

Обмен белков

Главные научные  
открытия в области  
обмена белков  
принадлежат  
Российским ученым

**Академик Опарин Александр Иванович**  
(Лауреат Ленинской премии 1974 г.; Премии им. А.Н.  
Баха, Награжден Золотой медалью им. М.В. Ломоносова)



**Академик Баев Александр Александрович.**  
(Лауреат Государственной премии 1969 г)



**Академик Спирин Александр Сергеевич** (лауреат  
Ленинской премии 1976 г. Награжден медалью им. Ганса  
Кребса федерации Европейского биохимического общества)



# Роль белков в организме

- Структурная
- Каталитическая
- Транспортная
- Регуляторная
- Защитная
- Гомеостатическая
- Депонирующая
- Функциональная

# Динамика обновления белков

За сутки распадается белков ~ 400 г

Из них распадается полностью до  $\text{CO}_2$ ;  
 $\text{NH}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  ~ 100 г

В сутки синтезируется белков ~ 400 г

Суточная потребность в белках ~ 100 г

Период полубообновления белков ~ 80 дней

# Содержание белка в некоторых продуктах

<b>Название продукта</b>	<b>содержание белка %</b>
<b>Мясо</b>	<b>18 - 22</b>
<b>Рыба</b>	<b>17 - 20</b>
<b>Сыр</b>	<b>20 – 36</b>
<b>Молоко</b>	<b>3,5</b>
<b>Рис</b>	<b>8</b>
<b>Горох</b>	<b>26</b>
<b>Соя</b>	<b>35</b>
<b>Картофель</b>	<b>1,5 – 2,0</b>
<b>Капуста</b>	<b>!,1 – 1,6</b>



# Биологическая ценность аминокислот

## заменяемые

пируват -----→ аланин  
глицерин- -----→ серин  
серин -----→ глицин  
аланин-----→ цистеин  
щук -----→ аспарагиновая к-та  
оксоглутаровая → глутаминовая к-та  
глутаминовая к-та -----→ пролин  
глутаминовая к-та -----→ гистидин  
фенилаланин -----→ тирозин

## незаменимые

треонин  
метионин  
валин  
лейцин  
изолейцин  
лизин  
фенилаланин  
триптофан  
аргинин

# примеры продуктов, содержащие неполноценные белки

**название продукта**

**отсутствующая  
аминокислота**

**1. белки растительных  
продуктов**

**несбалансированный  
аминокислотный состав**

**2. белки кукурузы**

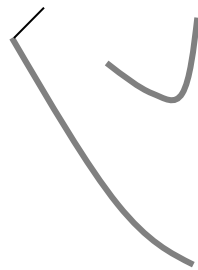
**ЛИЗИН**

**3. белки соевых бобов**

**триптофан**

# Переваривание белков в желудочно- кишечном тракте

# Слизистая оболочка желудка



# Секреторные клетки желудка

главные → пепсиноген

обкладочные → HCl

добавочные → мукополисахариды

# Состав желудочного сока

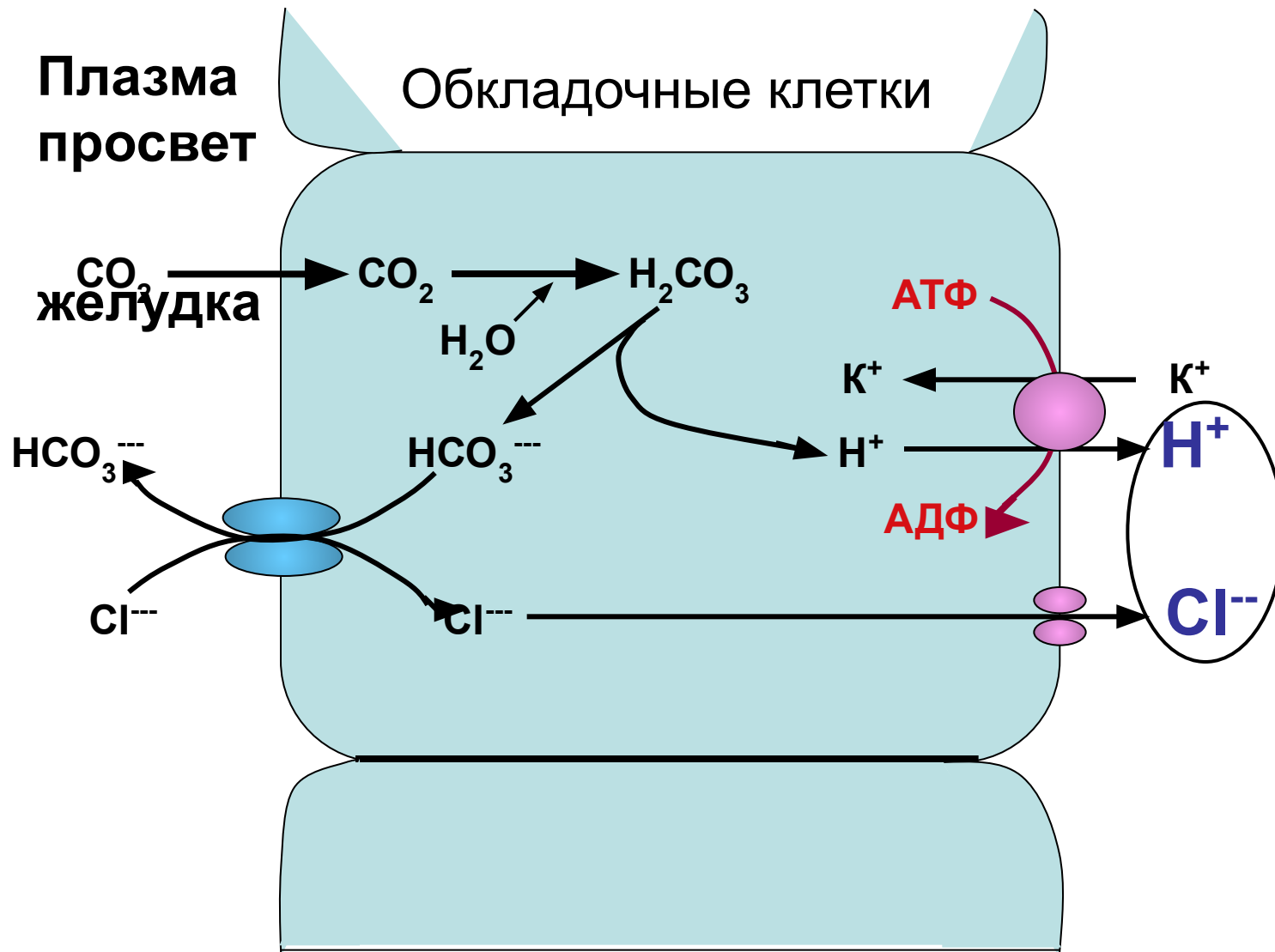
---

Вода	99%
НСІ	0,5-0,6%
Соли	0,1%
Пепсин	2 г/сут
Гастроксин	
Реннин (у детей)	
pH	1,5 – 2,0

# Роль HCl в переваривании белков

1. Создает оптимум pH для активности пепсина;
2. Обладает бактерицидным действием;
3. Разрушая водородные связи в молекуле белка, способствует его разрыхлению и улучшению взаимодействия пепсина с пептидными связями белка;
4. В пилорическом отделе желудка HCl стимулирует образование местных гормонов – секретина и панкреозимина, которые, в свою очередь, стимулируют секрецию сока поджелудочной железы.

# Секреция соляной кислоты в желудке





# Медицинские названия нарушений кислотности желудочного сока

---

**Повышенная кислотность**

**гиперхлоргидрия**

**Пониженная кислотность**

**гипохлоргидрия**

**Прекращение образования соляной кислоты**

**ахлоргидрия**

**Нарушение секреции HCl и секреции пепсина**

**ахилия**

# Титрование желудочного сока

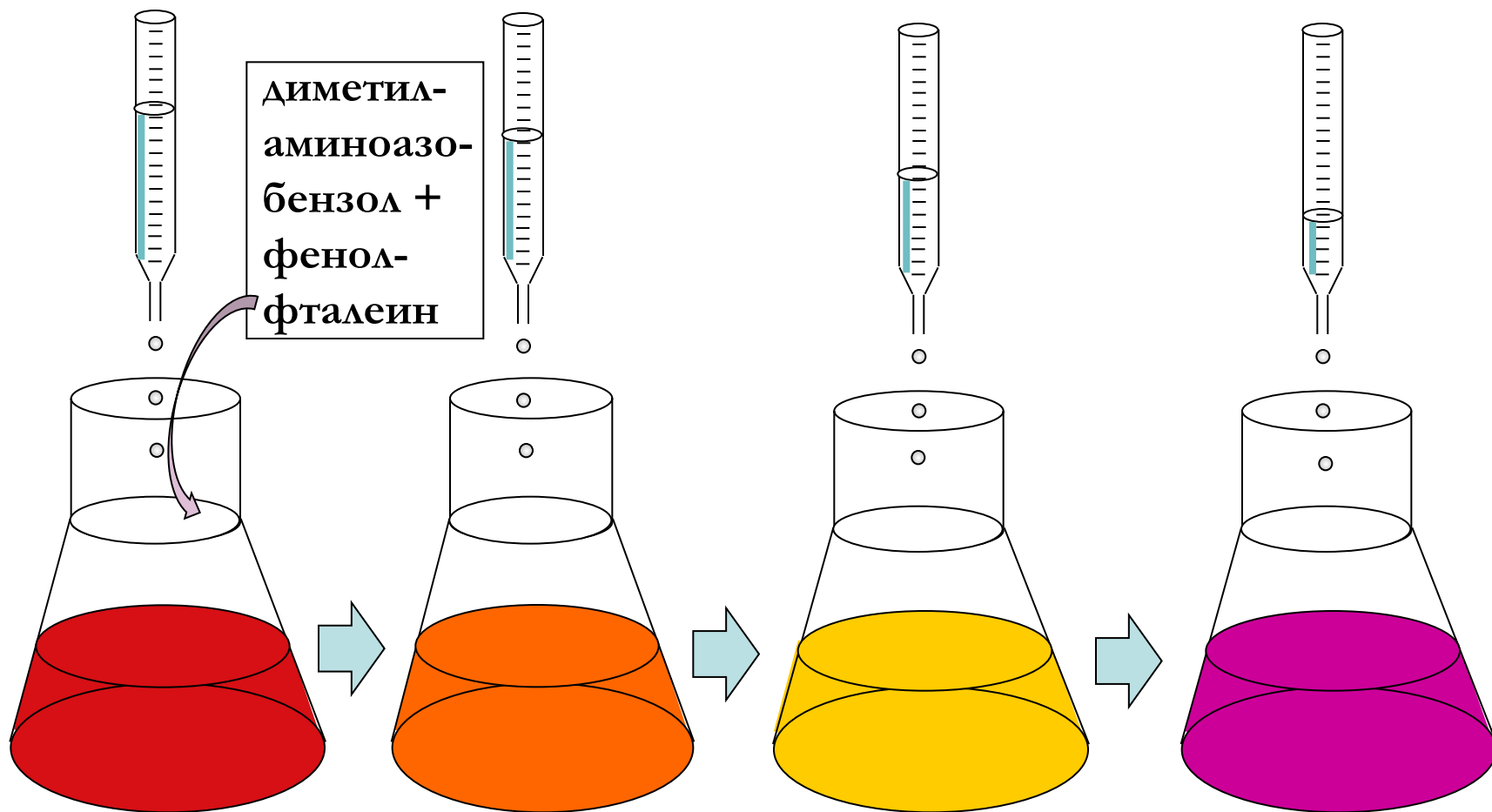
NaOH 0,1 N

NaOH 0,1 N

NaOH 0,1 N

NaOH 0,1 N

ДИМЕТИЛ-  
АМИНОАЗО-  
БЕНЗОЛ +  
ФЕНОЛ-  
ФТАЛЕИН



0

пункт 1

пункт 2

пункт 3

# Расчет результатов титрования

- 1. Пункт 1.** нейтрализация **свободной НСІ.**  
(мл × 10 = Т.Е.)
- 2. Пункт 3.** нейтрализация всех кислот  
желудочного сока. **Общая кислотность**  
(мл × 10 = Т.Е.)
- 3. Пункт 2 и 3.** расчет **общей НСІ**  
$$\frac{(\text{мл п. 2} + \text{мл. п 3}) \times 10}{2} = \text{Т.Е.}$$
- 4.** Расчет **связанной НСІ:** **Общая НСІ - свободная НСІ = связанная НСІ**

# Показатели кислотности желудочного сока в норме

(после стимуляции секреции отваром капусты)

Общая кислотность - 40 - 60 Т.Е.

Общая НСІ - 25 - 50 Т.Е.

Свободная НСІ - 20 - 40 Т.Е.

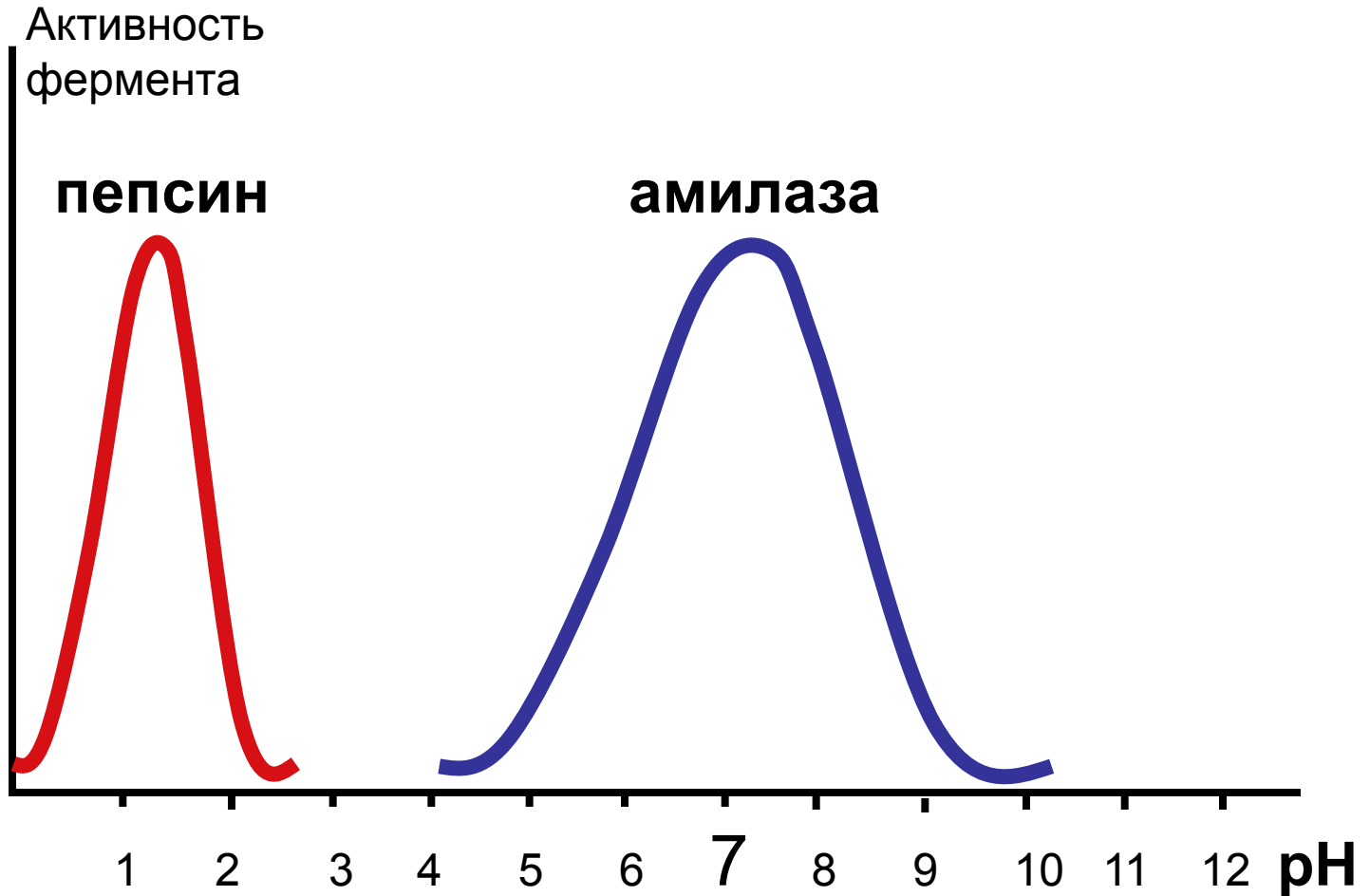
Связанная НСІ - 5 - 10 Т.Е.

Показатели кислотности  
желудочного сока в норме  
(после стимуляции секреции гистамином)

Общая кислотность - 100 - 120 Т.Е.

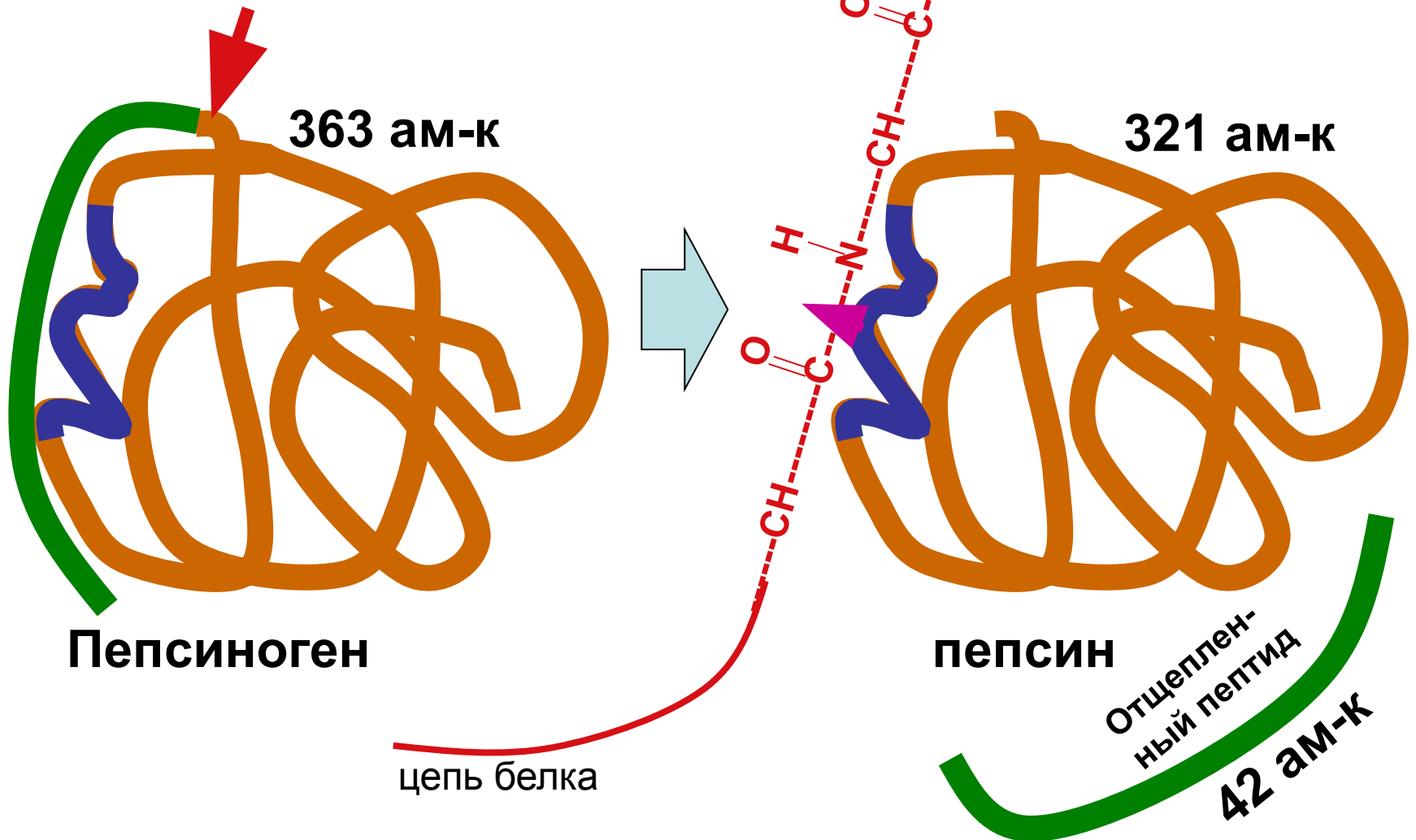
Свободная НСІ - 90 - 110 Т.Е.

# Влияние pH на активность пепсина



# Активация пепсиногена

Отщепление пептида



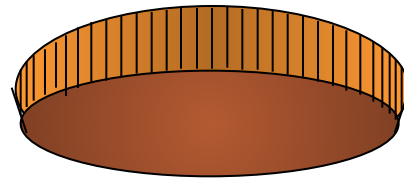
# Защита эпителиальных клеток полисахаридным слоем



Слизистая оболочка  
стенки желудка



# Дефект слизистой оболочки при язвенной болезни желудка



# Протеолитические проферменты и ферменты, образующиеся в поджелудочной железе и механизм их активации

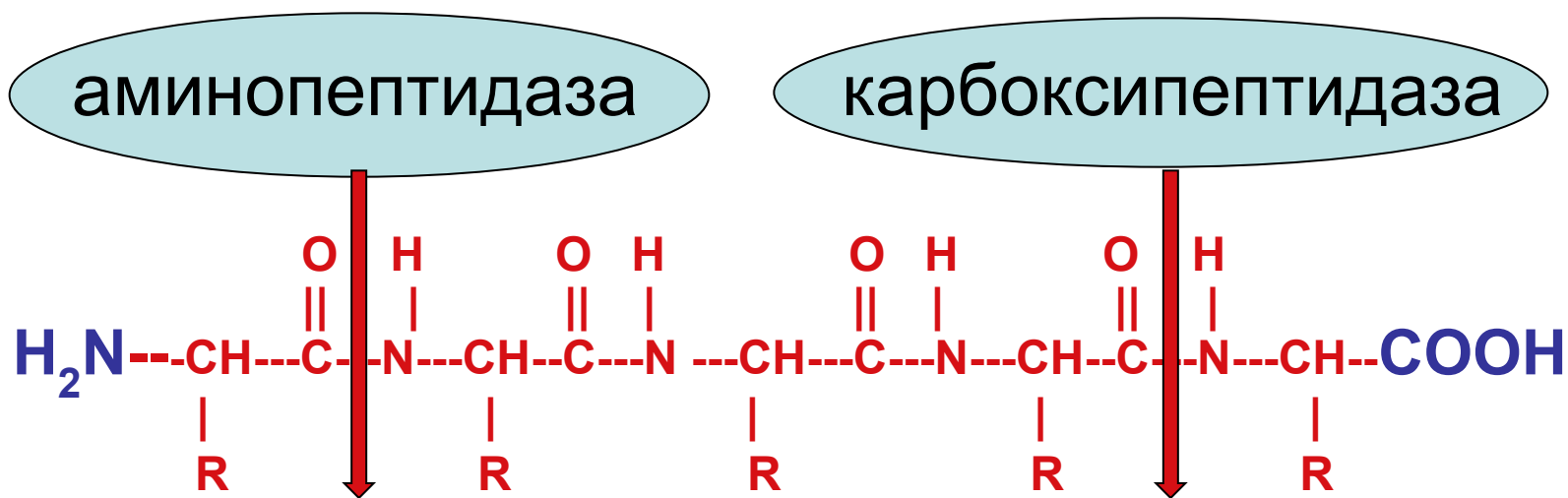


карбоксипептидазы

аминопептидазы

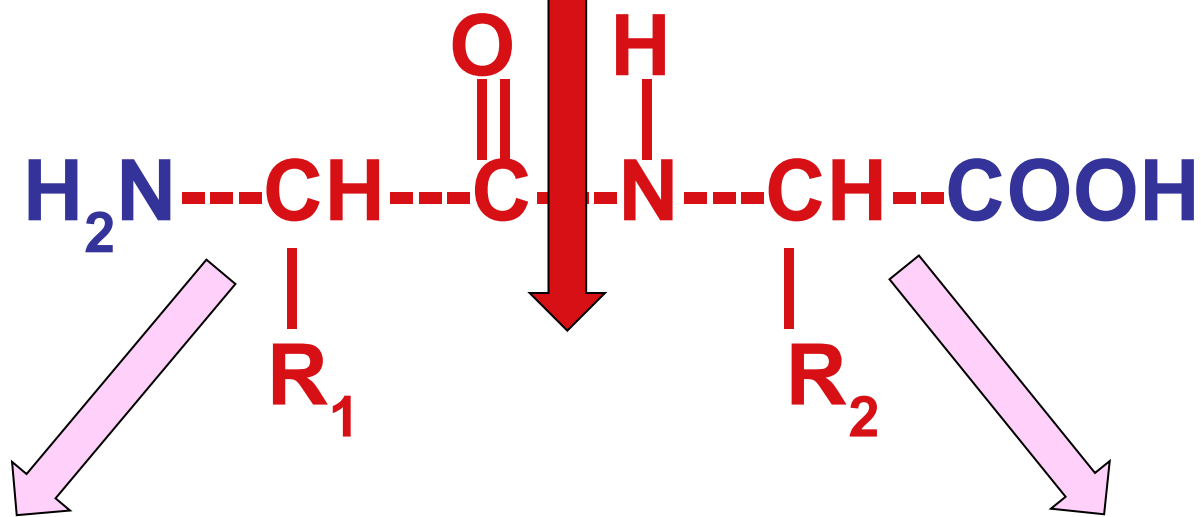
дипептидазы

# Место действия амино- и карбоксипептидаз



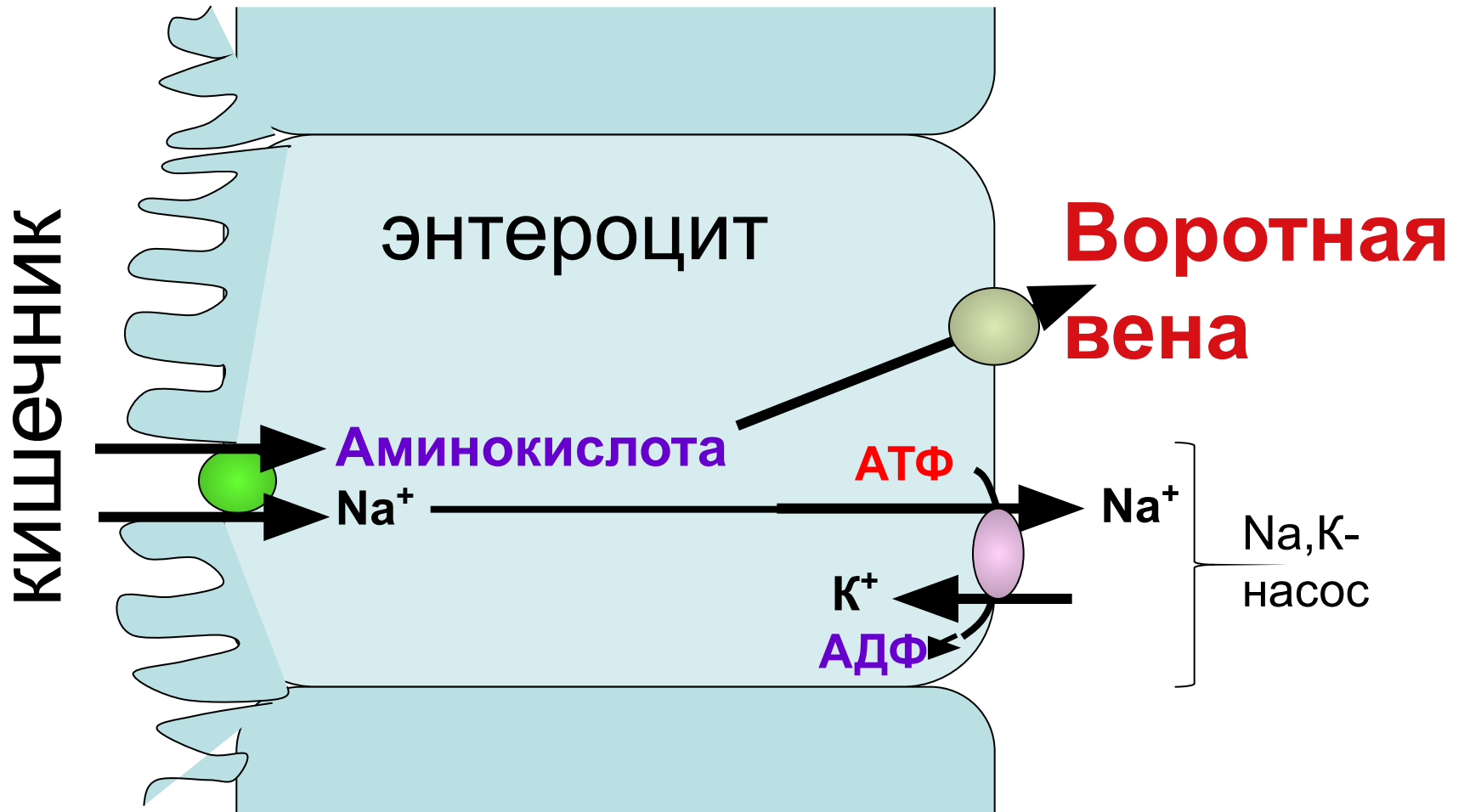
# Гидролиз дипептидов

дипептидаза



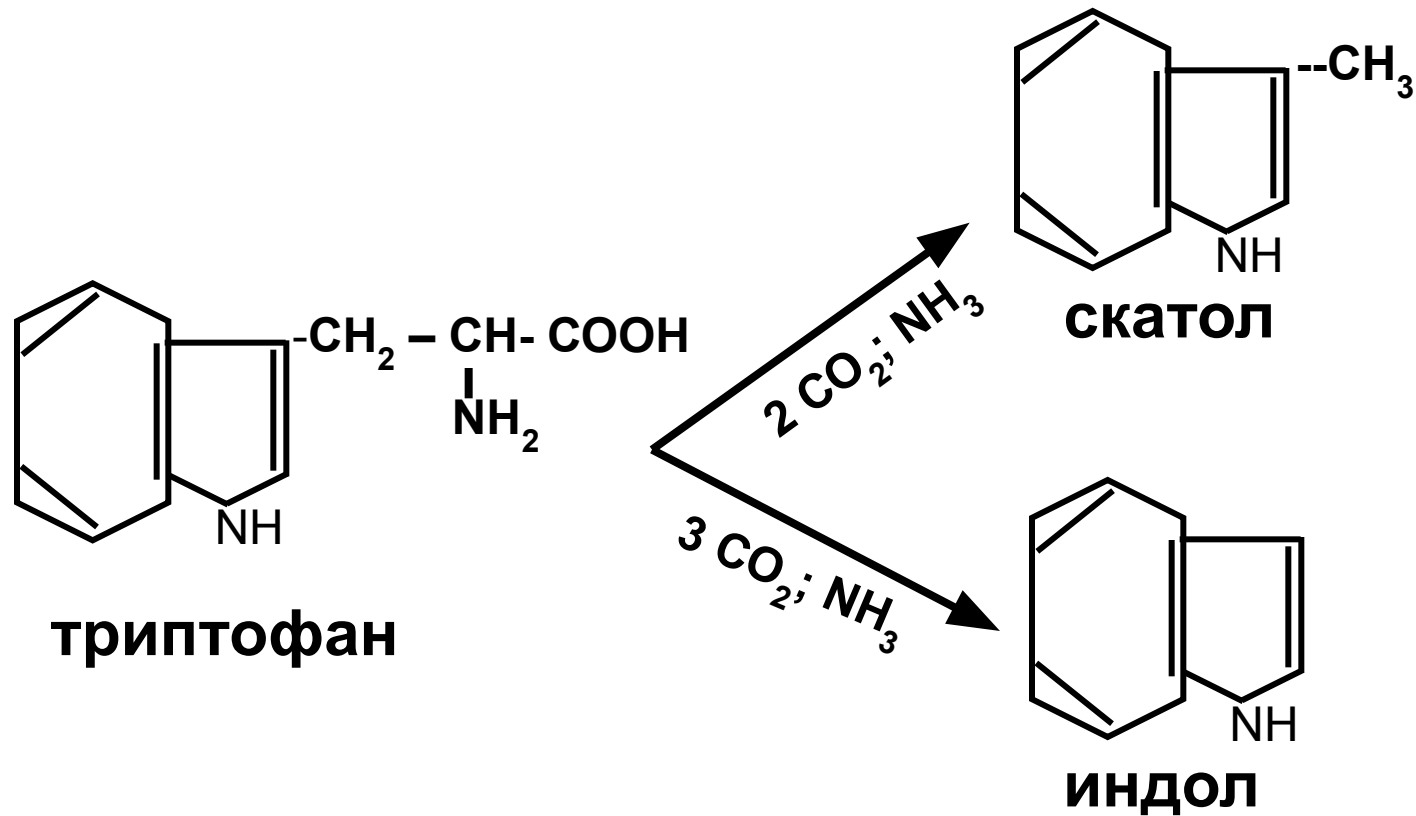
смесь аминокислот

# Всасывание аминокислот в кишечнике

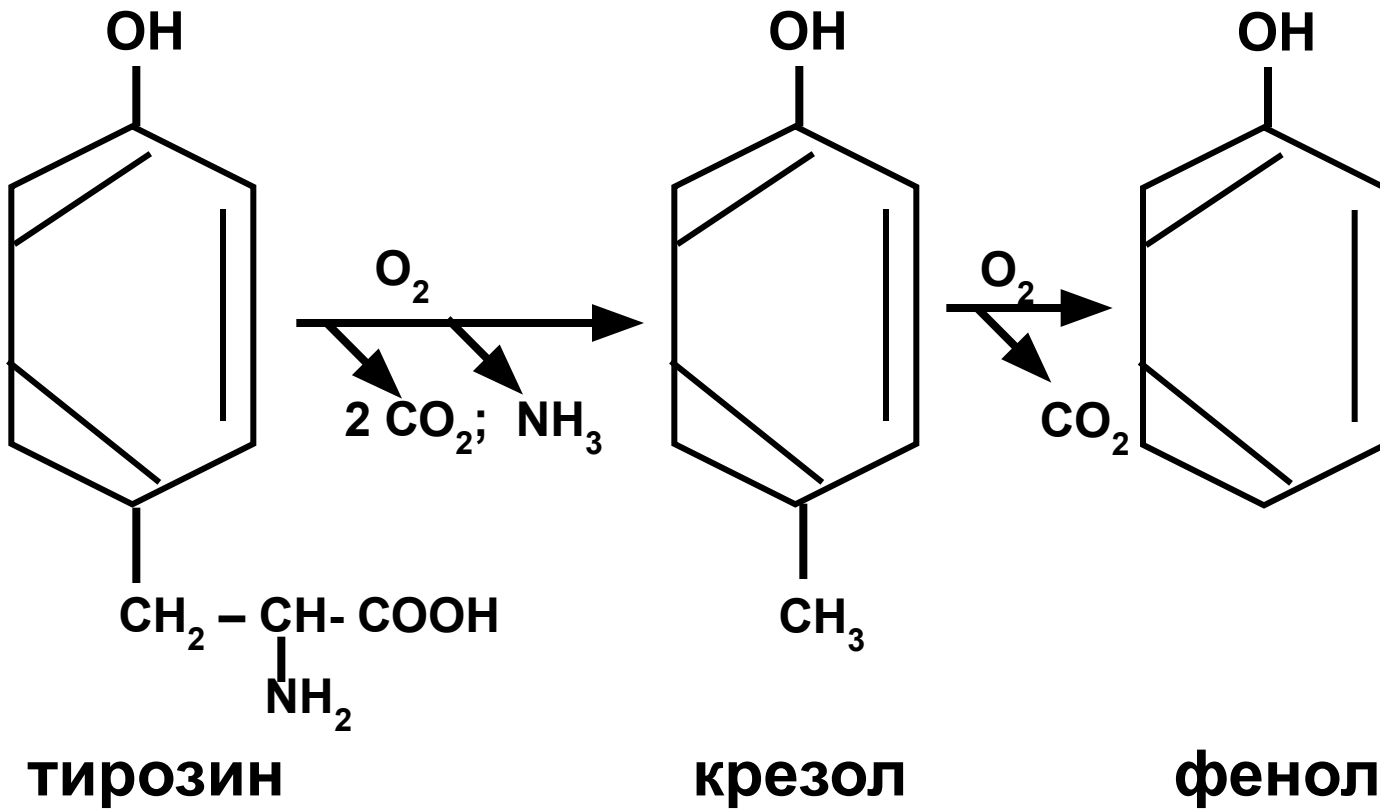


**Образование  
ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ  
из аминокислот в  
кишечнике под  
влиянием бактерий**

# Превращения аминокислот в кишечнике под влиянием бактерий (гниение)

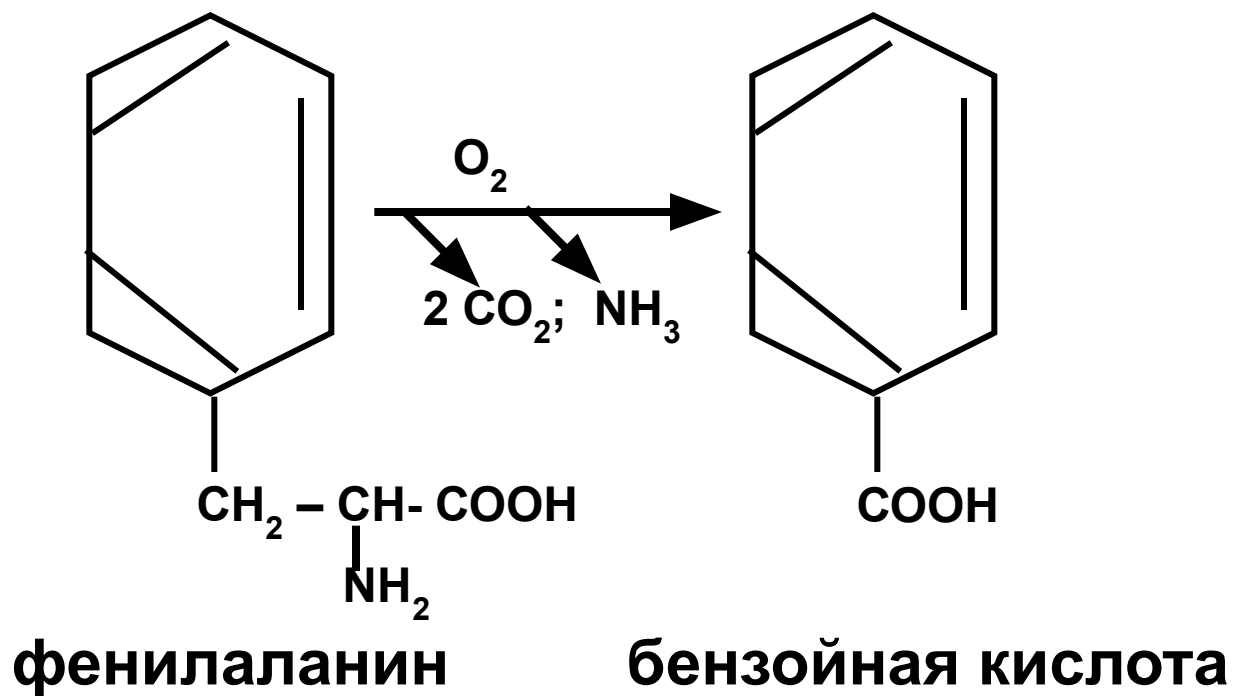


# Превращения тирозина

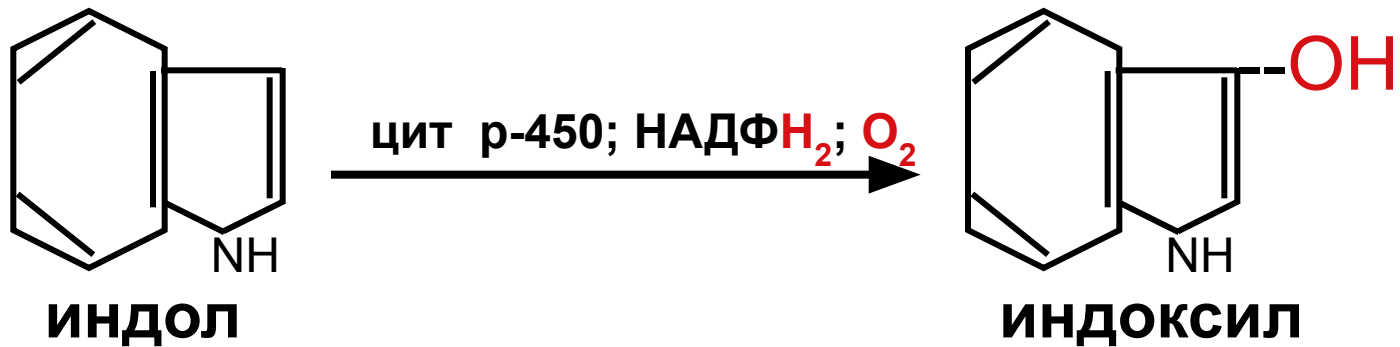
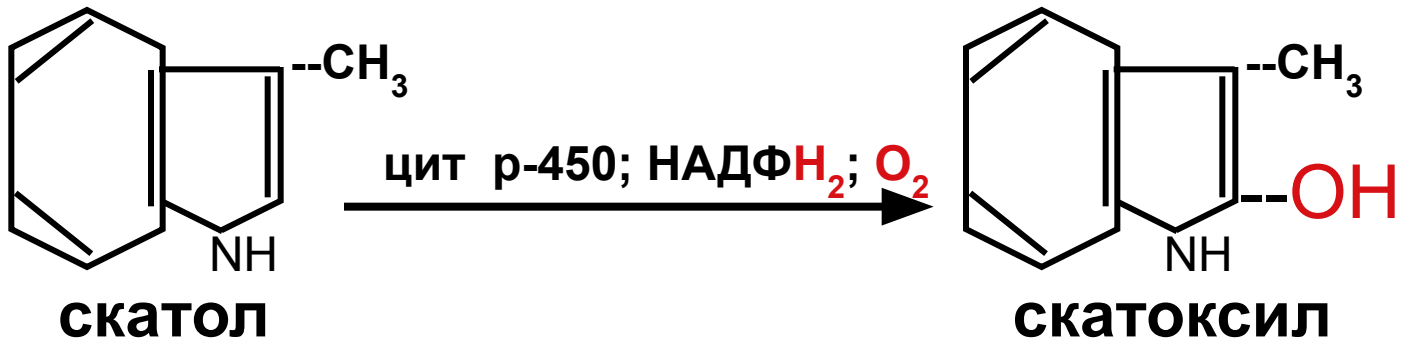




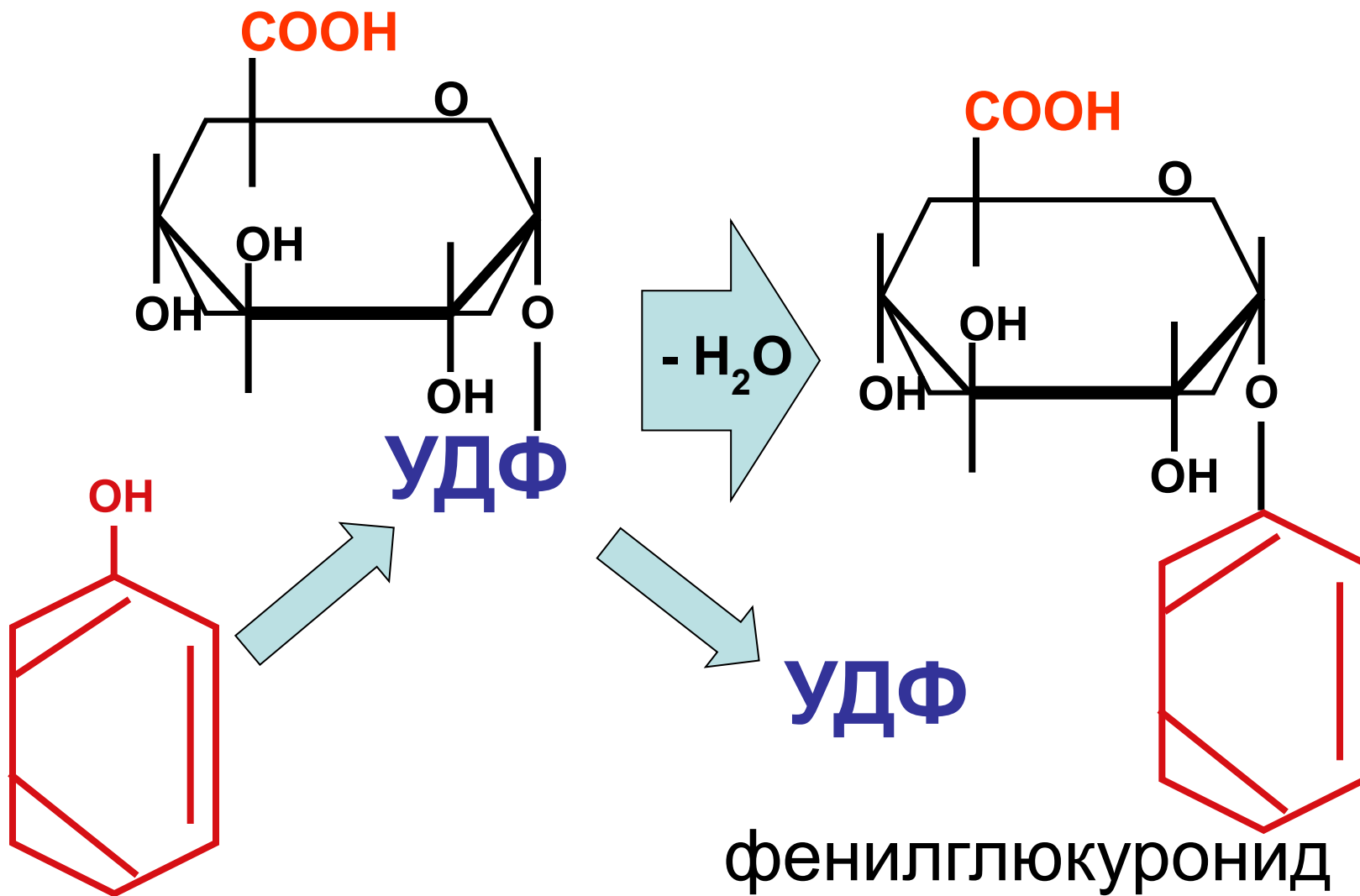
# Превращения фенилаланина



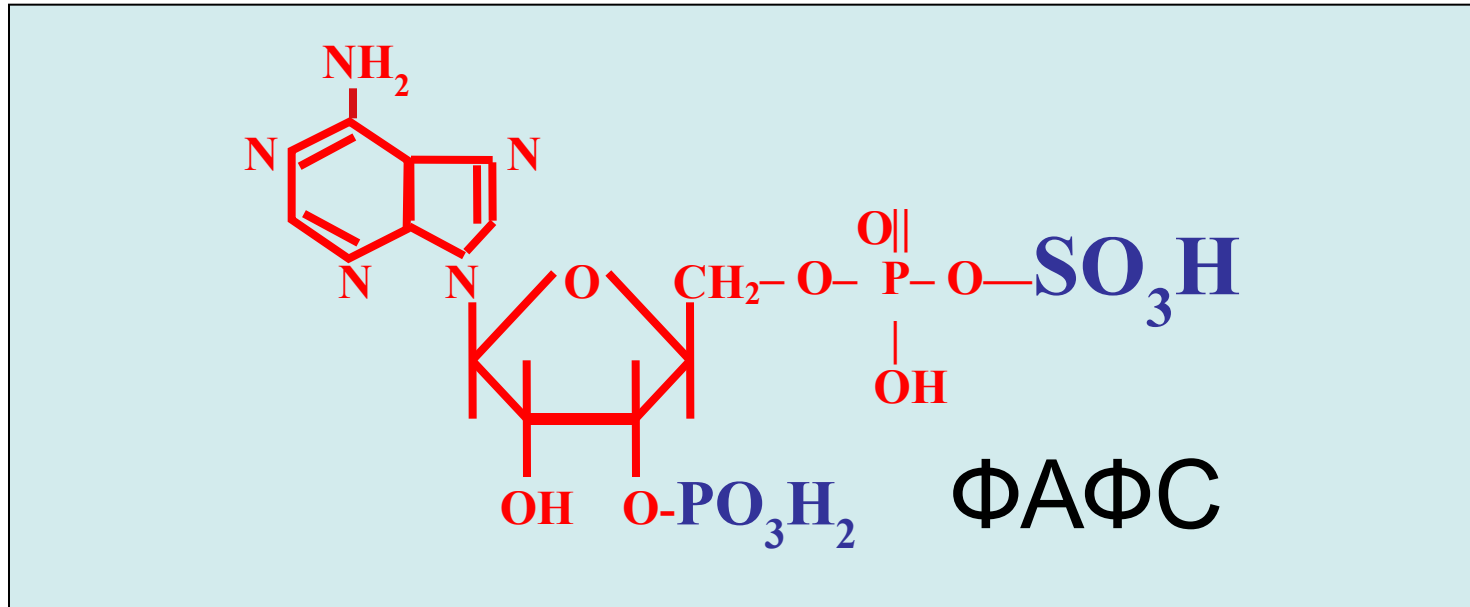
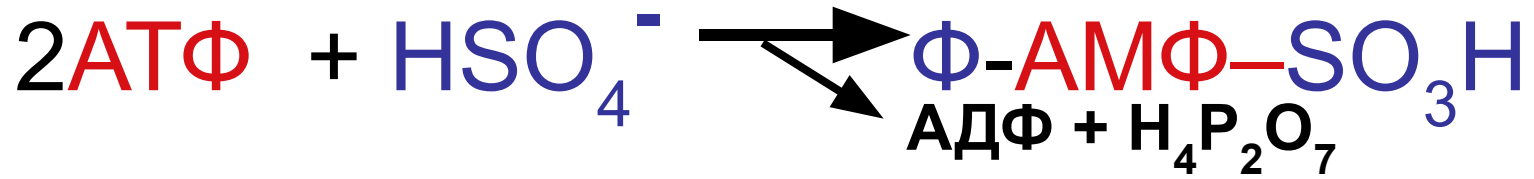
# гидроксилирование токсичных веществ в печени



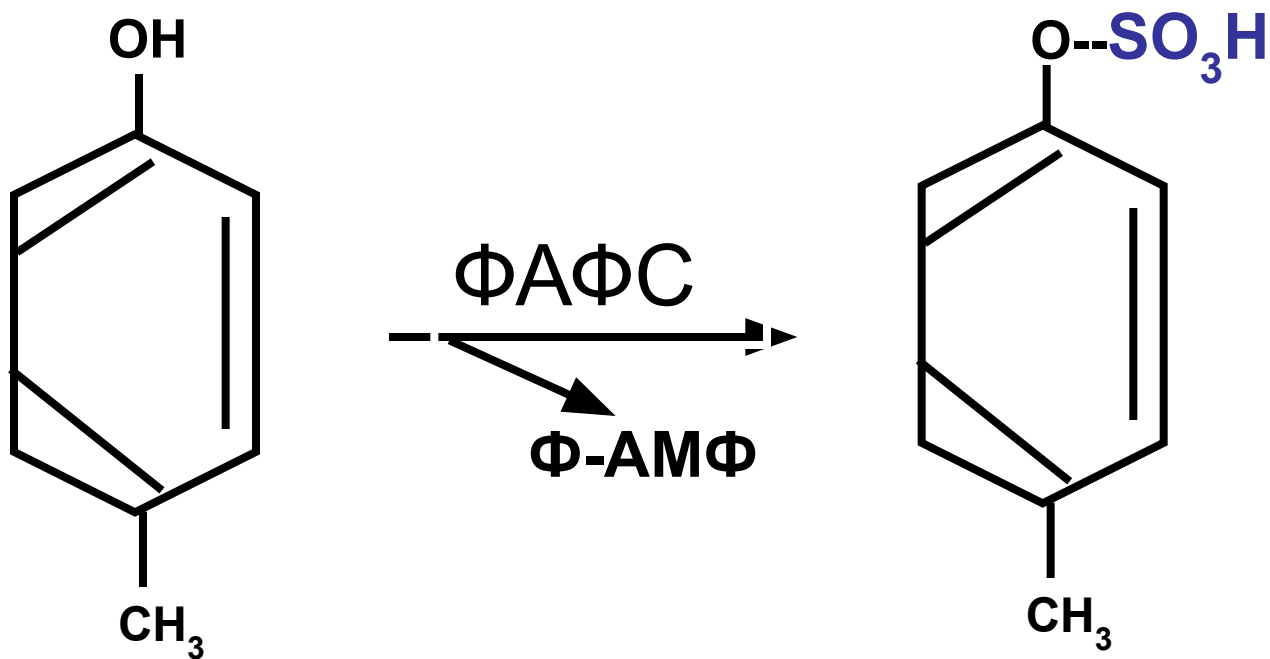
# инактивация глюкуроновой кислотой



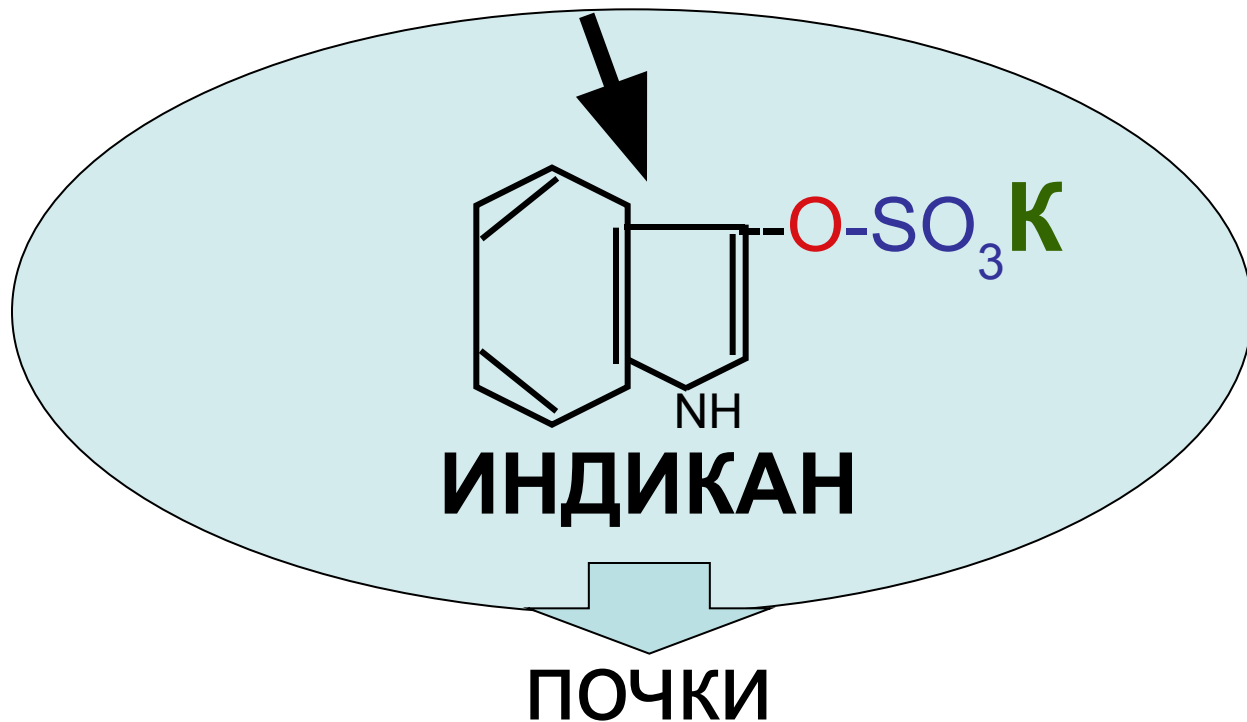
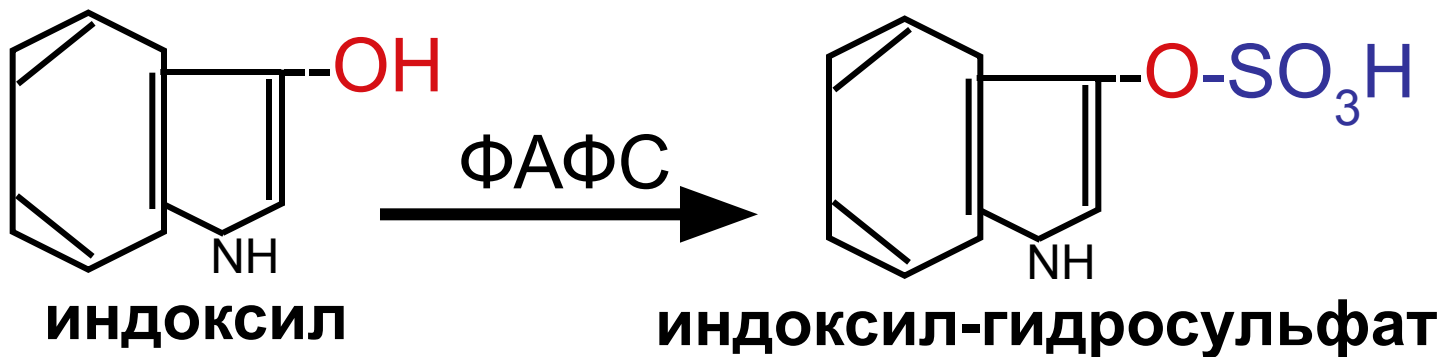
# Синтез фосфоаденозинфосфосульфата



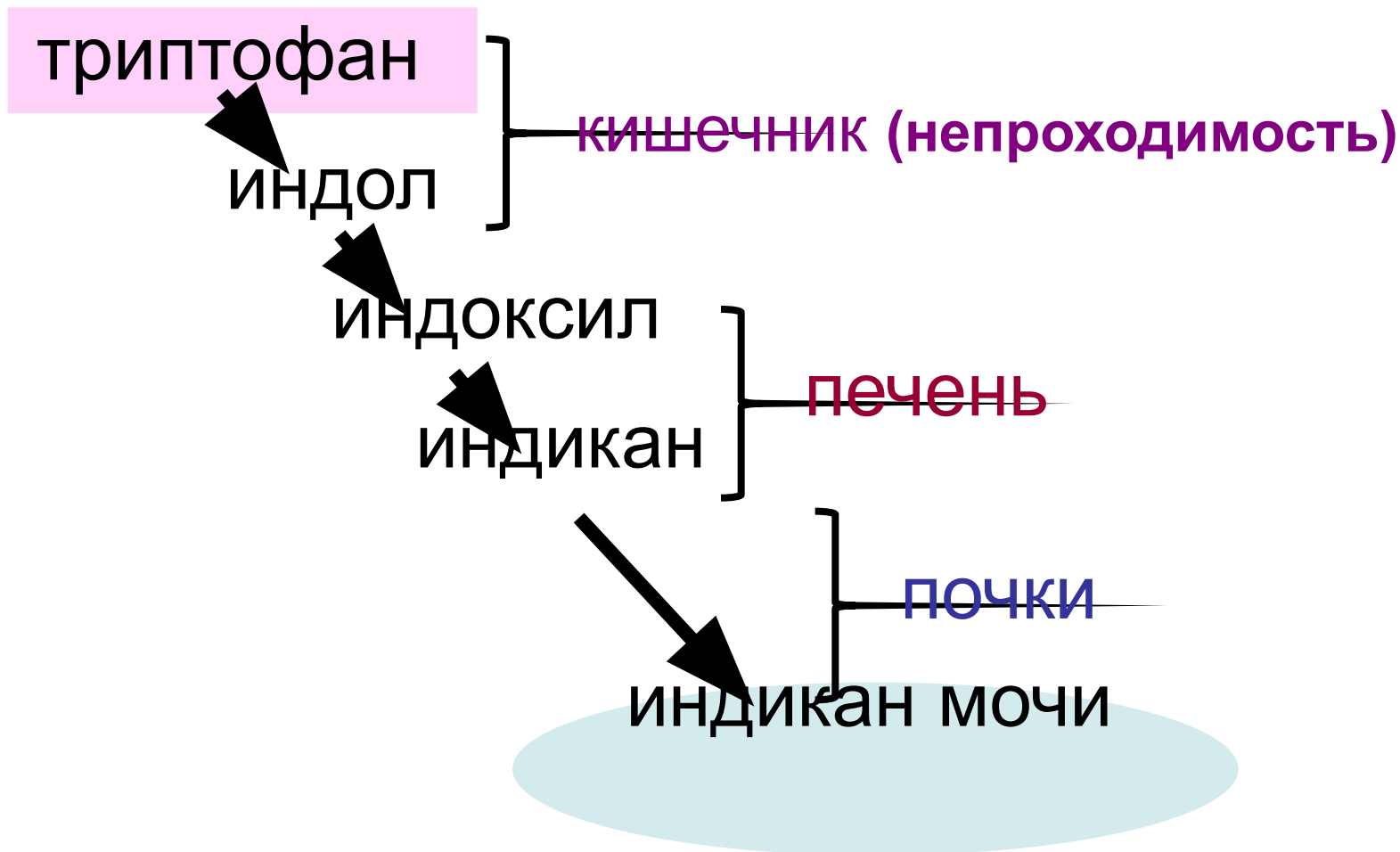
# инактивация с помощью ФАФС



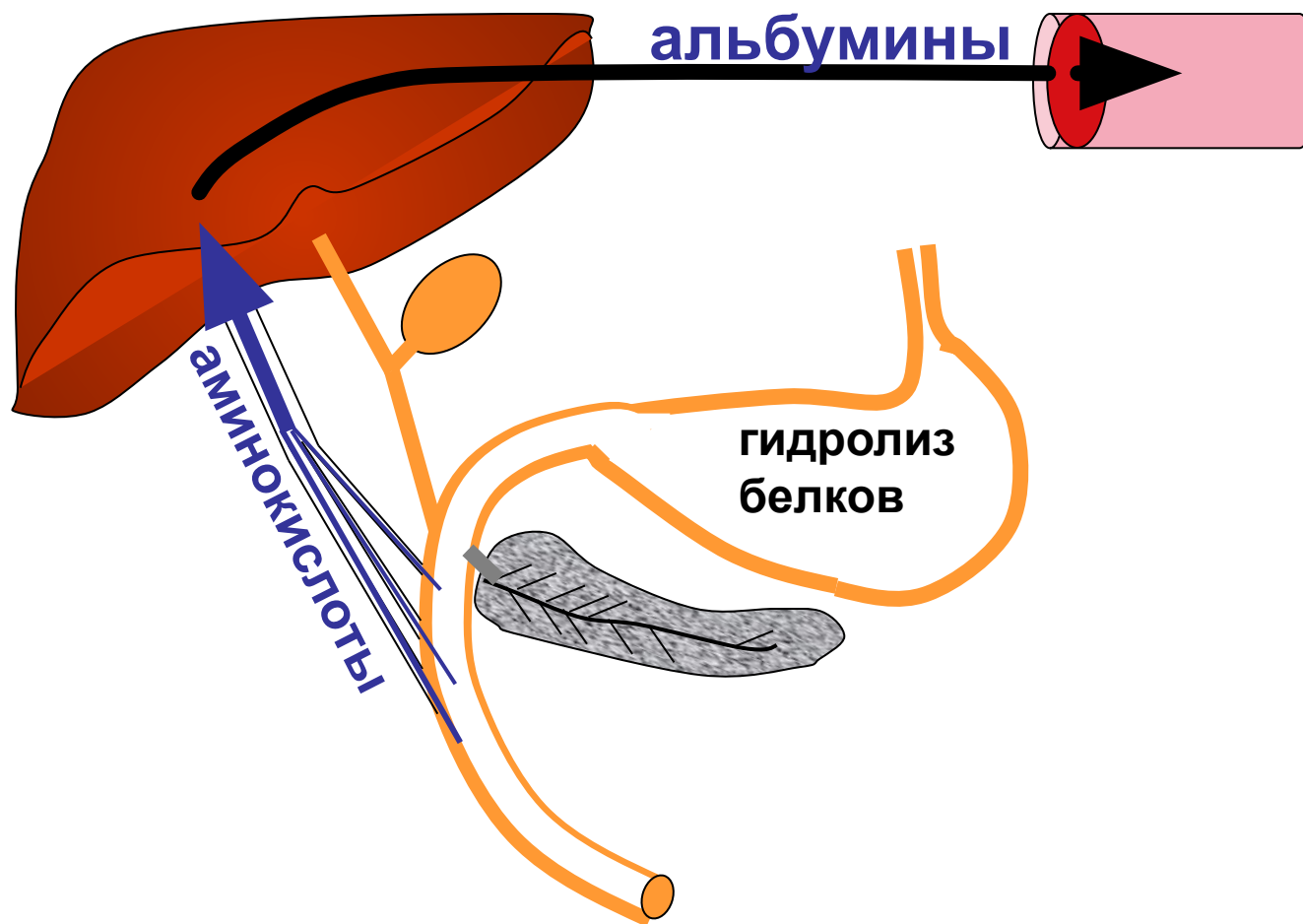
# обезвреживание индоксила



# диагностическое значение определения индикана в моче



# Роль печени в депонировании аминокислот





# Роль альбумина

- **Запасной источник аминокислот**
- Компонент буферной системы
- Осмотически активный белок
- Переносчик жирных кислот
- Переносчик жирорастворимых витаминов
- Переносчик жирорастворимых гормонов
- Са-связывающий белок в сыворотке крови

# Какому больному можно сделать операцию?

## Больной № 1

Общий белок – 65 г/л

Альбумины - 40 г/л

$\gamma$ -глобулины – 18 г/л

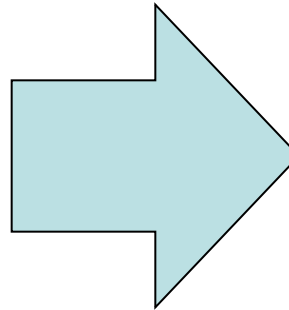
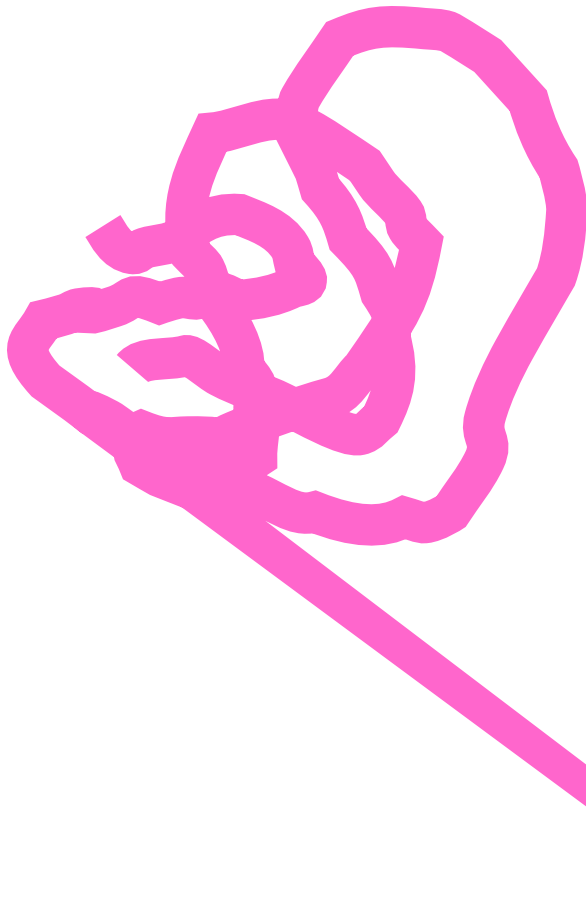
## Больной № 2

Общий белок – 68 г/л

Альбумины - 60 г/л

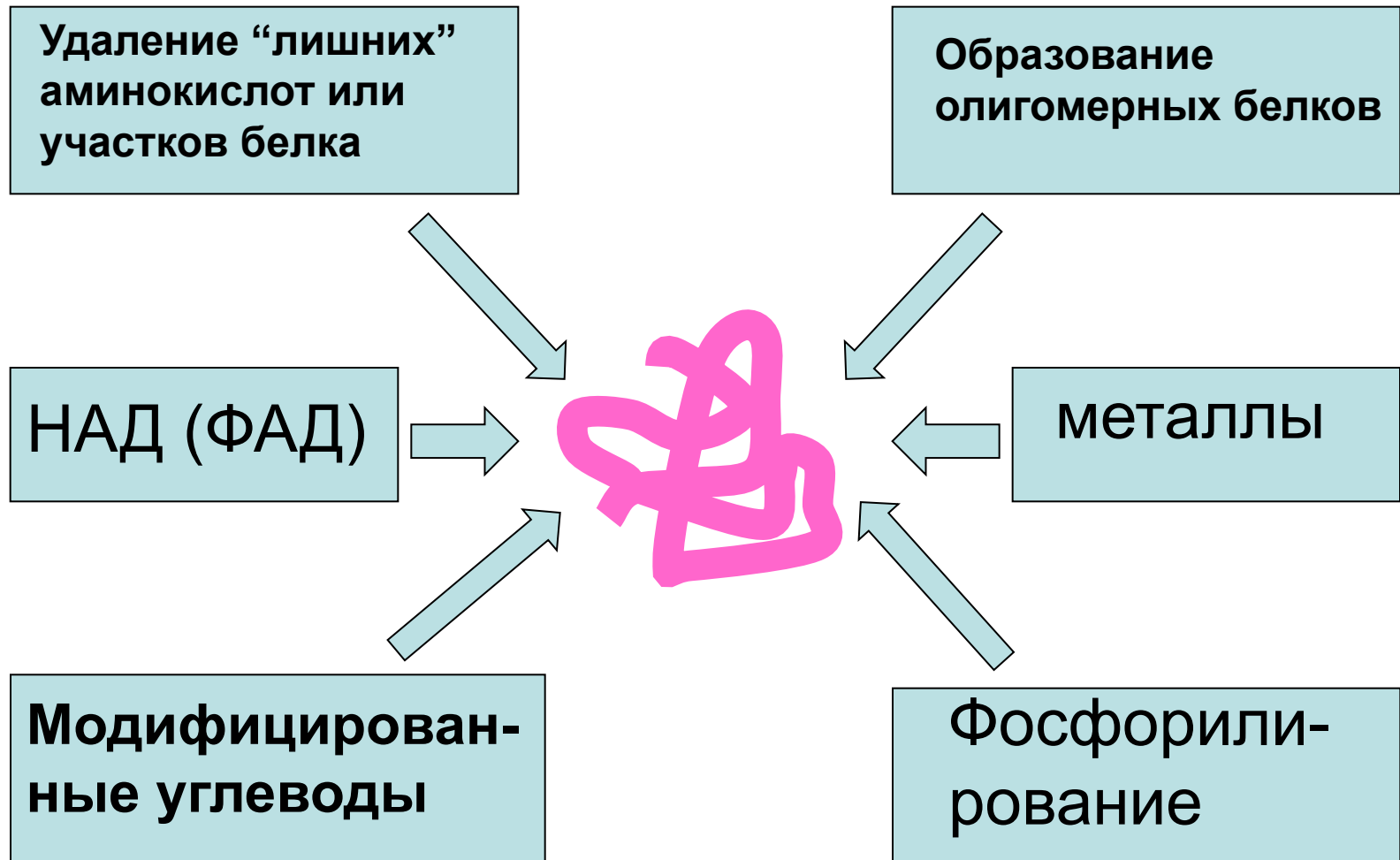
$\gamma$ -глобулины – 11 г/л

Многие белки требуют  
достраивания.

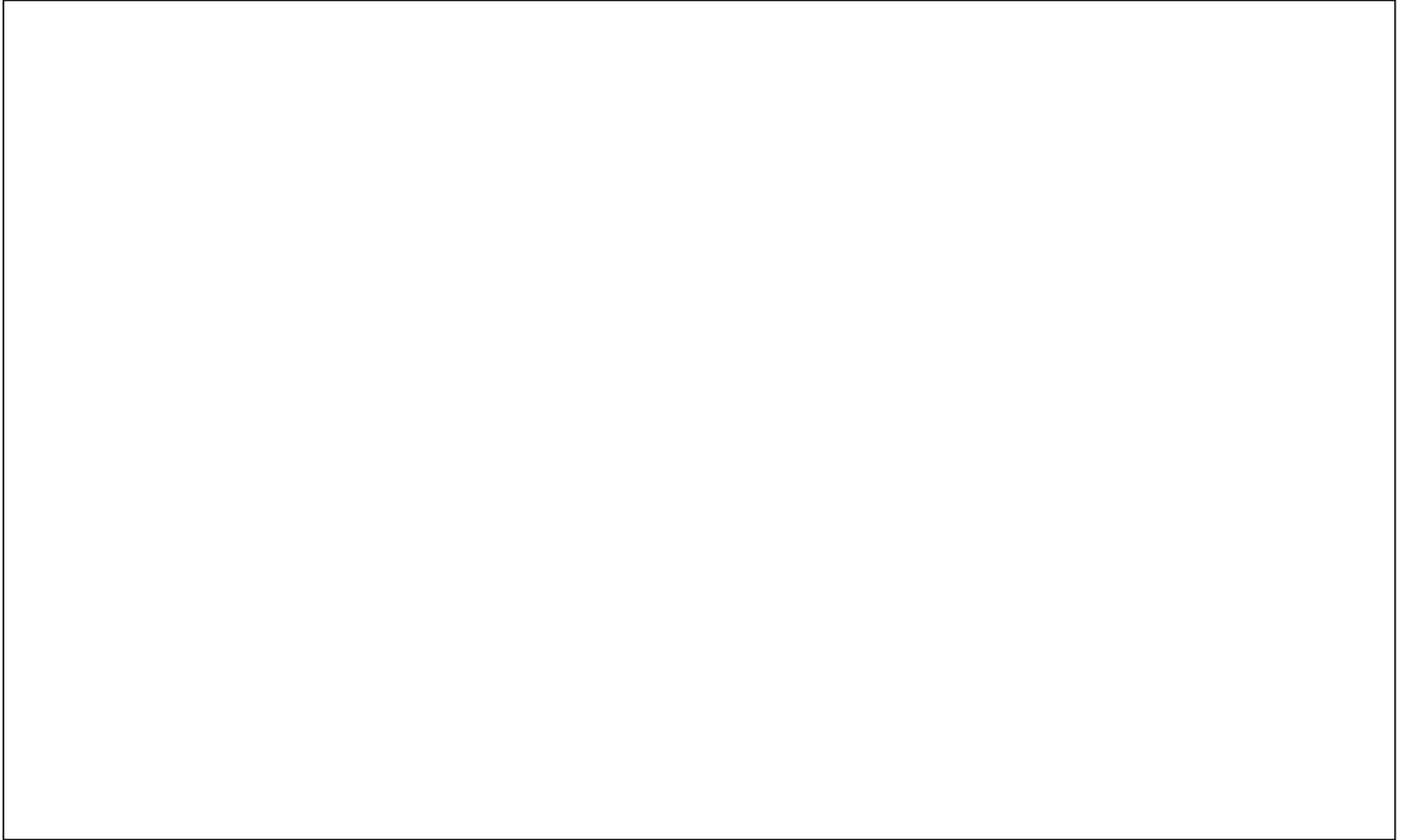


**В аппарат  
Гольджи**

# Образование функционально-активных молекул белков



# Присоединение к растущей белковой молекуле углеводных структур



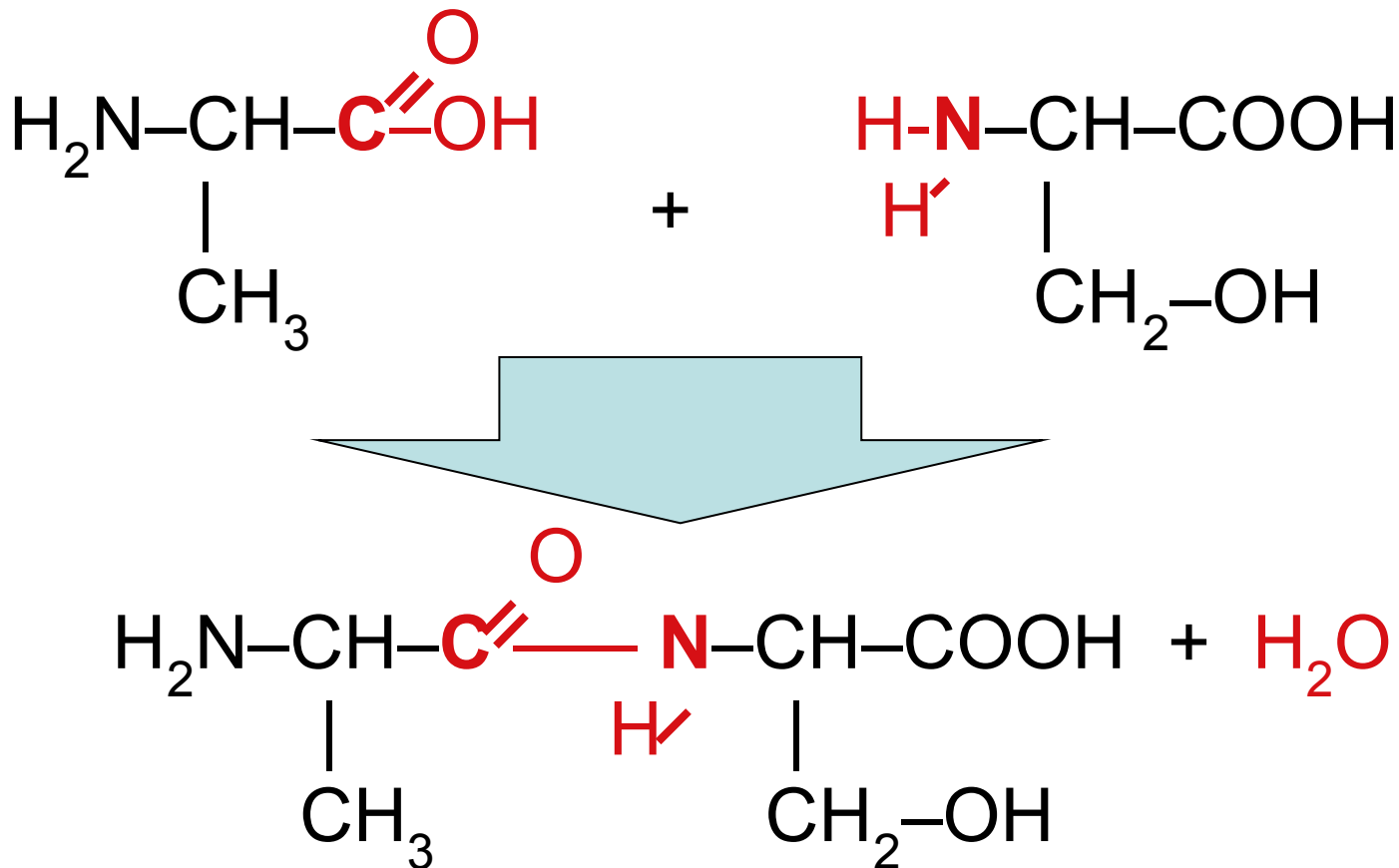
# Ингибиторы биосинтеза белков

<b>Пурамицин</b>	<b>Связывается с аминоацильным центром.</b>
<b>Актиномицин Д Доксорубицин</b>	<b>Внедряются между парами оснований ДНК и нарушают репликацию и транскрипцию</b>
<b>Тетрациклин</b>	<b>связывается с малой субъединицей рибосомы и блокирует А-центр</b>
<b>Левомецетин</b>	<b>ингибитор пептидилтрансферазы в большой субъединице рибосомы</b>
<b>Эритромицин</b>	<b>ингибитор транслокации</b>
<b>Стрептомицин</b>	<b>ингибитор стадии инициации</b>
<b>Пенициллин</b>	<b>нарушает образование поперечных связей в белках бактерий</b>

# Пути превращений аминокислот в клетке

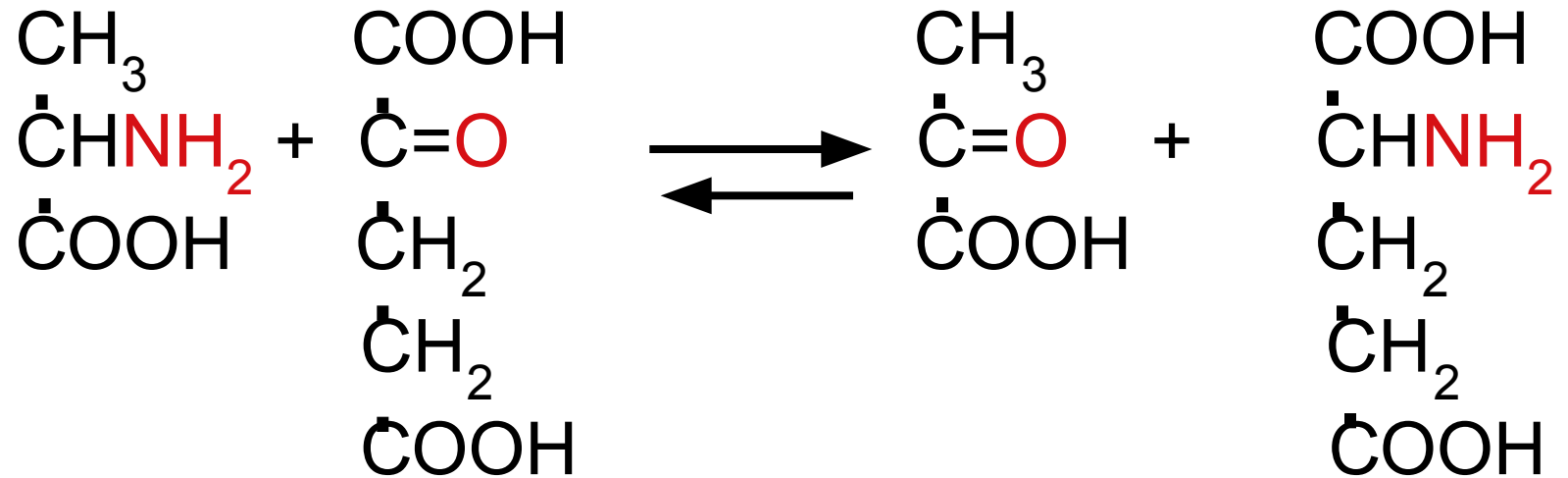
1. Реакции поликонденсации
2. Реакции трансаминирования
3. Реакции декарбоксилирования
4. Реакции окислительного дезаминирования

# 1. реакция поликонденсации

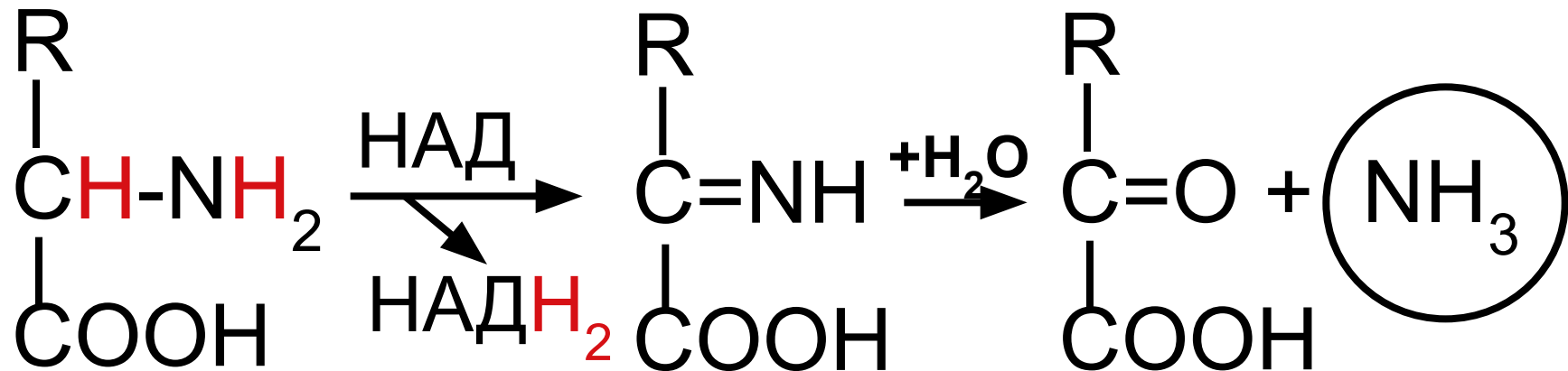




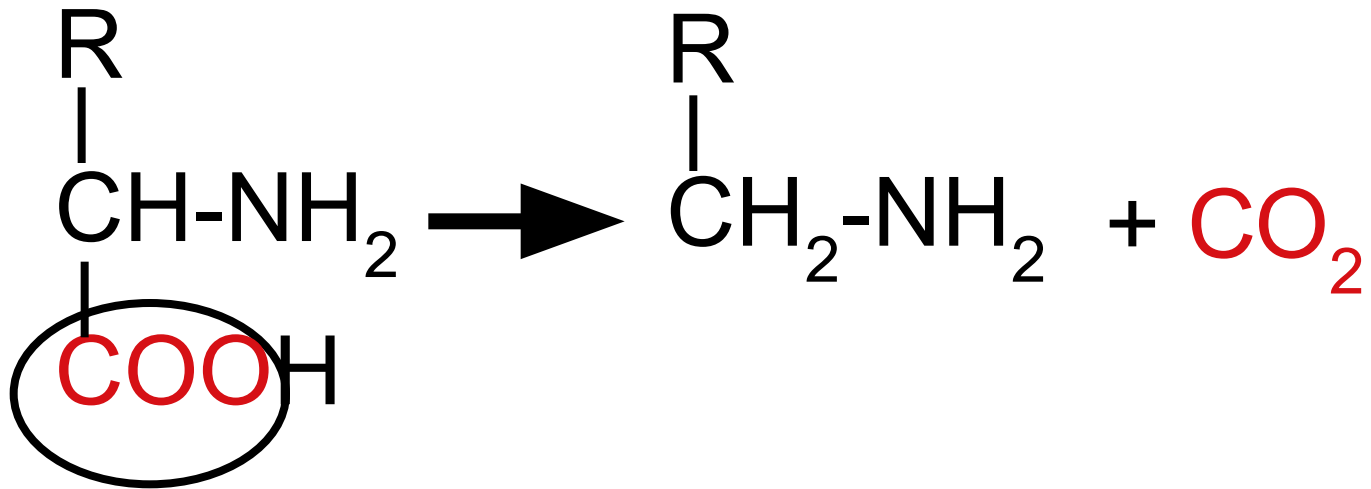
## 2. реакция трансаминирования



### 3. реакция окислительного дезаминирования



## 4. реакция декарбоксилирования



# Биосинтез белка в клетке

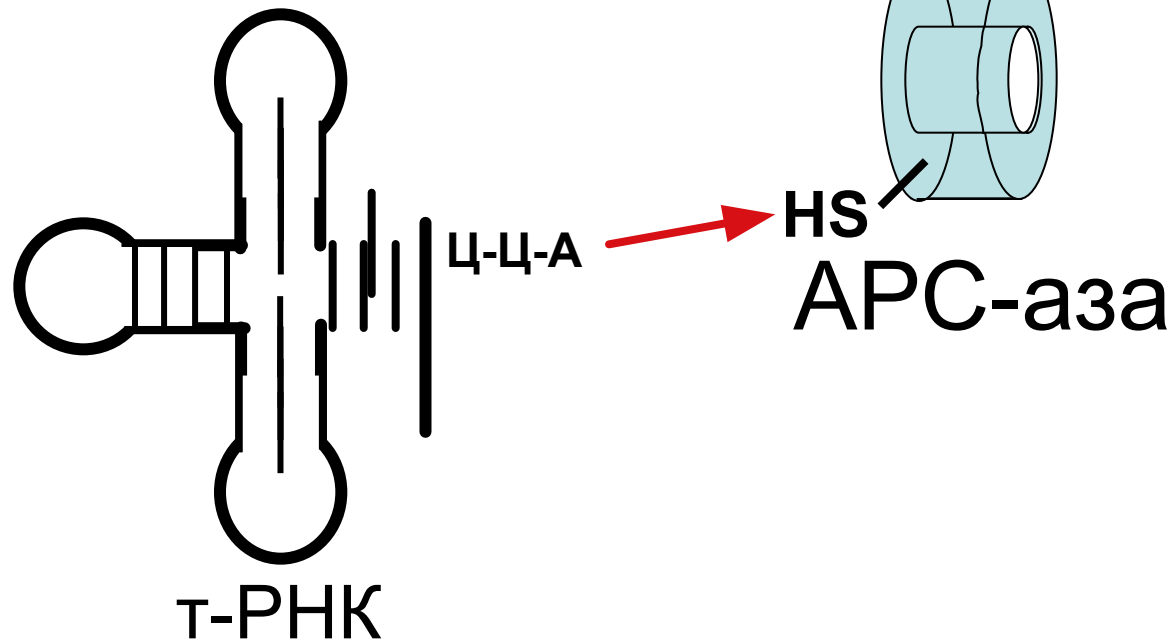
# Перечень веществ, необходимых для синтеза белка

1. и-РНК (зрелая)
2. т-РНК ( 61)
3. 20 аминокислот
4. АТФ, ГТФ
5. Ферменты
6. Небелковые компоненты
7. Рибосомы

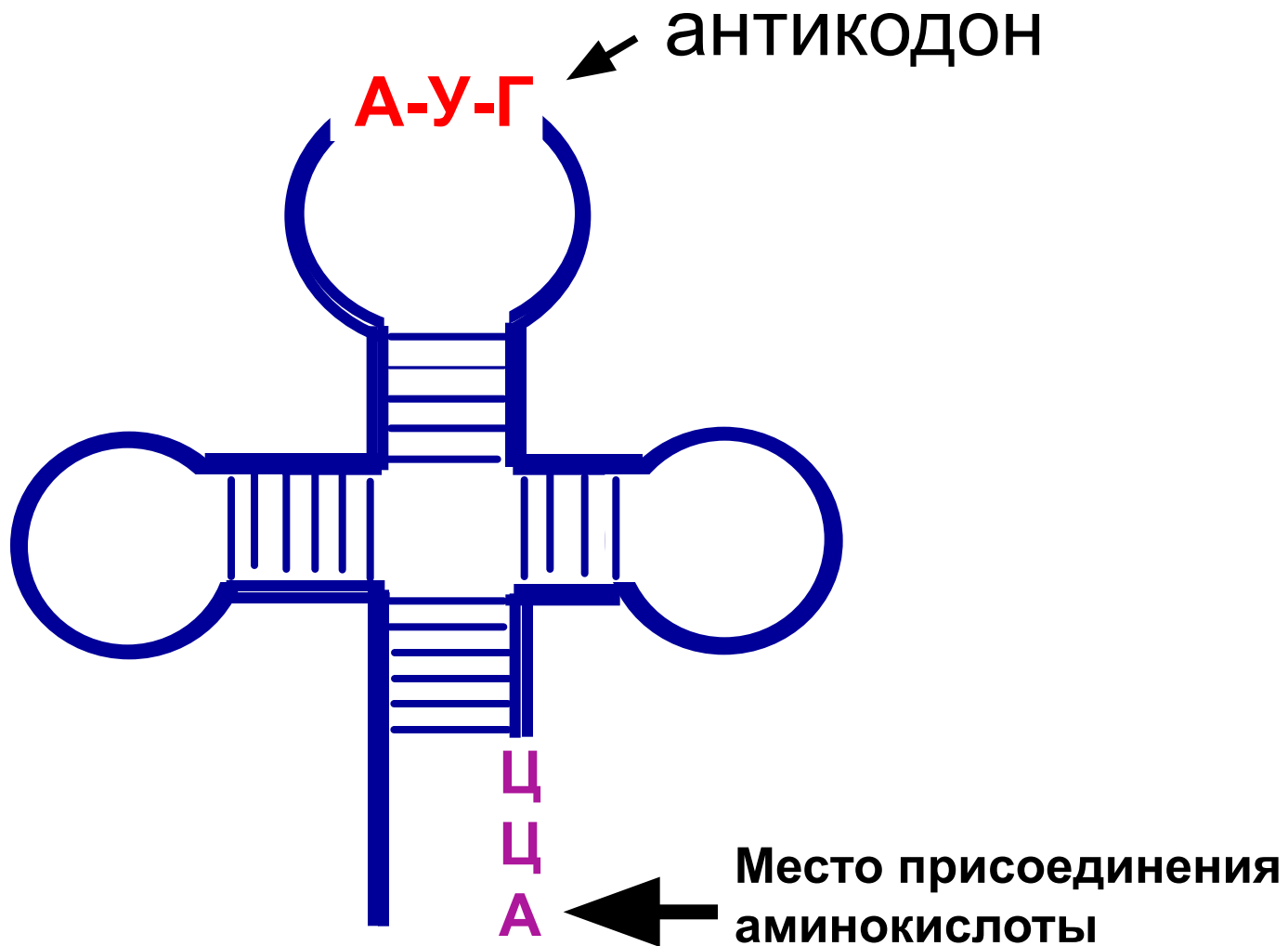
# Активация аминокислот



роль АРС-азы (аминоацил-тРНК-синтетазы) в  
“узнавании” аминокислот своей т-РНК

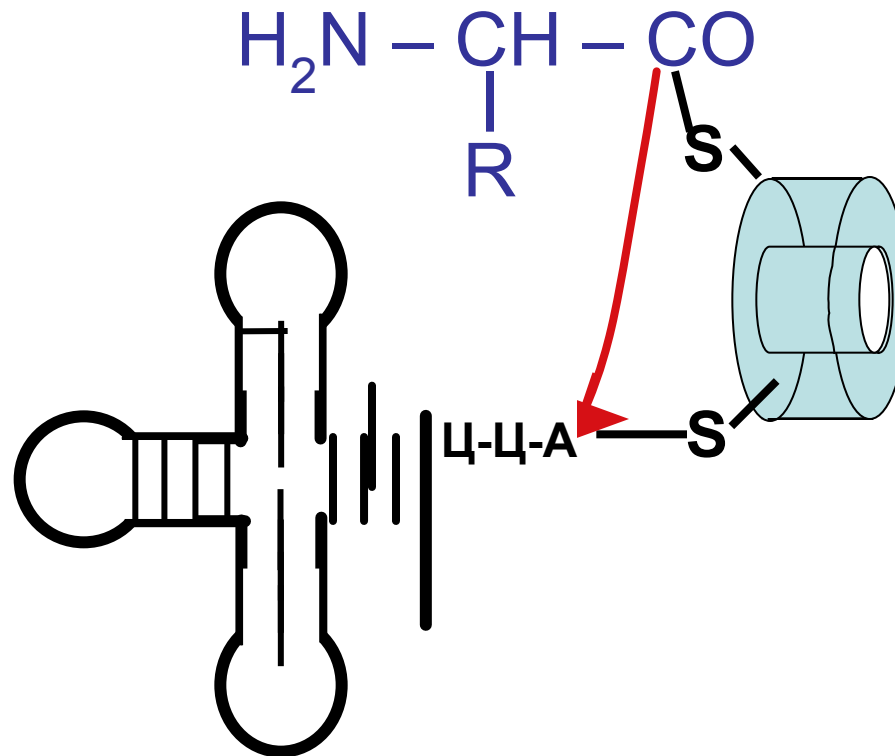


# Т-РНК

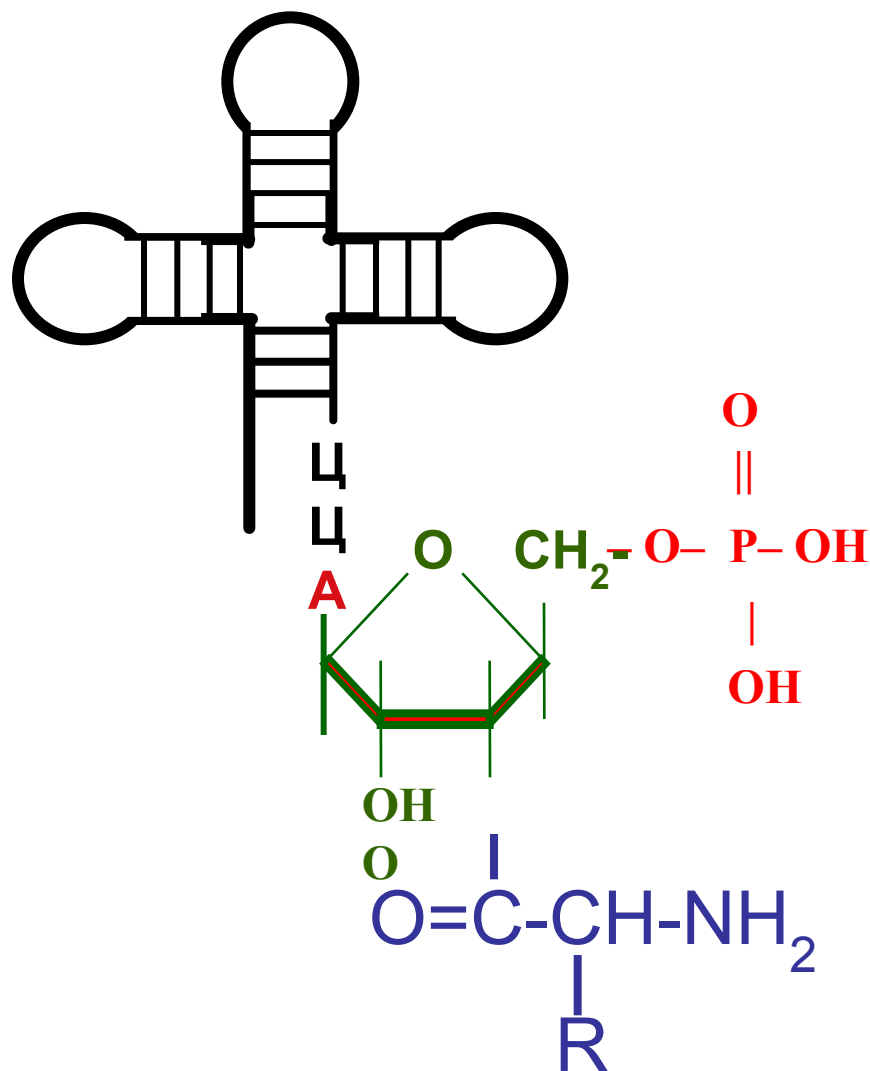




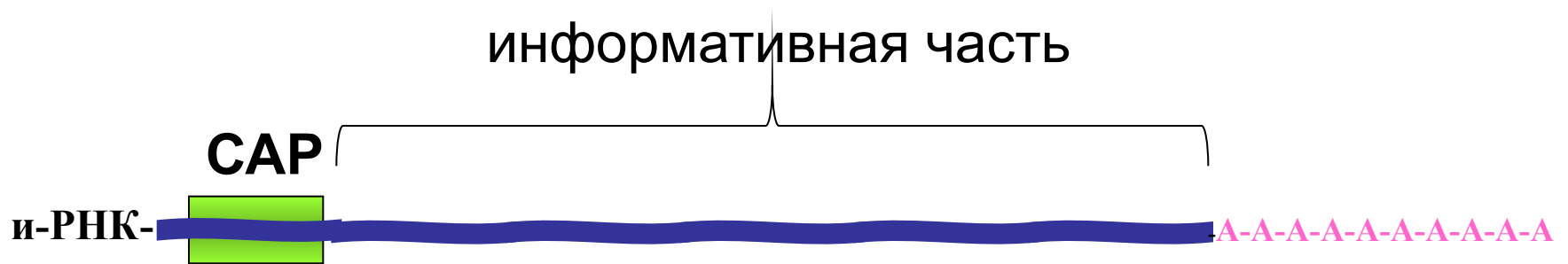
# Образование комплекса тРНК-аминоацил - РСА-аза



# Аминокислота присоединяется к рибозе АМФ т-РНК



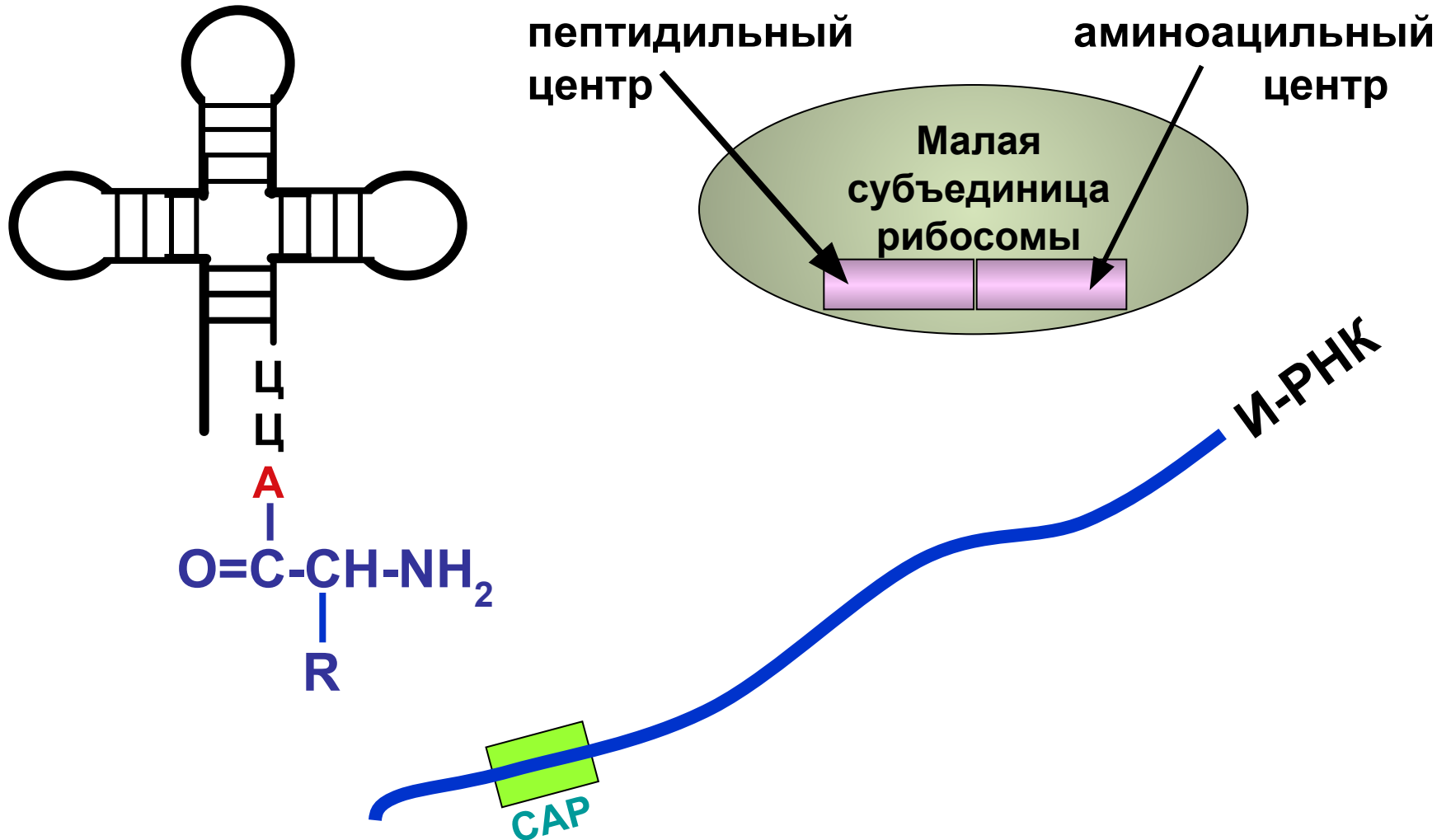
# Строение и-РНК



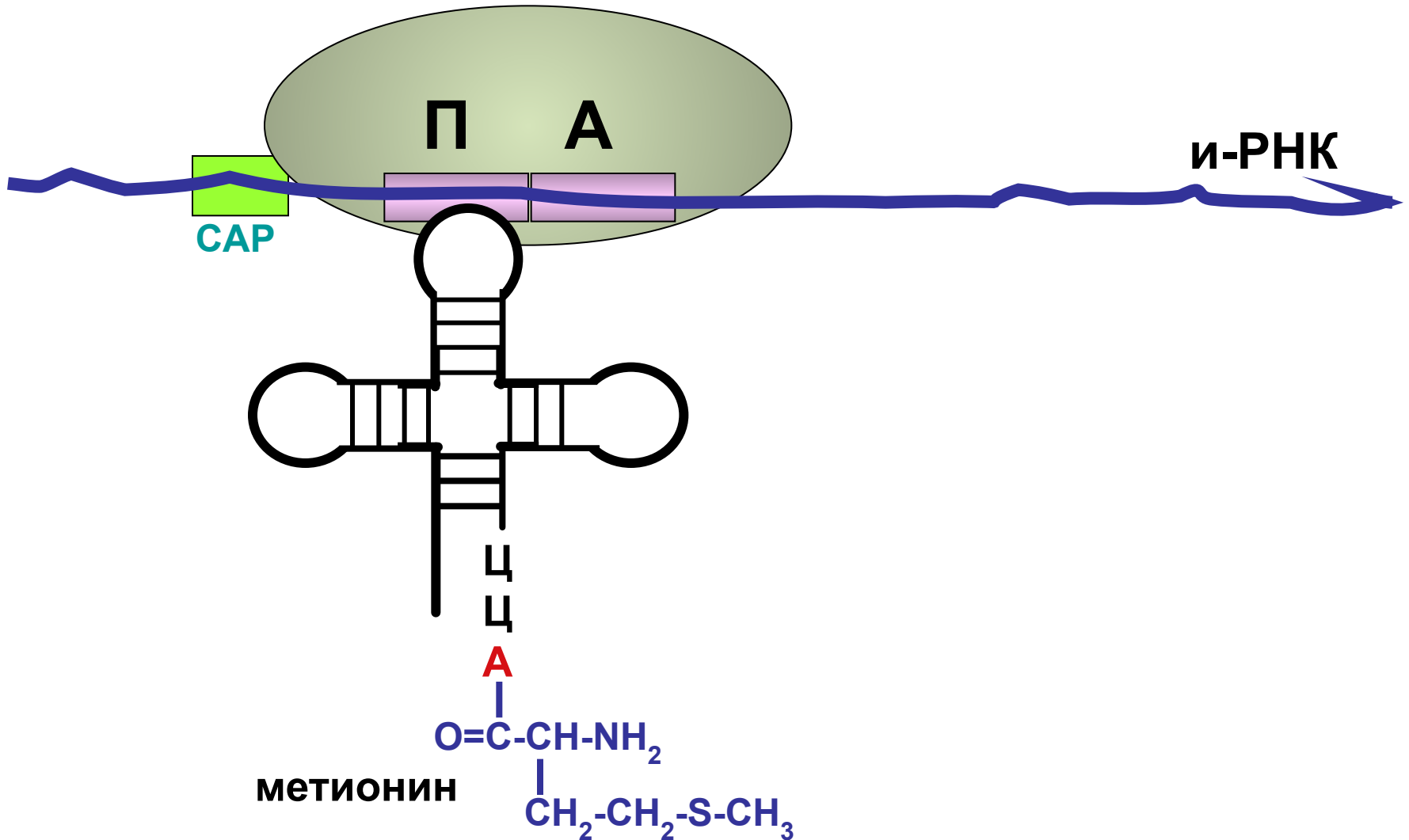
# Стадии синтеза белка

1. образование иницирующего комплекса;
2. элонгация (удлинение полипептидной цепи);
3. терминация (завершение синтеза);
4. процессинг (окончательное достраивание молекулы белка).

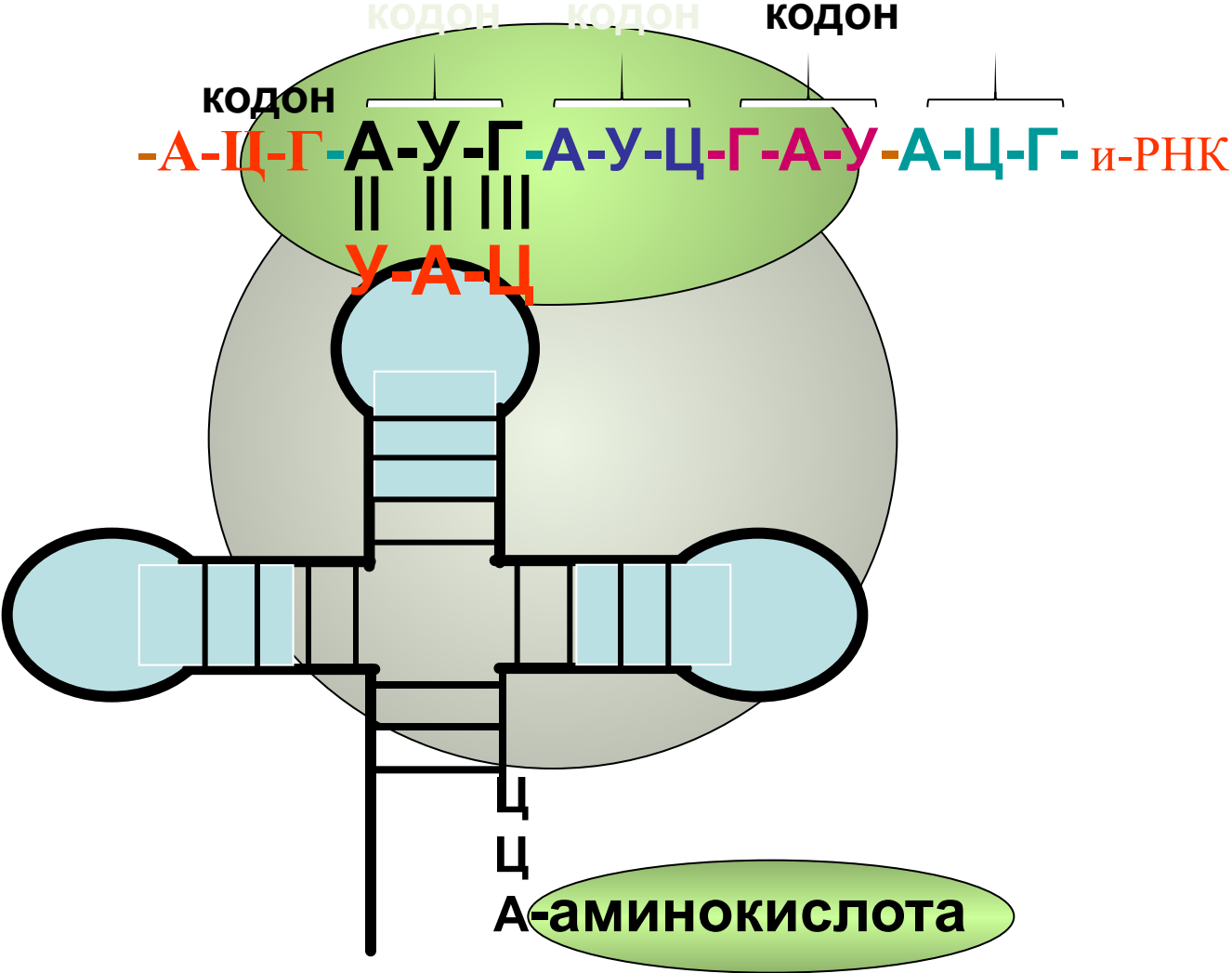
# Компоненты иницирующего комплекса.



# Образование иницирующего комплекса



# Взаимодействие кодона с антикодоном

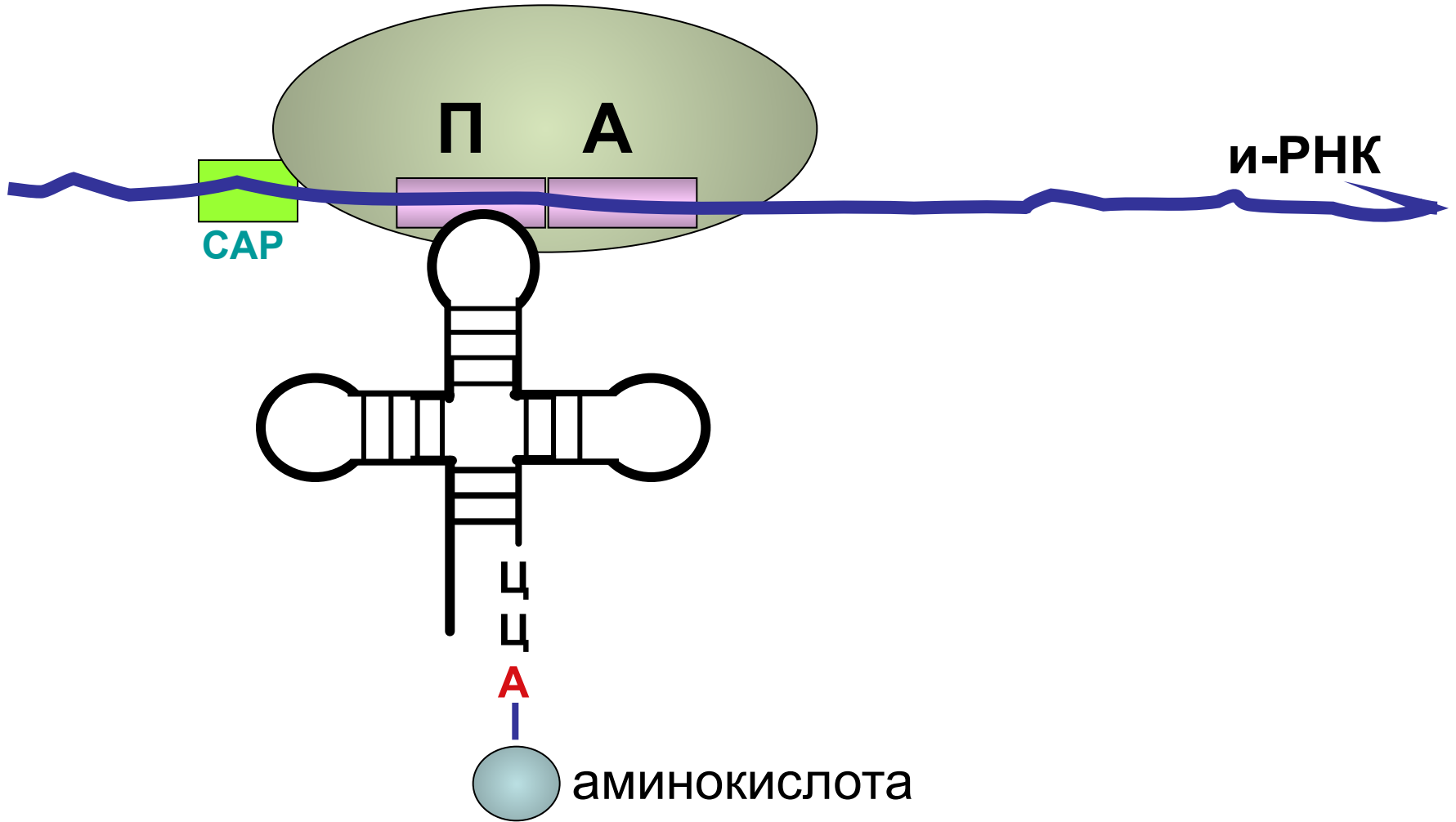


# Биосинтез белка

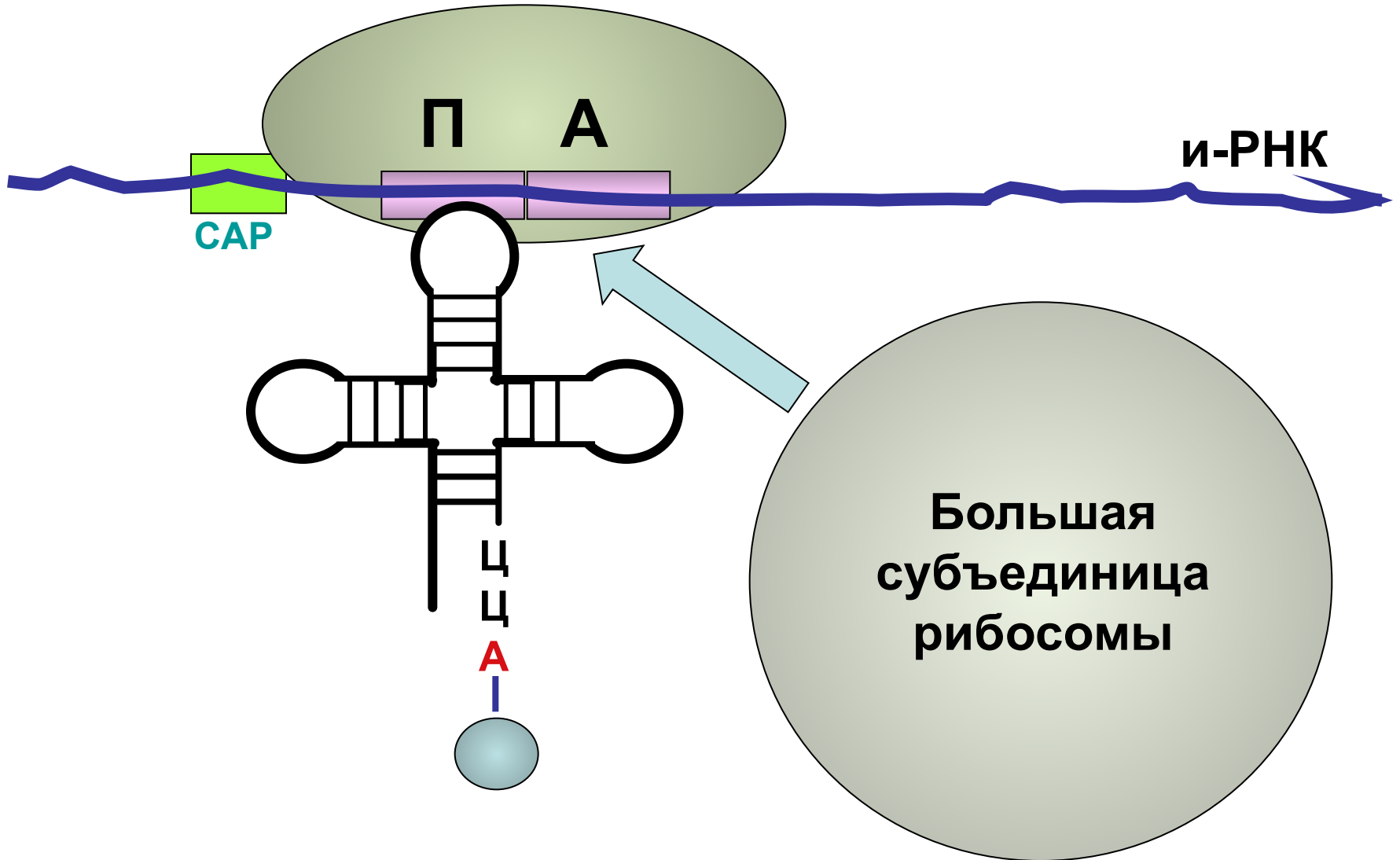




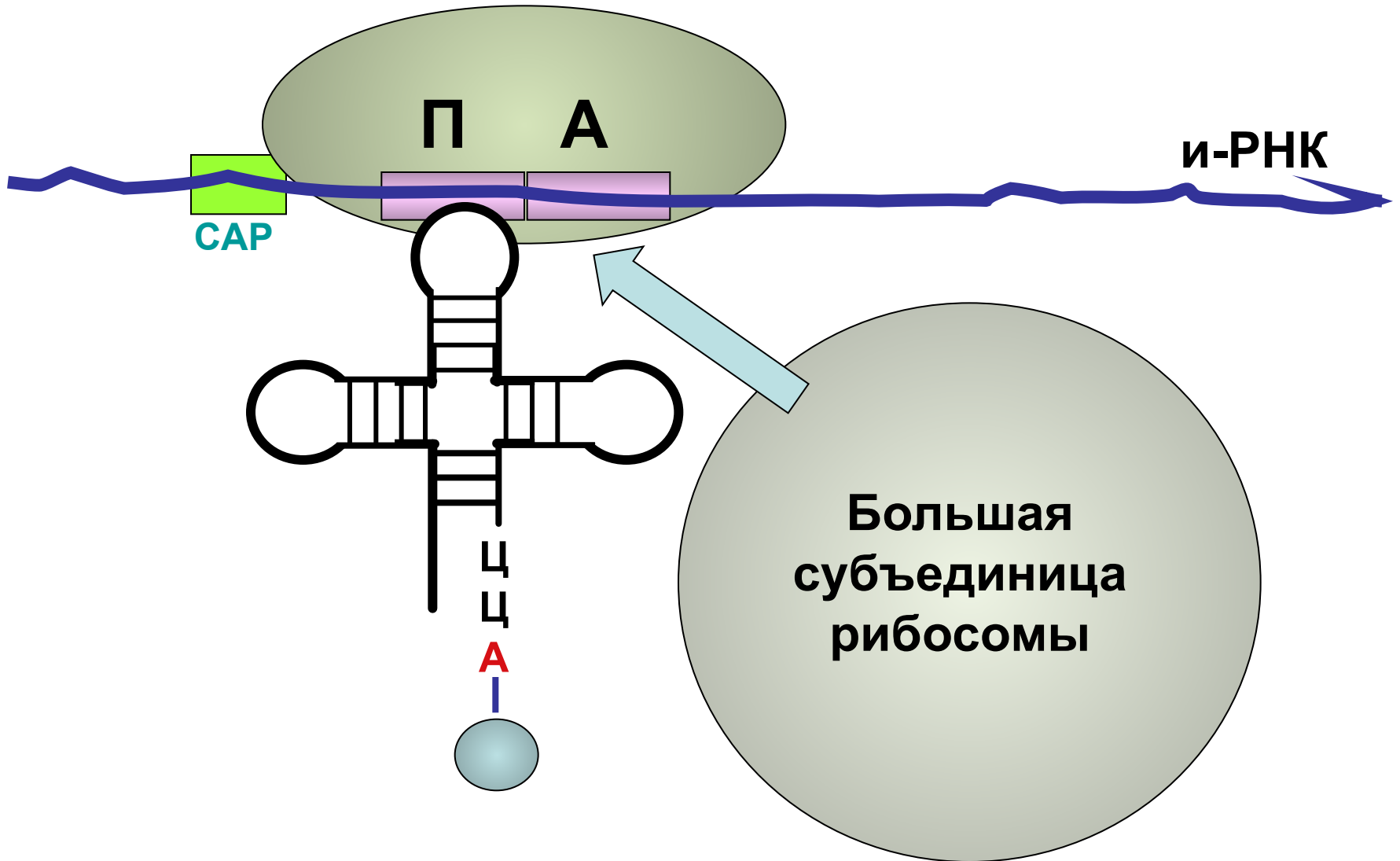
# Образование иницирующего комплекса



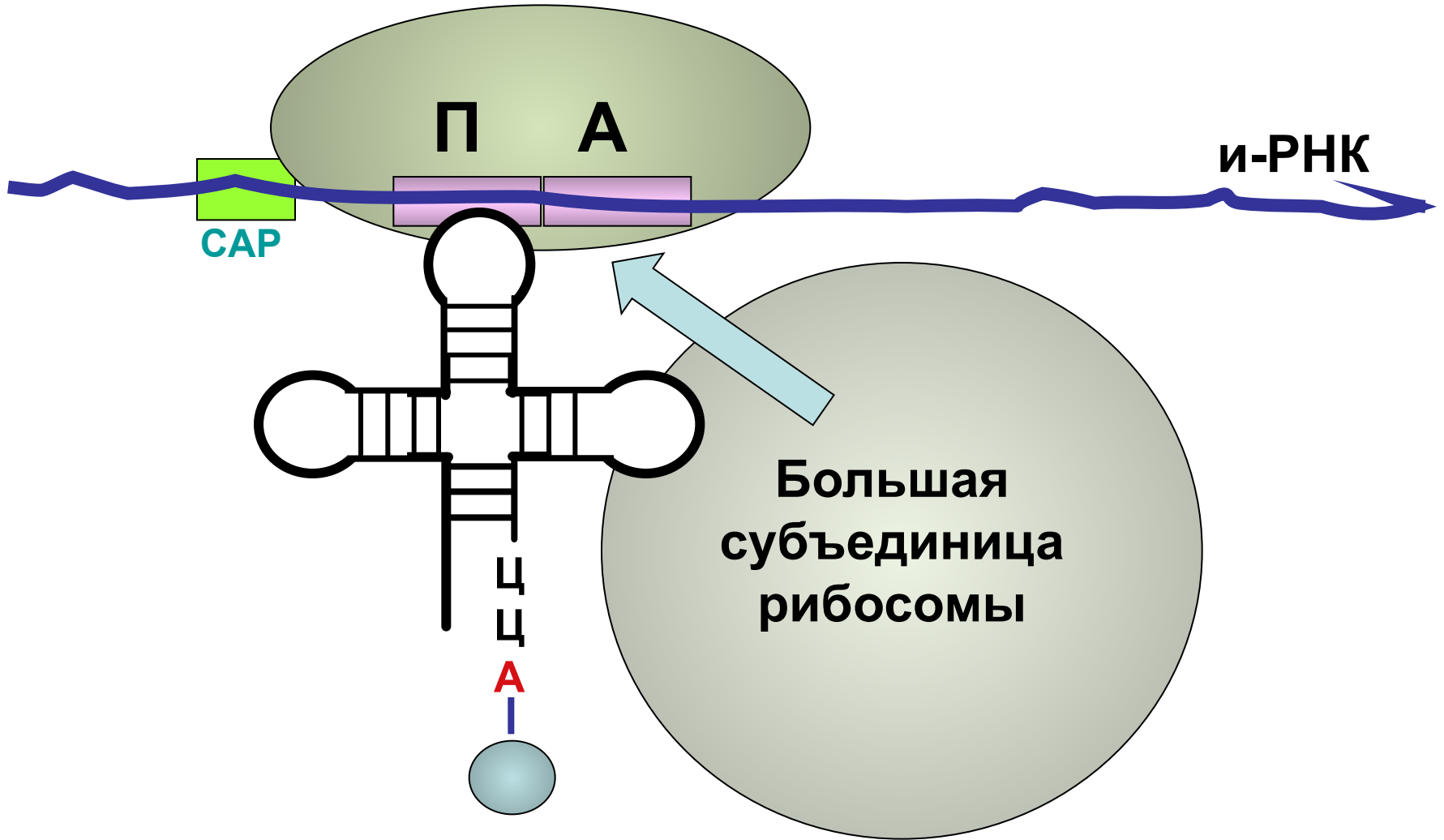
# Сборка рибосомы



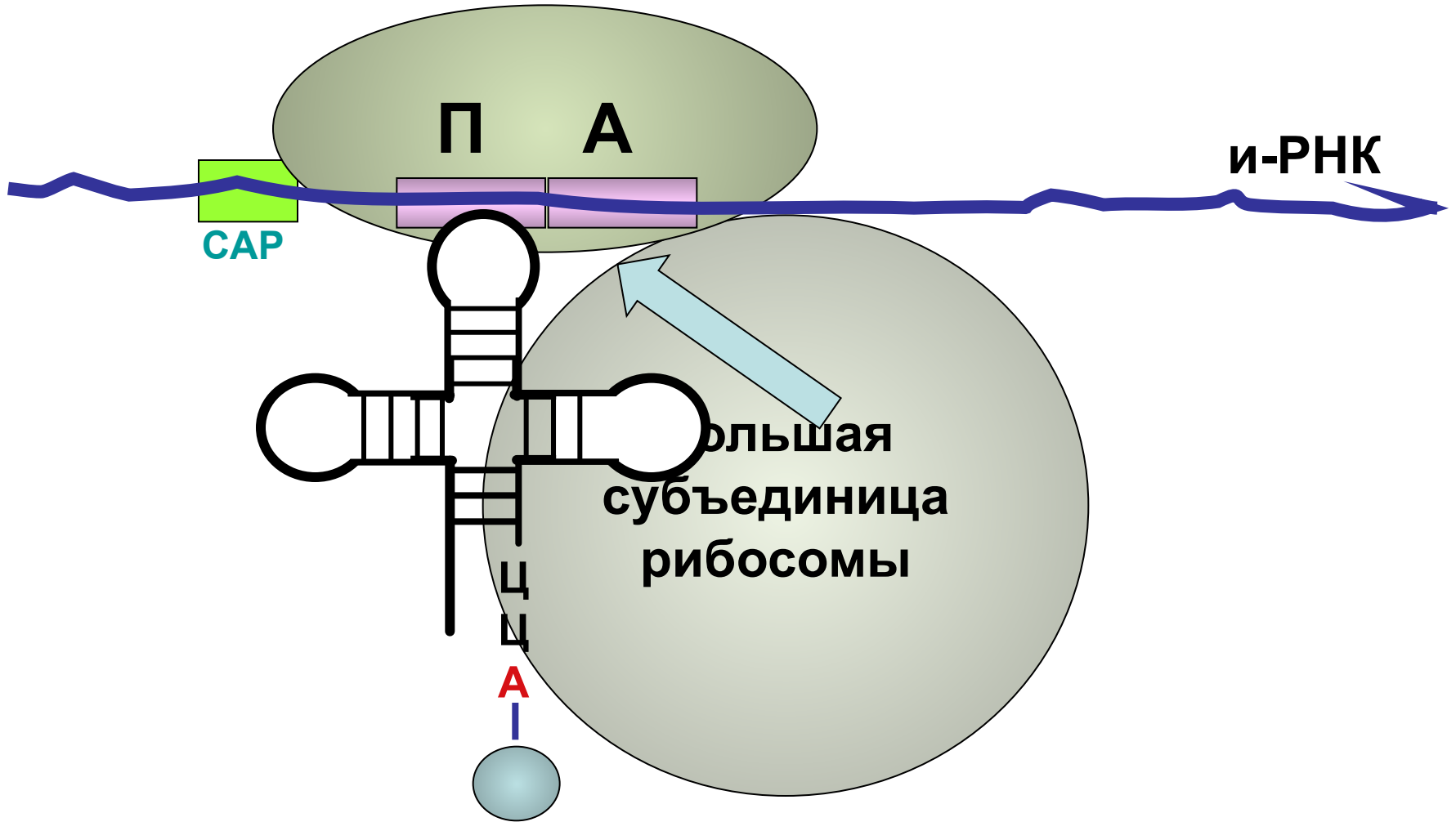
# Сборка рибосомы



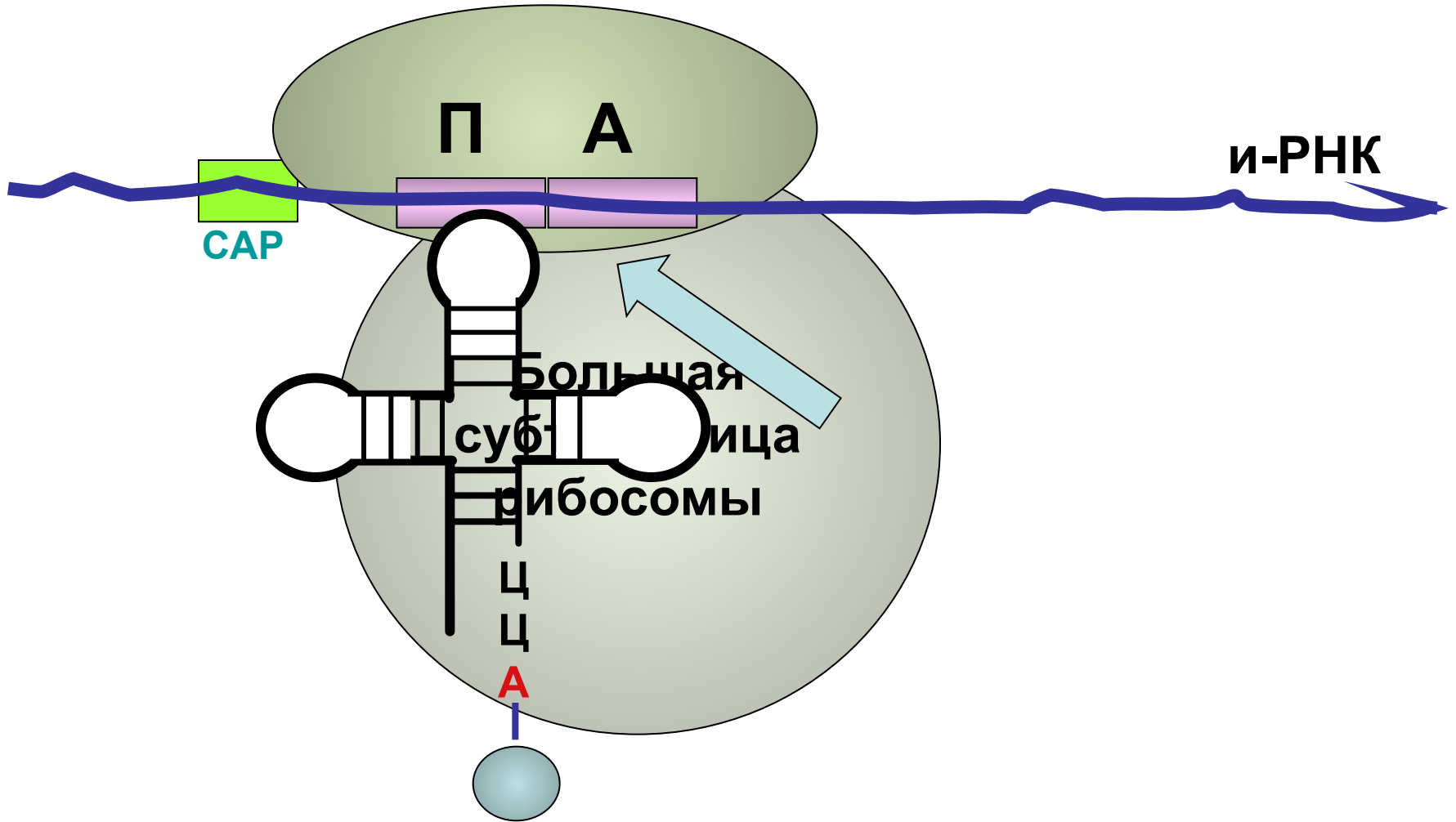
# Сборка рибосомы



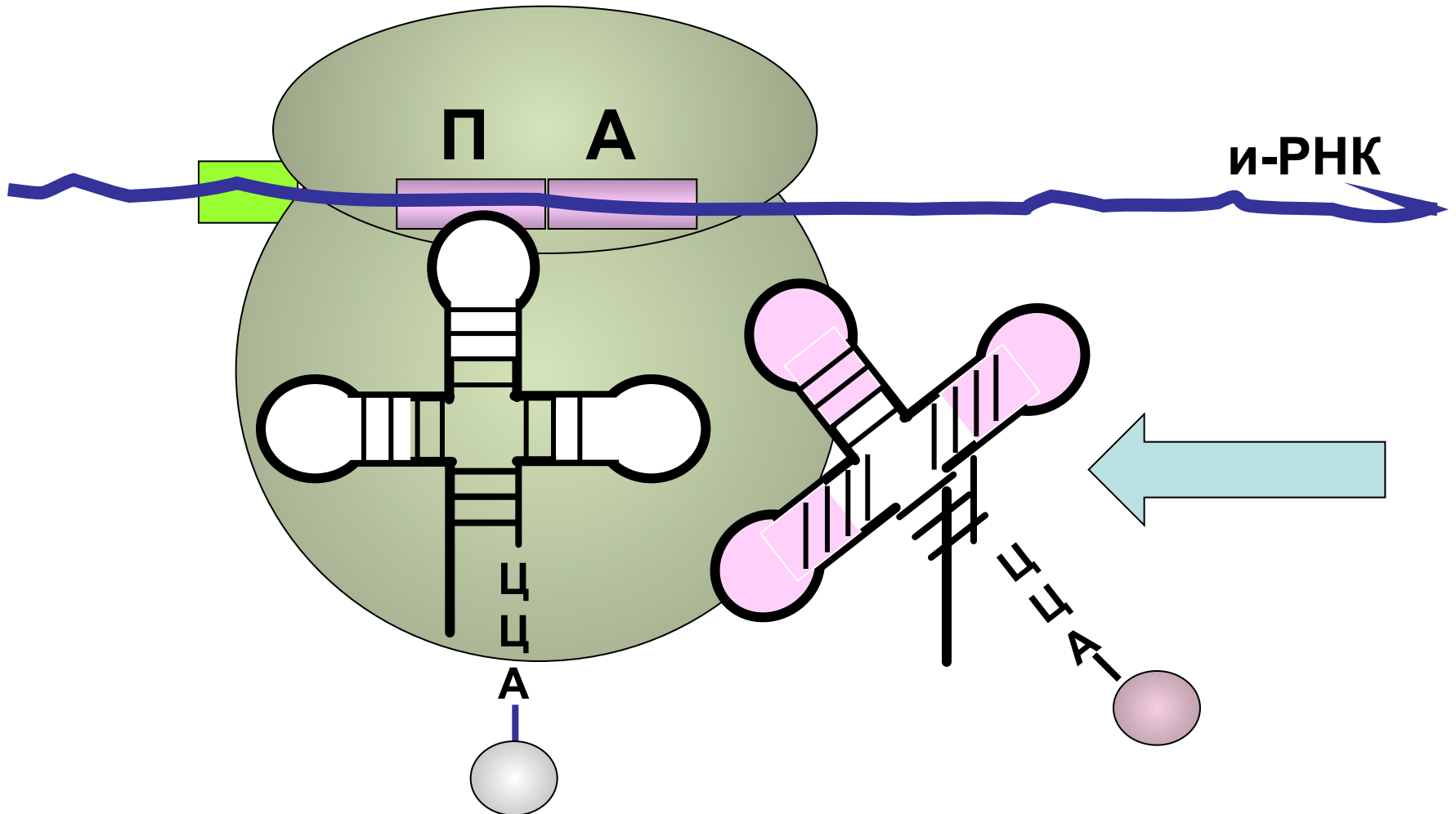
# Сборка рибосомы



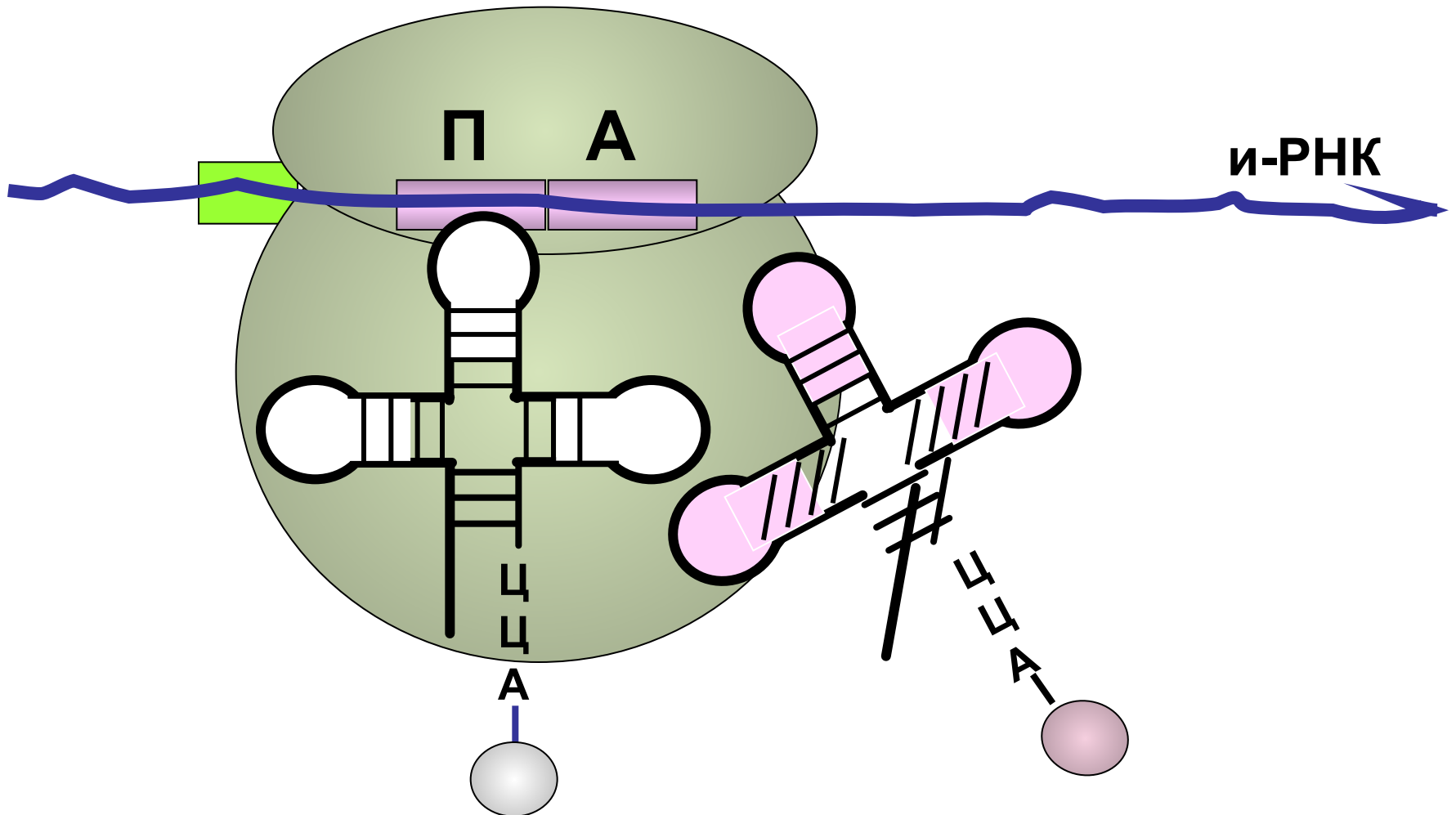
# Сборка рибосомы



# Начало синтеза белка

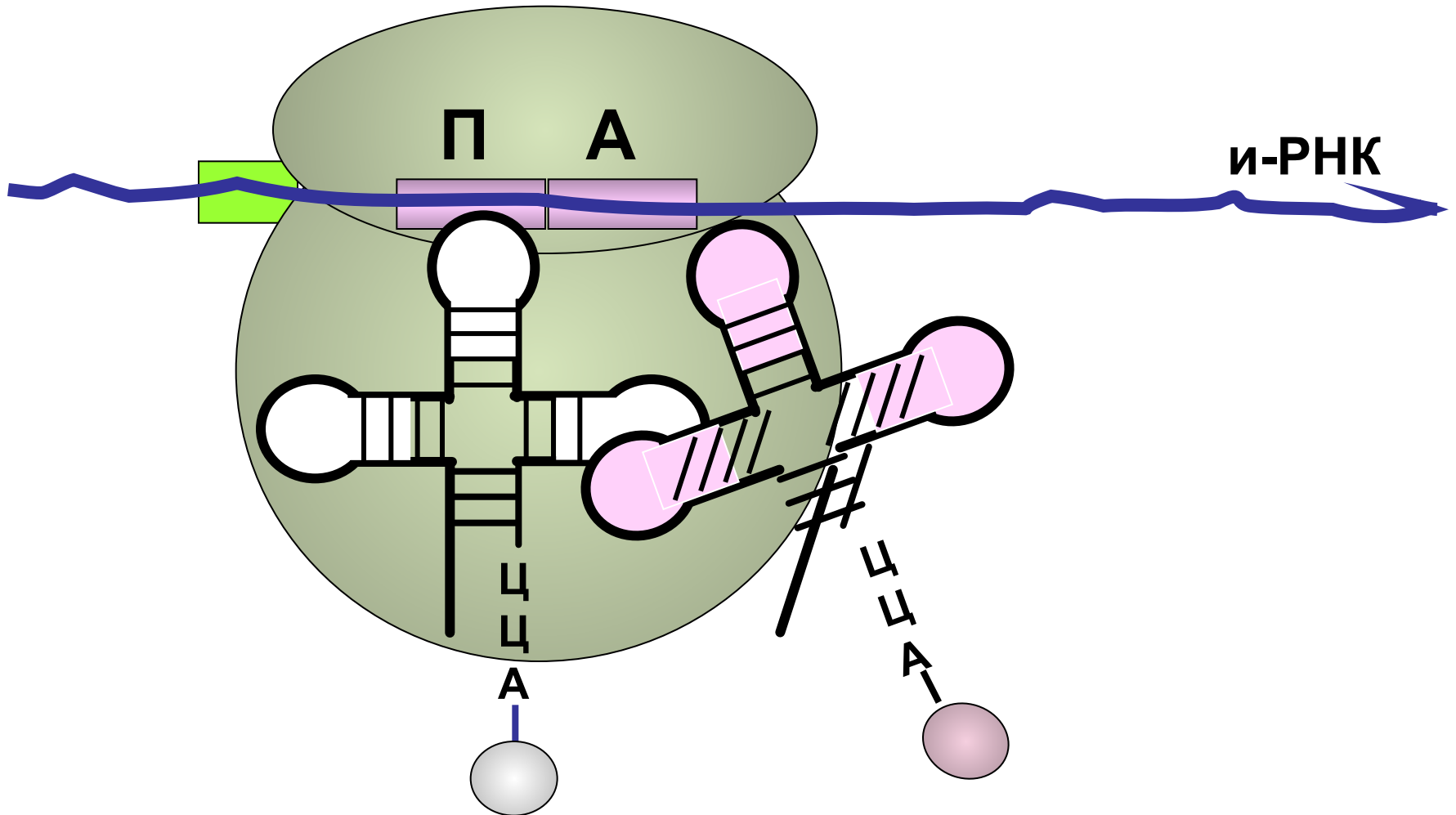


# Начало синтеза белка

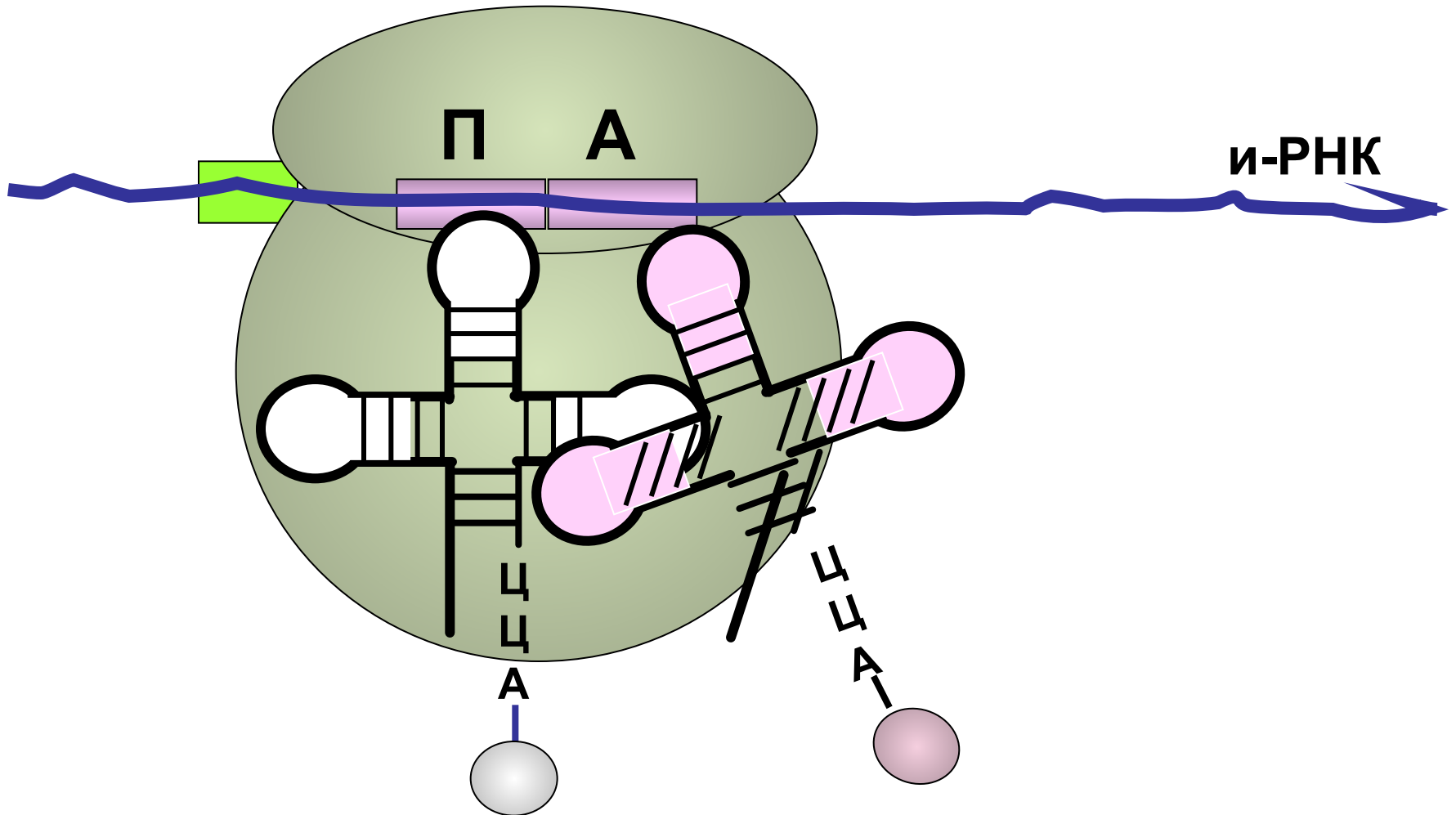




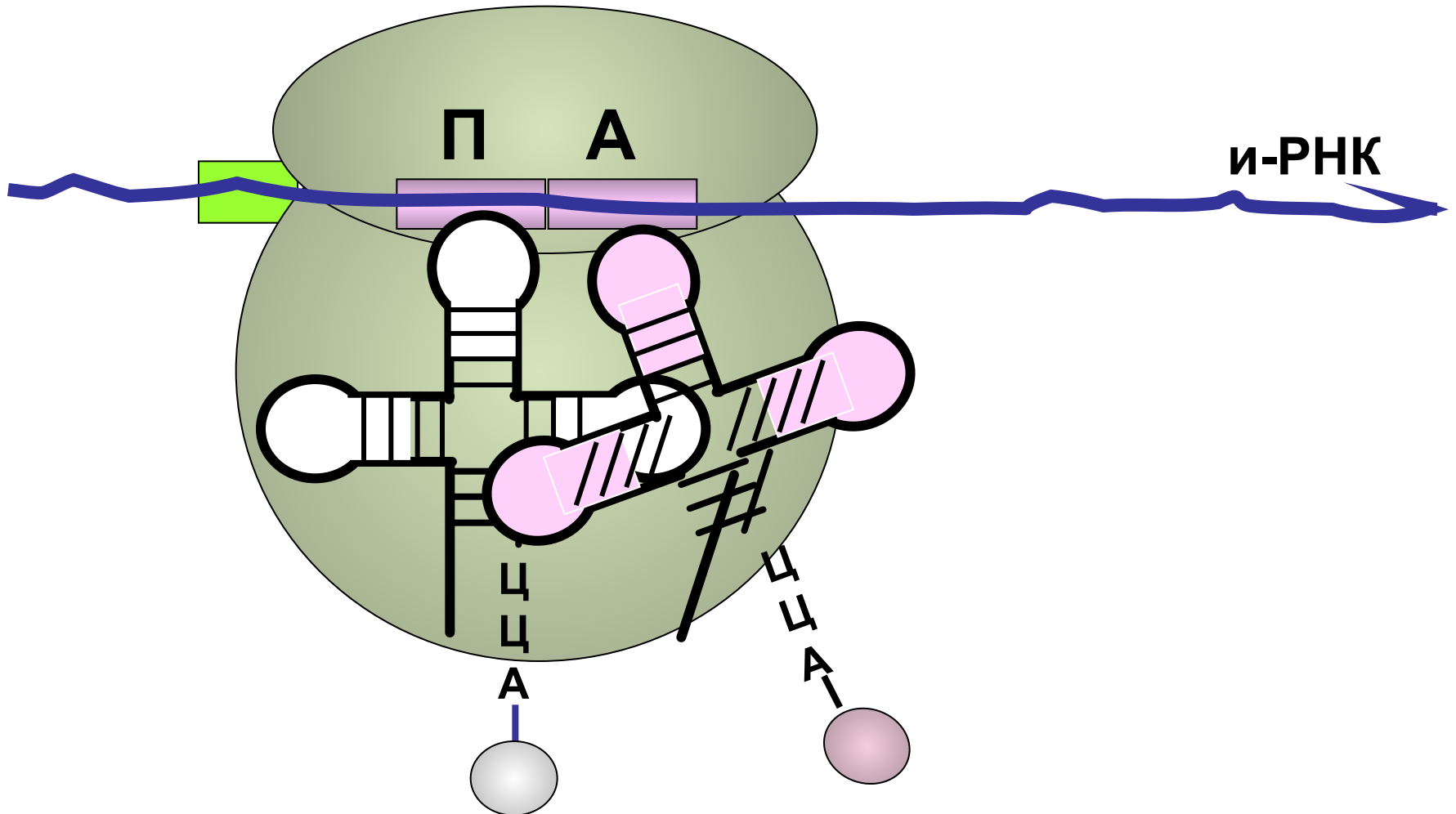
# Начало синтеза белка



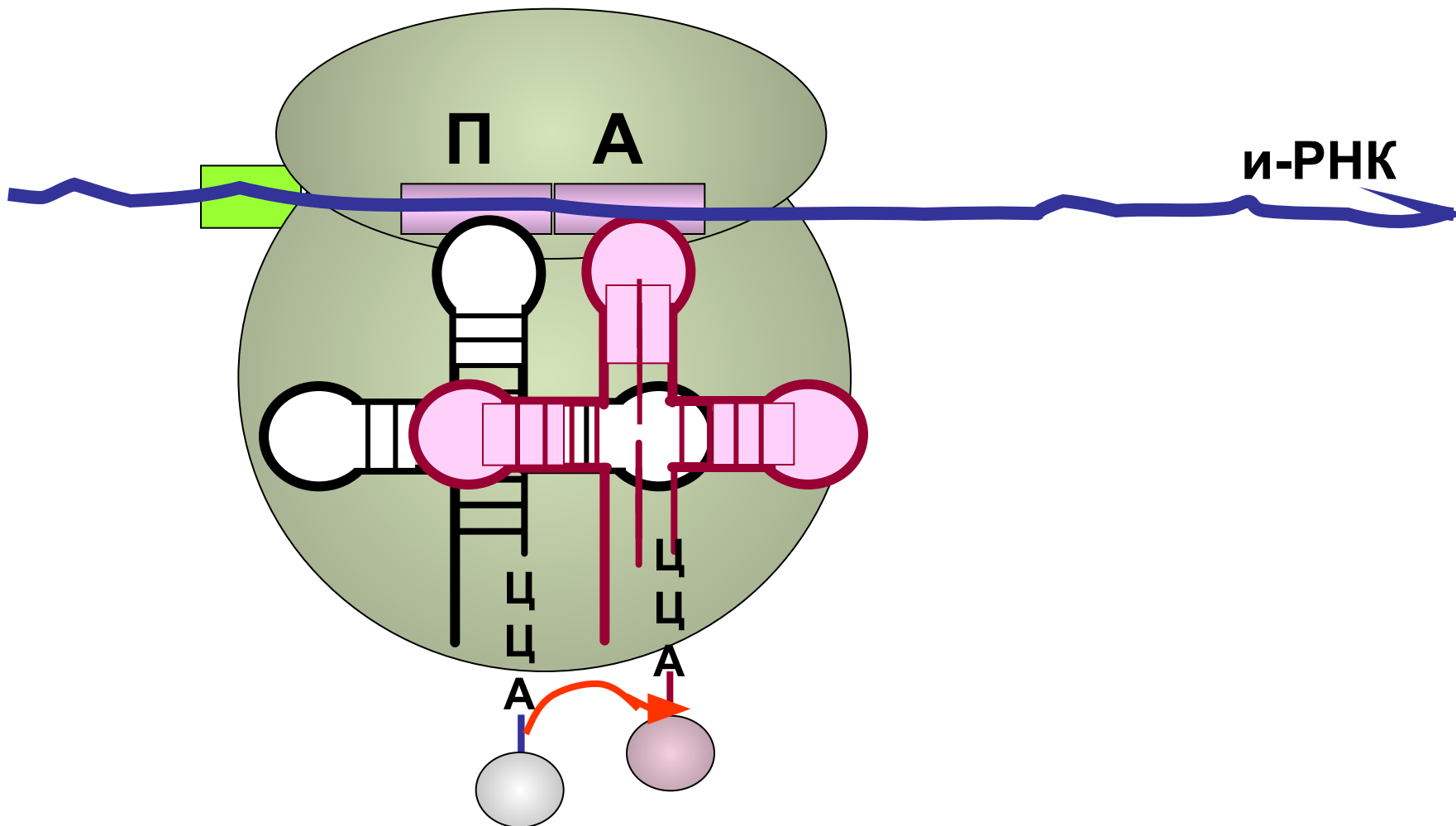
# Начало синтеза белка



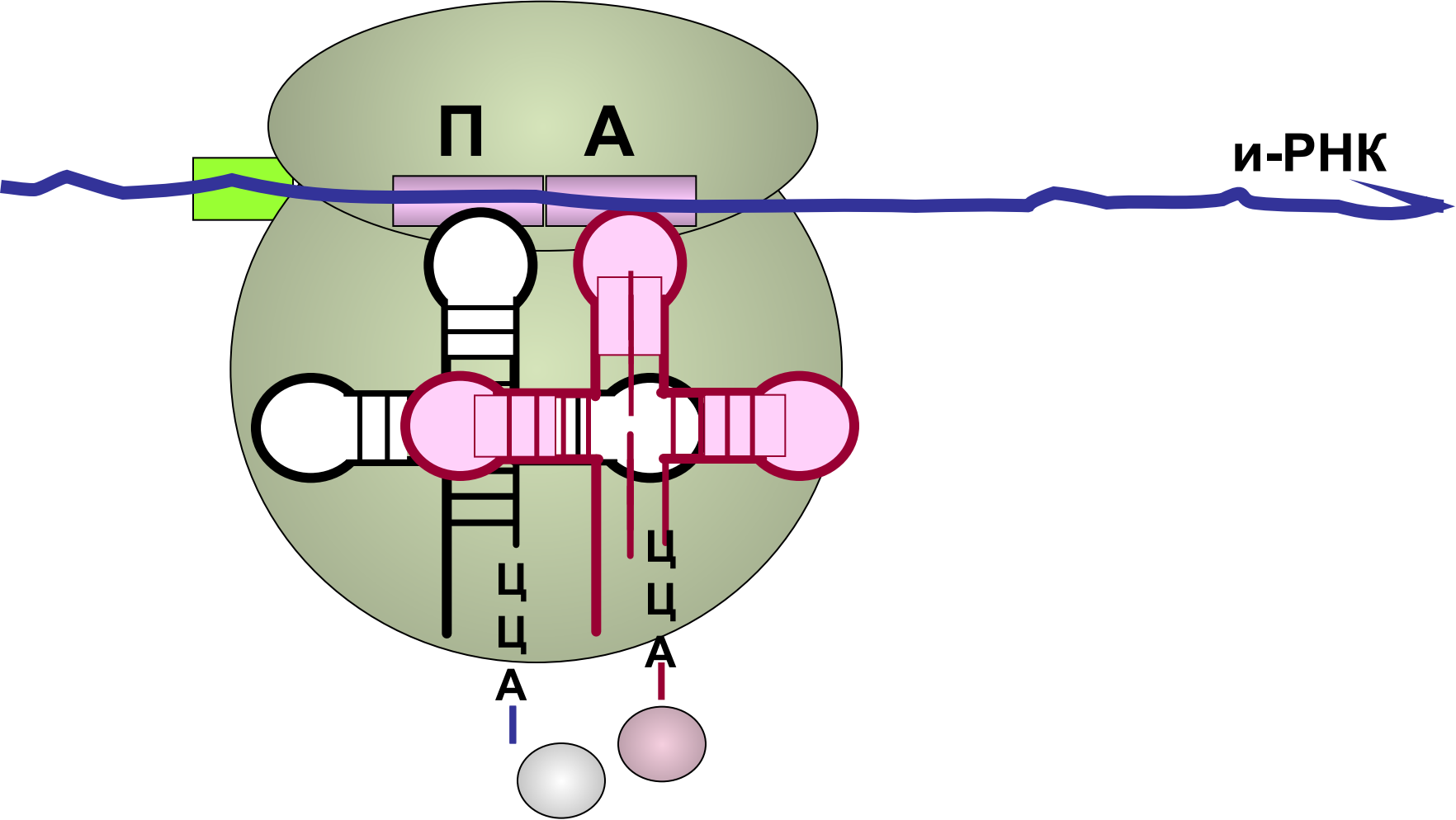
# Начало синтеза белка



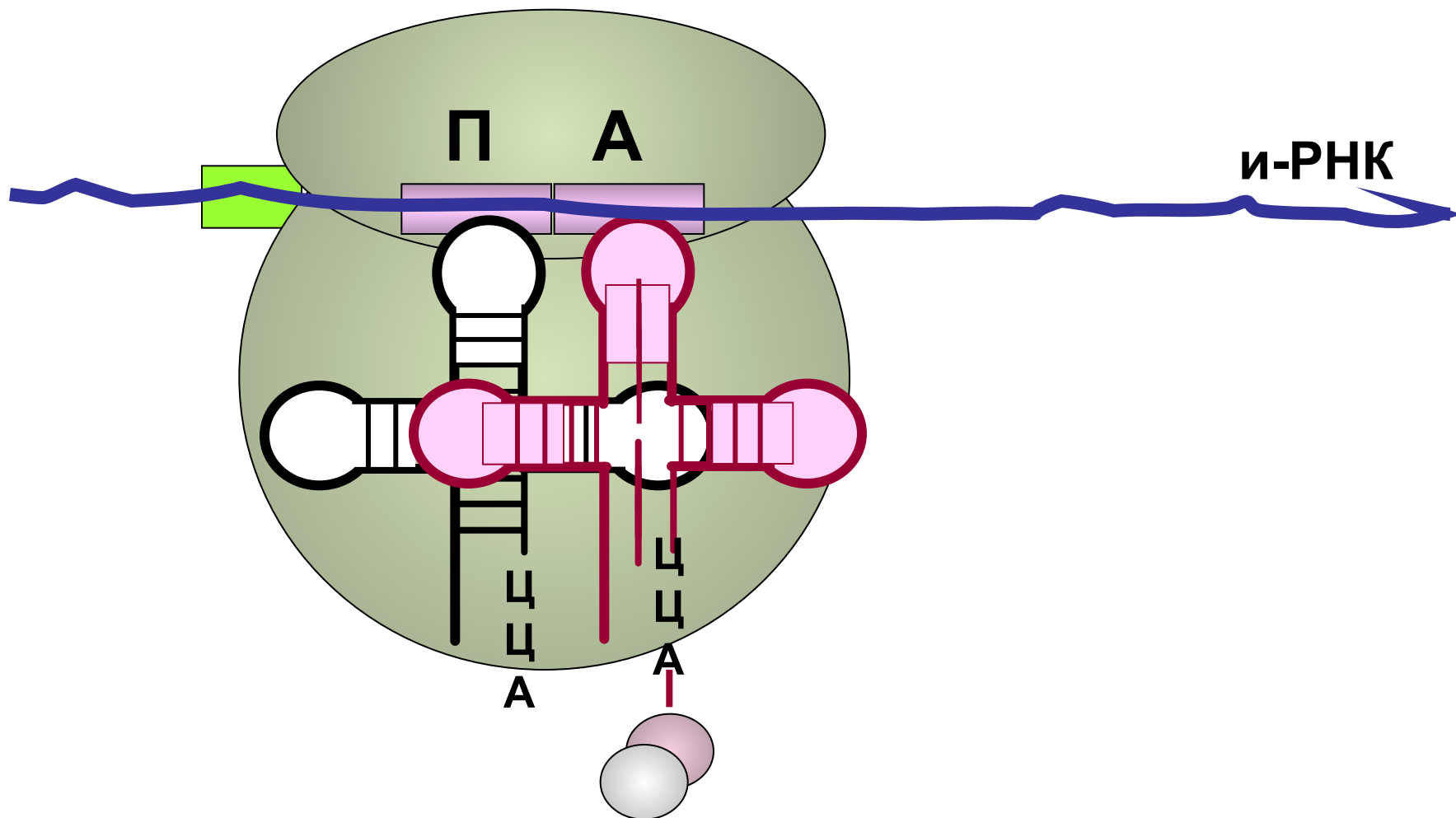
# Перенос первой аминокислоты на вторую



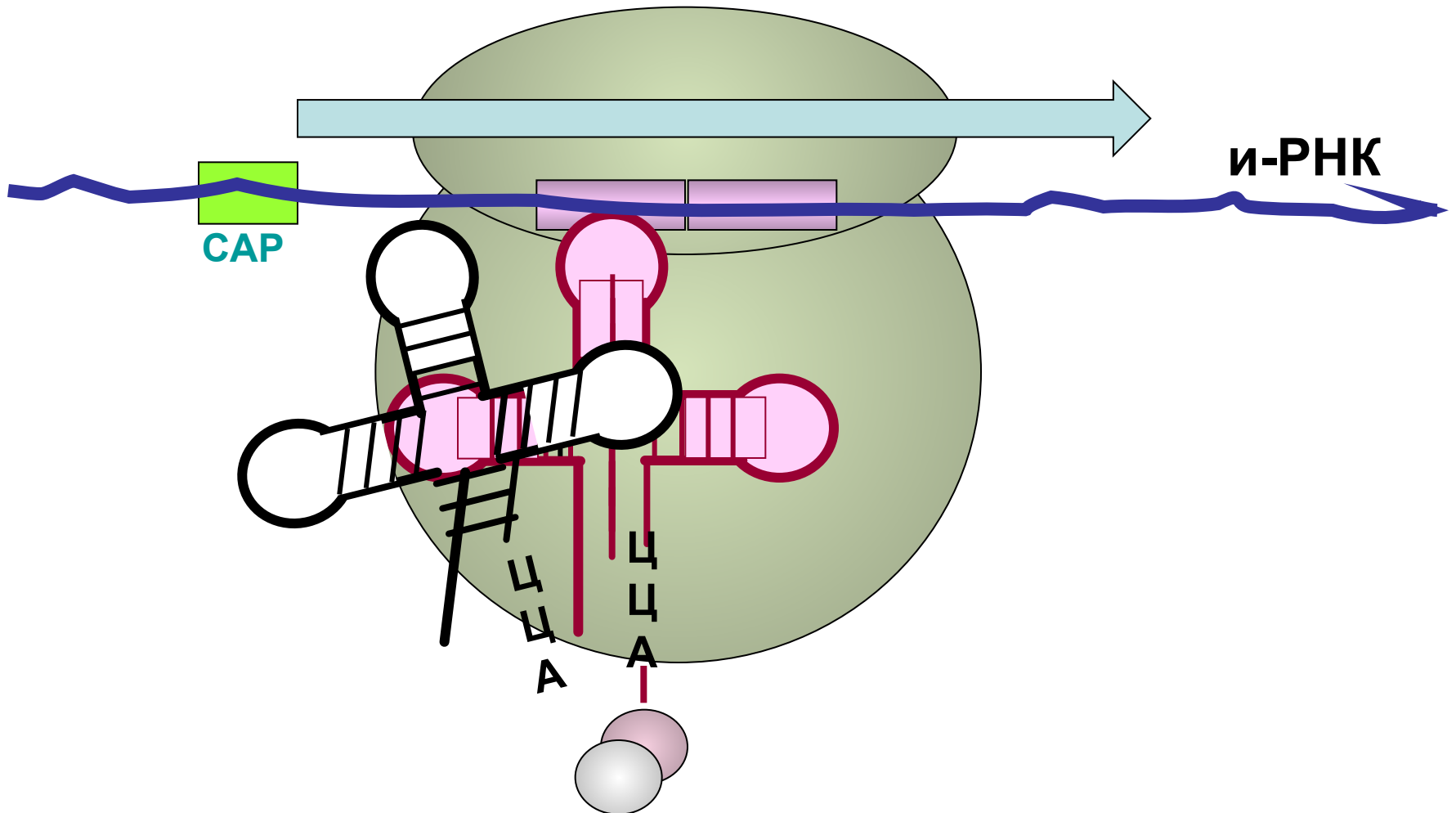
# Перенос первой аминокислоты на вторую



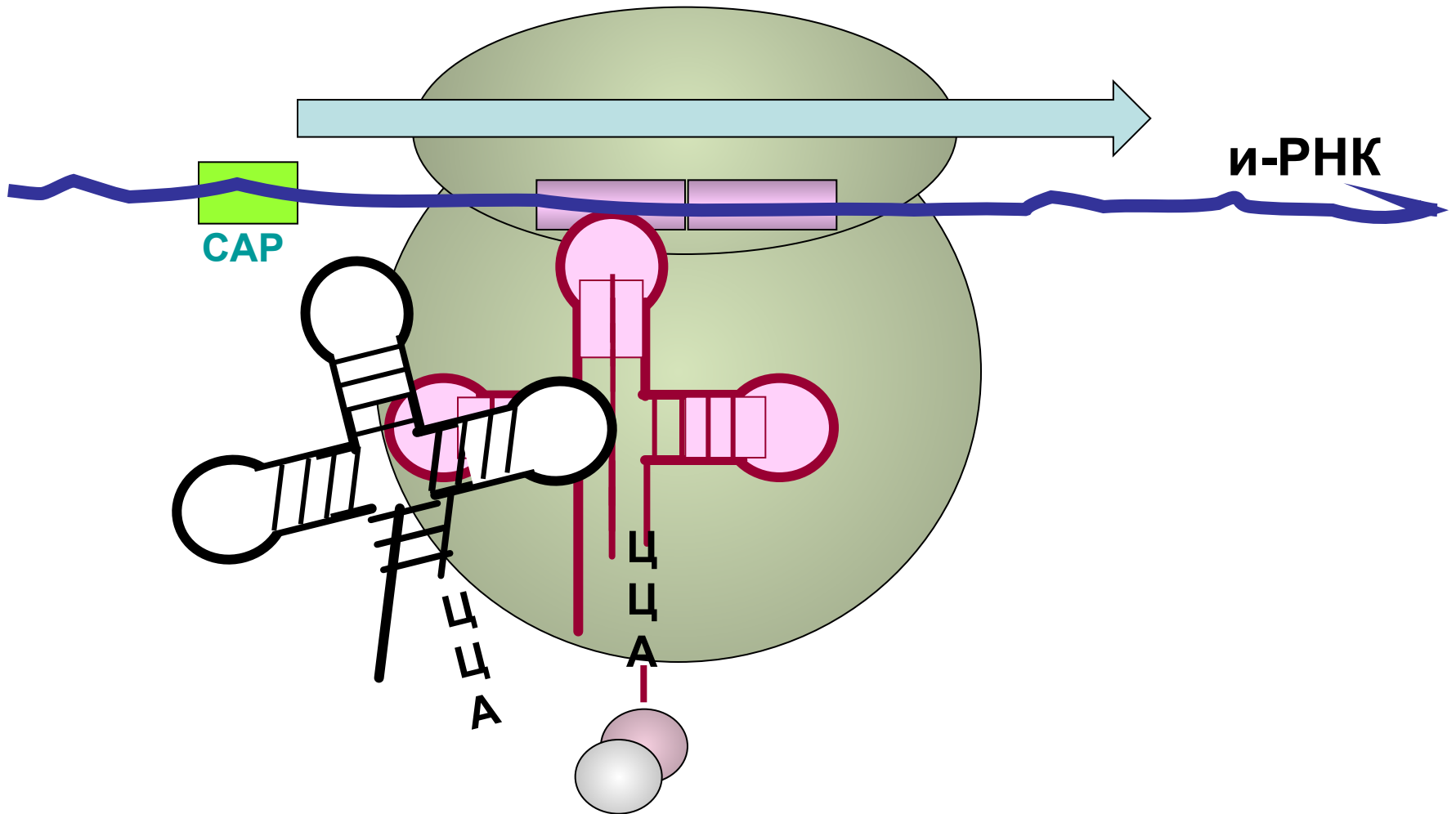
# Образование дипептида



# Перемещение рибосомы вдоль и-РНК на один триплет (кодон)

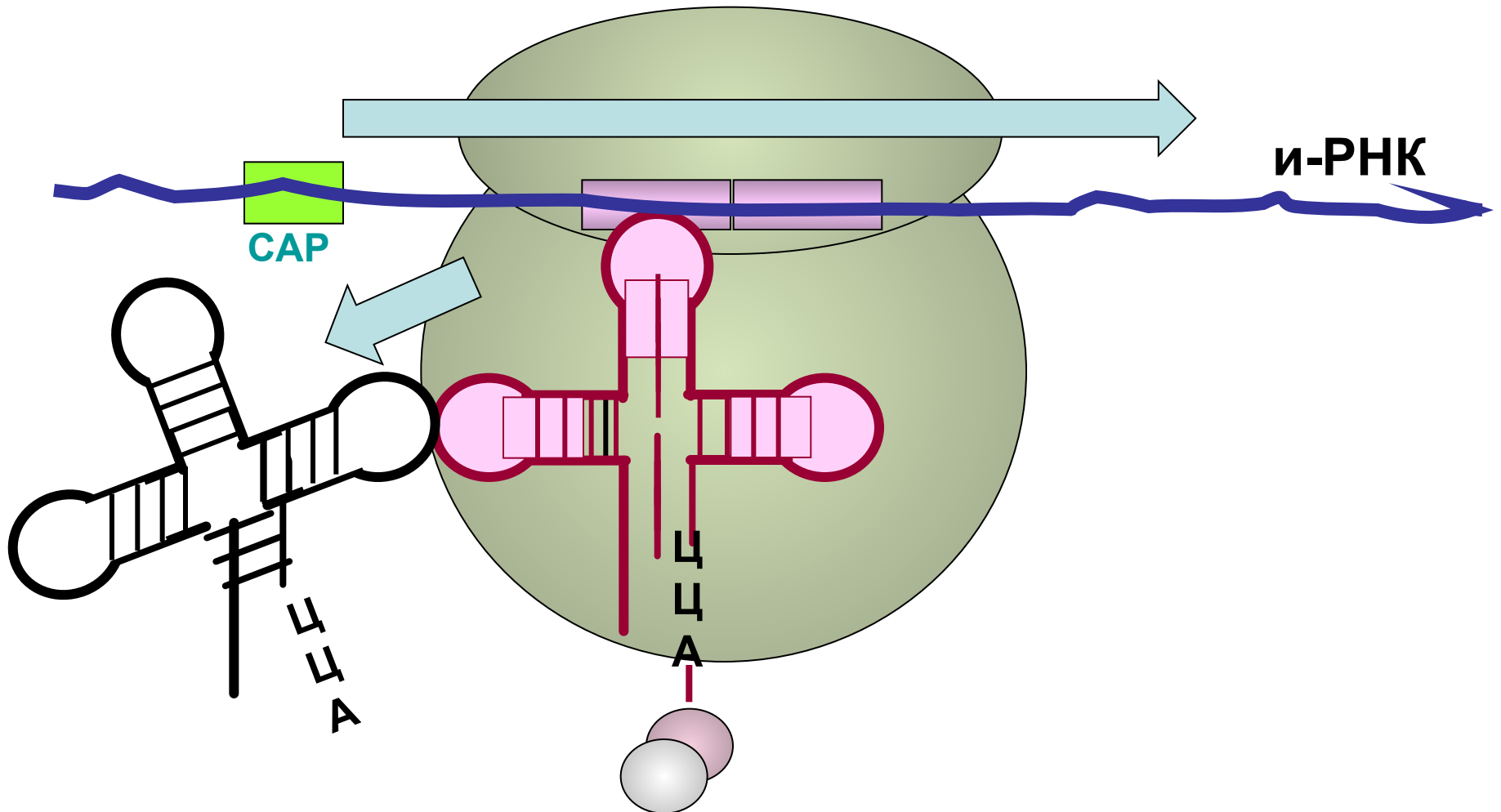


# Перемещение рибосомы вдоль и-РНК на один триплет (кодон)

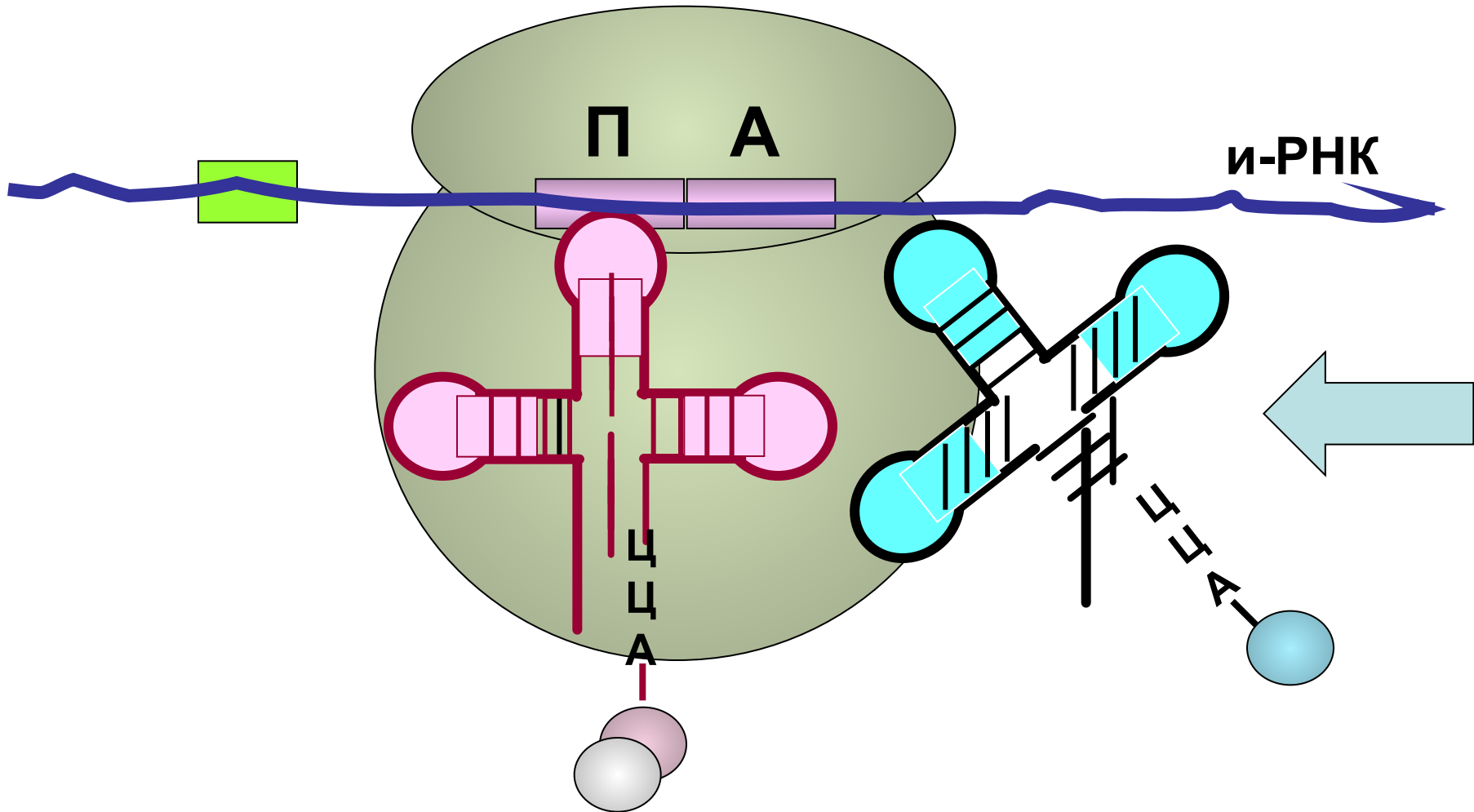




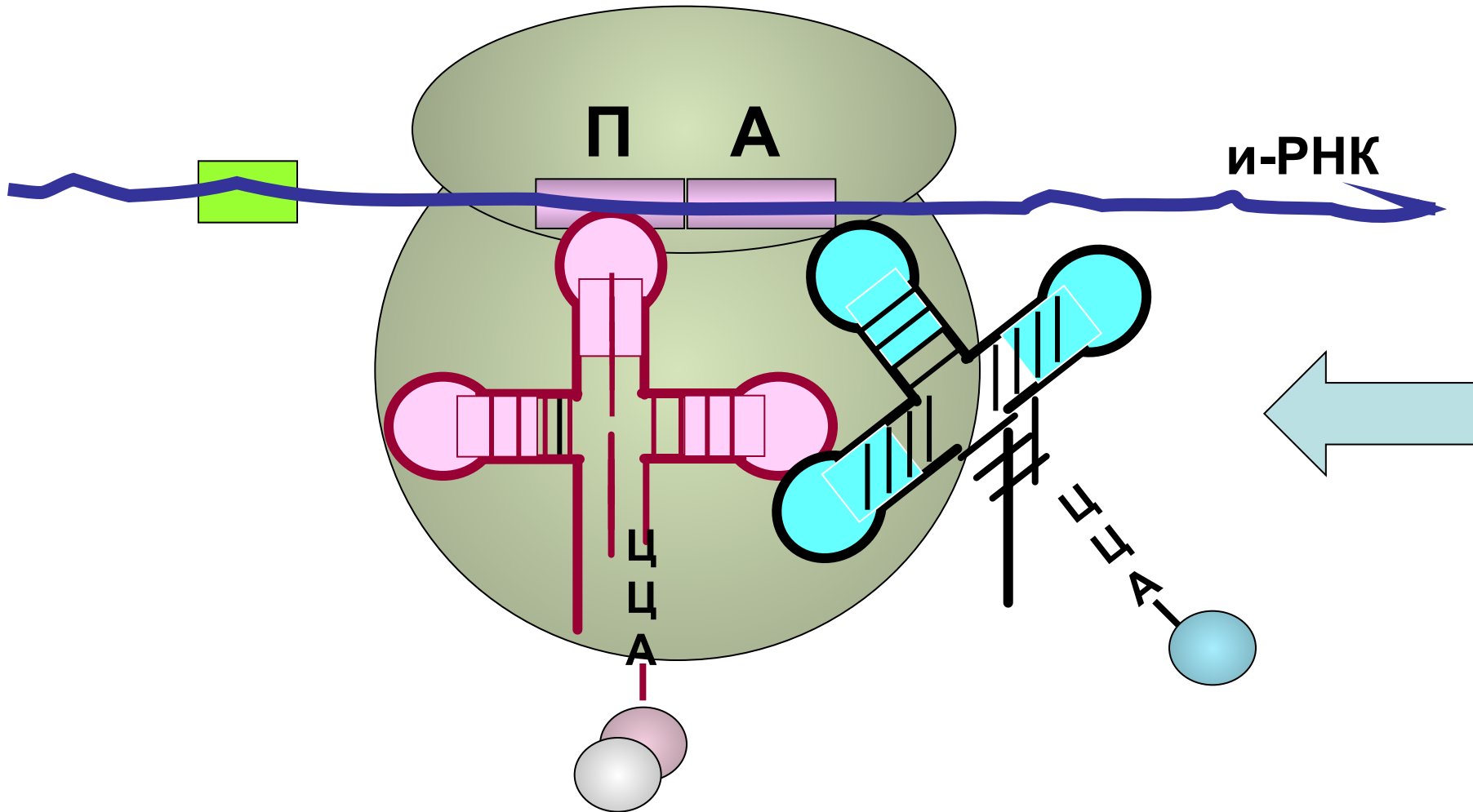
# Перемещение рибосомы вдоль и-РНК на один триплет (кодон)



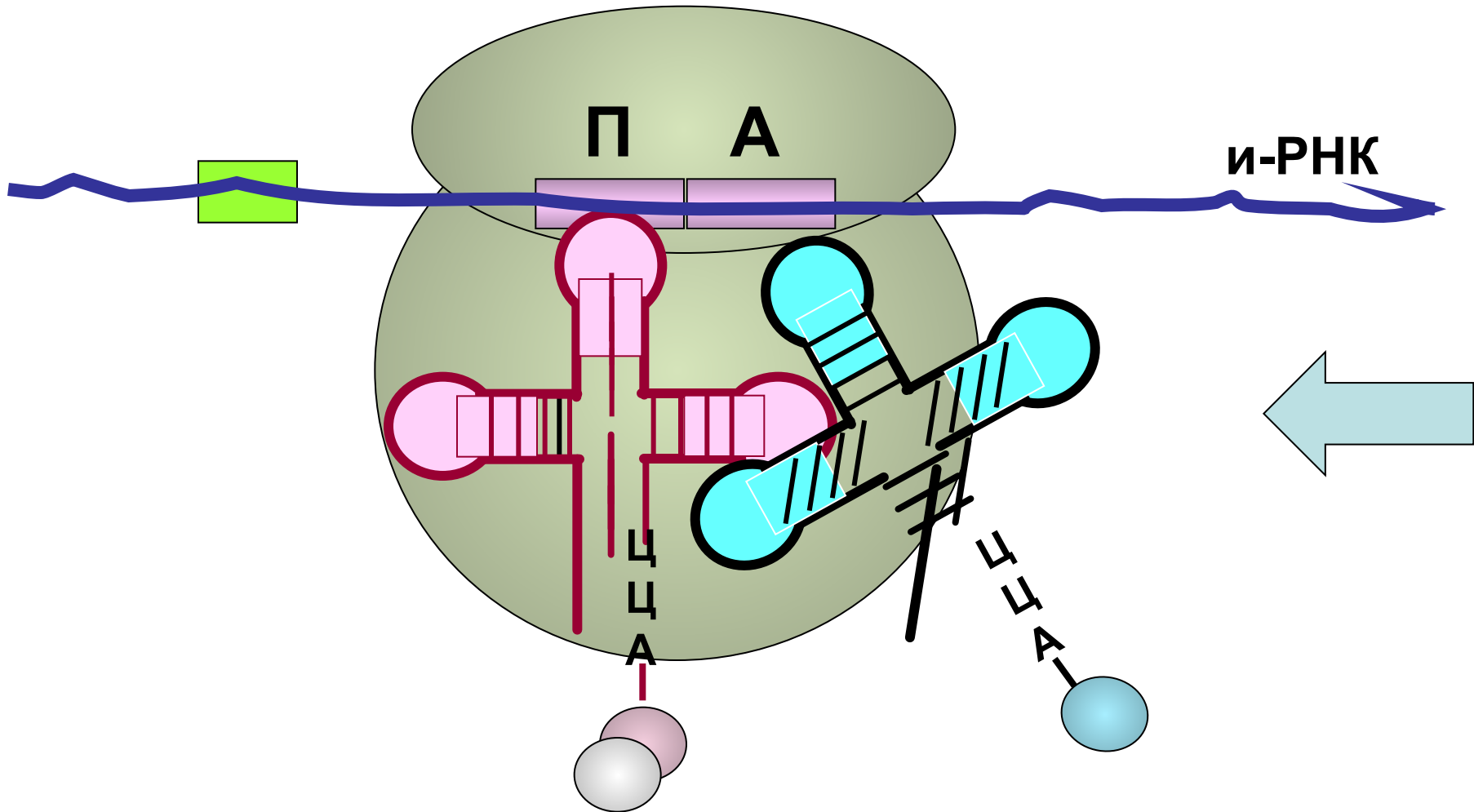
# Повторение цикла элонгации. Присоединение третьей т-РНК



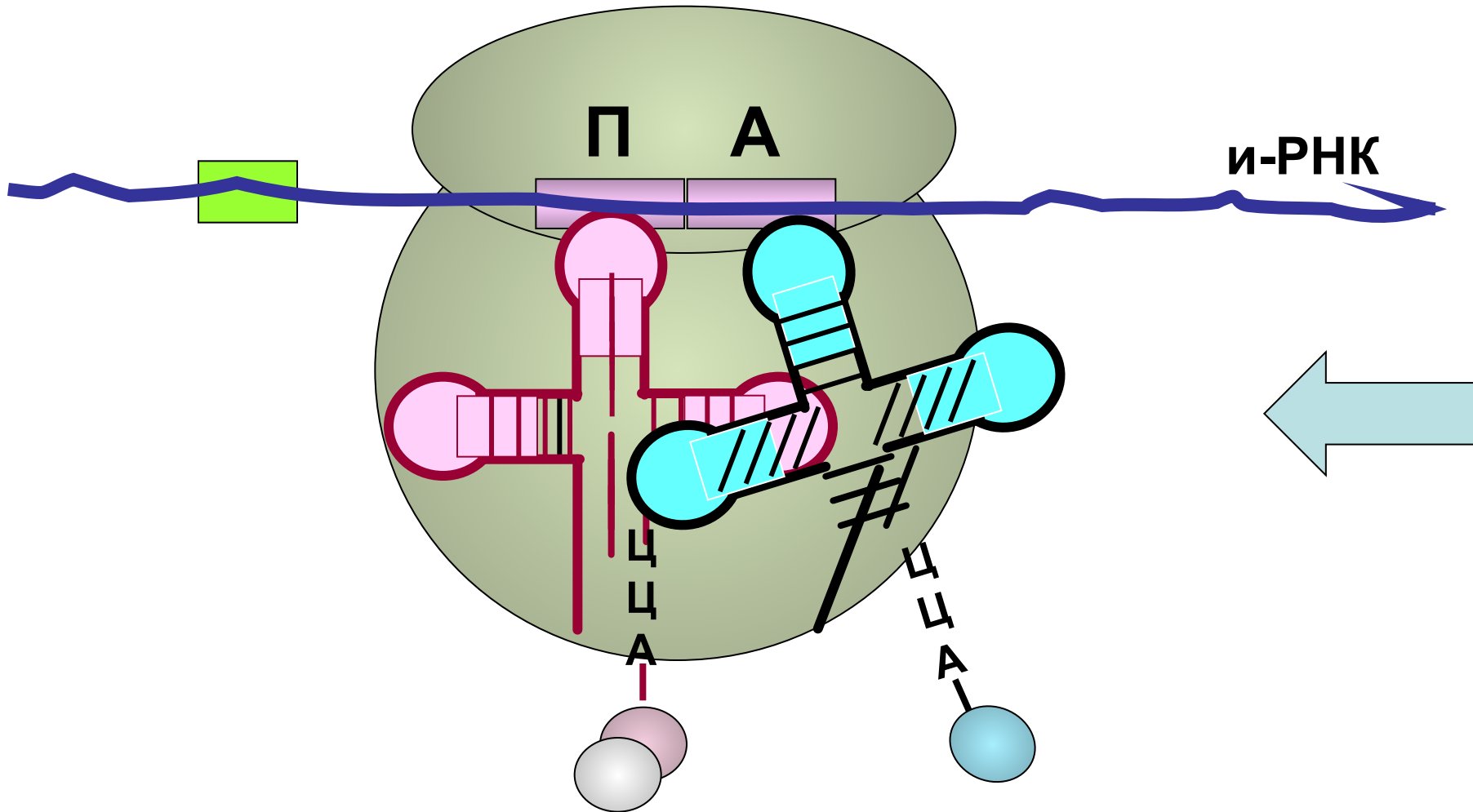
# Повторение цикла элонгации. Присоединение третьей т-РНК



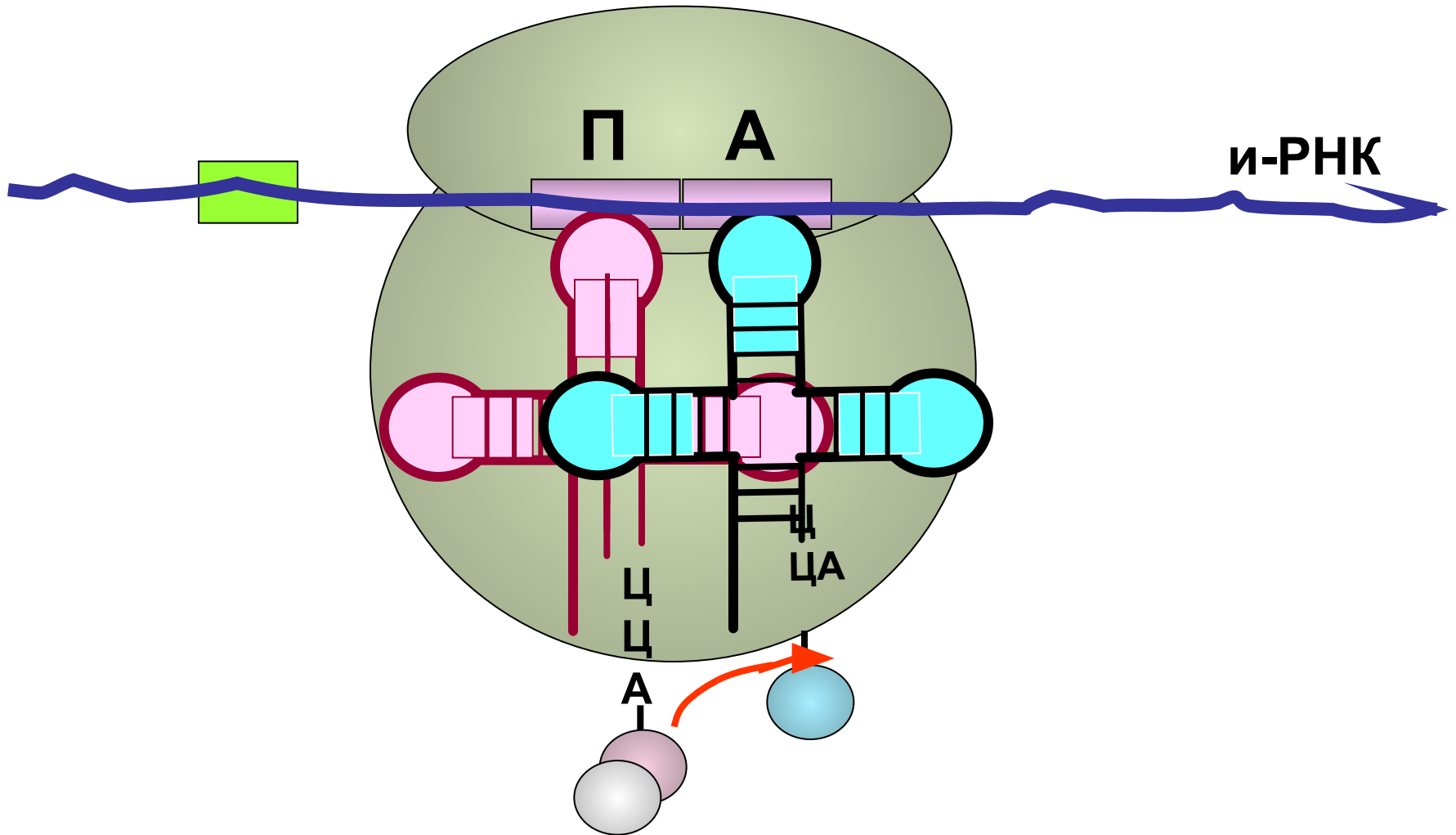
# Повторение цикла элонгации. Присоединение третьей т-РНК



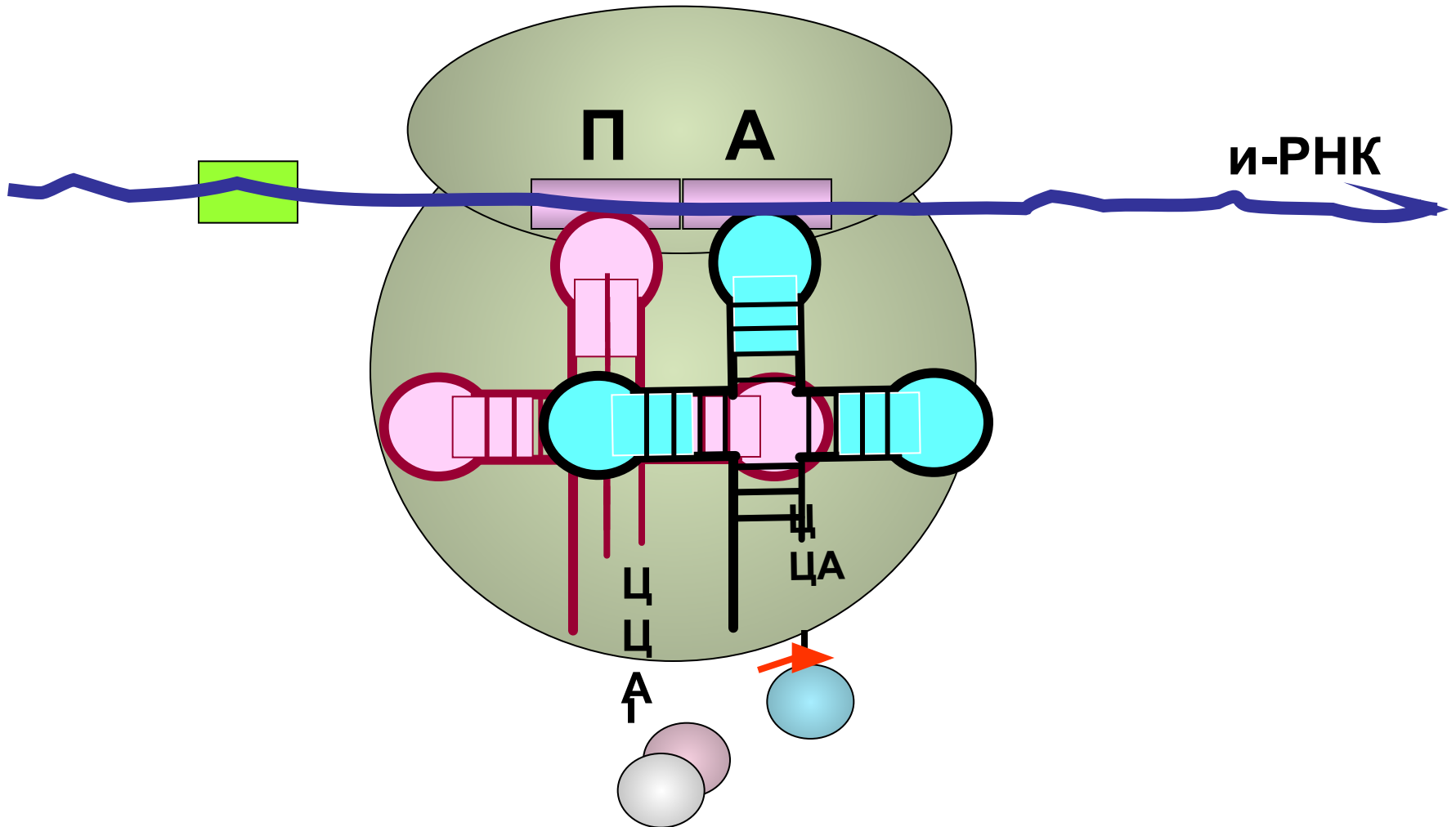
# Повторение цикла элонгации. Присоединение третьей т-РНК



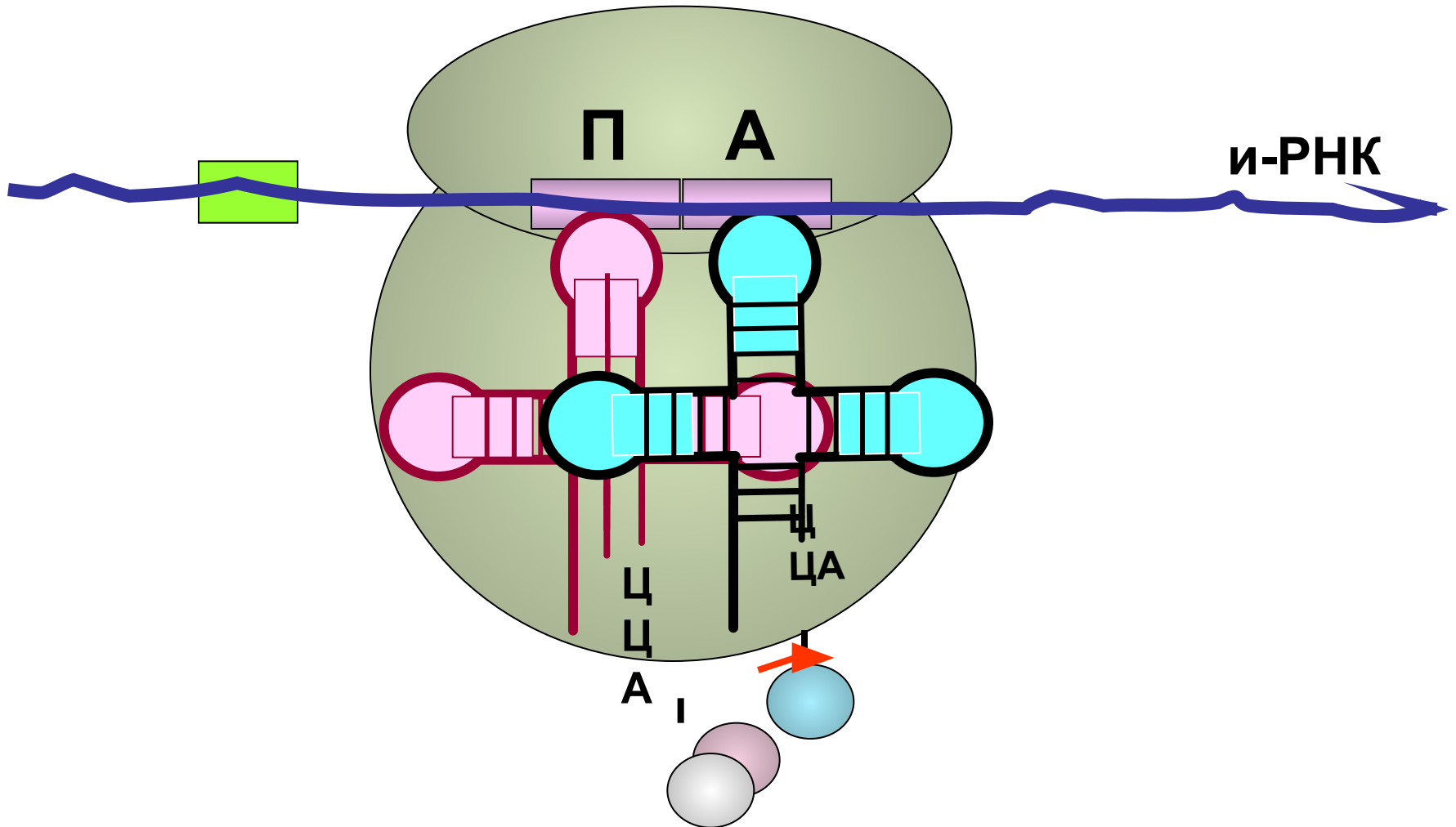
# Перенос дипептида на третью аминокислоту



# Перенос дипептида на третью аминокислоту

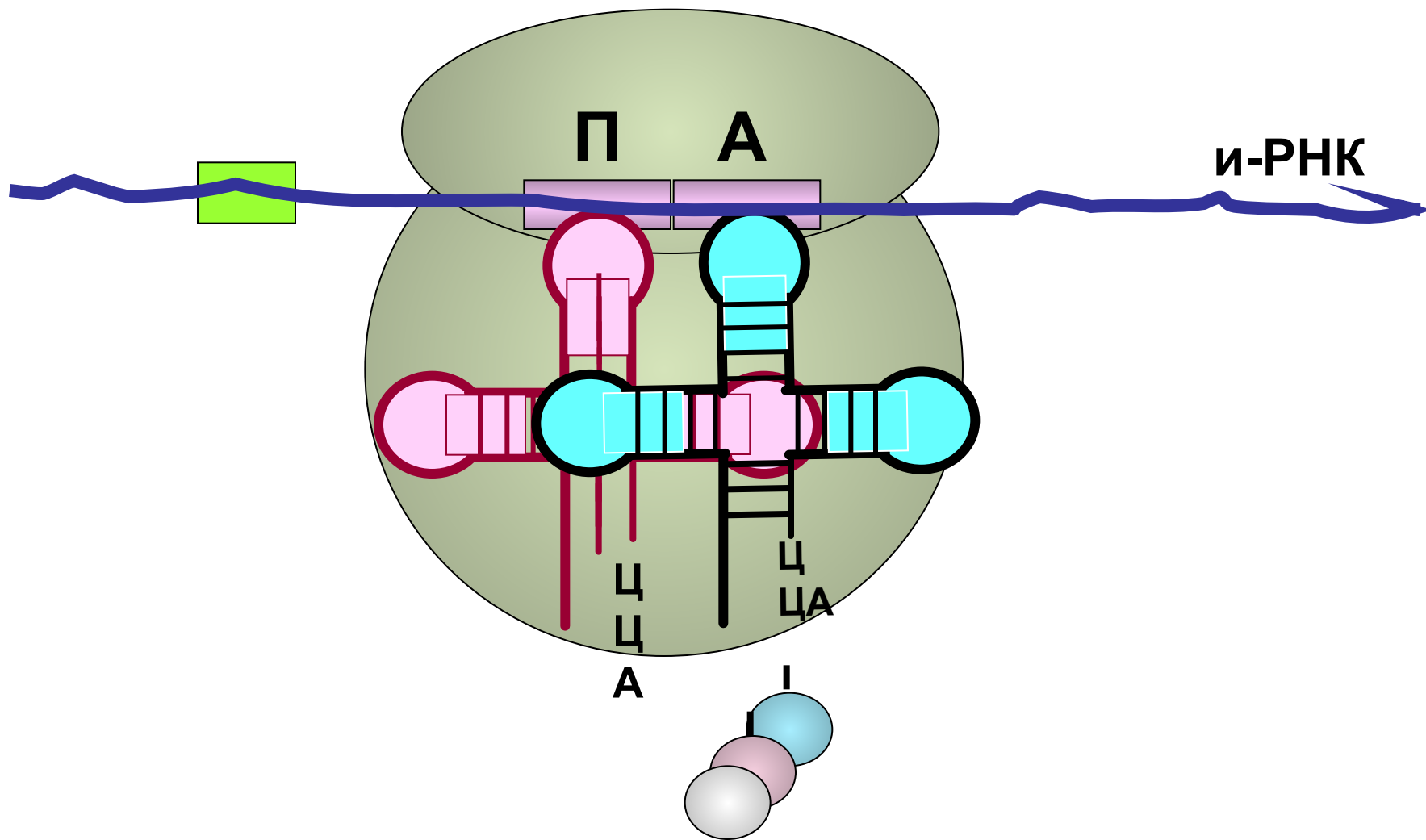


# Перенос дипептида на третью аминокислоту

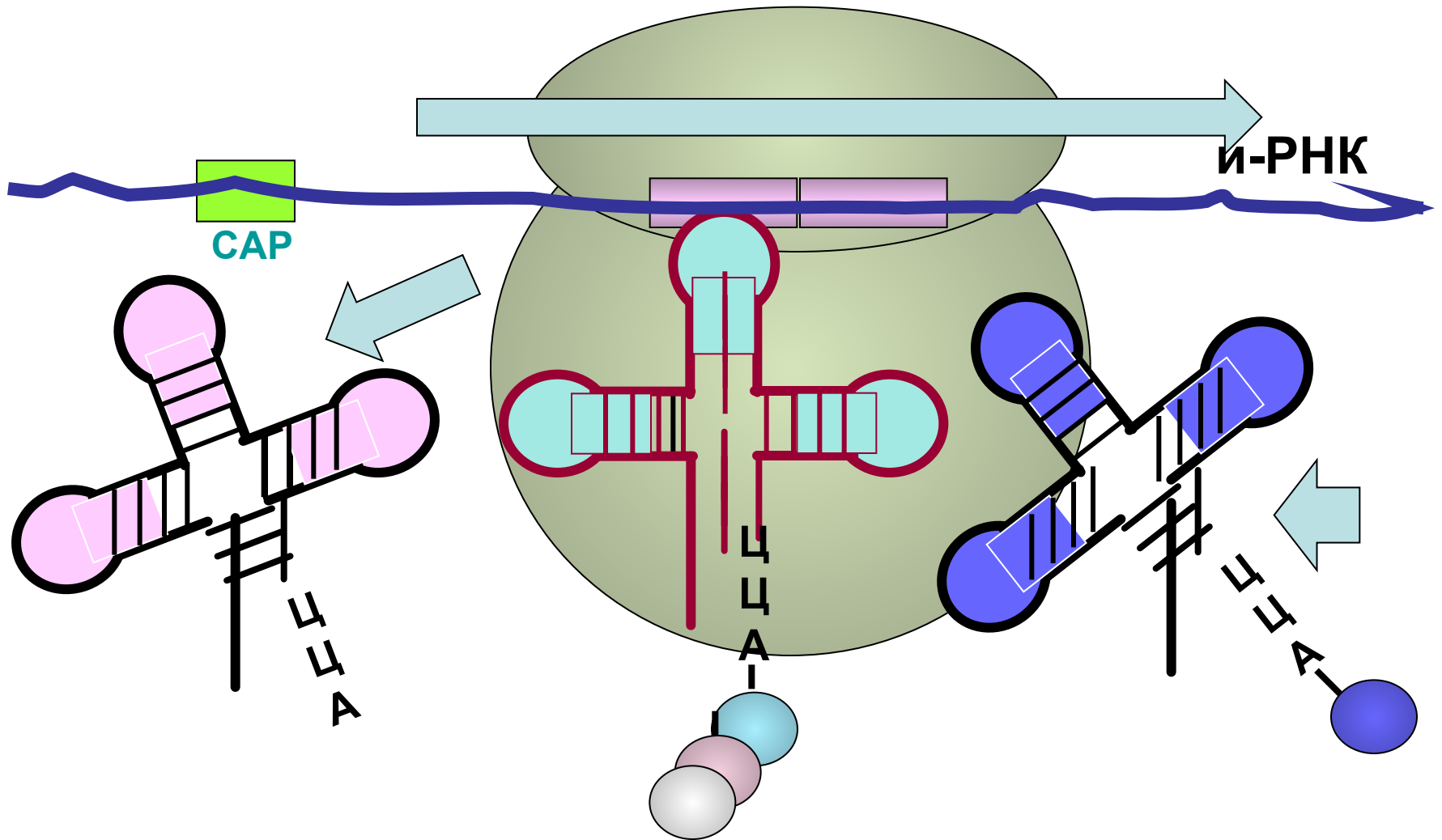




# Образование трипептида

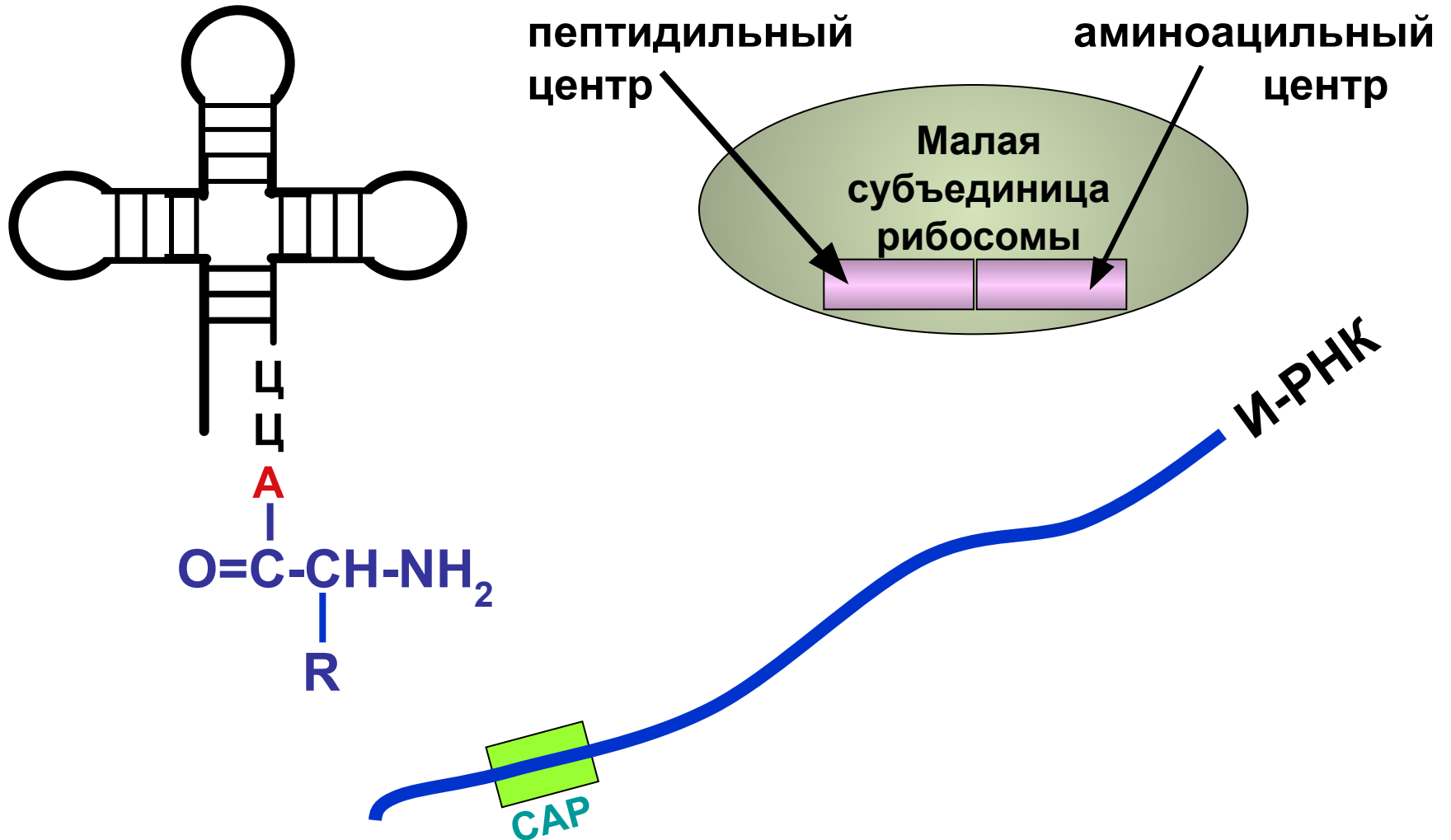


# Перемещение рибосомы вдоль и-РНК на один триплет (кодон)

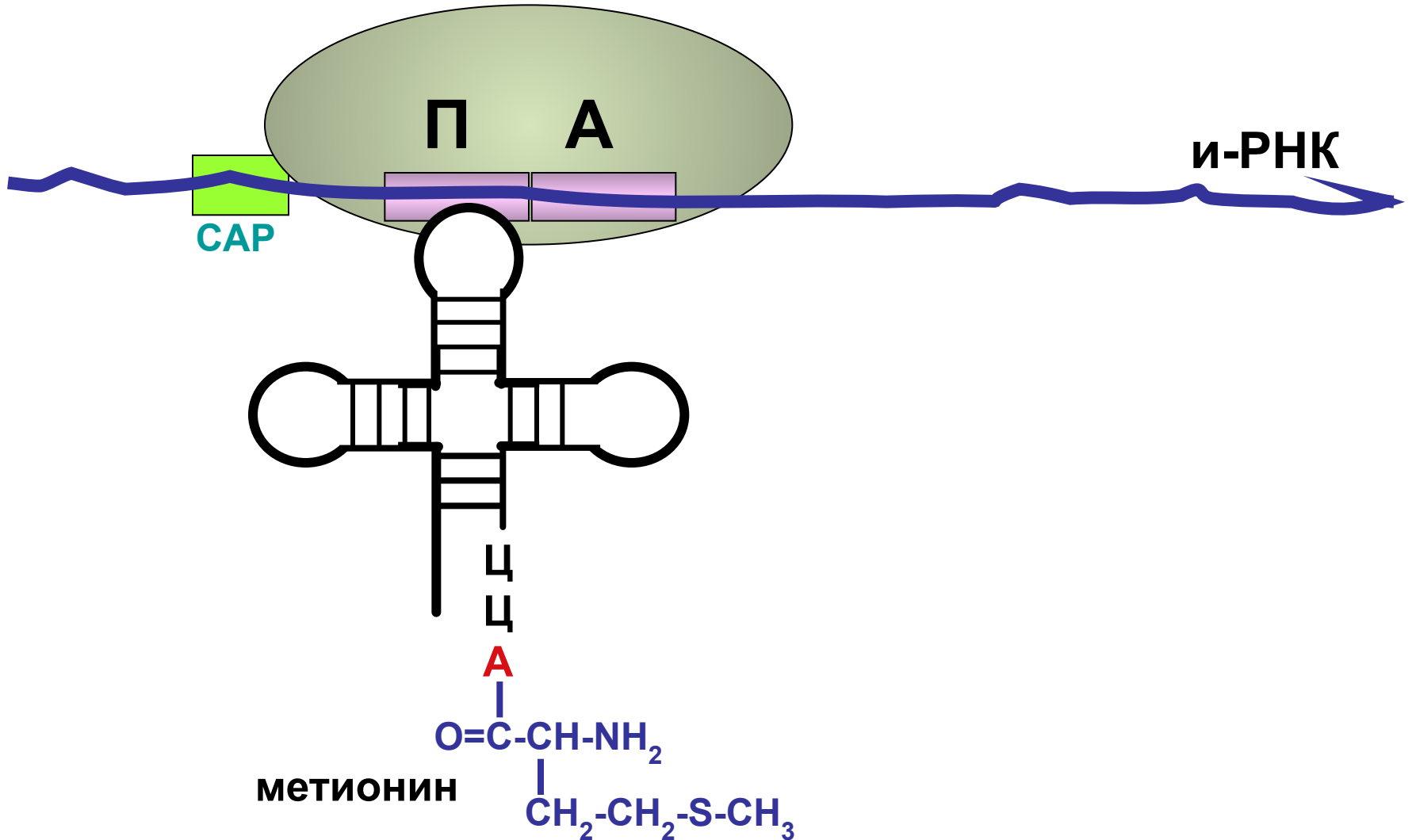


Многократное  
повторение циклов  
элонгации, до  
полного построения  
белковой молекулы

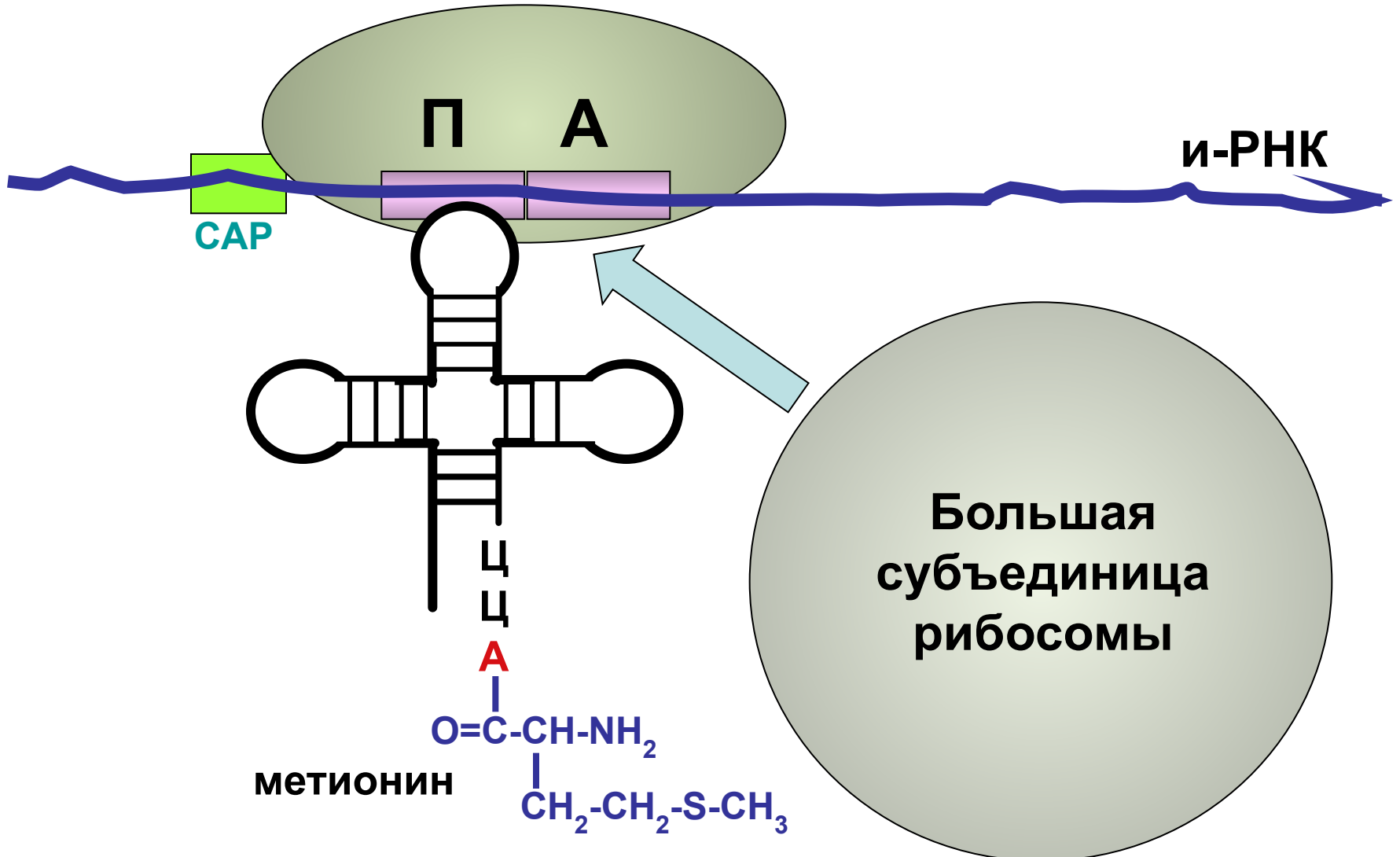
# Компоненты иницирующего комплекса.



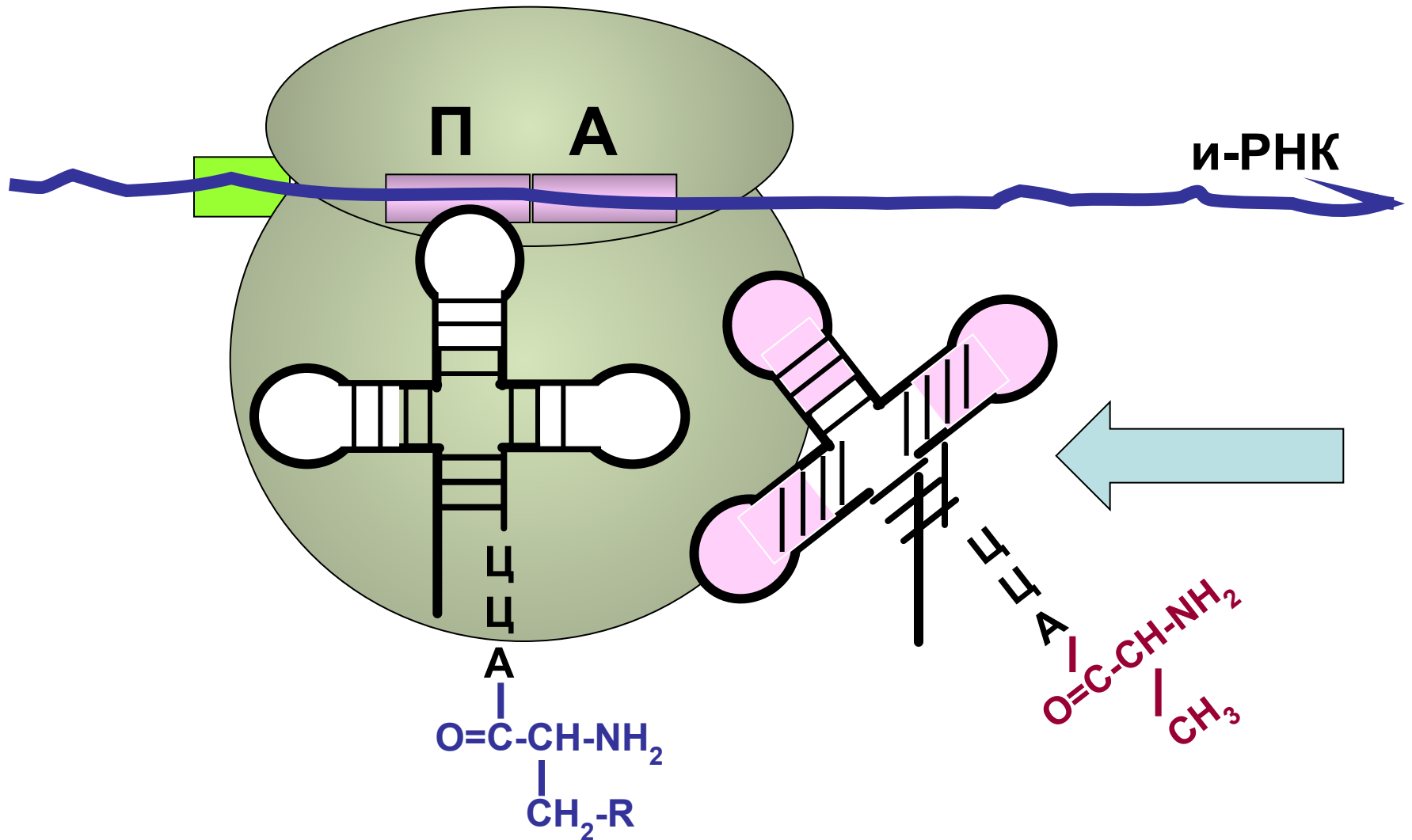
# Образование иницирующего комплекса



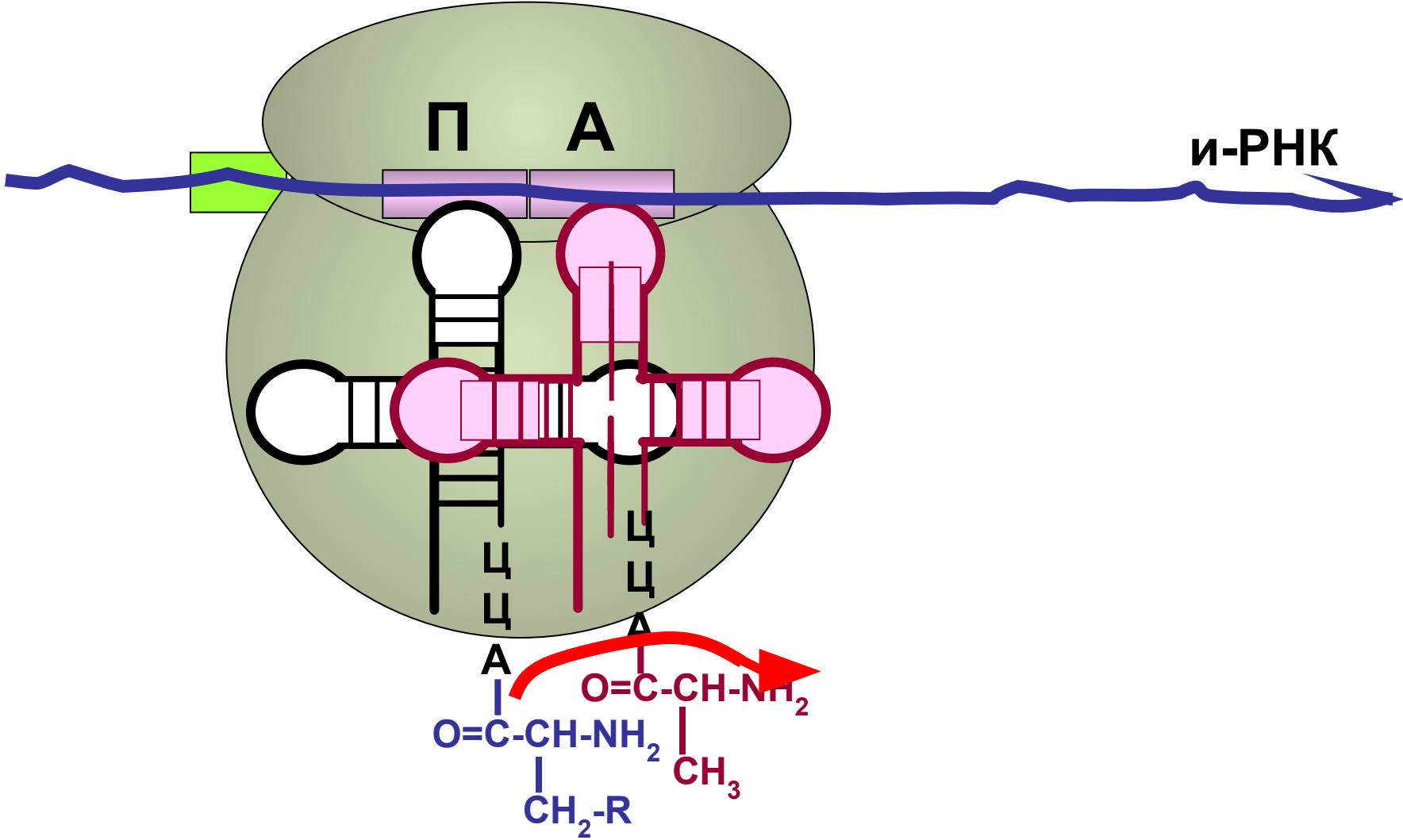
# Образование рибосомы



# Начало стадии элонгации

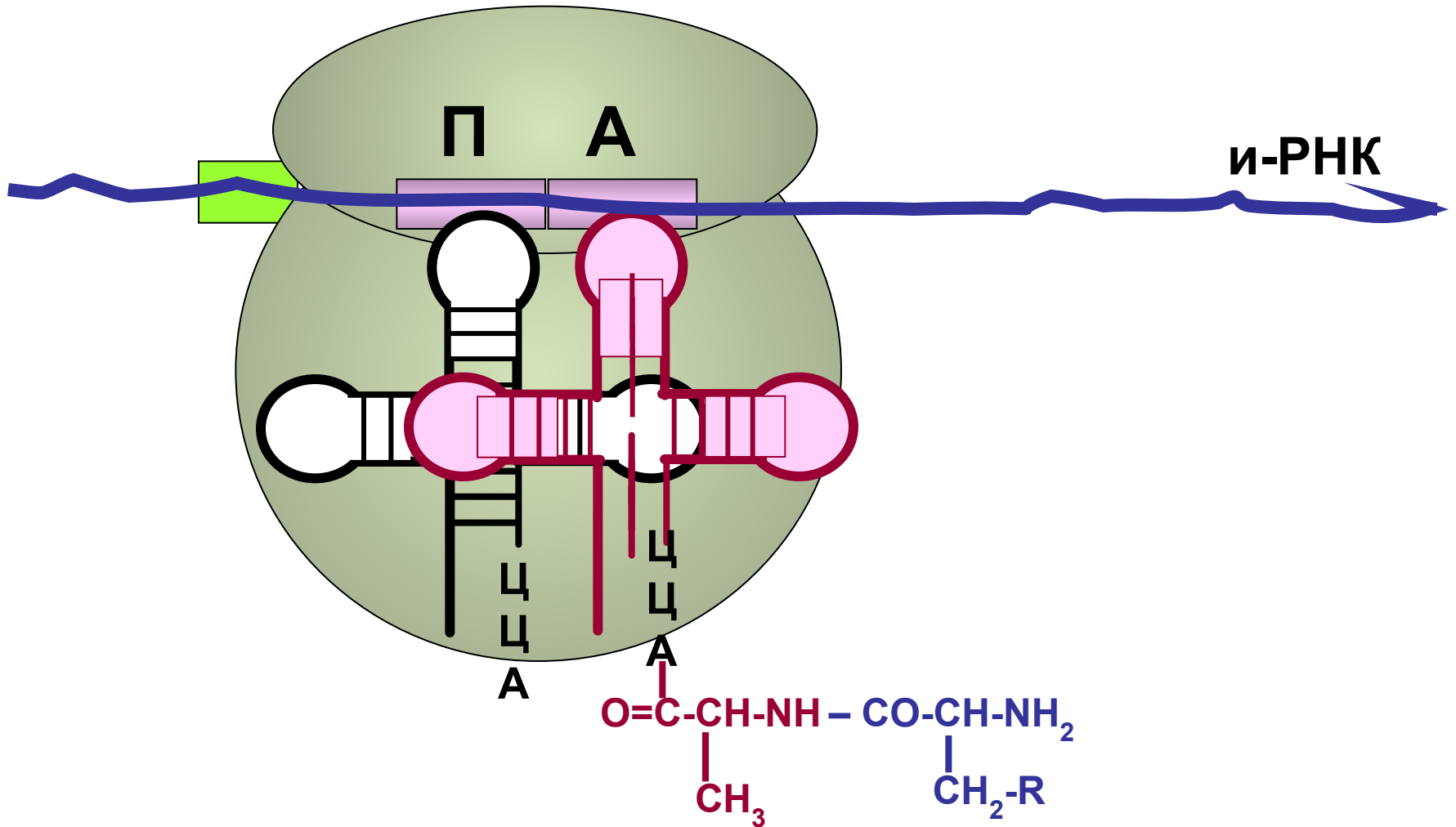


# Перенос первой аминокислоты на вторую ферментом пептидилтрансферазой

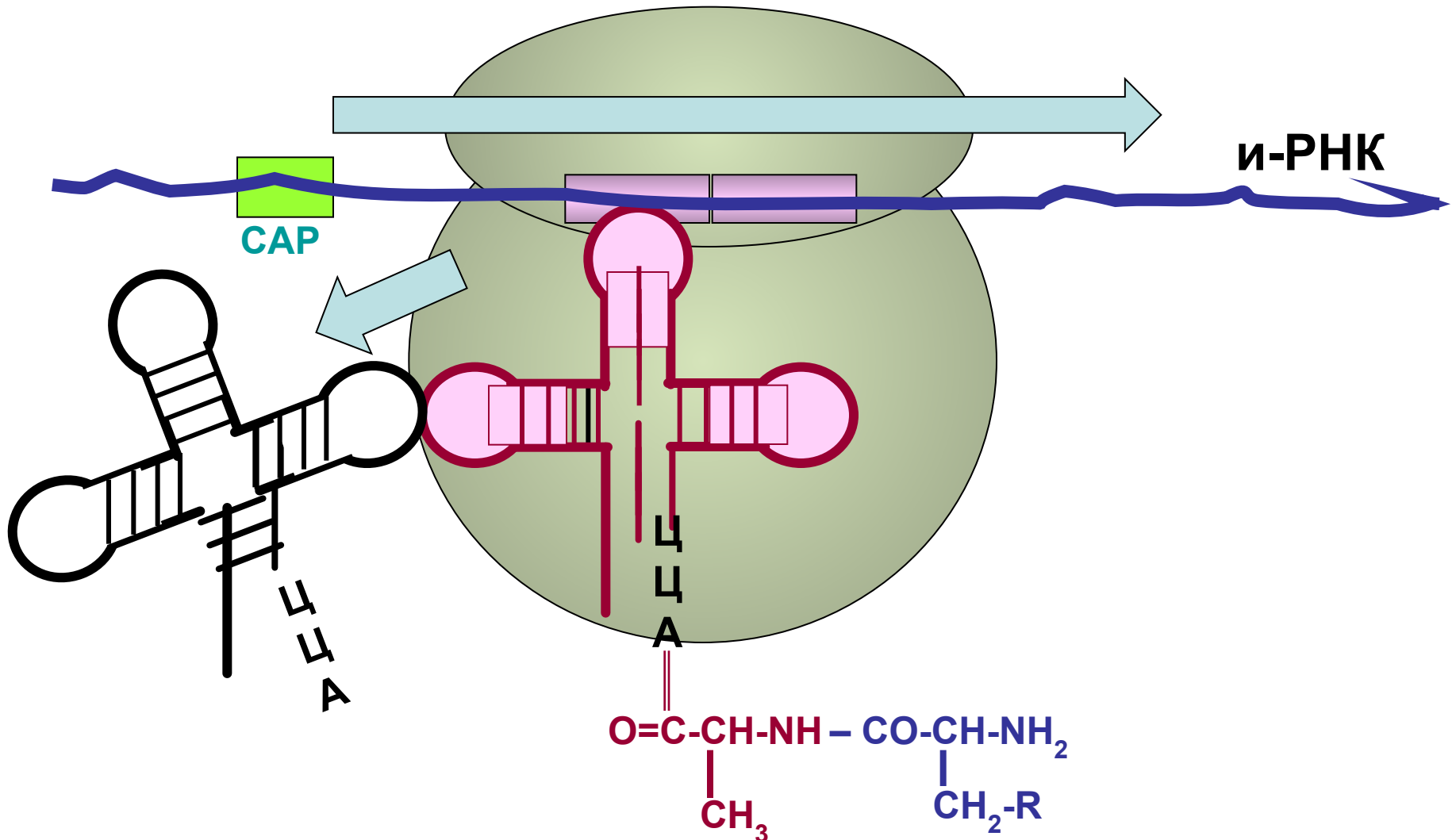




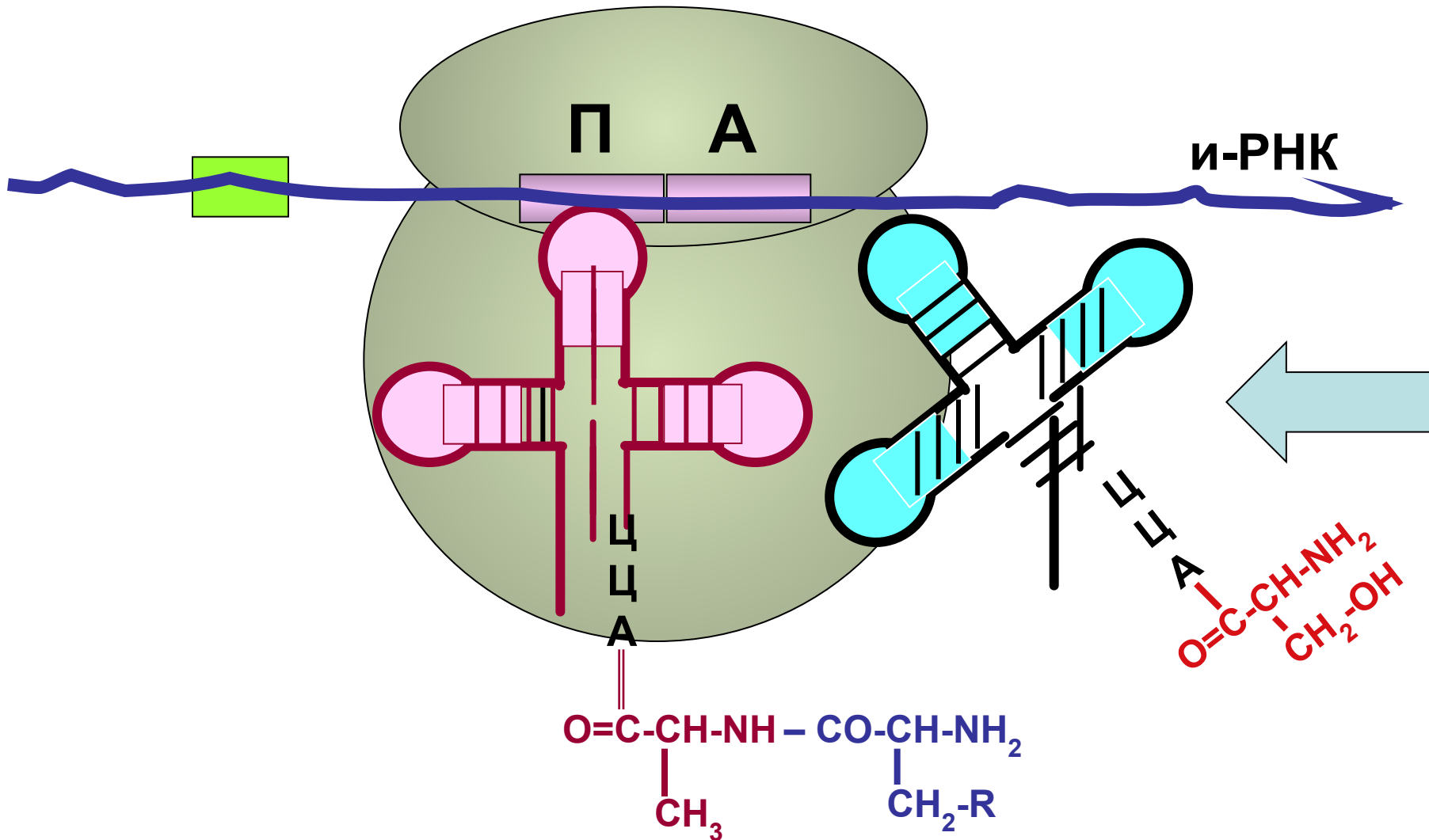
# Образование дипептида



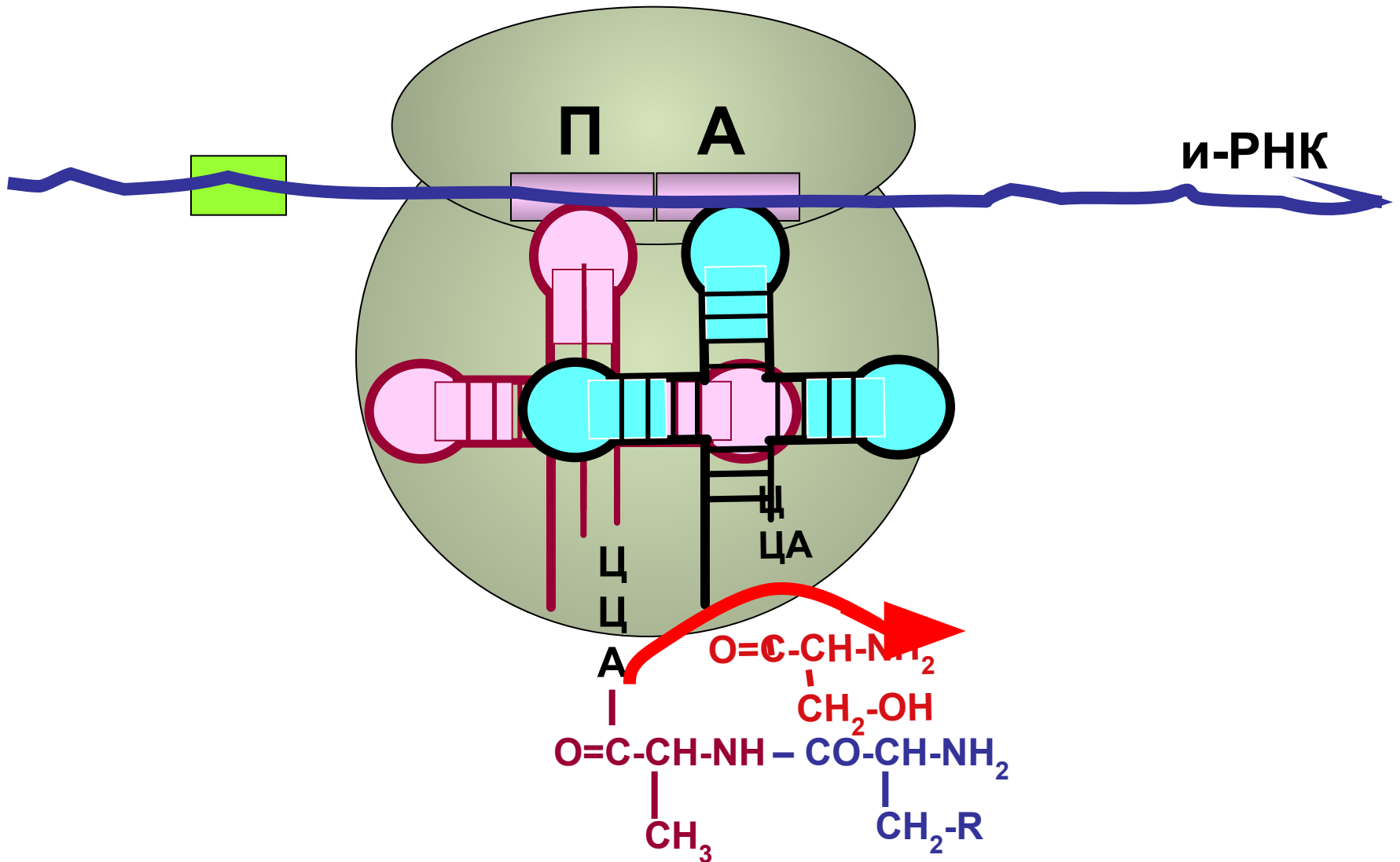
# Перемещение рибосомы вдоль и-РНК на один триплет (кодон)



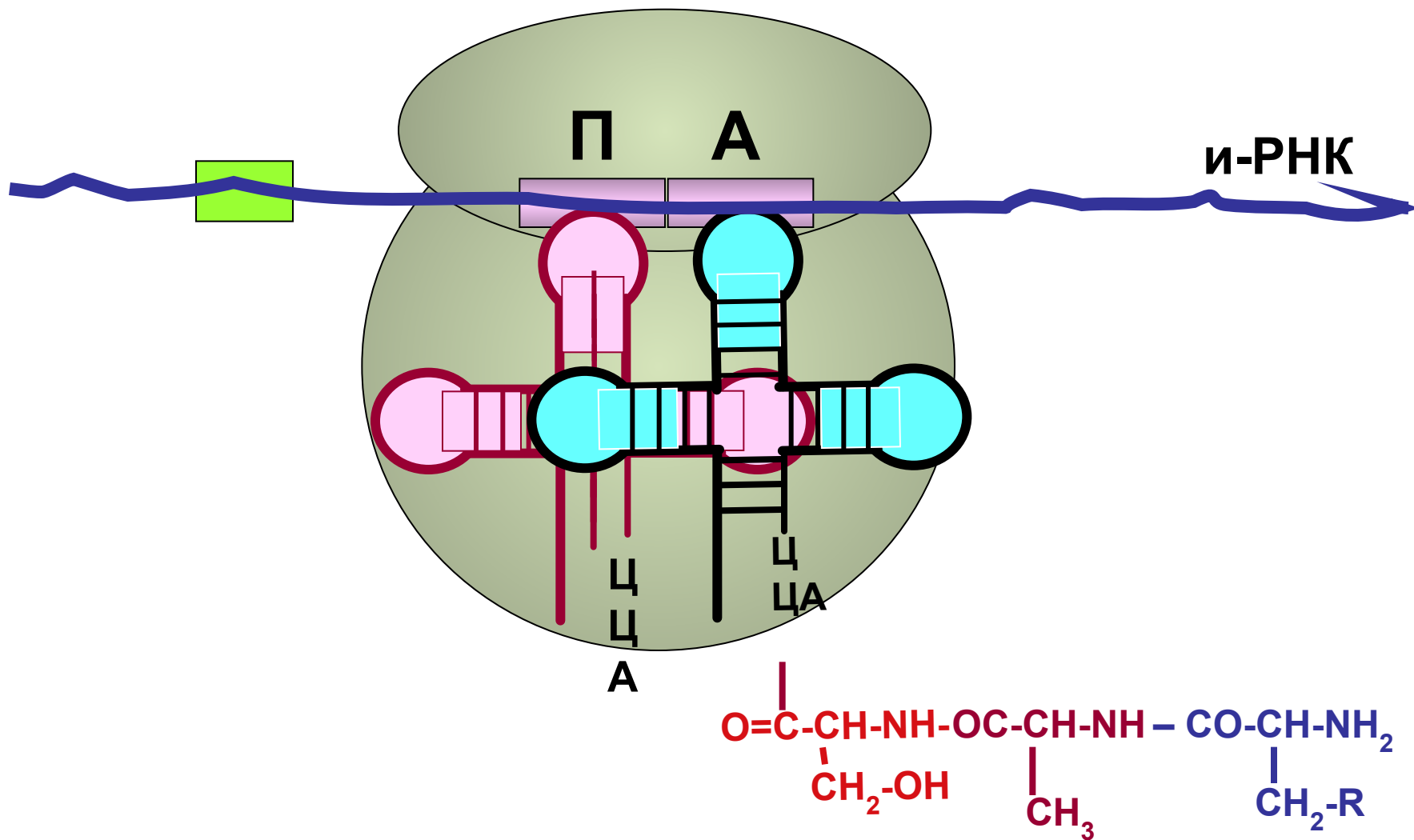
# Повторение цикла элонгации. Присоединение третьей т-РНК к А-центру рибосомы



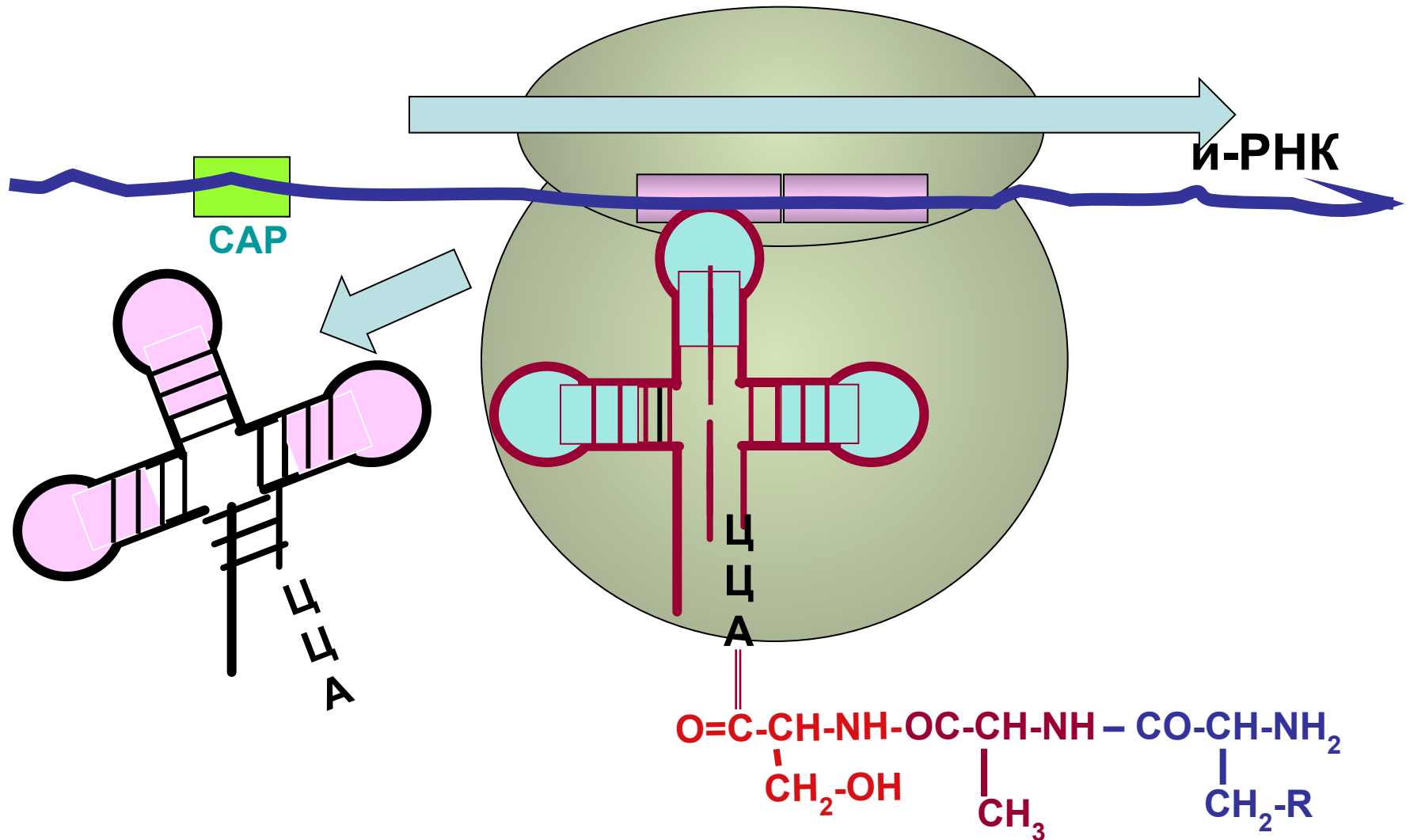
Перенос дипептида на третью аминокислоту ферментом пептидилтрансферазой.



# Образование трипептида



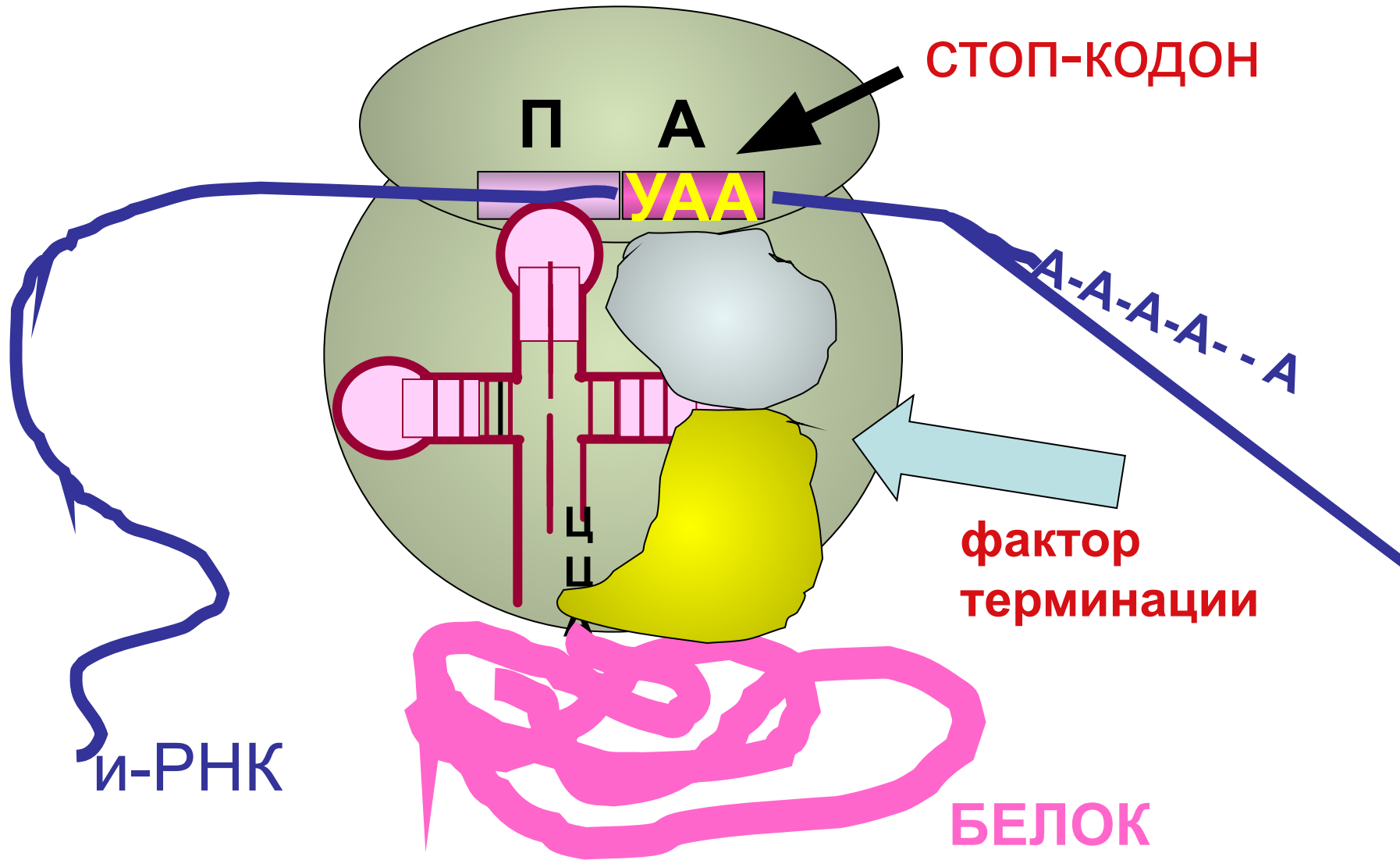
# Перемещение рибосомы вдоль и-РНК на один триплет (кодон)



# Стадия терминации

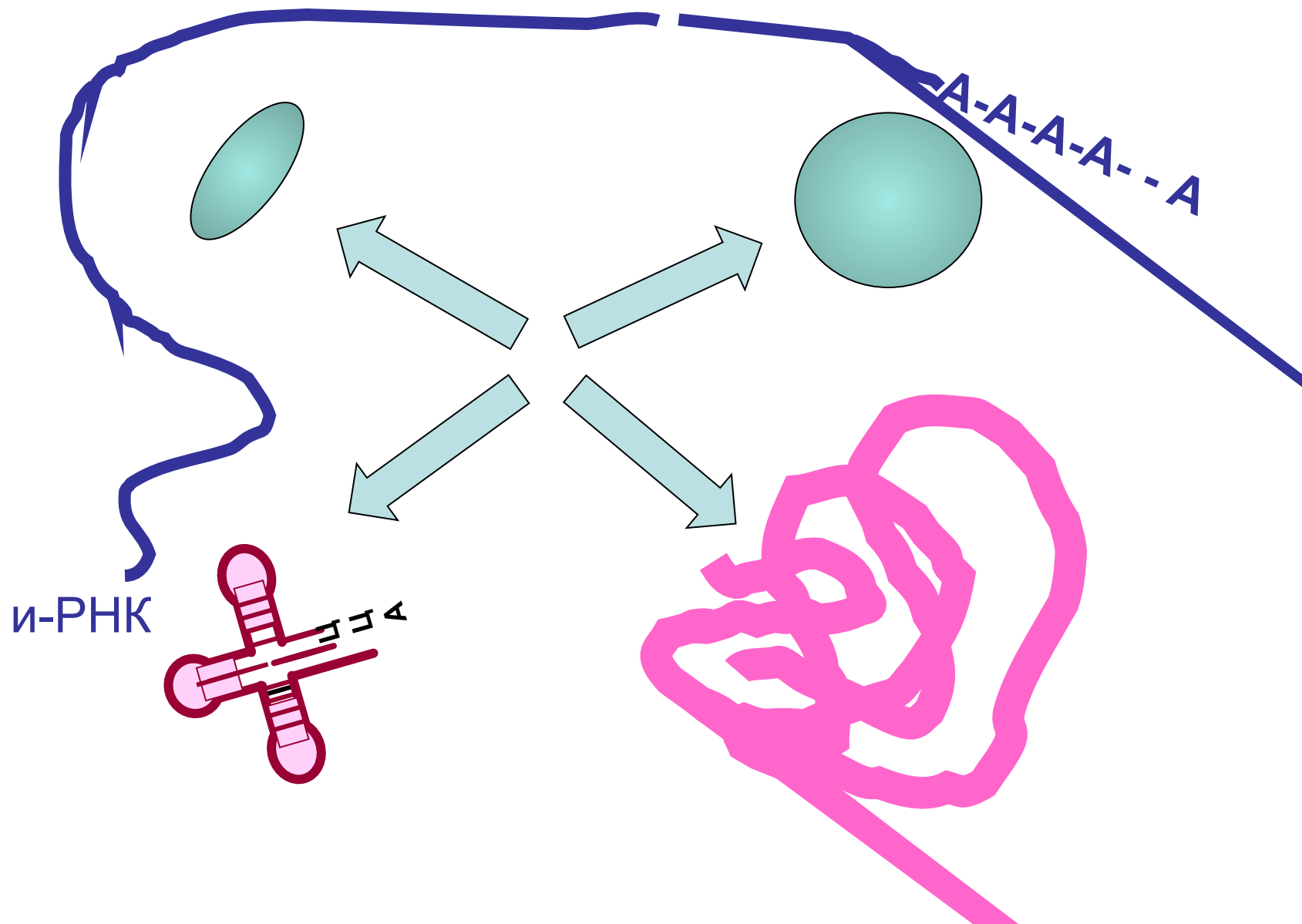


Остановка синтеза белка **фактором терминации**,  
при попадании в А-центр **стоп-кодона**.





# Распад белковосинтезирующего комплекса



# Трансамини- рование аминокислот

# Биологическая ценность аминокислот

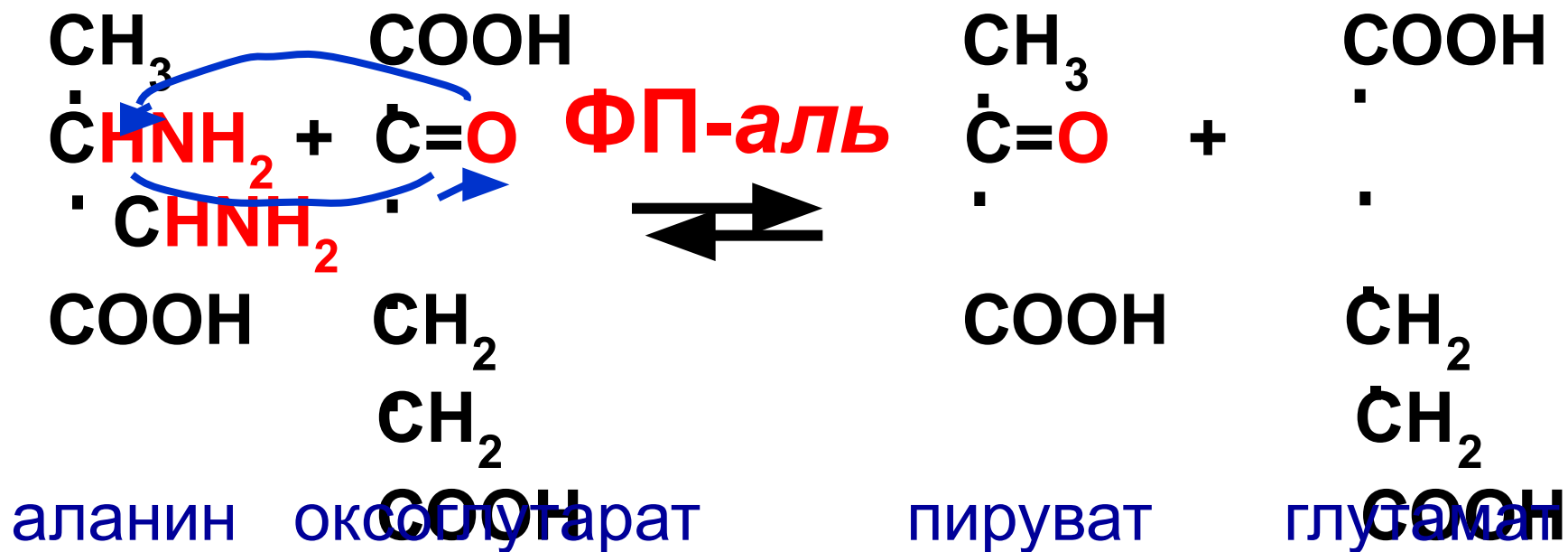
## заменяемые

пируват -----→ аланин  
глицерин- -----→ серин  
серин -----→ глицин  
аланин-----→ цистеин  
щук -----→ аспарагиновая к-та  
оксоглутаровая → глутаминовая к-та  
глутаминовая к-та -----→ пролин  
глутаминовая к-та -----→ гистидин  
фенилаланин -----→ тирозин

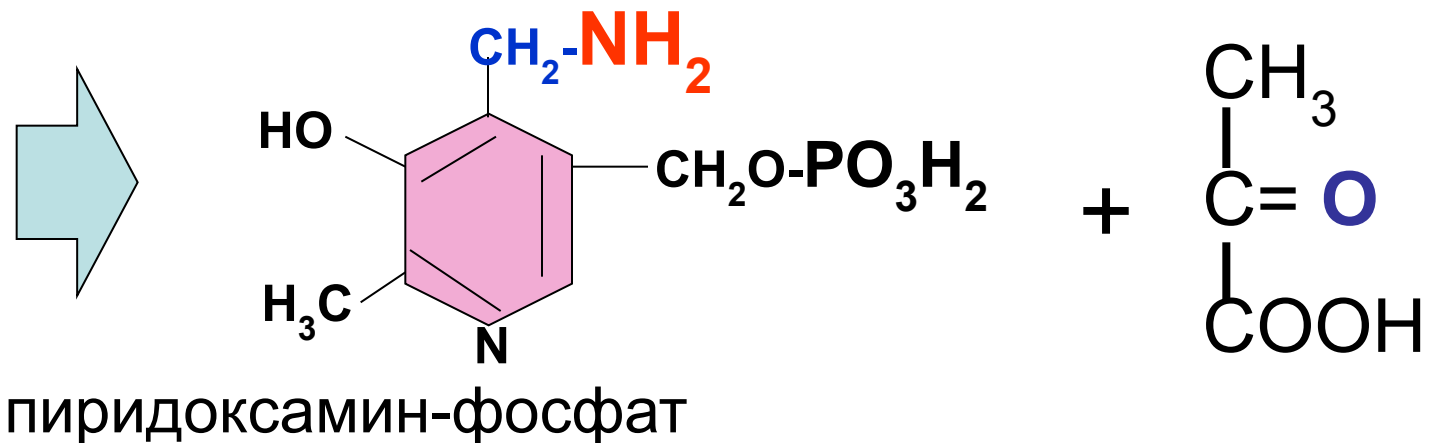
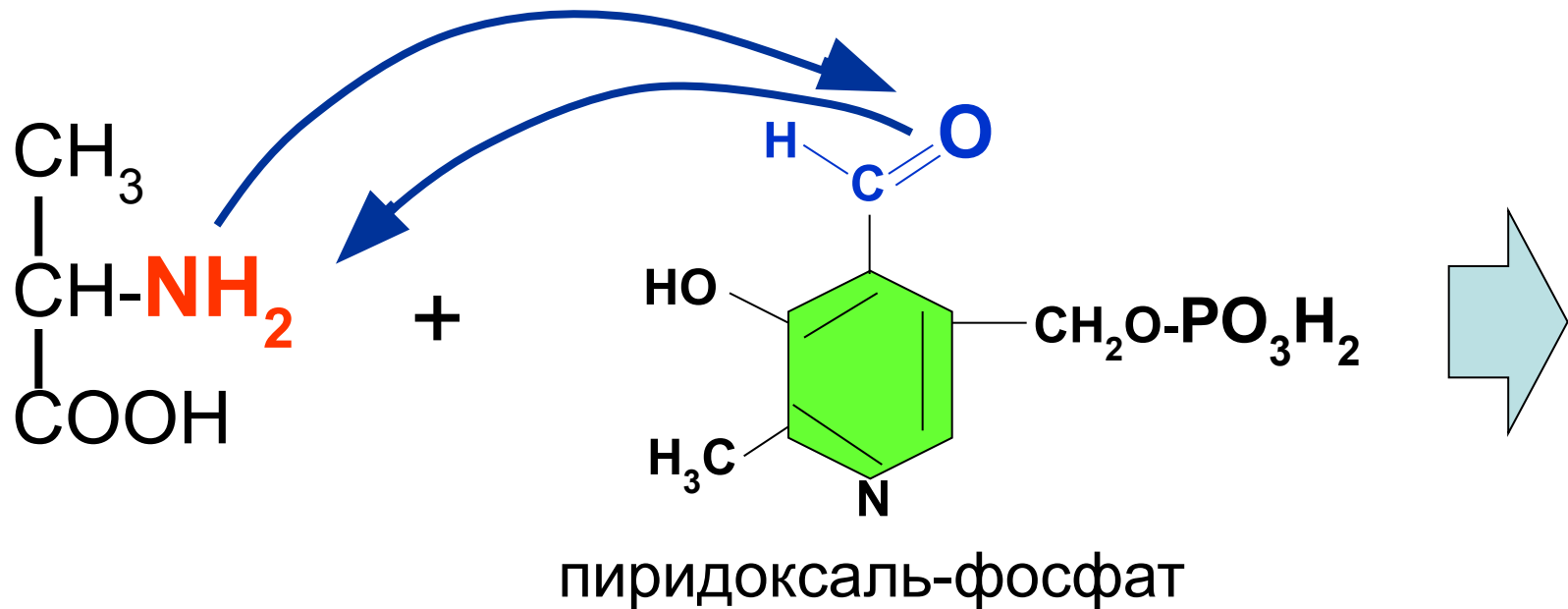
## незаменимые

треонин  
метионин  
валин  
лейцин  
изолейцин  
лизин  
фенилаланин  
триптофан  
аргинин

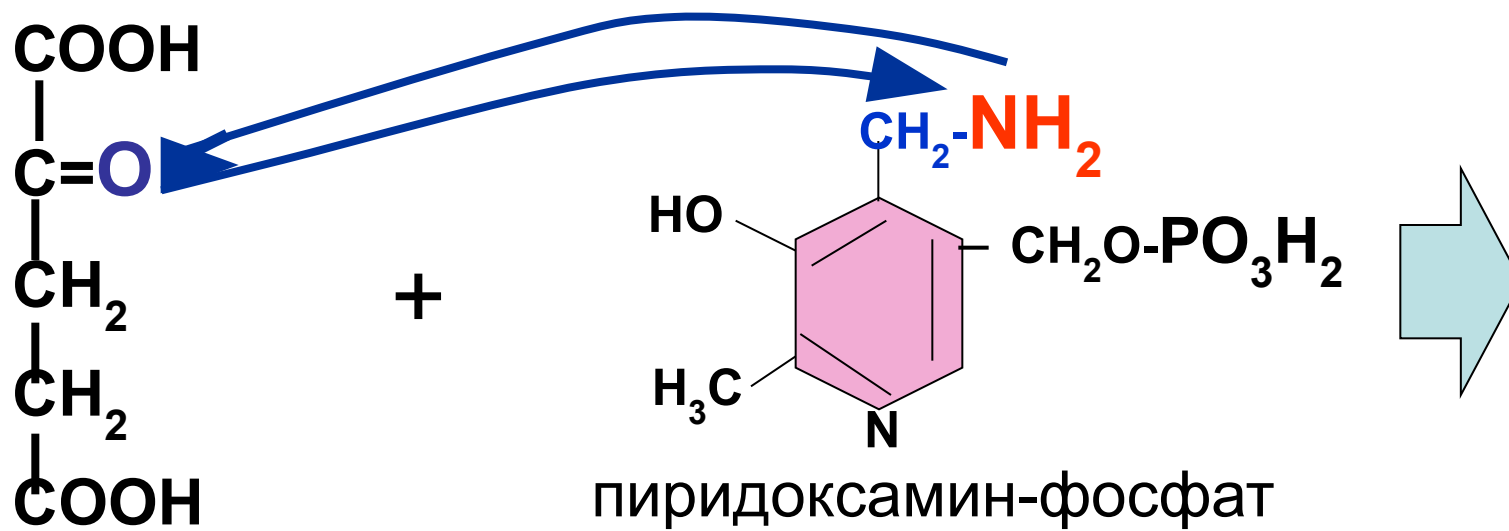
# Участие фосфопиридоксала в реакции трансаминирования



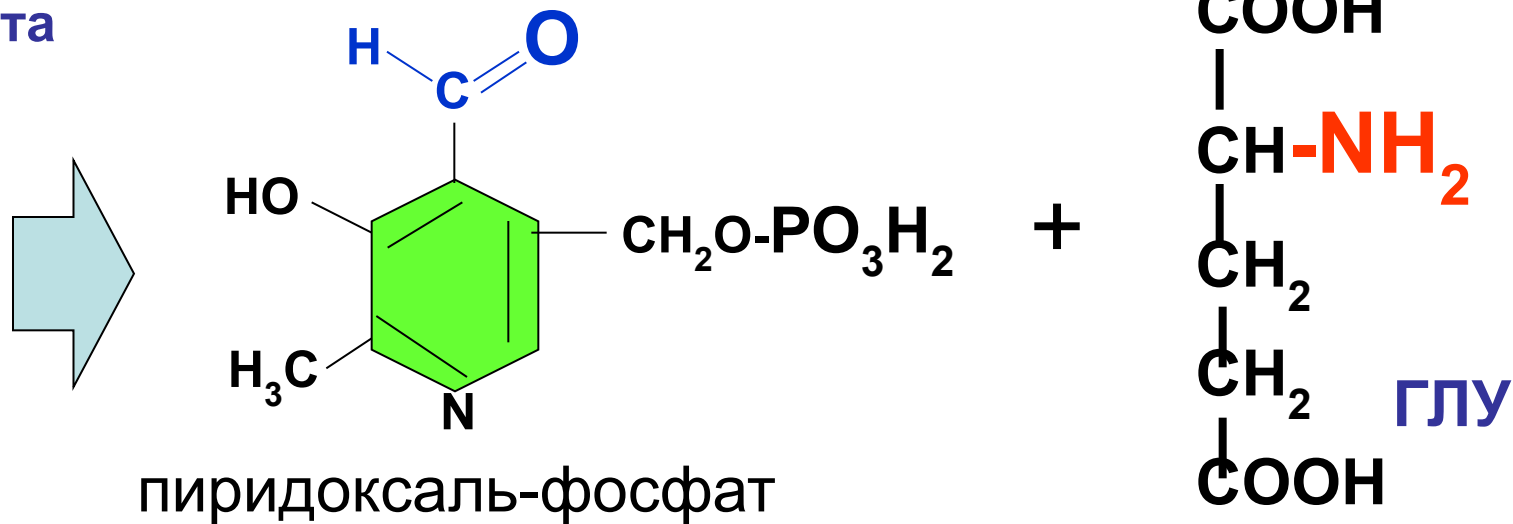
# 1. перенос аминогруппы на кофермент



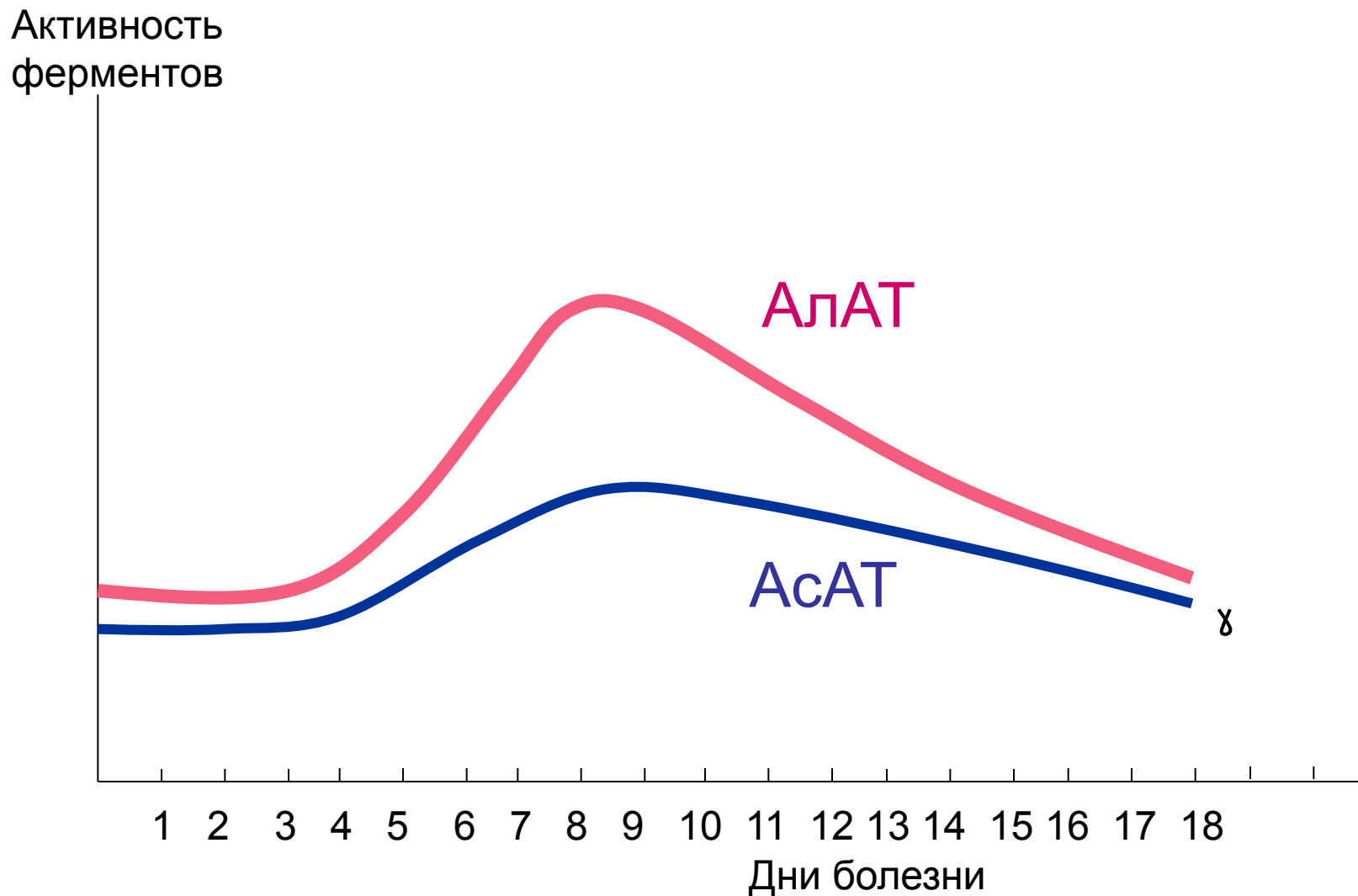
## 2. перенос аминогруппы на кетокислоту



оксоглутаровая  
к-та



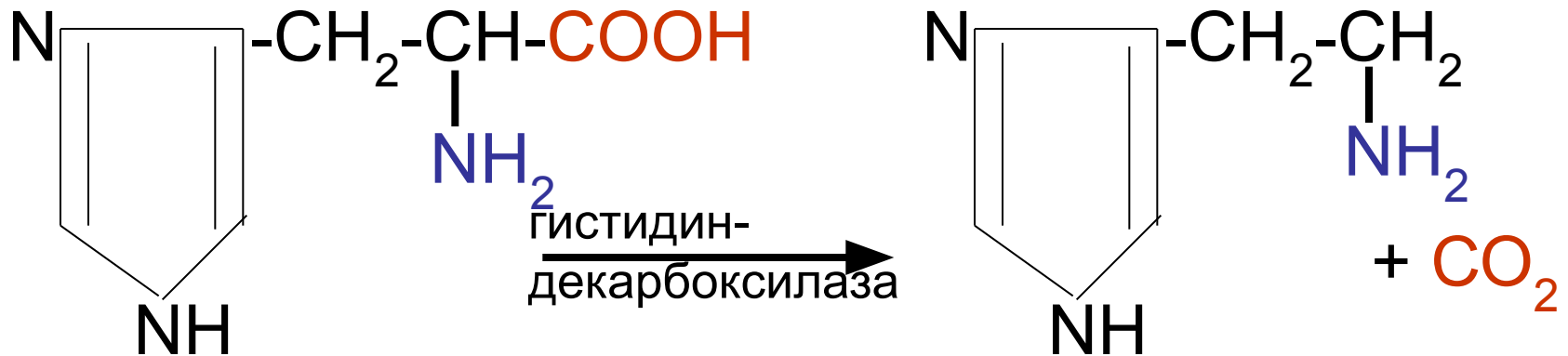
# Динамика повышения активности АсАТ и АлАТ крови при гепатите



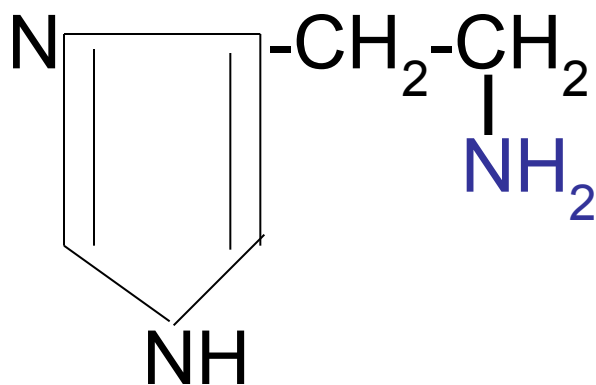
Декарбоксилирование  
аминокислот  
(образование  
биологически-  
активных аминов)



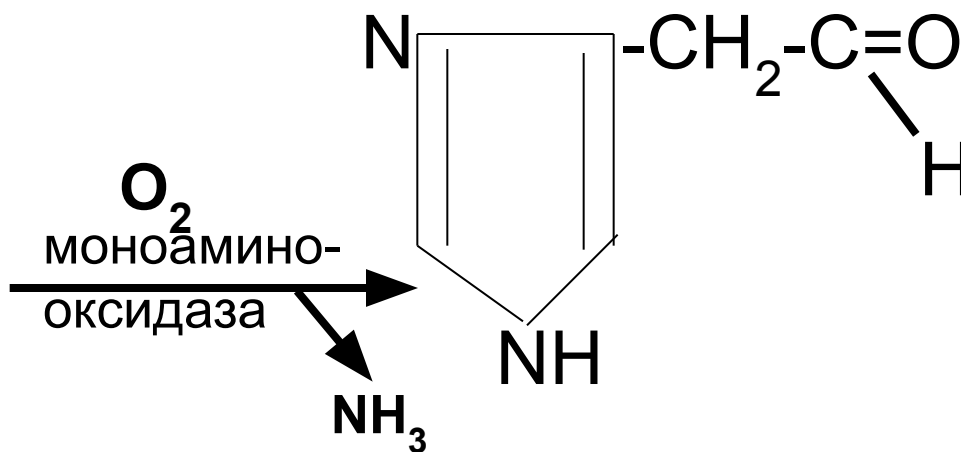
# Образование гистамина



# Окисление гистамина

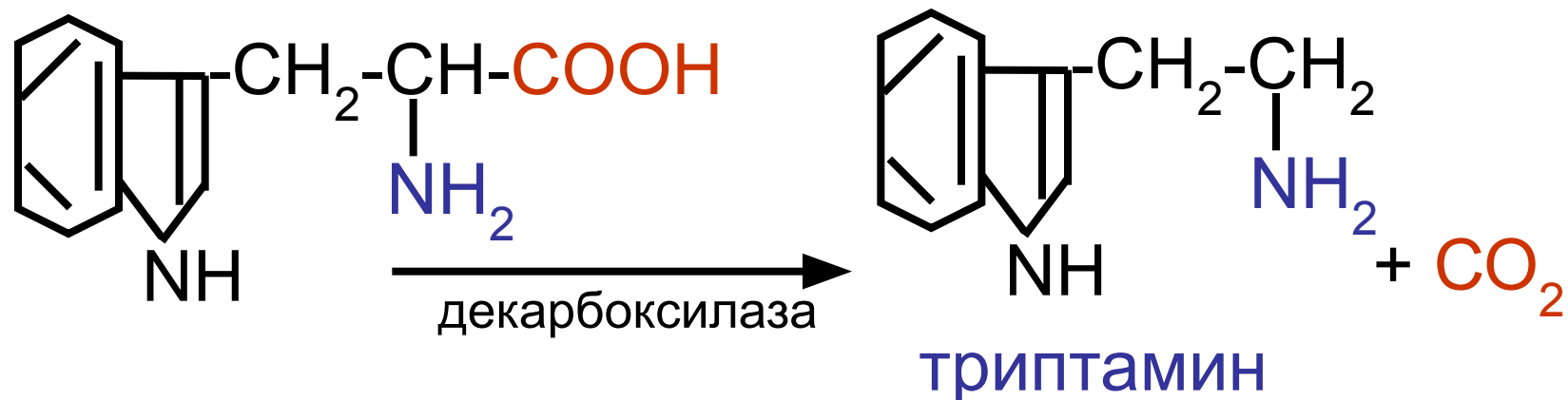


гистамин

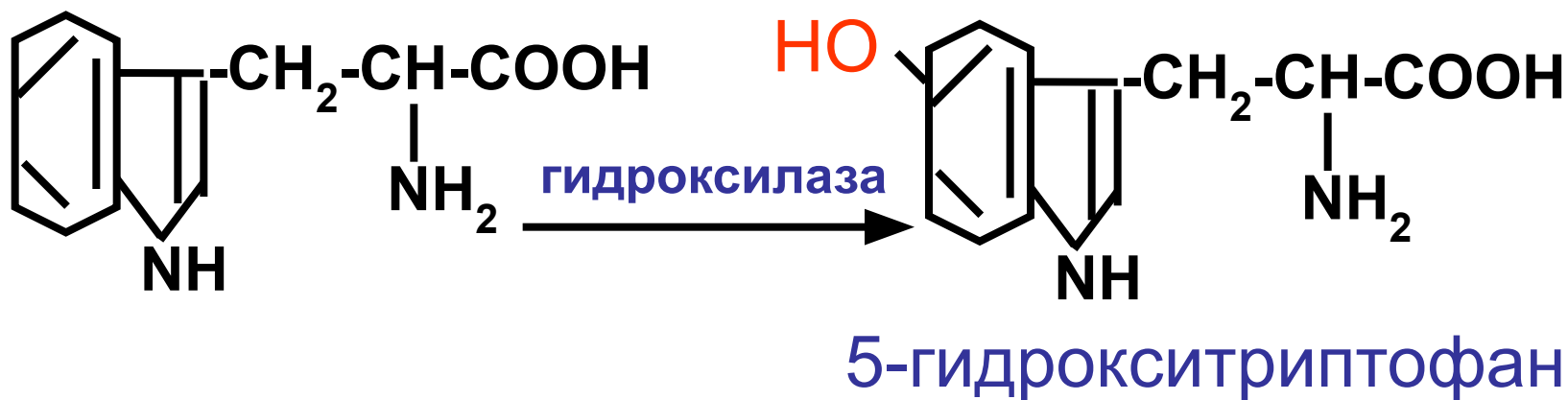


имидазолацетальдегид

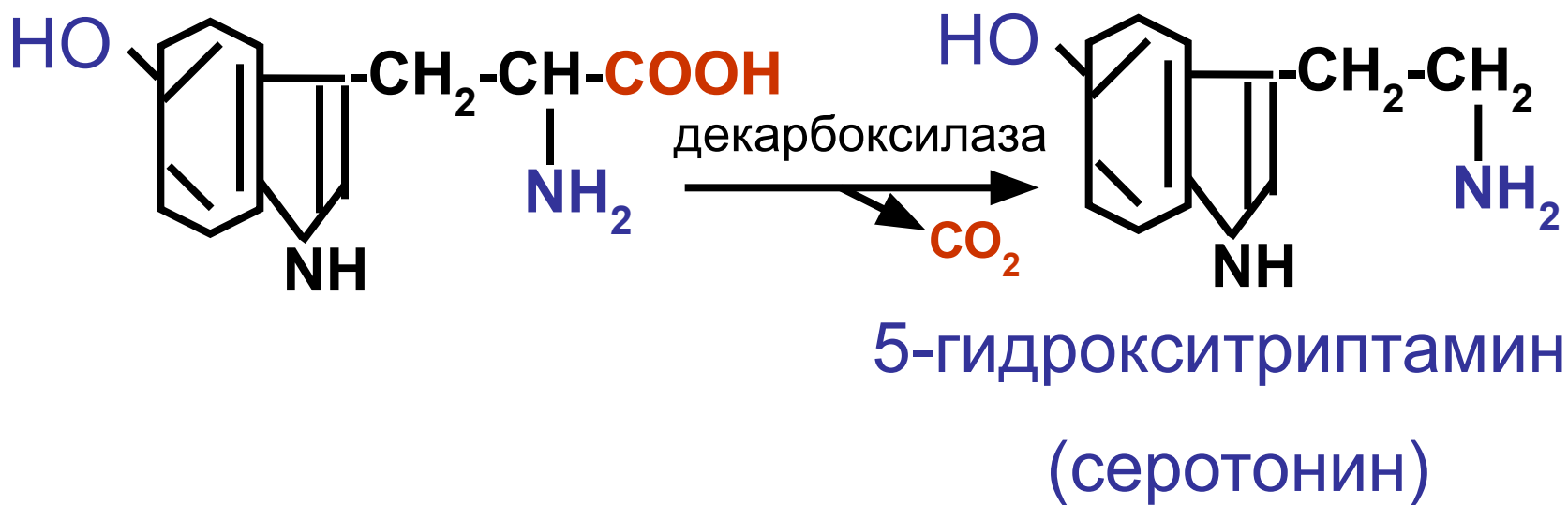
# декарбоксилирование триптофана



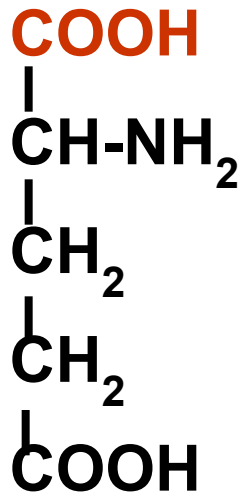
# гидроксилирование триптофана



# синтез серотонина

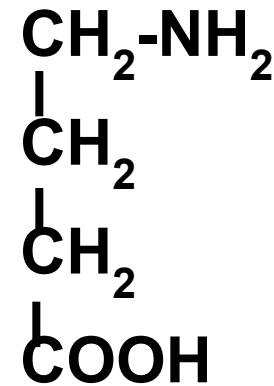


# Декарбоксилирование глутаминовой КИСЛОТЫ



глутаминовая  
кислота

декарбоксилаза

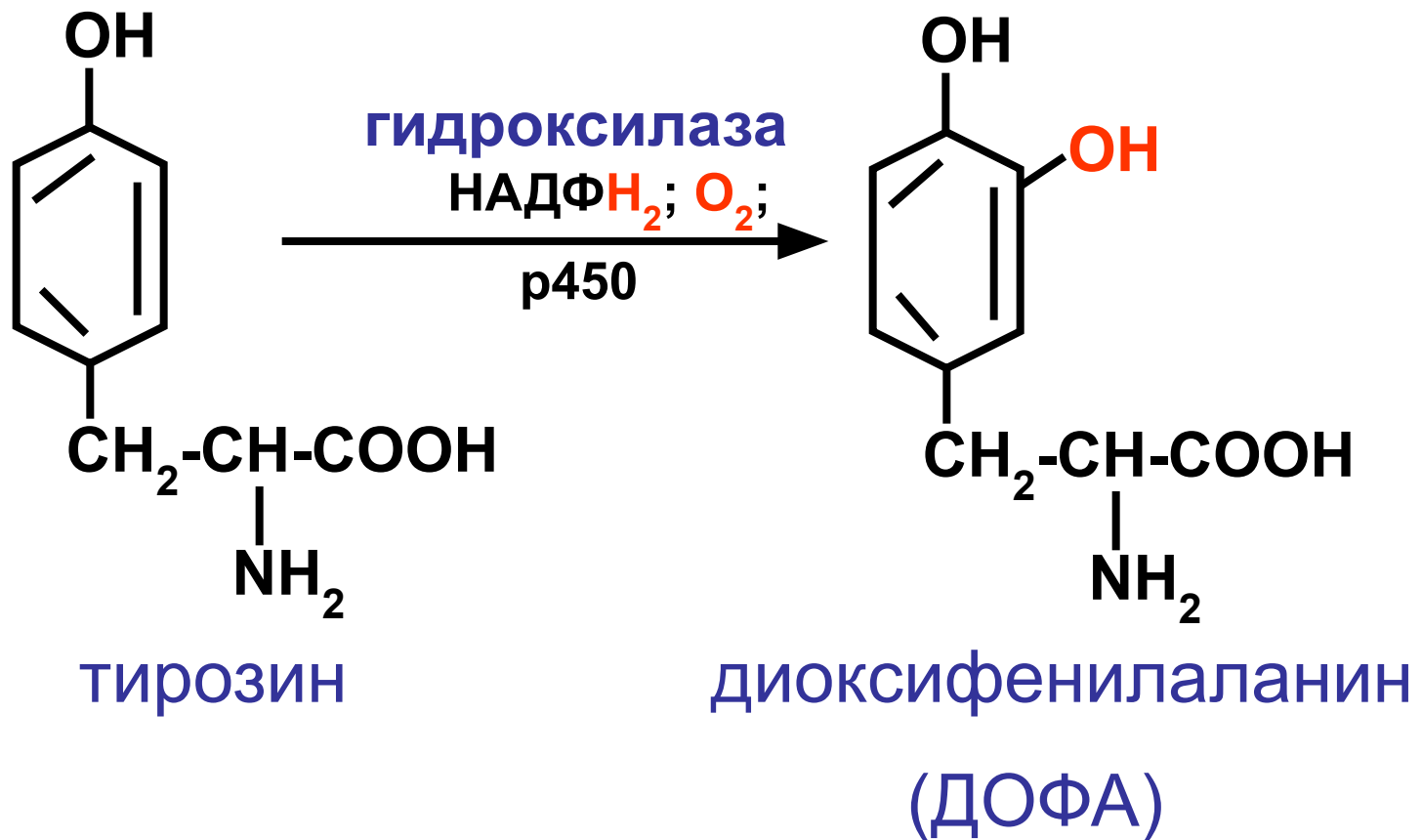


+ CO<sub>2</sub>

гамма-аминомасляная  
кислота (ГАМК)

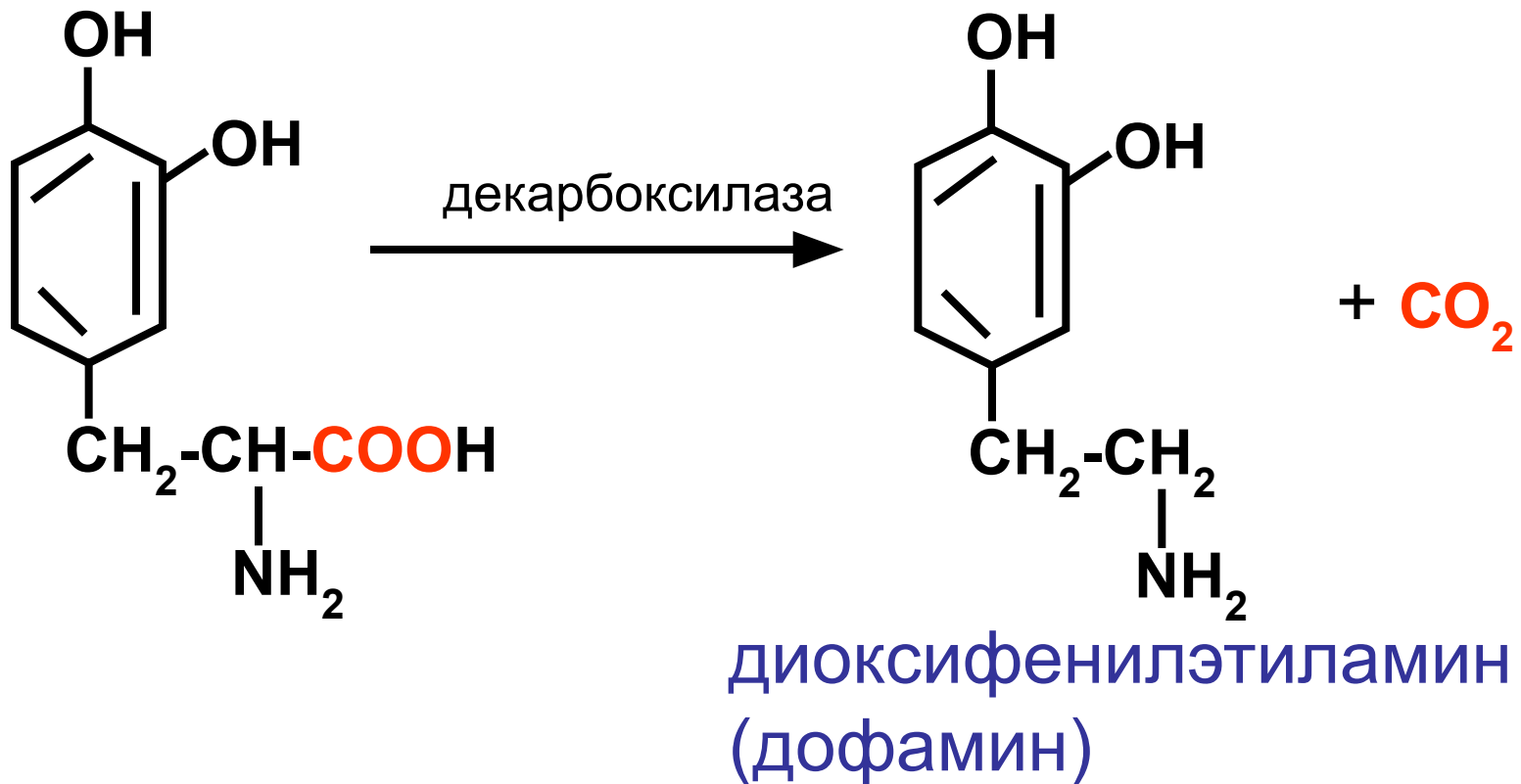
# Синтез норадреналина и адреналина

## 1 этап: гидроксирование тирозина



# Синтез норадреналина и адреналина

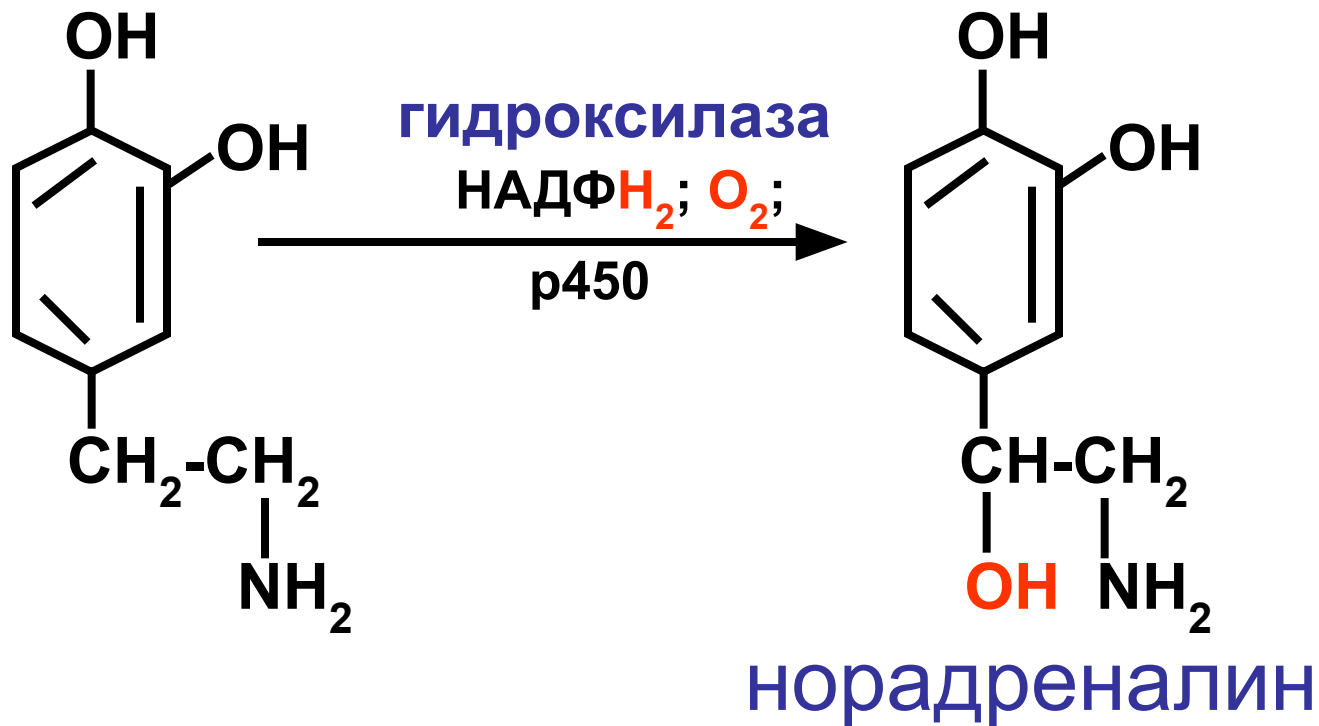
## 2 этап: декарбоксилирование диоксифенилаланина



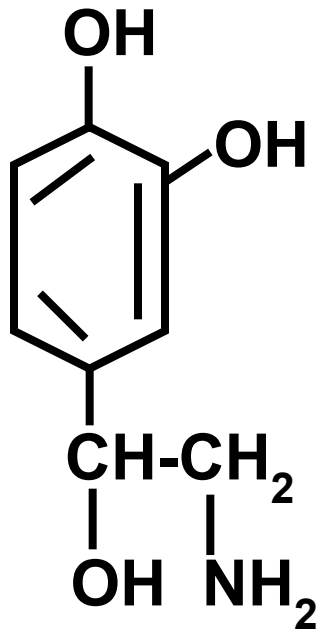


# Синтез норадреналина и адреналина

## 3 этап: образование норадреналина

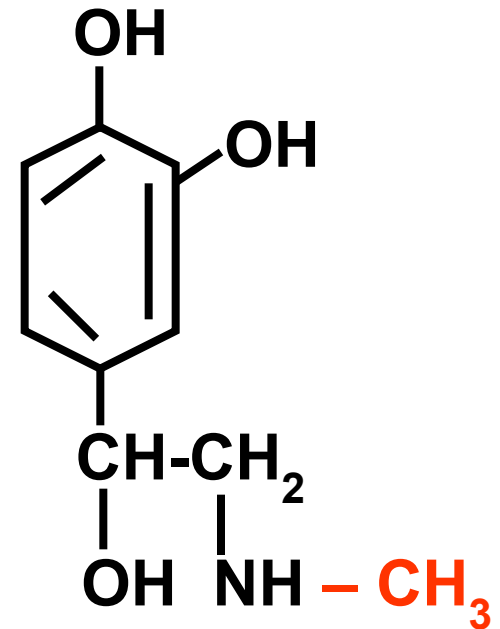


# Синтез адреналина



норадреналин

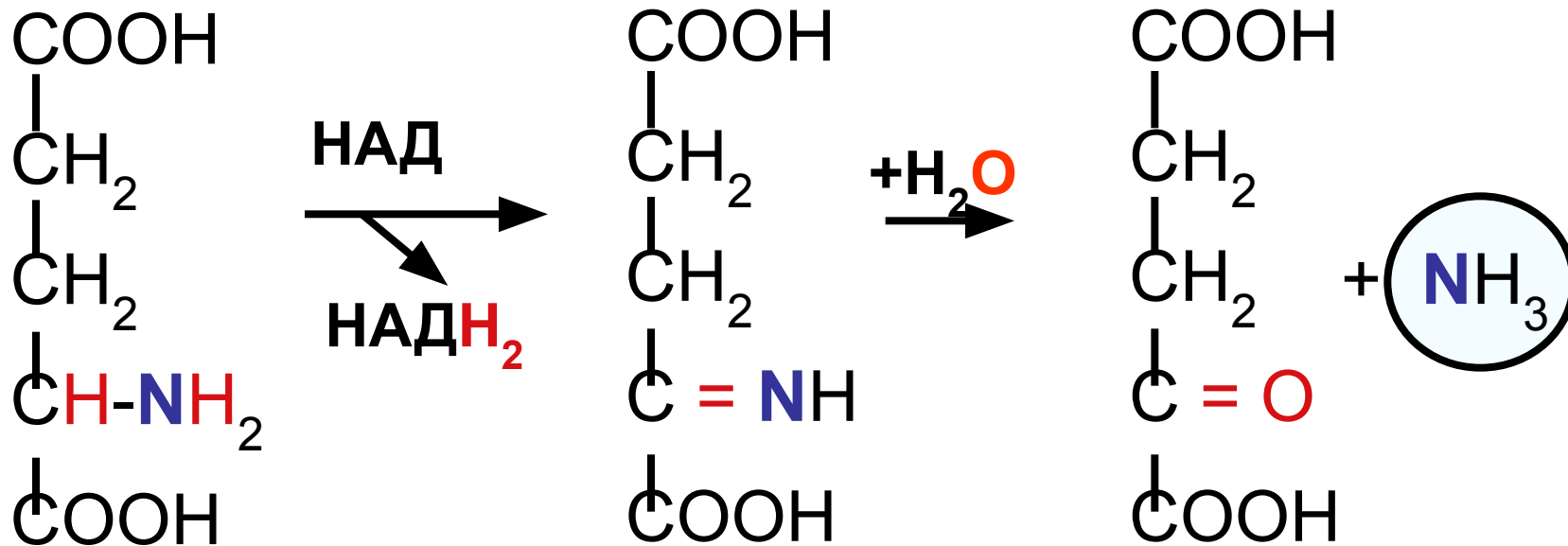
метил-фолиевая  
кислота; вит. В<sub>12</sub>  
метионин



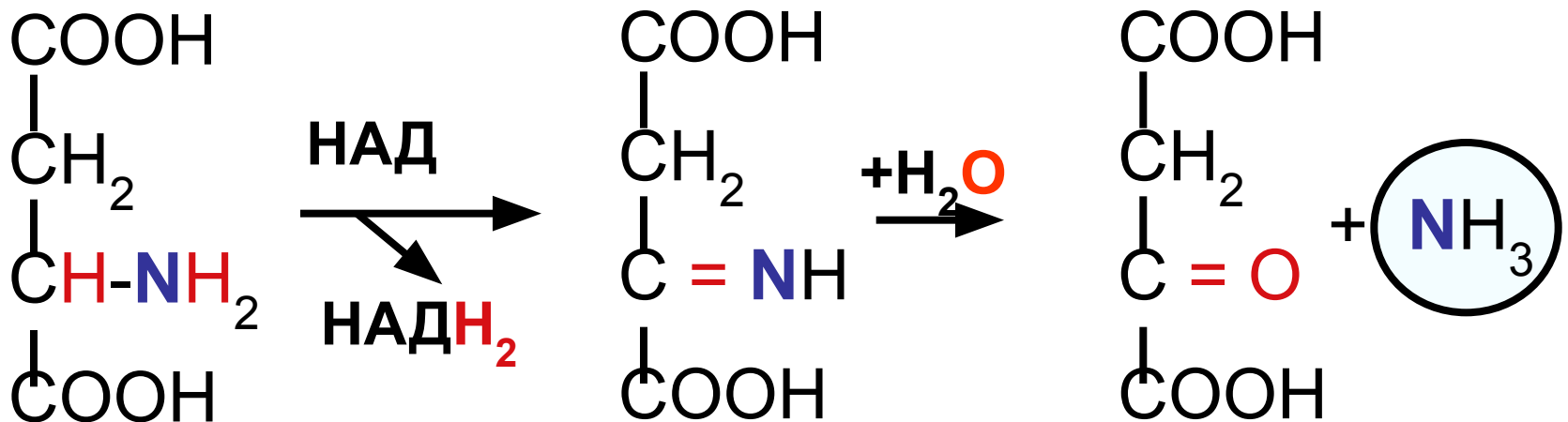
адреналин

**Окислительное  
дезаминирование  
аминокислот**

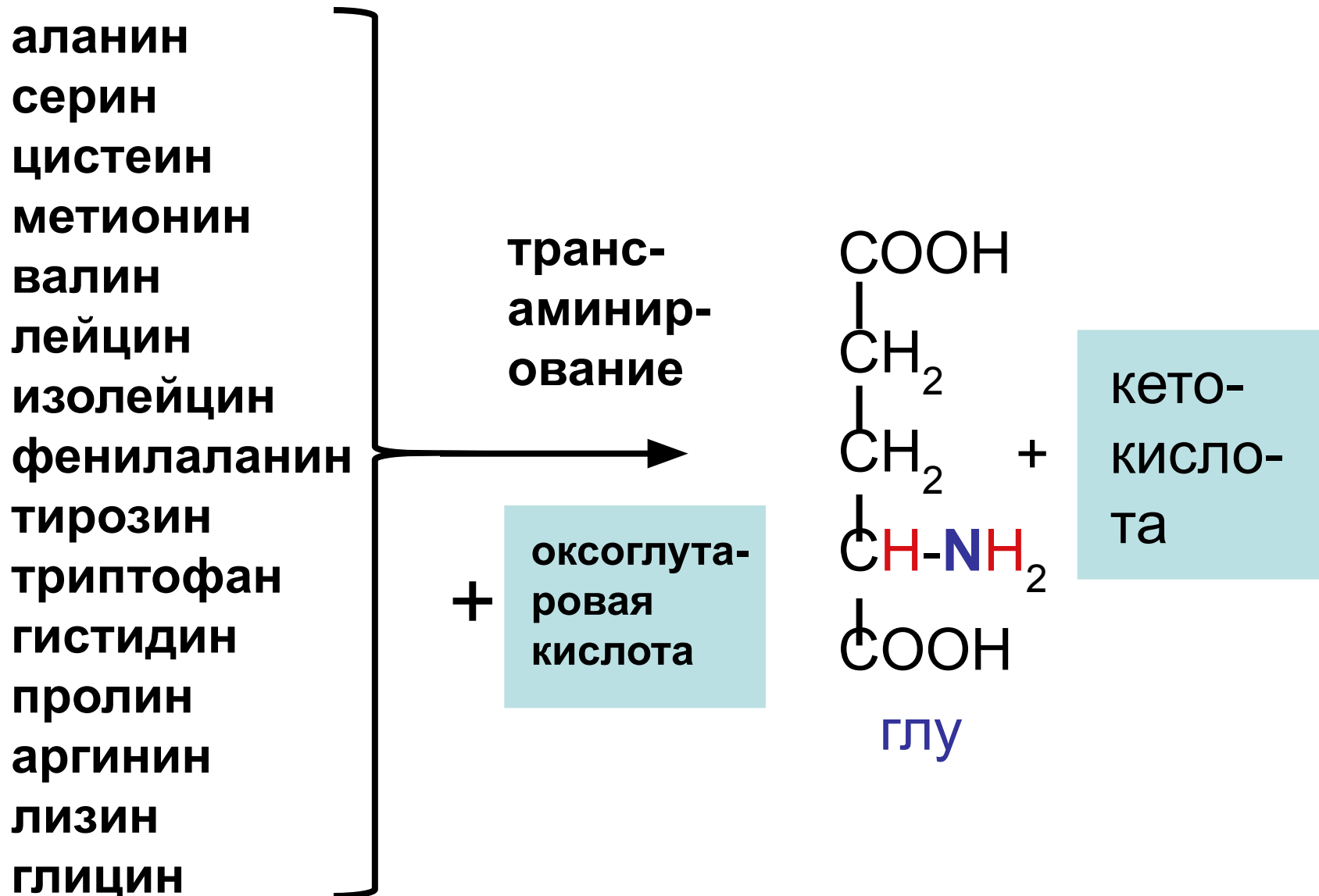
# Реакция окислительного дезаминирования глутаминовой кислоты



# Реакция окислительного дезаминирования аспарагиновой кислоты



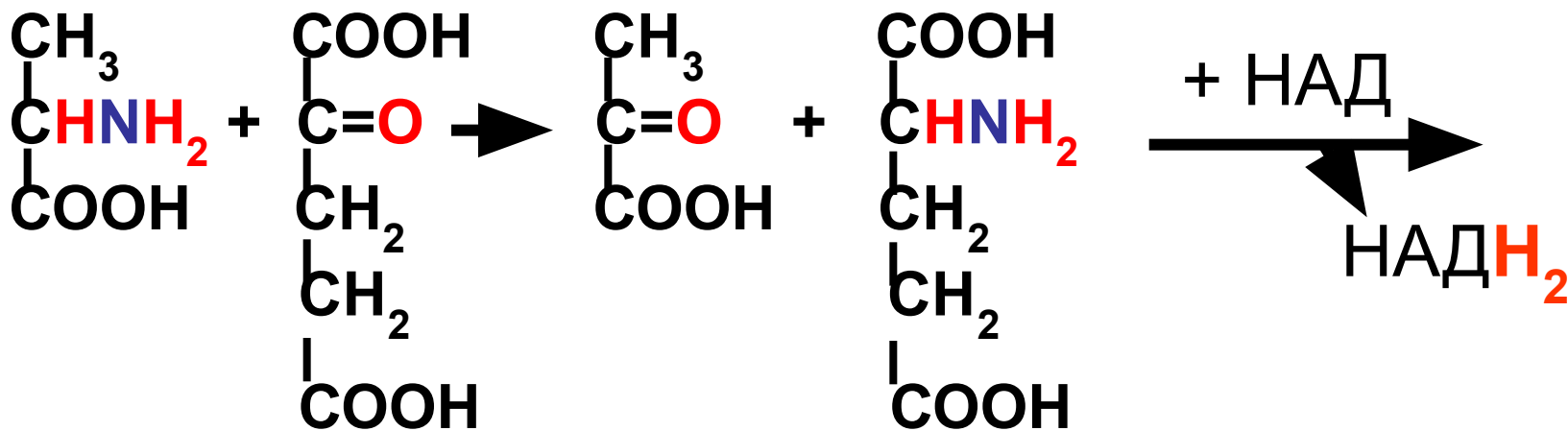
## Связь трансаминирования с окислительным дезаминированием



# Связь трансаминирования с окислительным дезаминированием

трансаминирование

окислительное  
дезаминирование



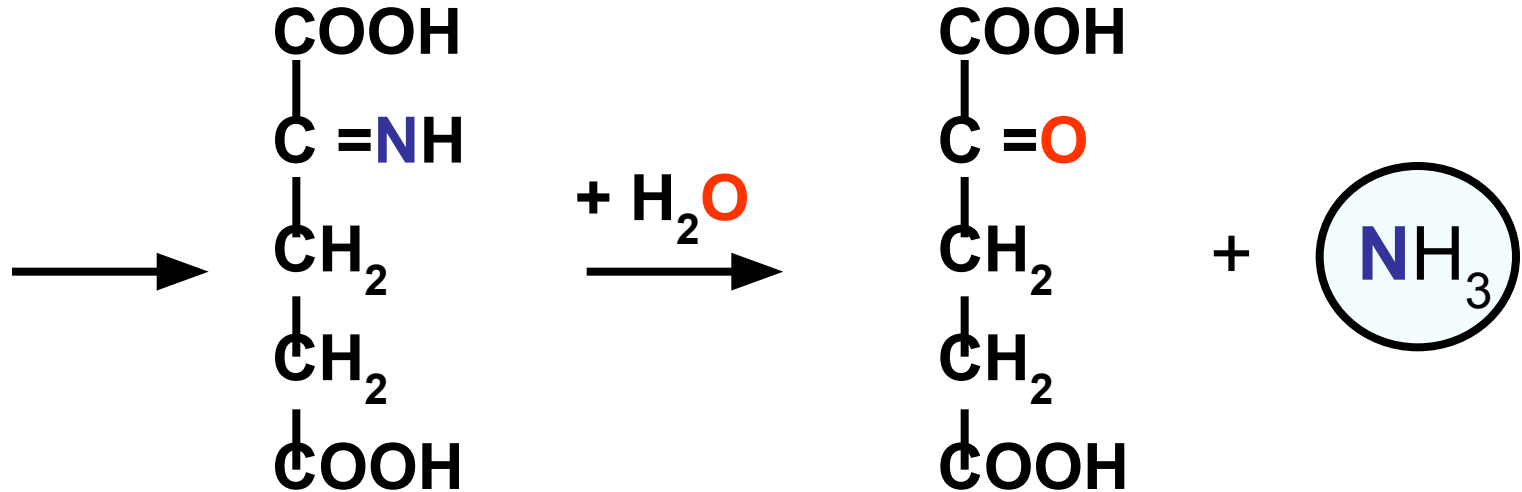
аланин

оксоглутарат

пируват

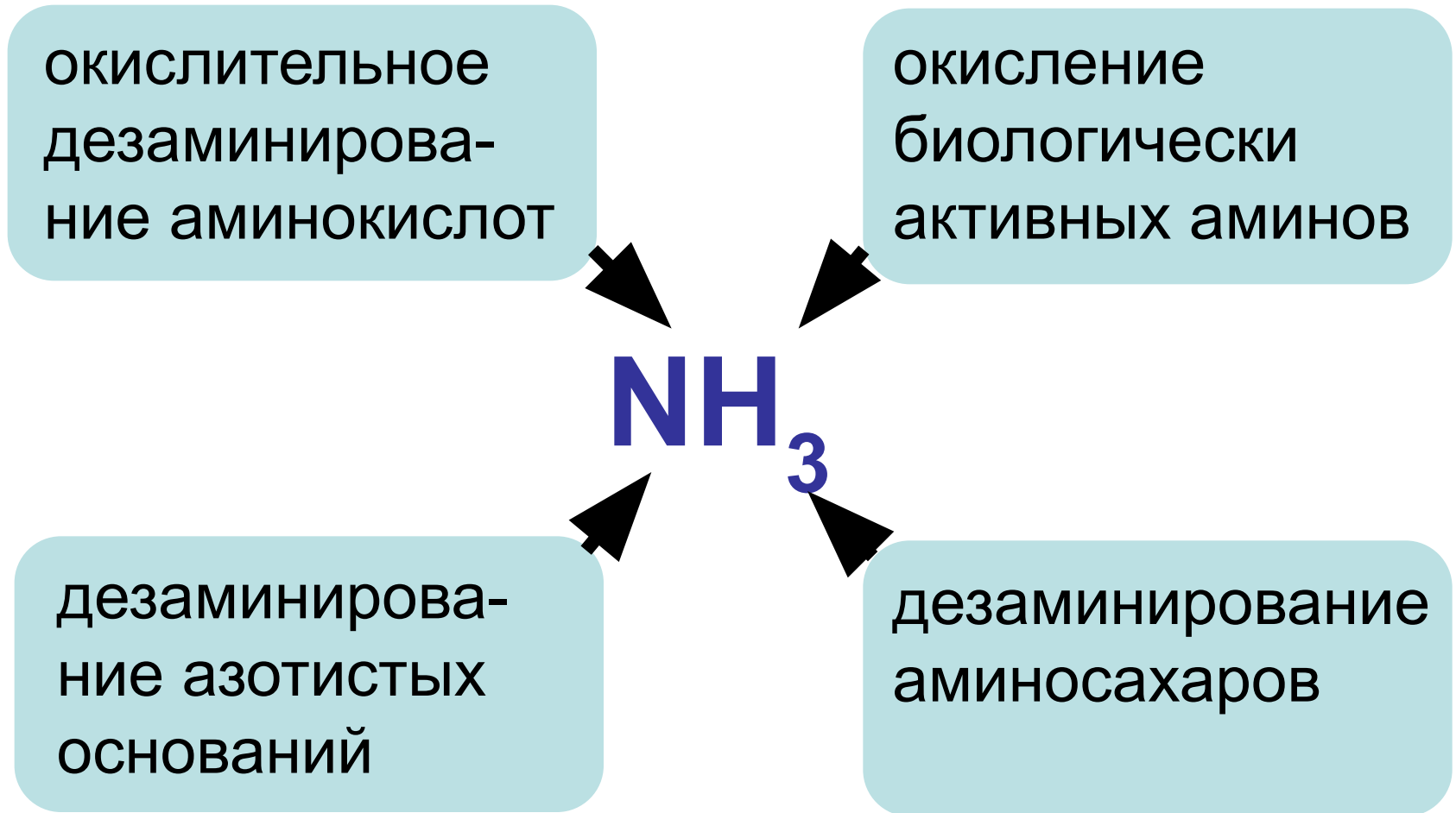
глутамат

# окислительное дезаминирование глутаминовой кислоты



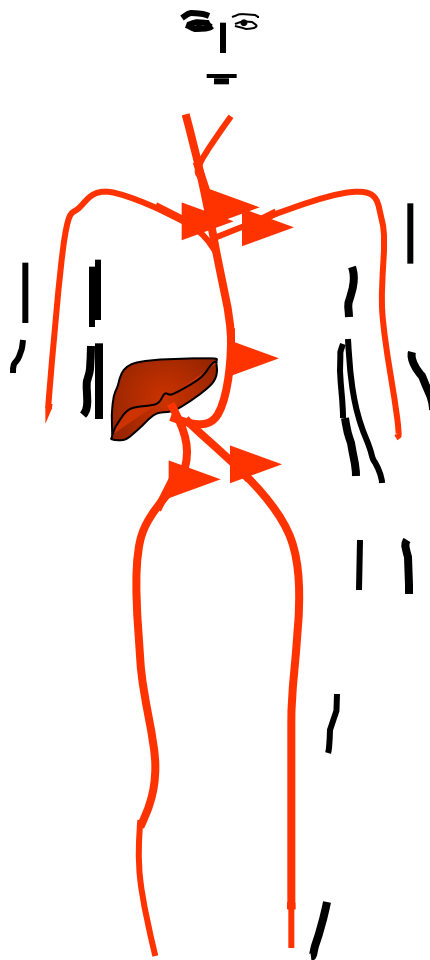


# метаболические источники аммиака в организме

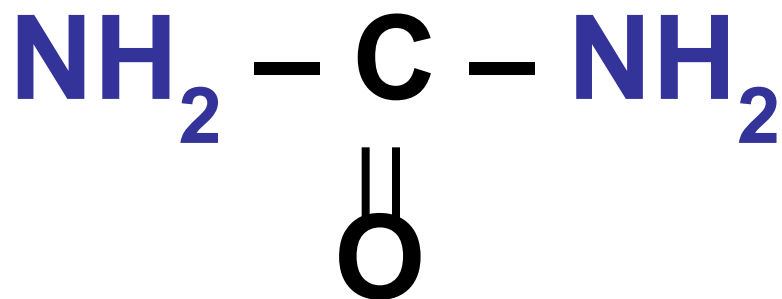
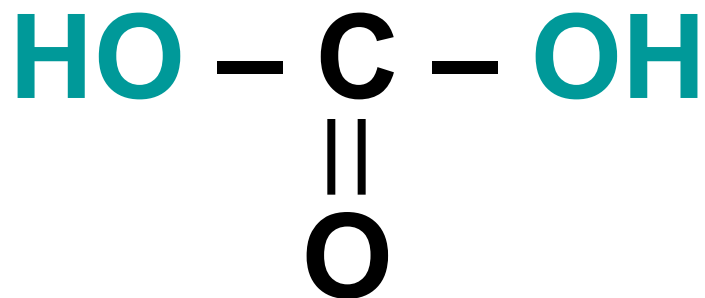


главный  
механизм  
обезвреживания  
аммиака в  
организме

Местом обезвреживания аммиака в организме  
( 20 г в сутки) является печень

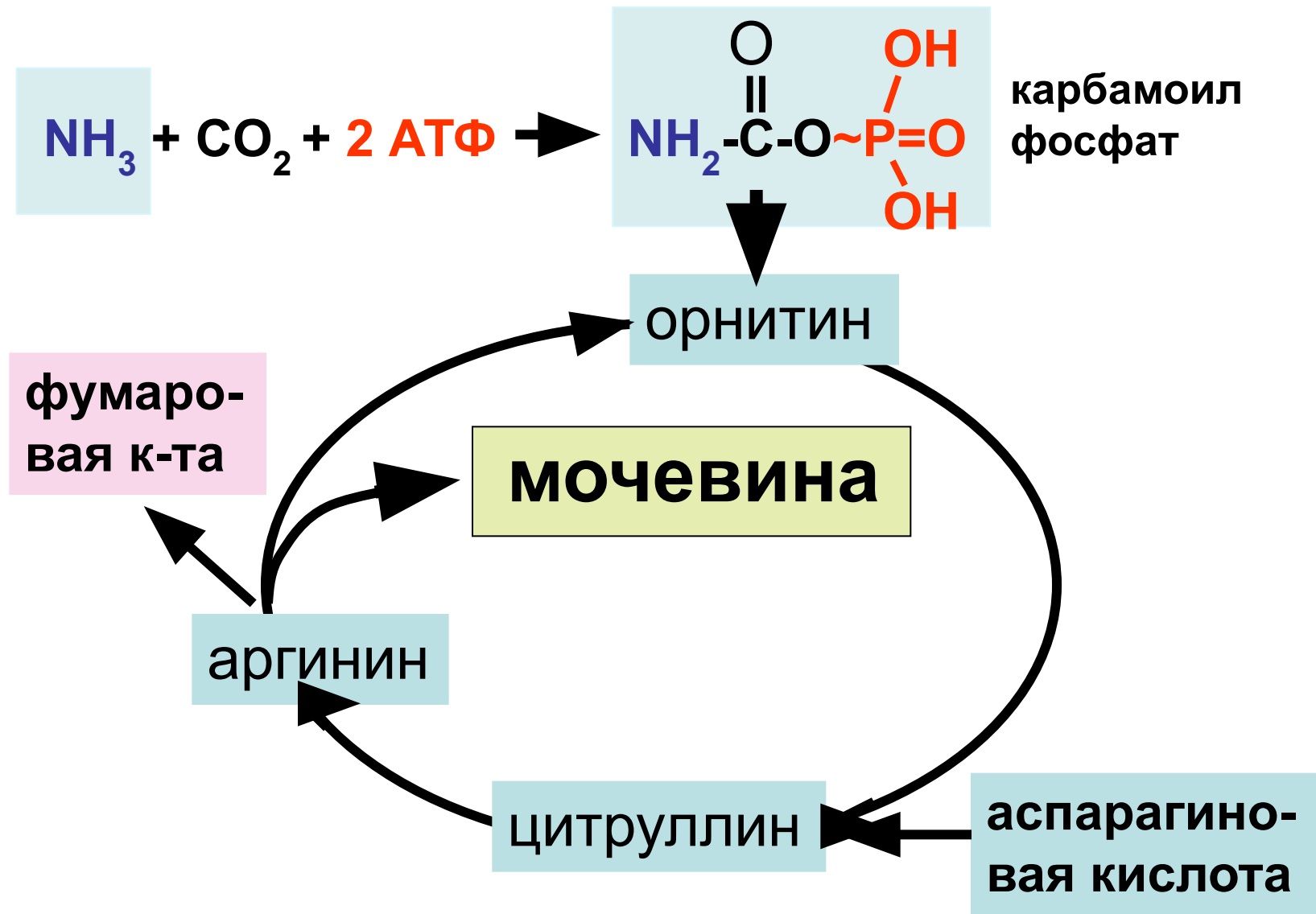


# структурные формулы угольной кислоты и мочевины

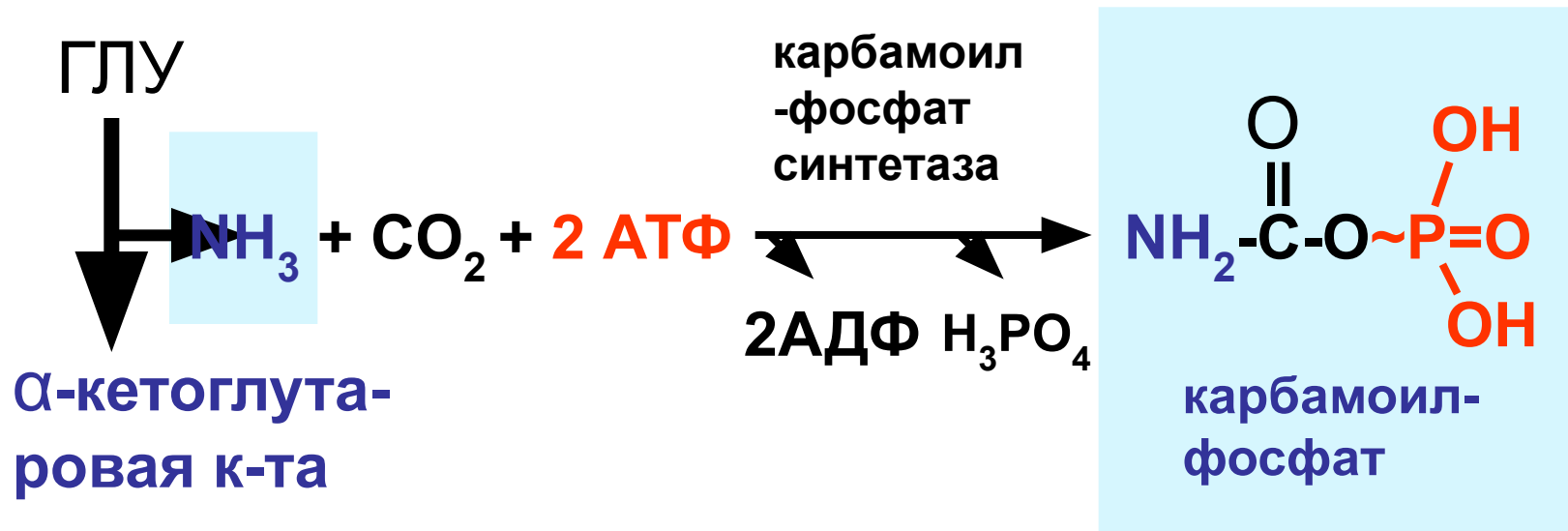


# **СИНТЕЗ МОЧЕВИНЫ**

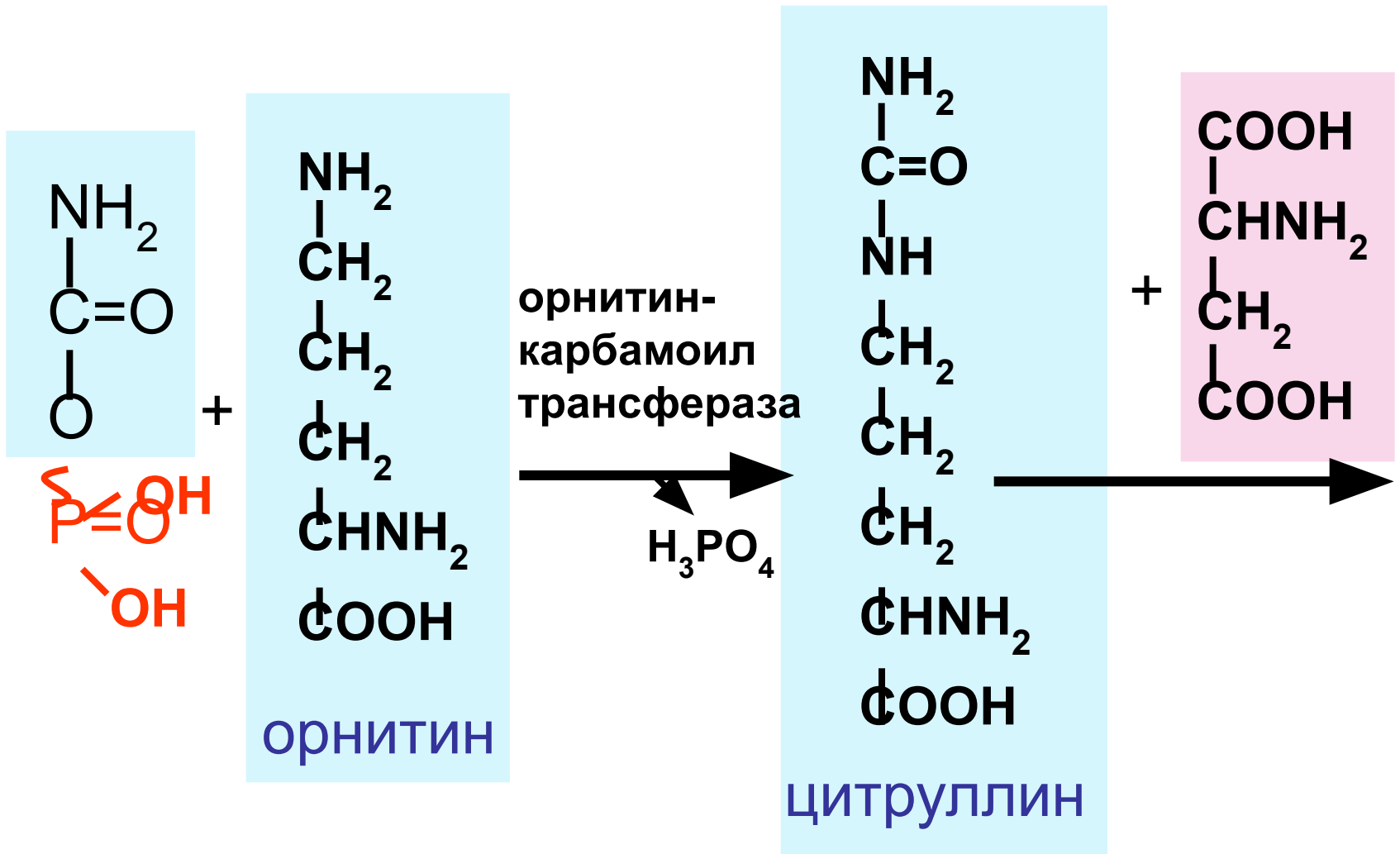
# Орнитиновый цикл



# образование карбамоилфосфата

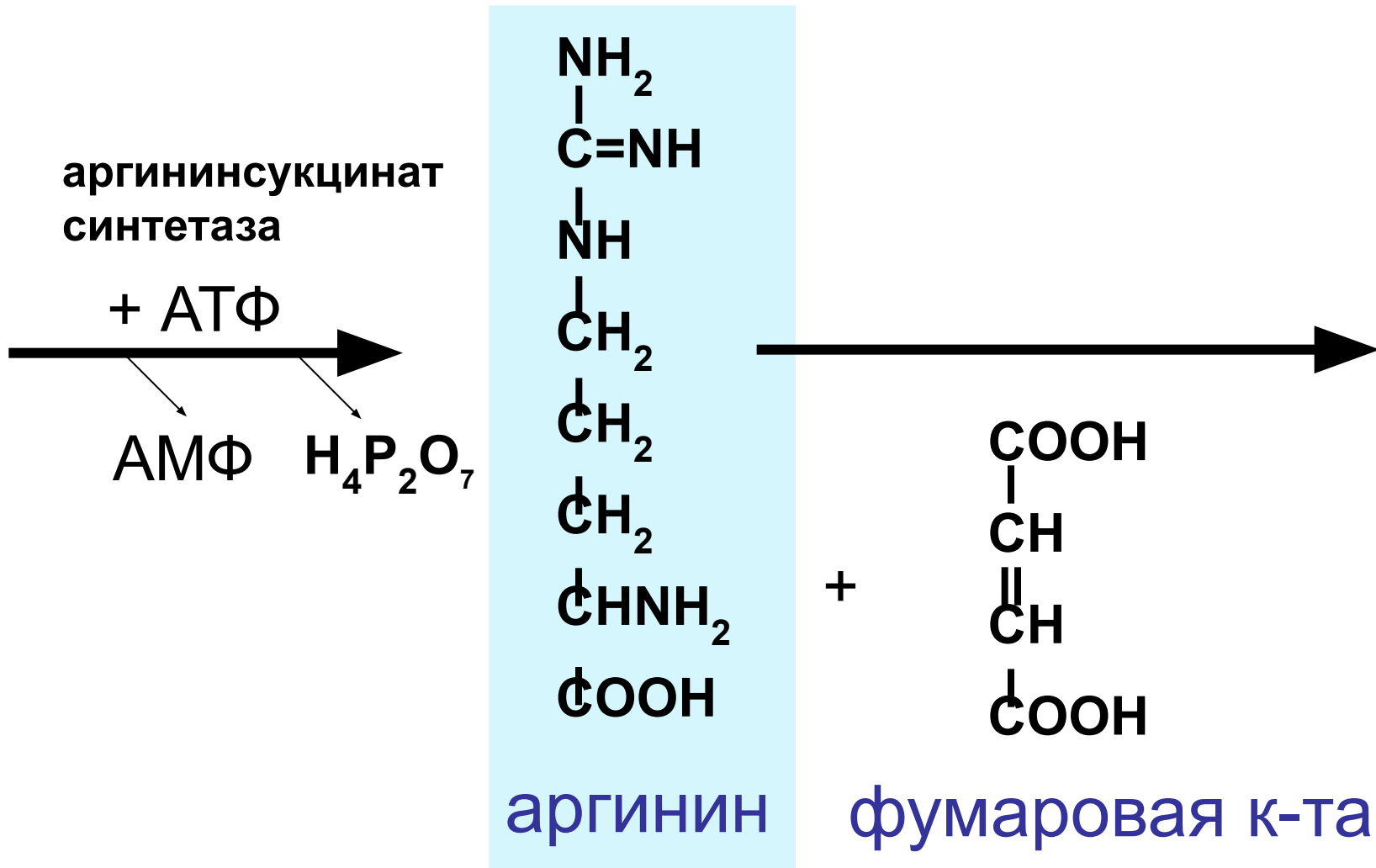


# синтез цитруллина

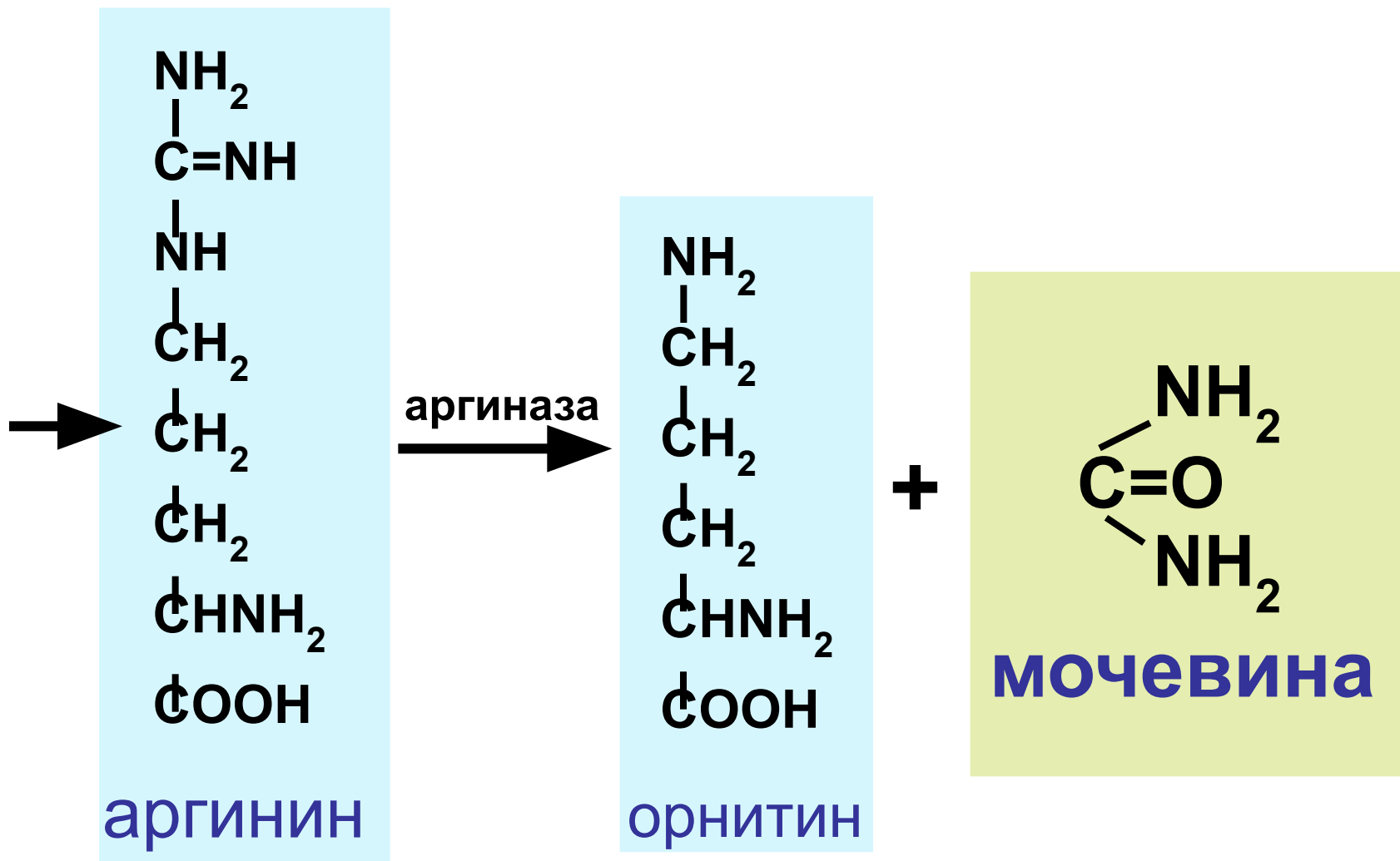




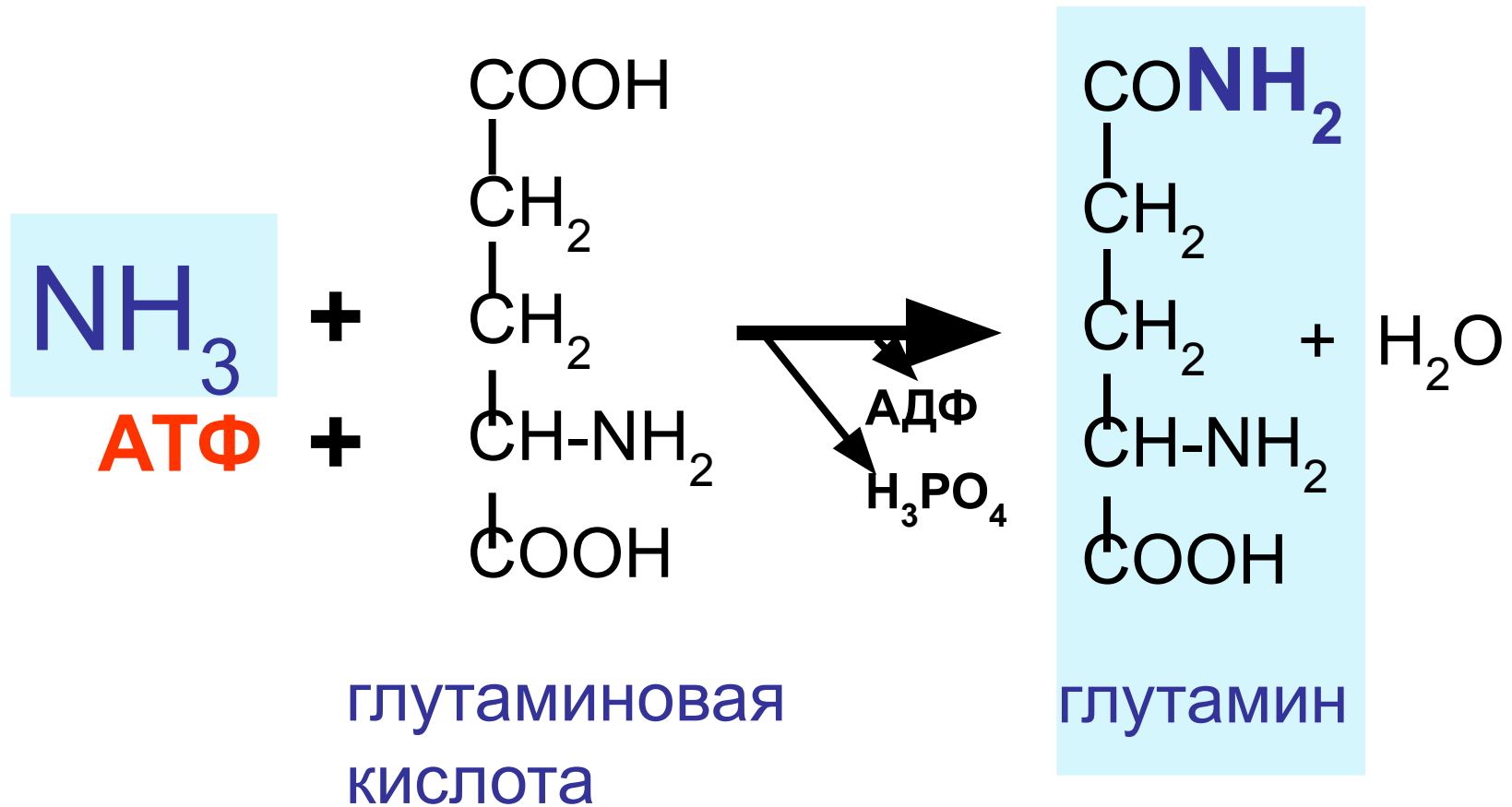
# синтез аргинина



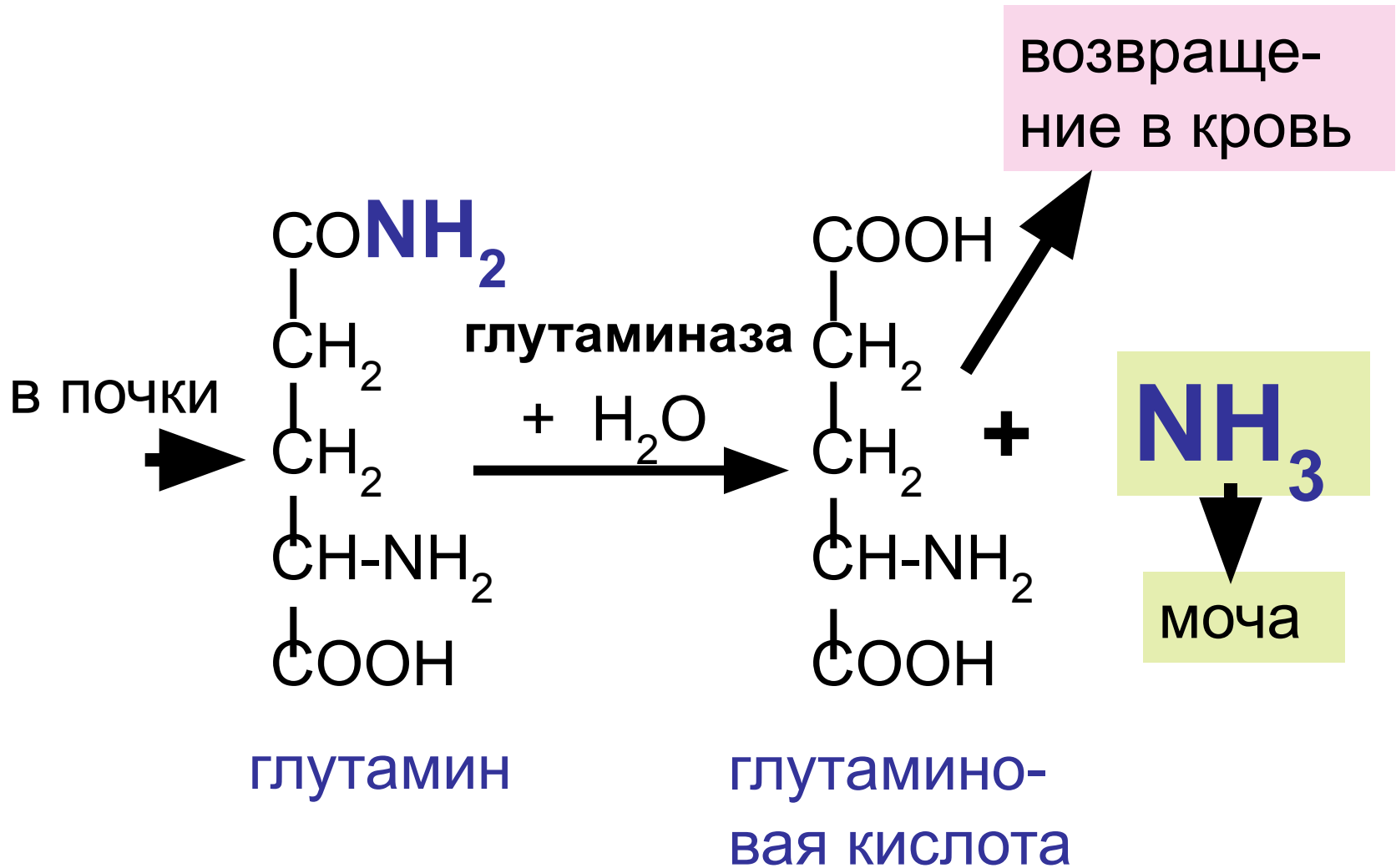
# образование мочевины

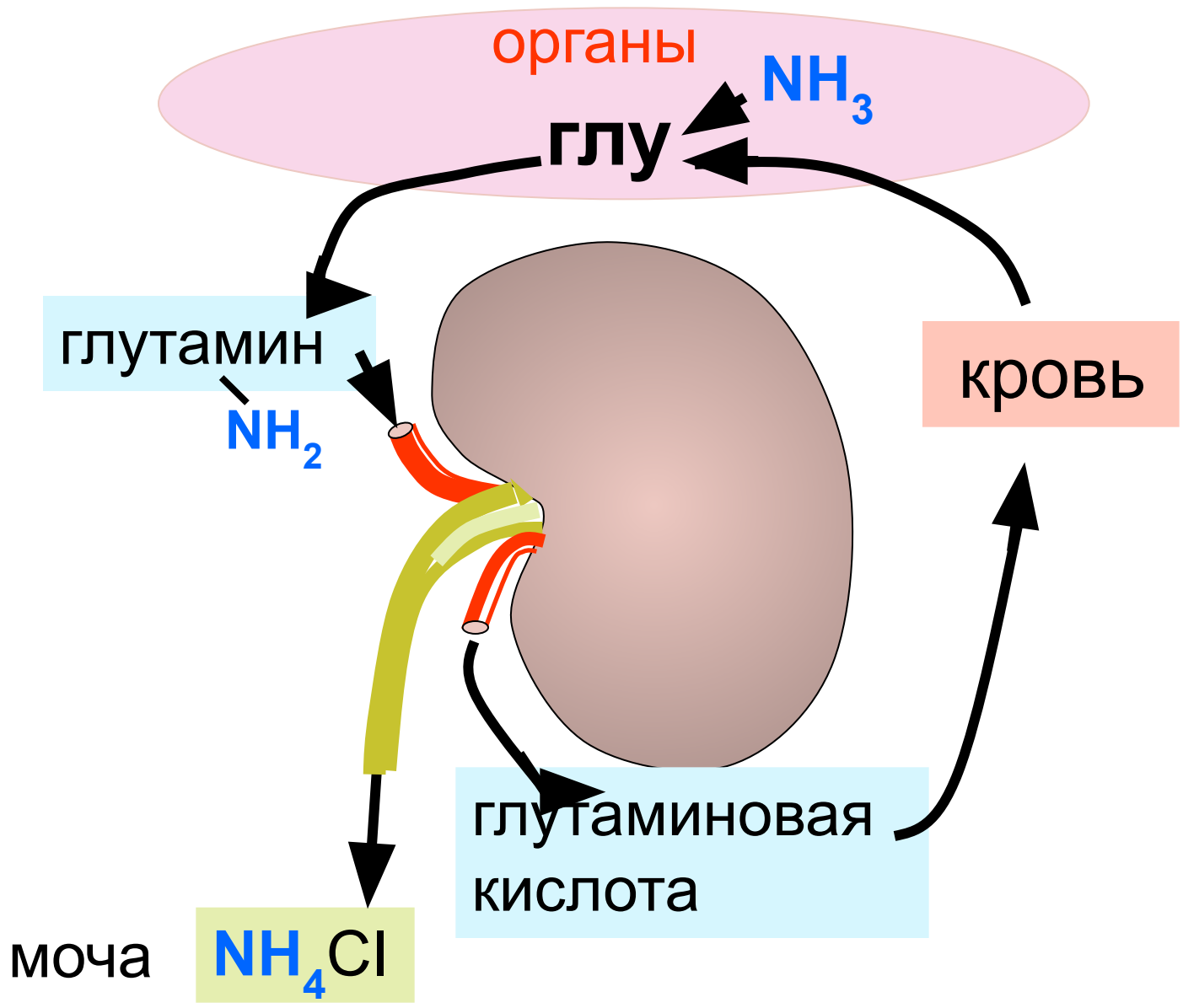


# Вспомогательный, быстрый механизм связывания аммиака внутри клеток



# Ресинтез глутаминовой кислоты в почках





органы



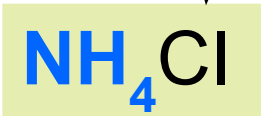
глю

глутамин  
 $\text{NH}_2$

кровь

глутаминовая  
кислота

моча



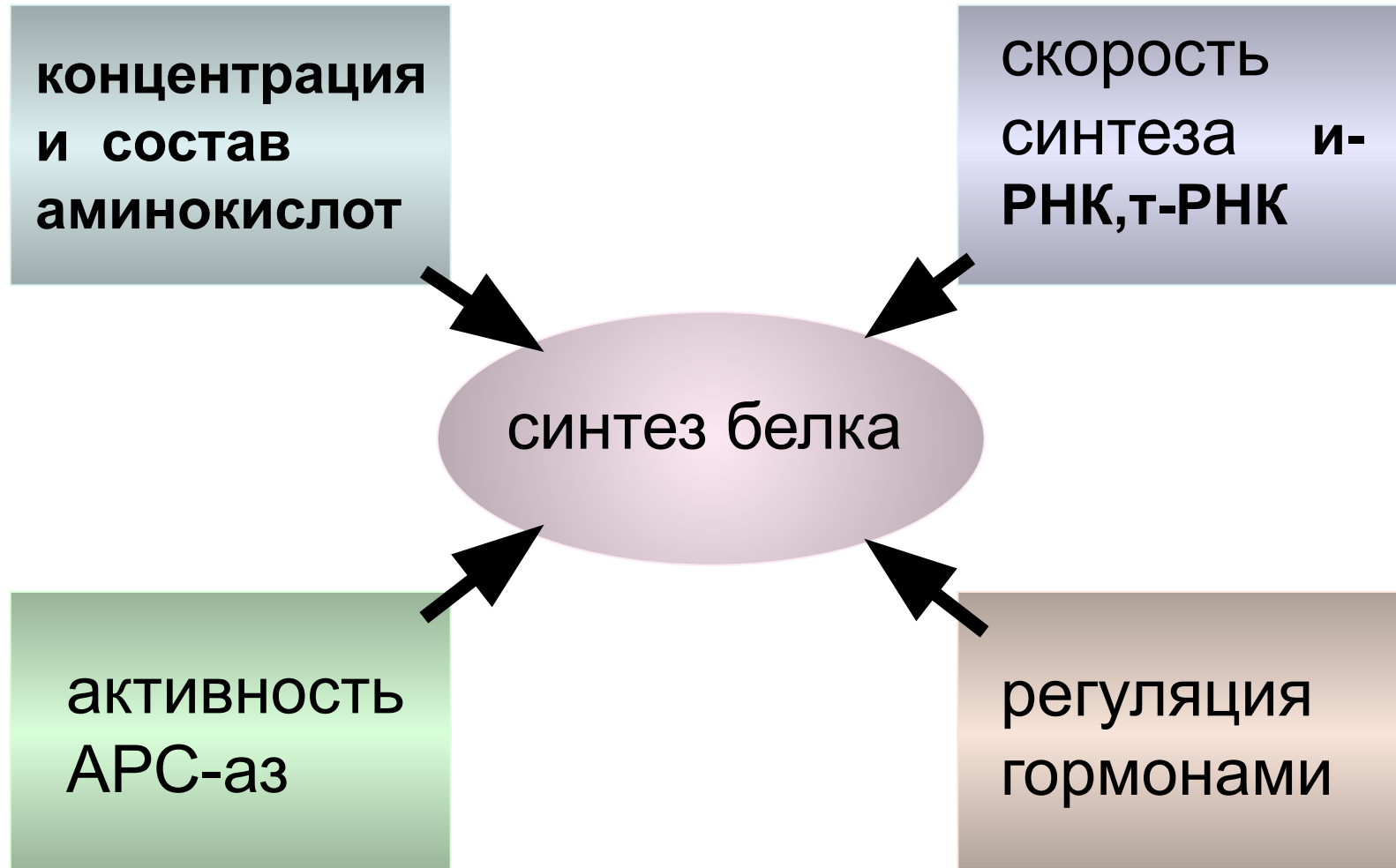
# Содержание мочевины в крови

**2,5 – 8,3 ммоль/л**  
**сыворотки**

(За сутки с мочой выделяется 20-35 г)

# Регуляция обмена белков

# Факторы, влияющие на скорость синтеза белка





## Влияние некоторых факторов на концентрацию и состав аминокислот

1. Доступность в белковой диете;
2. Наличие полноценных белков в продуктах;
2. Содержание альбумина в крови;
3. Заболевания органов пищеварения;
4. Нарушения всасывания аминокислот;
5. Заболевания почек, печени, поджелудочной железы;
6. Гиповитаминоз ( $B_6$ ; фолиевой кислоты,  $B_{12}$ )

## Влияние некоторых факторов на активность АРС-аз

1. Активность белково-синтезирующей системы;
2. Кислотно-основное состояние в организме;
3. Состояние биоэнергетических процессов.

## Факторы, влияющие на скорость синтеза и-РНК и т-РНК

1. Наличие нуклеотидного фонда;
2. Состояние биоэнергетических процессов;
3. Влияние факторов роста на процесс транскрипции (индукция и репрессия генов).

# Гормональная регуляция скорости синтеза белка

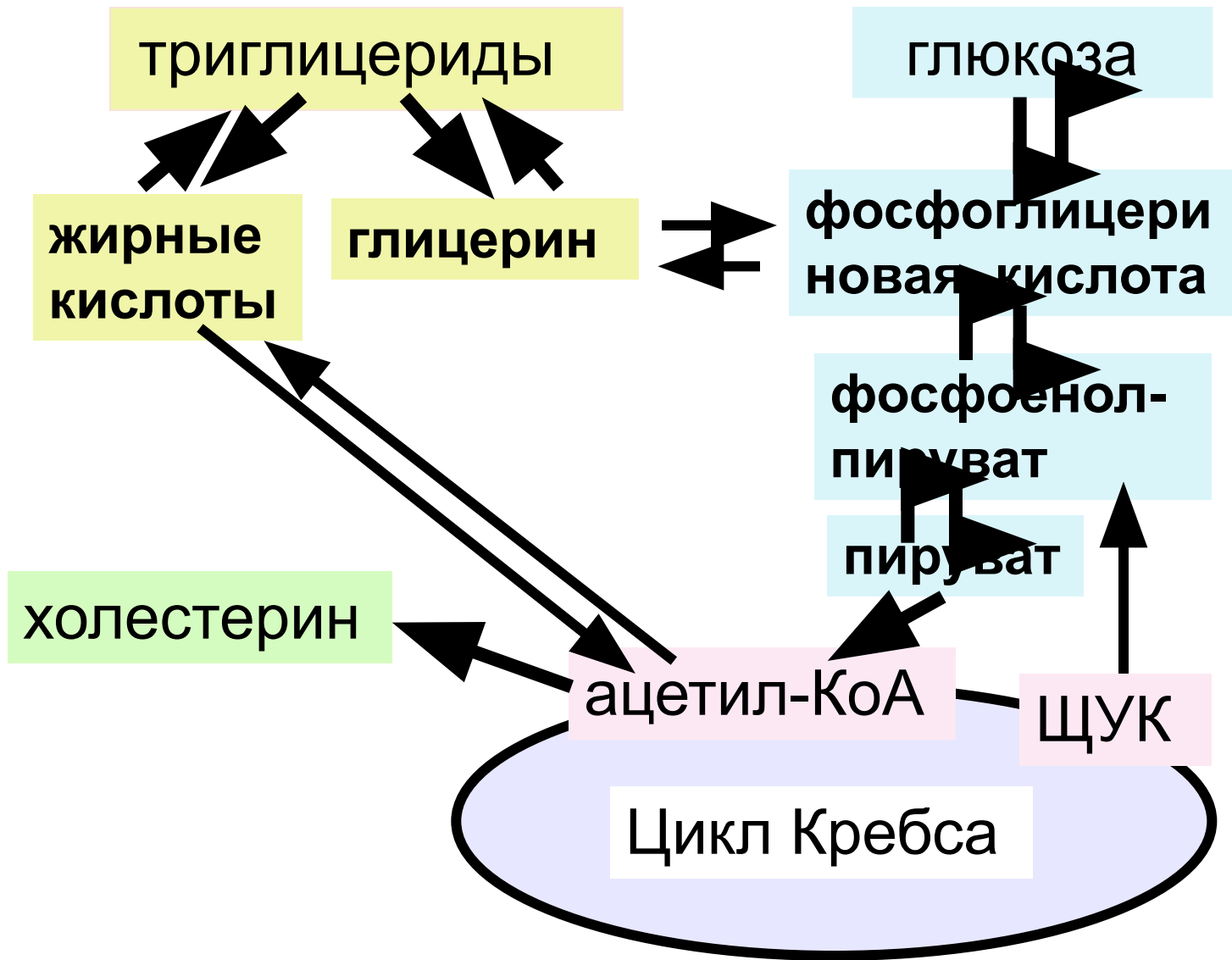
1. **Соматотропин**, половые гормоны (индукторы транскрипции и биосинтеза белка);
2. **Тироксин** (активатор транскрипции ферментов, осуществляющих липолиз и протеолиз);
3. **Инсулин** (активатор транскрипции ферментов, участвующих в углеводном обмене);
4. **Глюкокортикоиды** (репрессоры транскрипции генов, контролирующей синтез белков и липидов. Индукторы транскрипции и биосинтеза ферментов глюконеогенеза).

# На скорость дезаминирования аминокислот влияют:

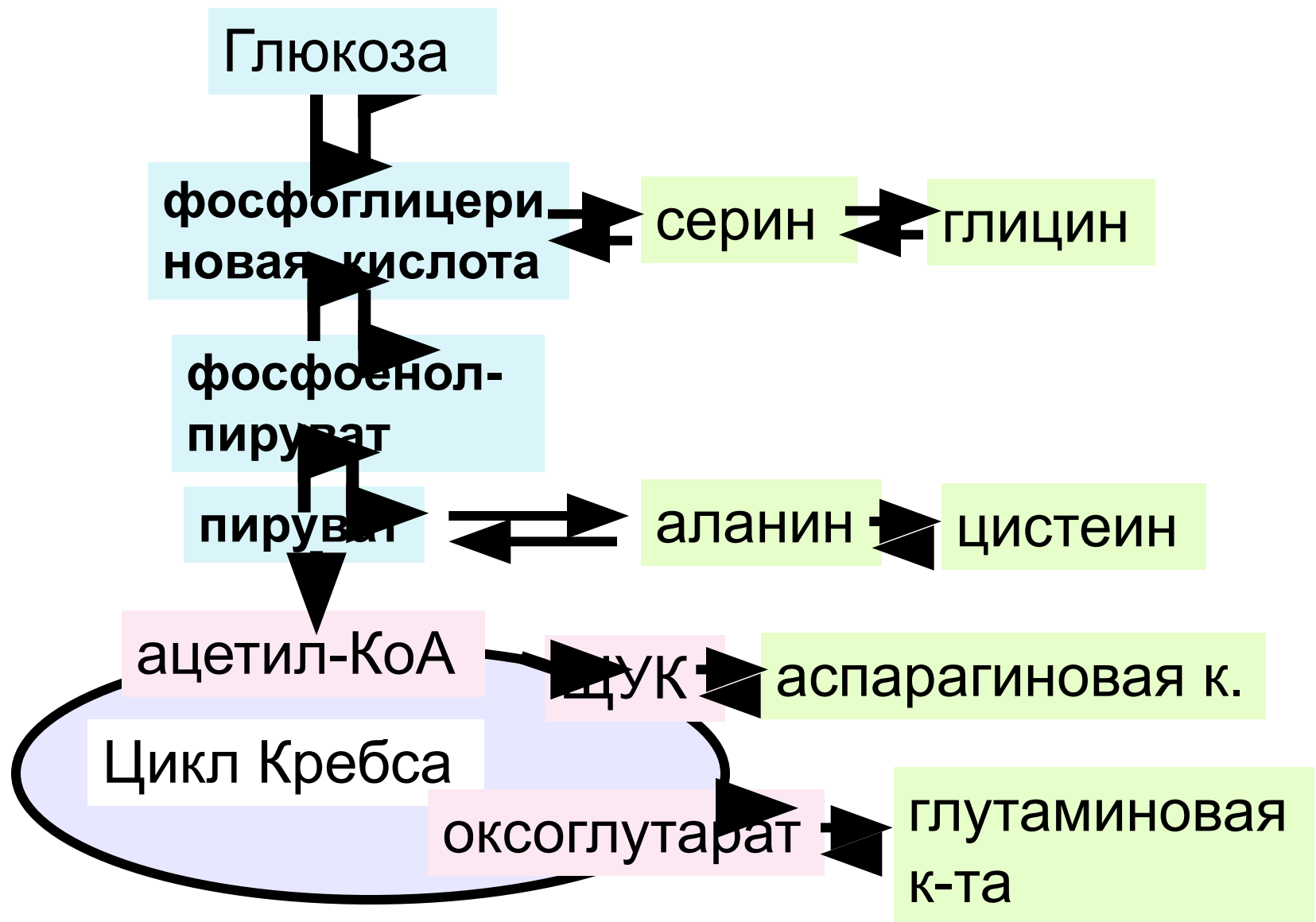
1. **Соотношение НАДН<sub>2</sub> /НАД.** При гипоксии увеличивается концентрация НАДН<sub>2</sub>. Недостаток НАД служит причиной замедления скорости дезаминирования аминокислот.
2. **Концентрация NH<sub>3</sub>.** Увеличение концентрации аммиака замедляет процесс дезаминирования.
3. **Снижение концентрации глутаминовой кислоты** или аспарагиновой кислоты понижает скорость окислительного дезаминирования.

**Взаимосвязь  
между обменом  
белков,  
углеводов и  
липидов.**

# Взаимосвязь между обменом липидов и углеводов

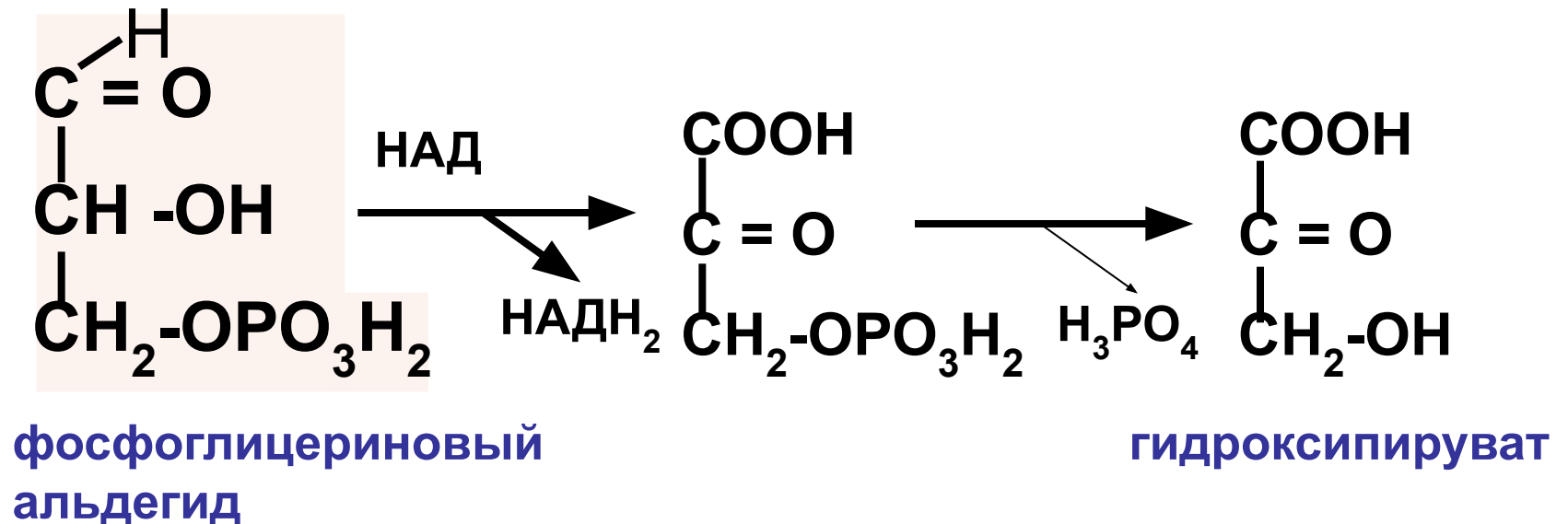
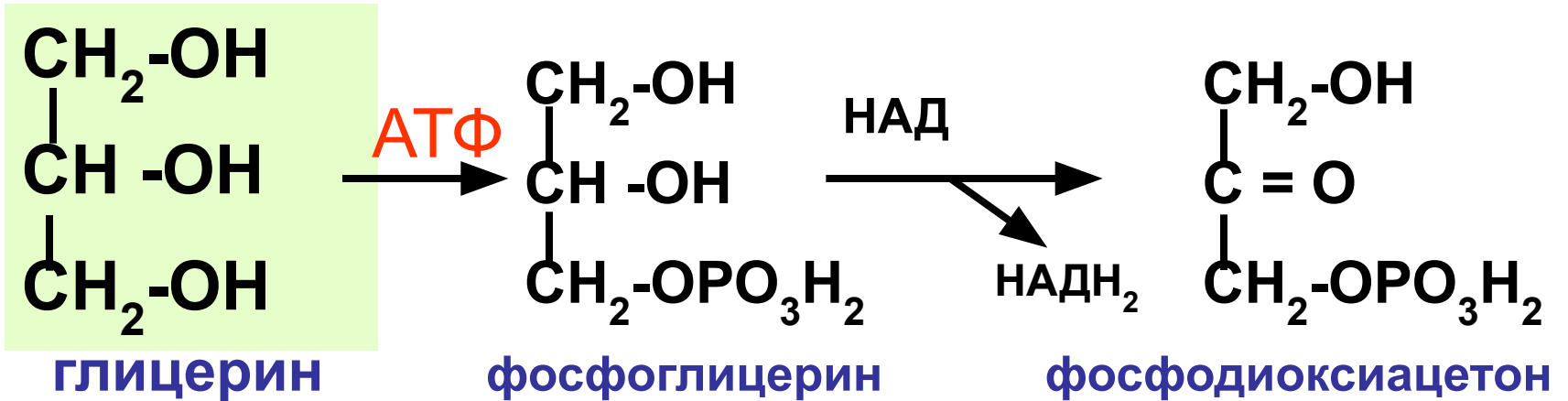


# Взаимосвязь между обменом аминокислот и углеводов





# Превращение глицерина в фосфоглицериновый альдегид



# получение серина

