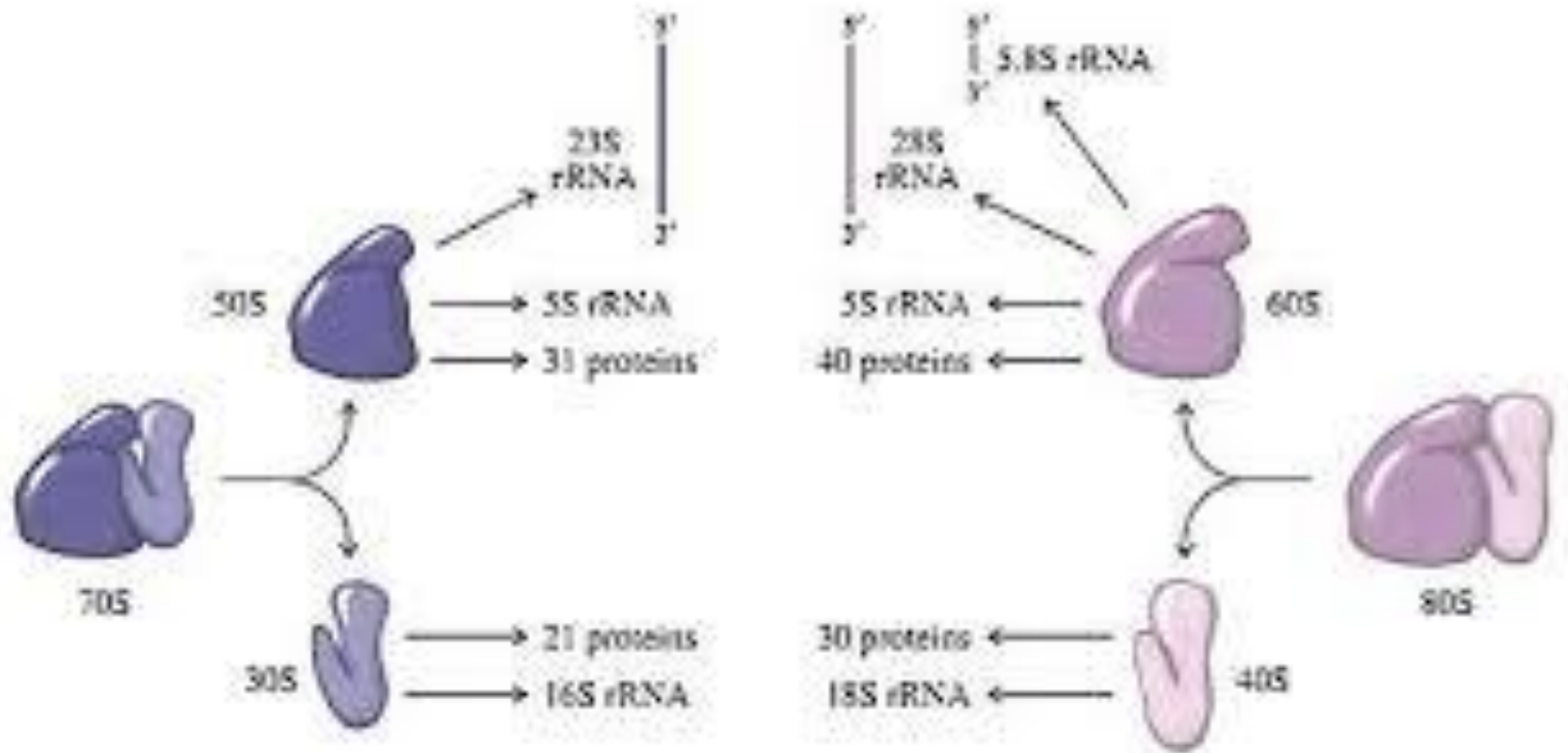


# Состав рибосом про- и эукариот

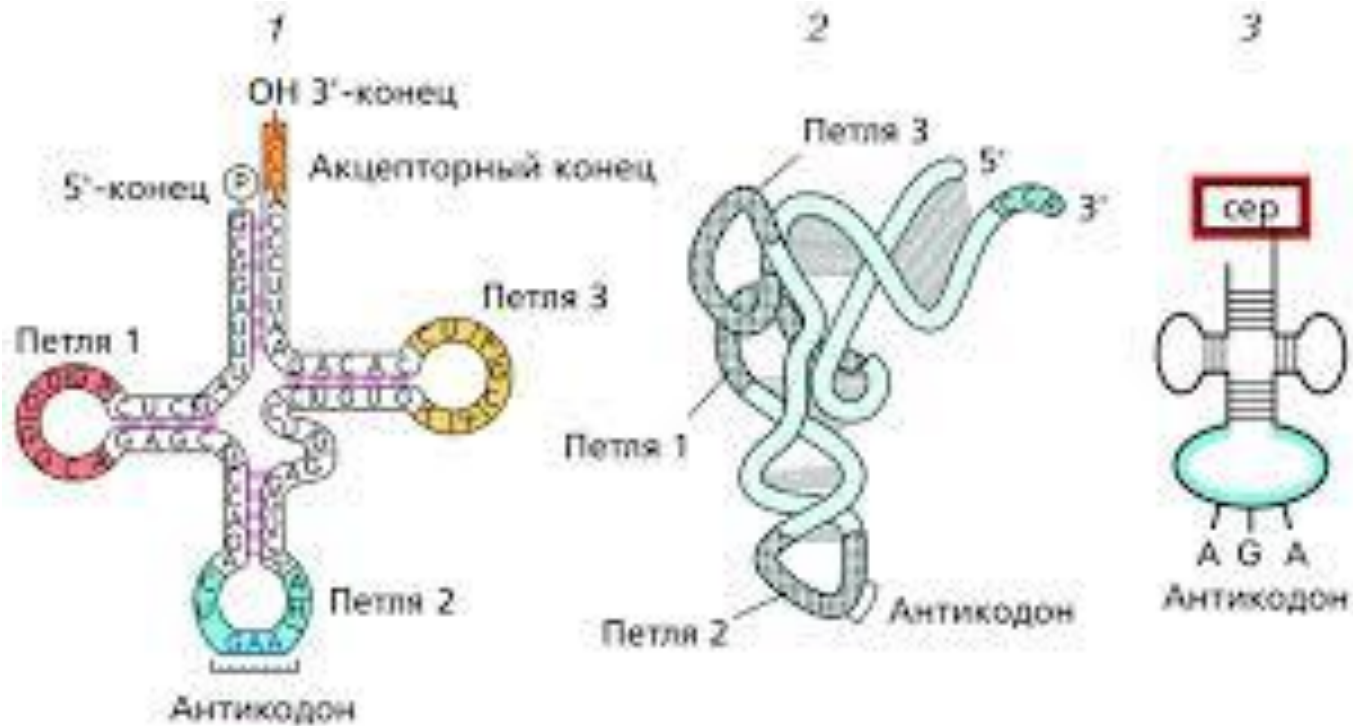




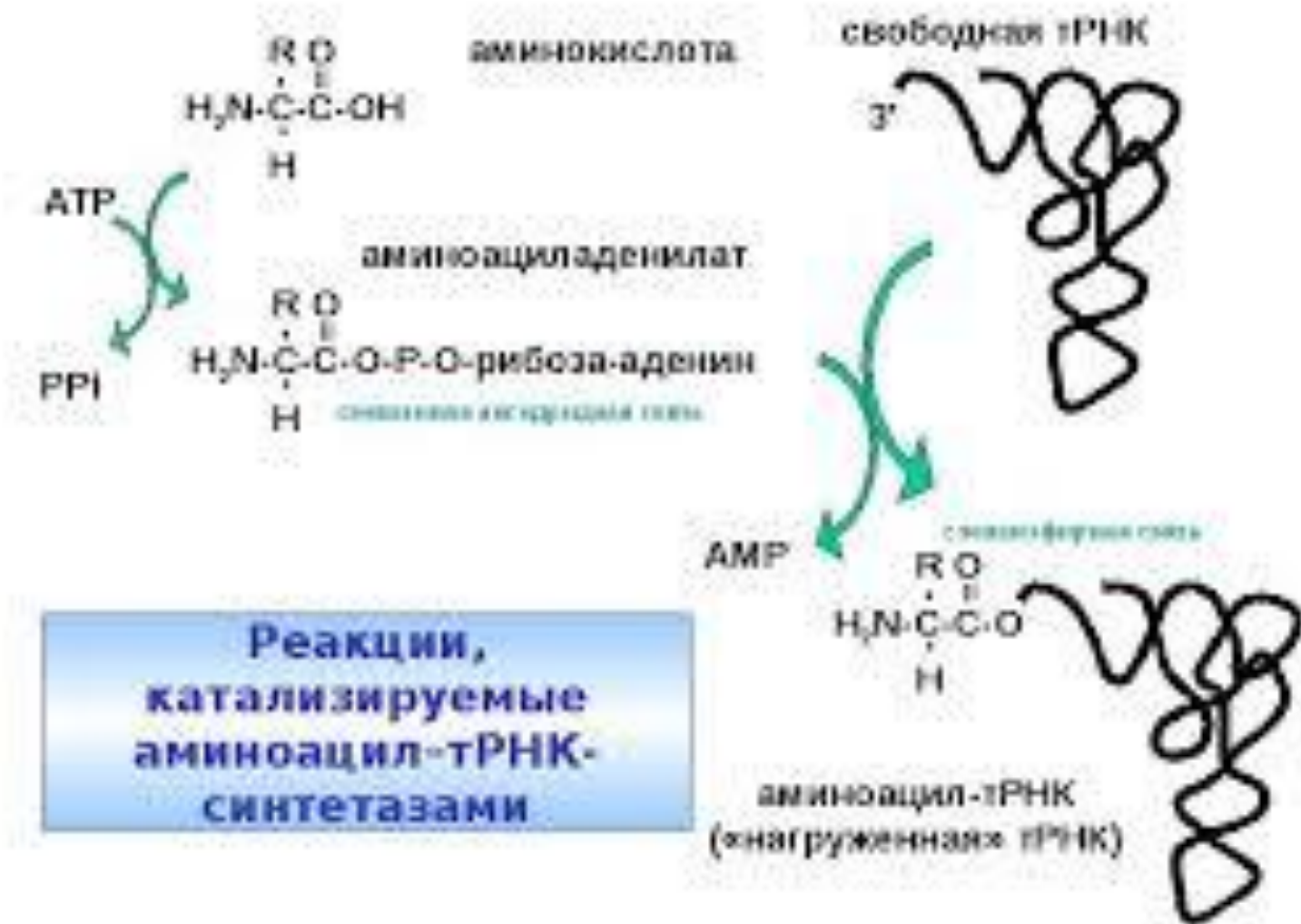
# Состав рибосом про- и эукариот



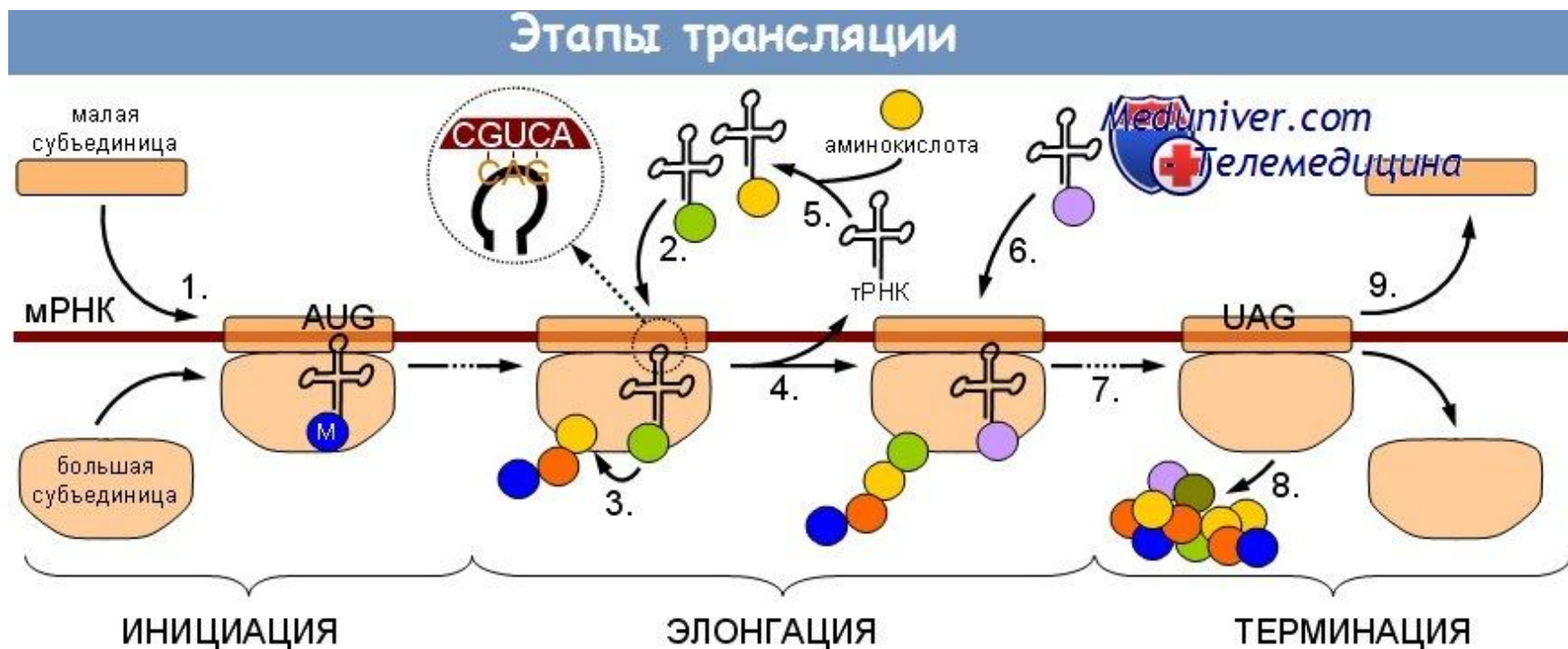
# «Зрелая» молекула тРНК (вторичная и третичная структура)



# Аминоацилирование тРНК



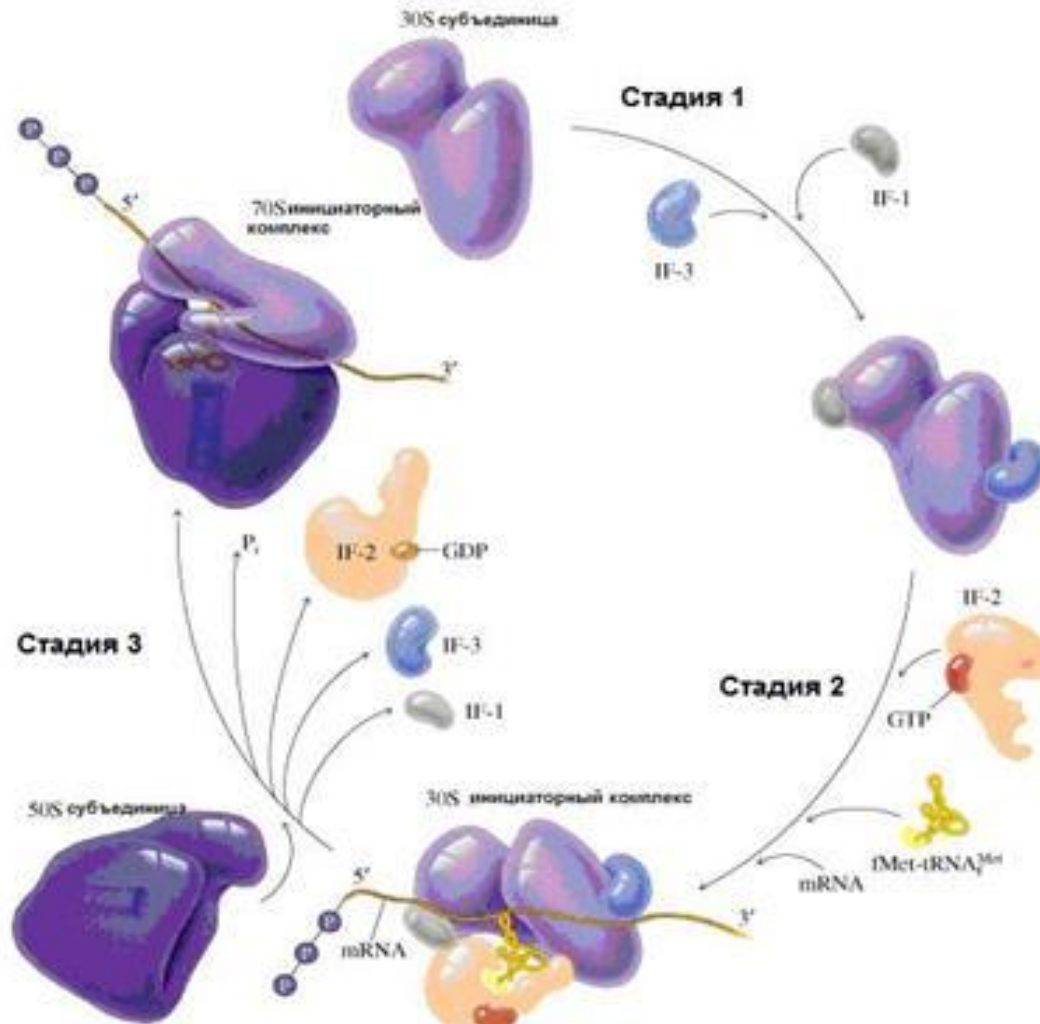
# Этапы трансляции



# Инициация трансляции

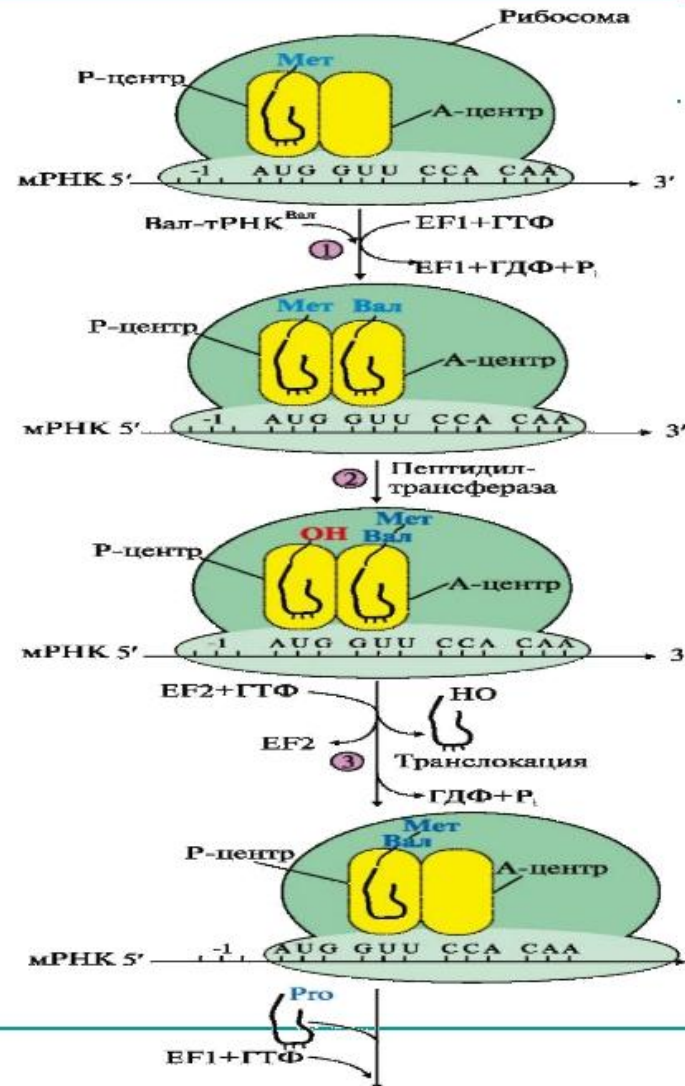


# Инициация трансляции

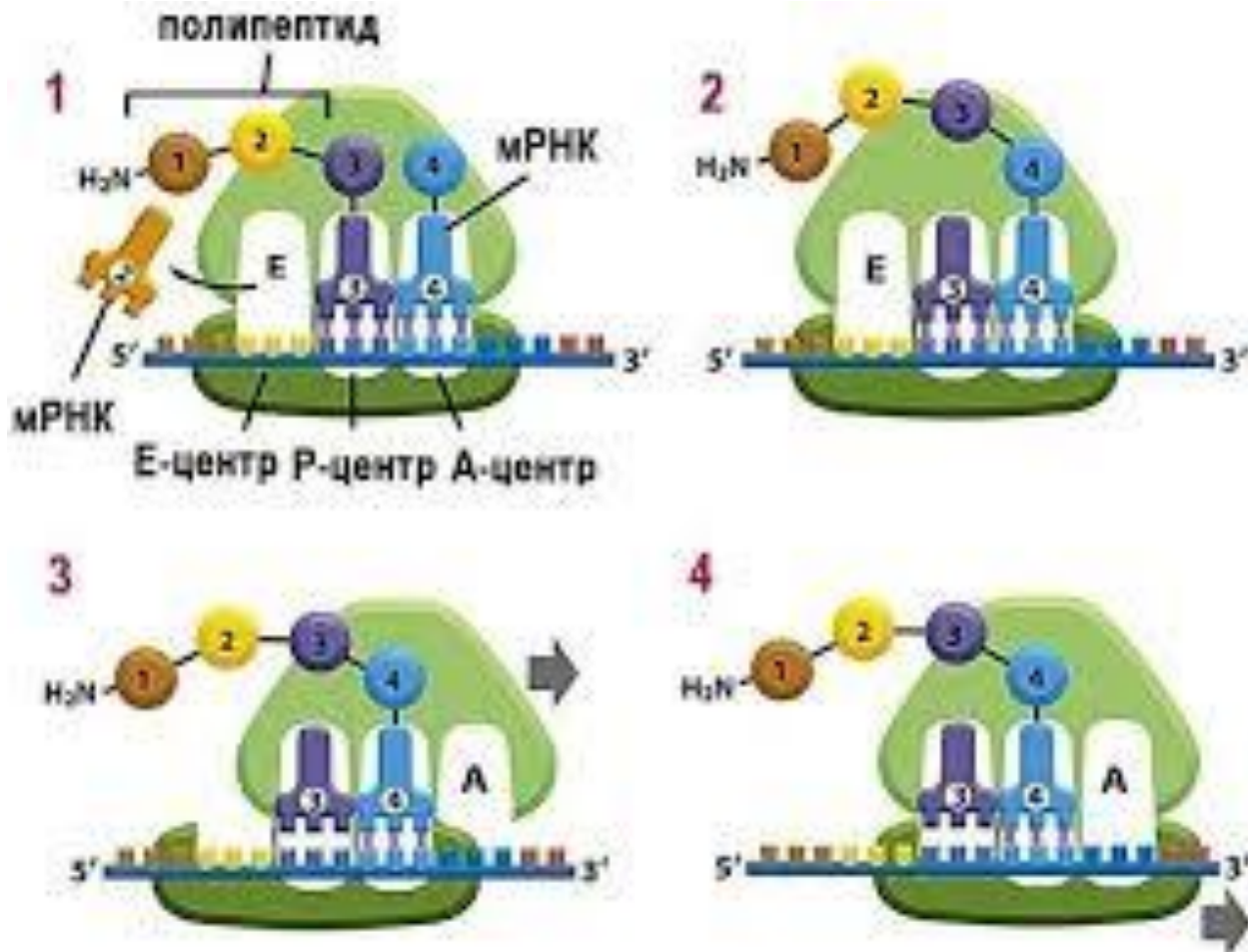


# ЭЛОНГАЦИЯ

- На этой стадии происходит синтез полипептидной цепи.
- Элонгация – это циклический процесс.



# ЭЛОНГАЦИЯ ТРАНСЛЯЦИИ

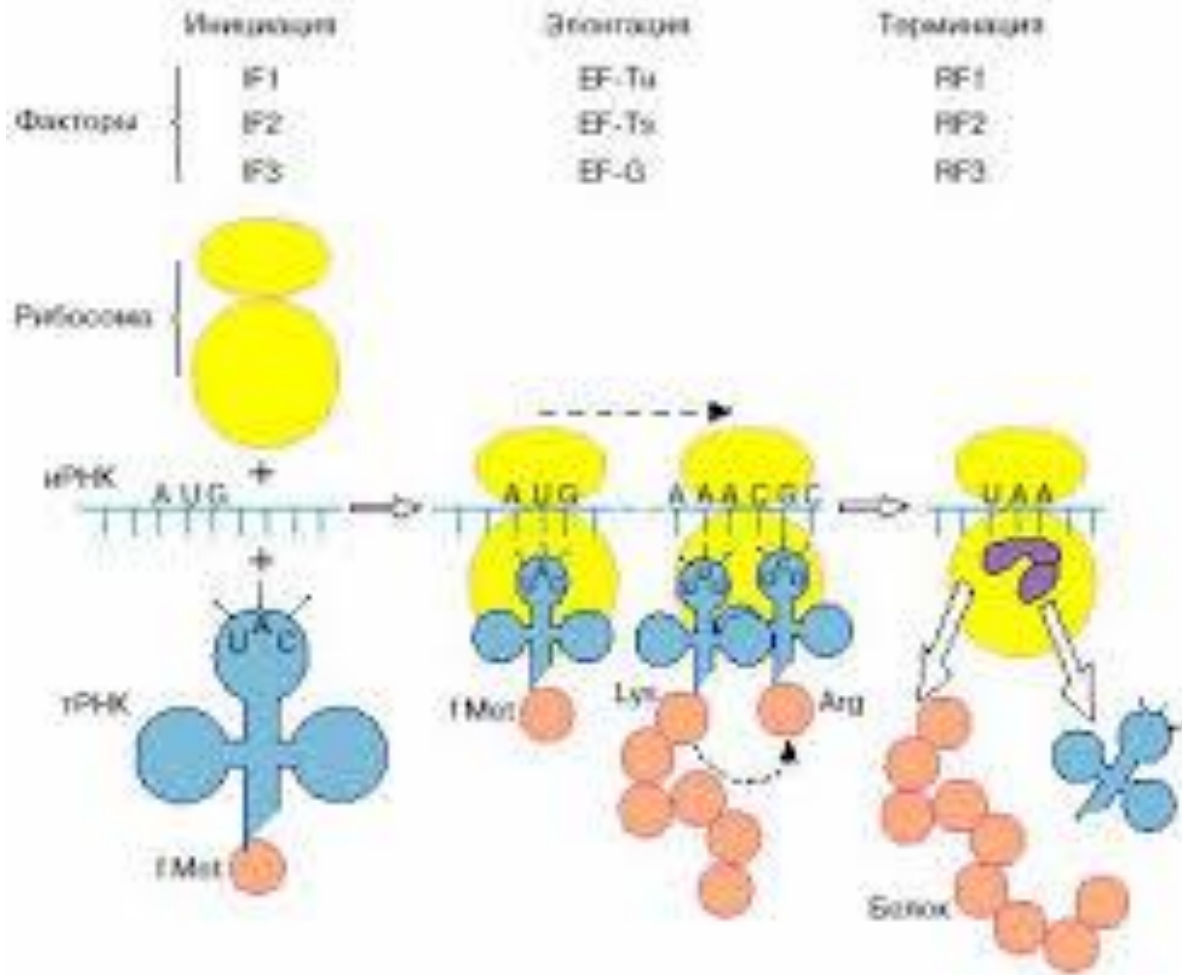




# ТЕРМИНАЦИЯ ТРАНСЛЯЦИИ



# Этапы трансляции у прокариот и участвующие в них факторы трансляции



# Инициация трансляции у эукариот

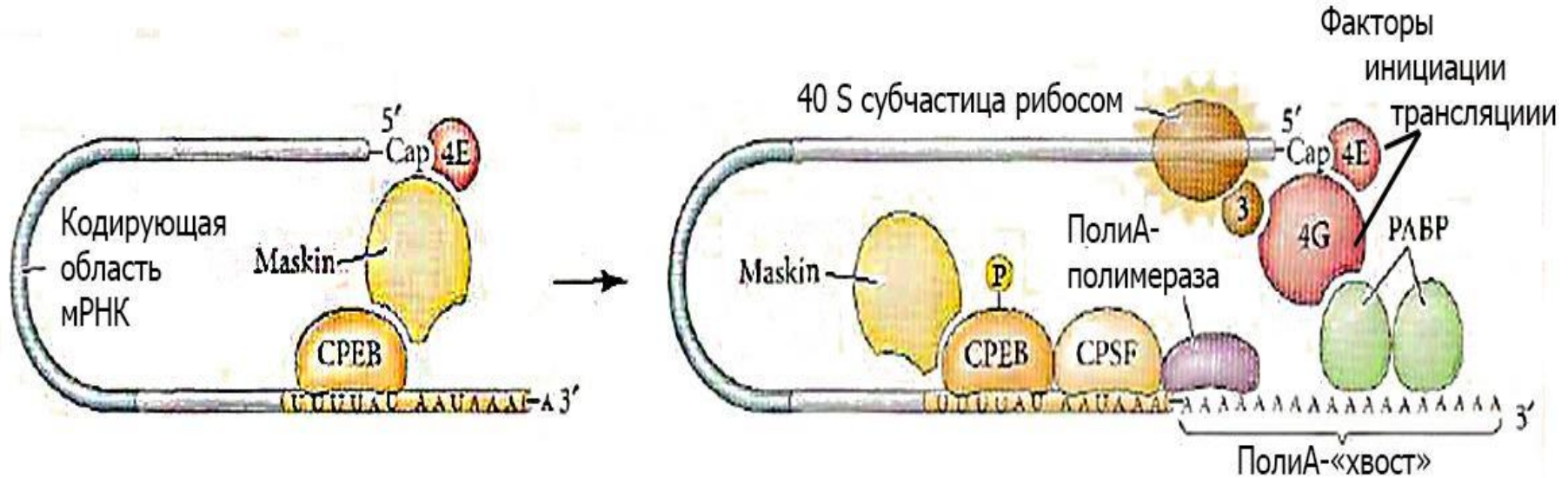
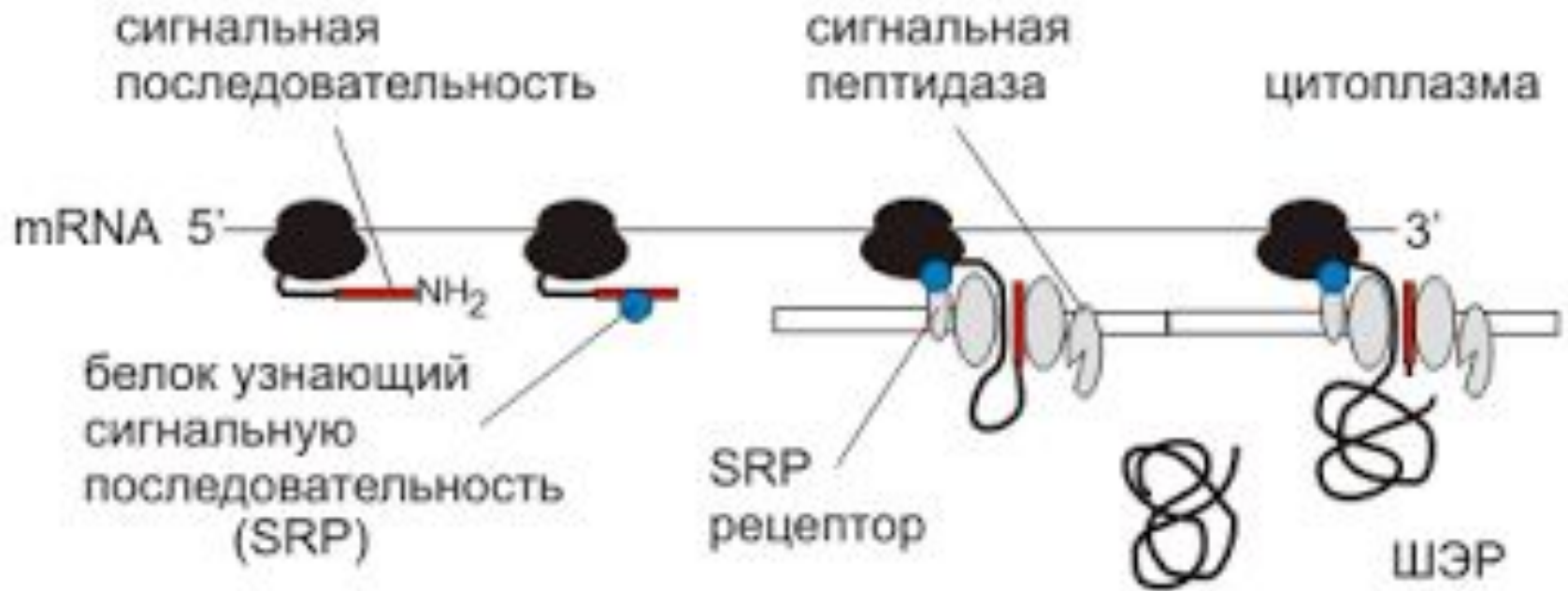
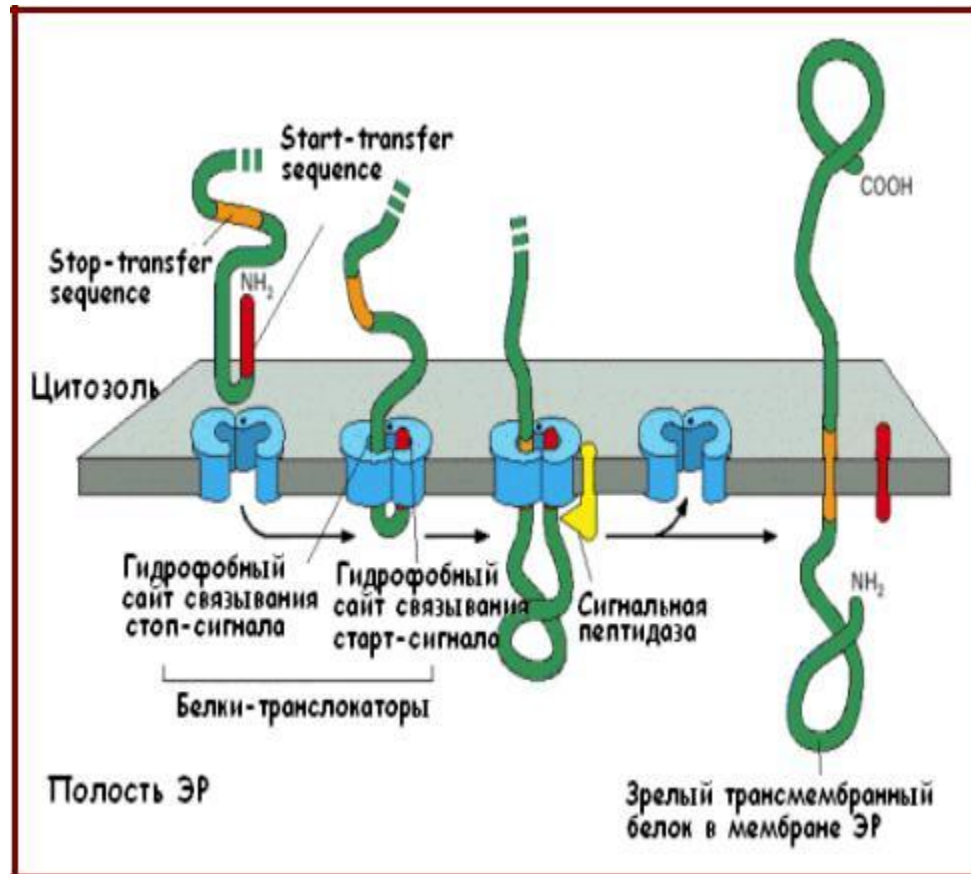


Рис. 17 Модель активации трансляции "молчащих" мРНК в ооцитах амфибий (по Gilbert, 2010).

# Синтез белка с N-сигнальной последовательностью



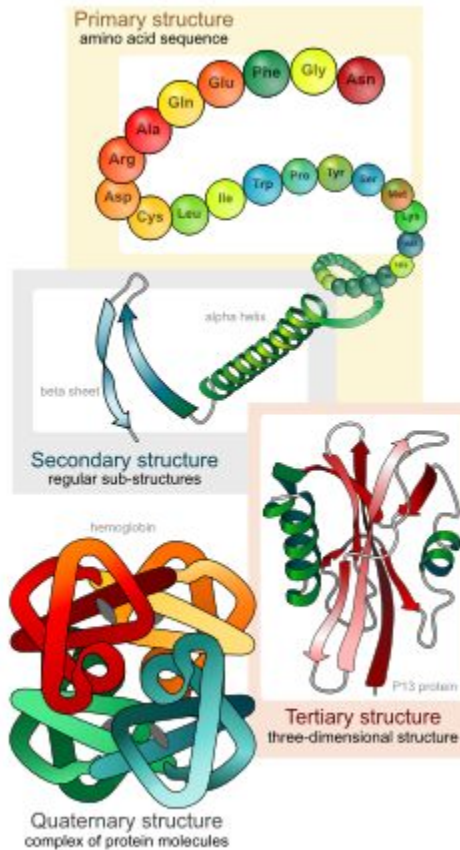
# Синтез белка с N-сигнальной последовательностью



# ФОЛДИНГ БЕЛКА

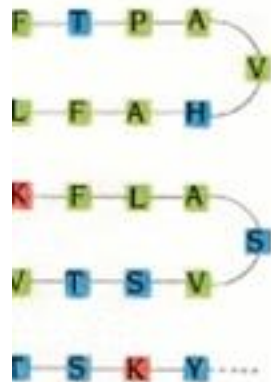
- Фолдинг – это процесс сворачивания полипептидной цепи в нативную пространственную структуру (третичную структуру)

# Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белка



## Четыре структуры укладки молекулы белка

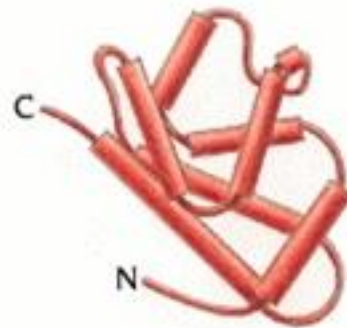
Первичная



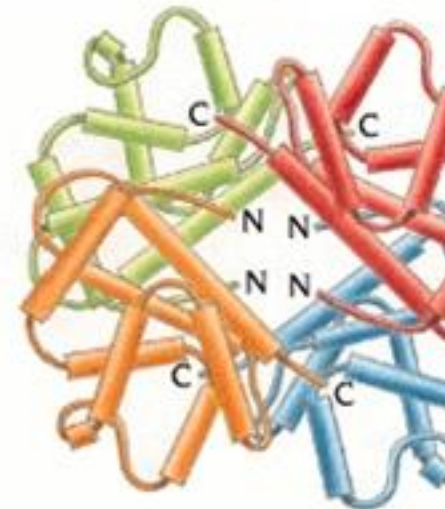
Вторичная



Третичная

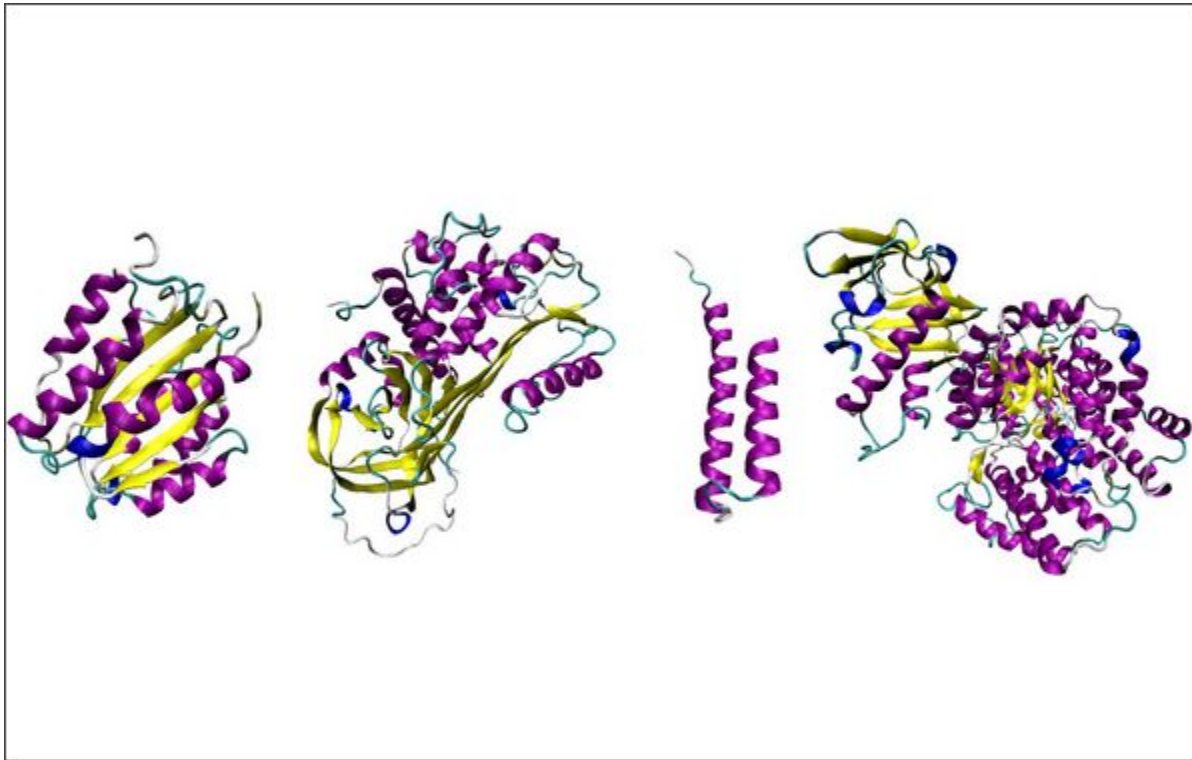


Четвертичная



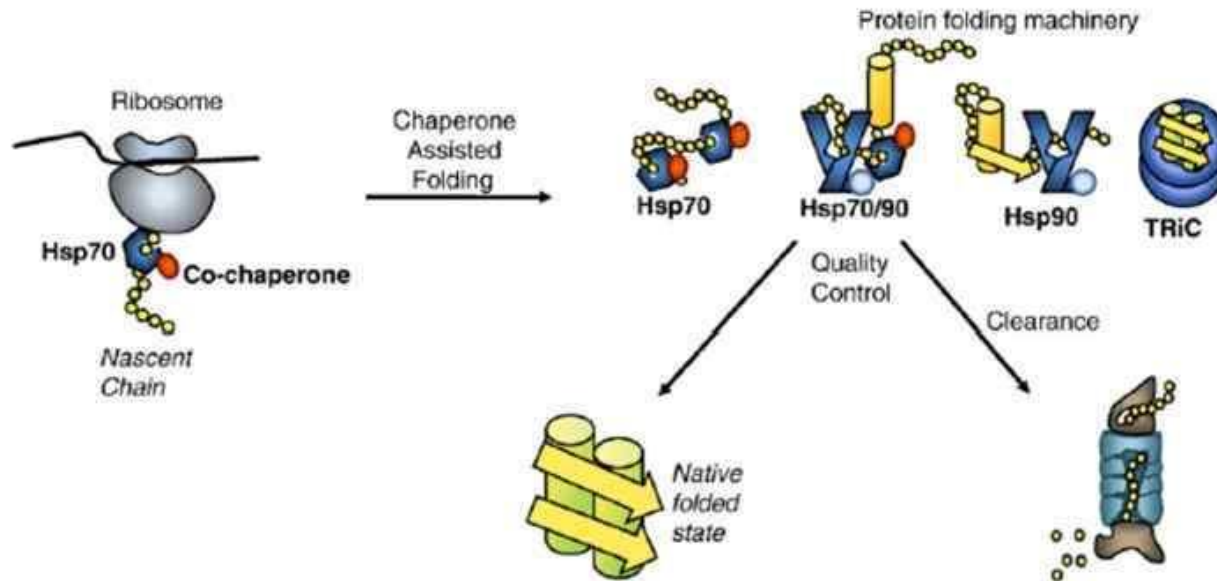


# Третичные структуры белков

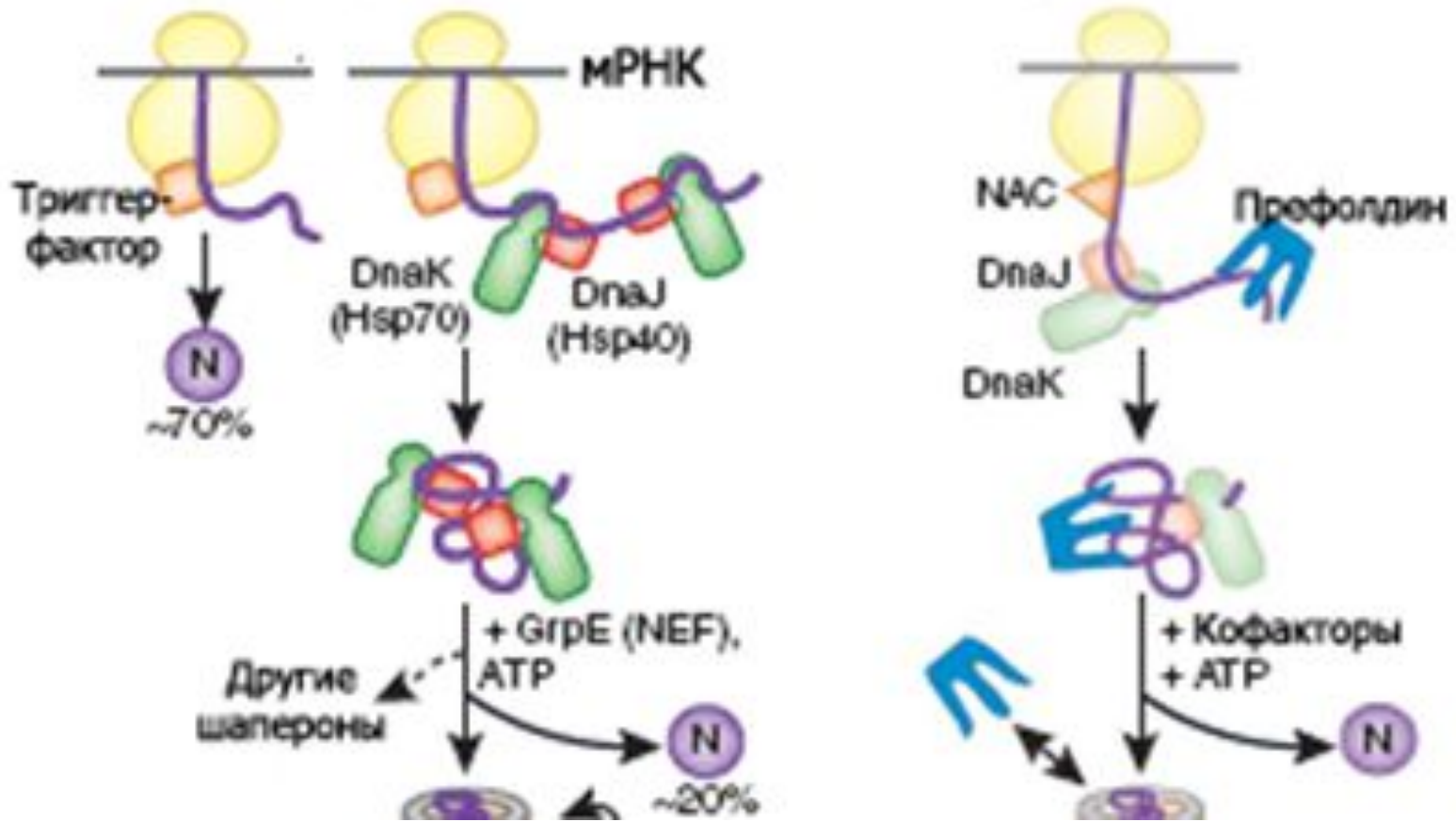


# ШАПЕРОНЫ HSP70/40 – DnaK/DnaJ осуществляют фолдинг новосинтезированных белков

## Участие шаперонов в фолдинге белков



# ШАПЕРОНЫ HSP70/40 – DnaK/DnaJ



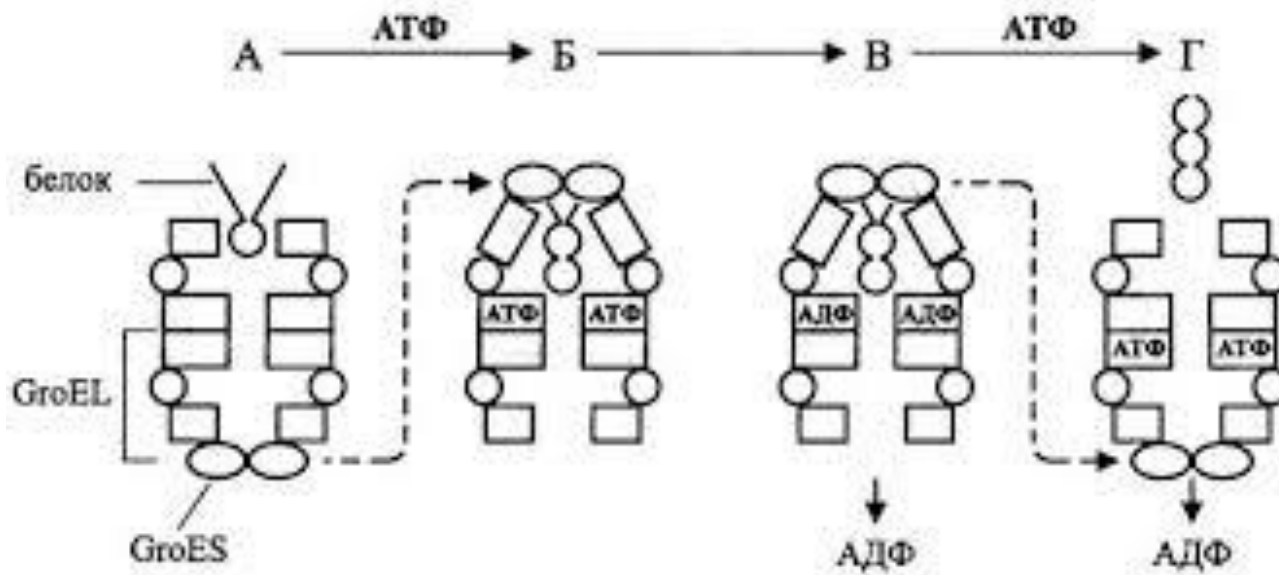
- **ШАПЕРОНЫ HSP60 – GroES/GroEL;  
осуществляют рефолдинг  
неправильно свернутых белков**

# ШАПЕРОНЫ:

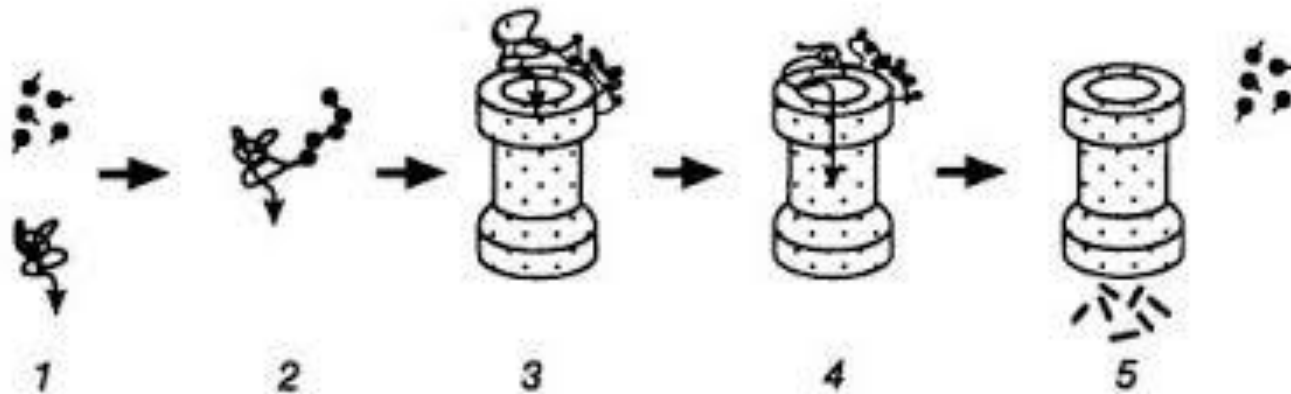
**HSP60 – GroES/GroEL;**  
**HSP70/40 – DnaK/DnaJ -**



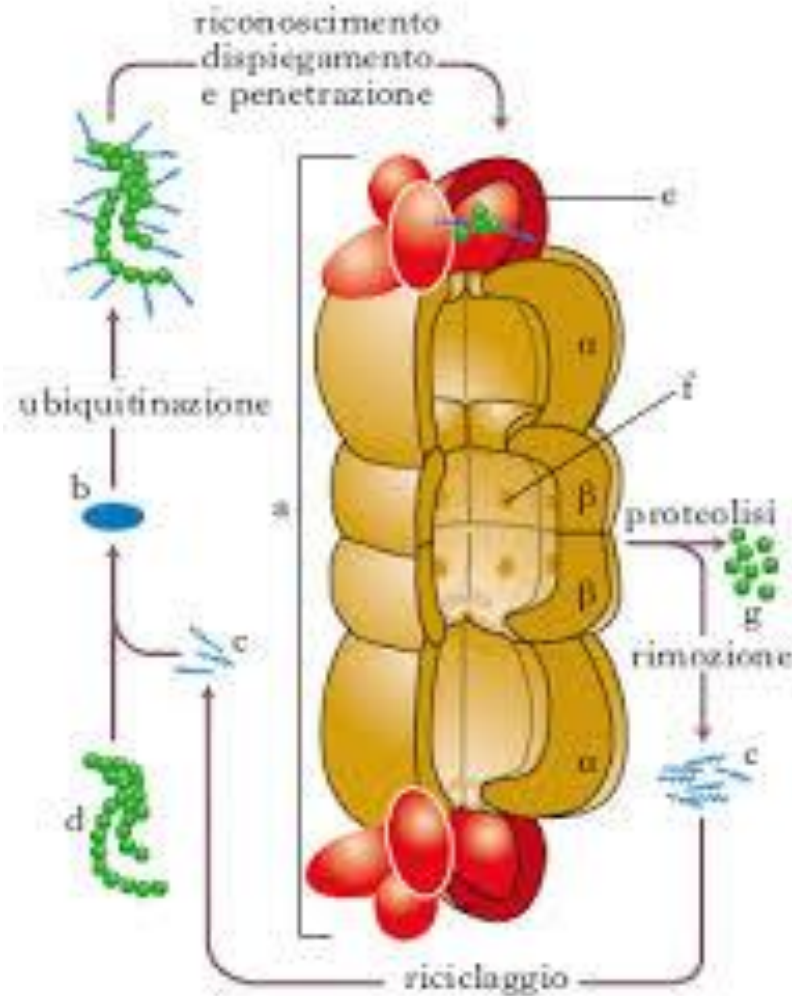
# Цикл работы шаперона HSP60 – GroES/GroEL



# Деградация белка в протеасомах



# ΠΡΟΤΕΑΣΟΜΑ





# ПРОТЕАСОМА

