

Военно-медицинская академия  
Кафедра клинической биохимии и лабораторной  
диагностики

**«Регуляция и интеграция обмена  
веществ»**

# План лекции

- 1. Регуляция обмена веществ
- 2. Биохимические механизмы интеграции (работа челночных механизмов).
- 3. Взаимосвязь обмена веществ
- 4. Интеграция на различных уровнях

# Регуляция обмена веществ

Осуществляется на трех уровнях:

- **Центральный** уровень регуляции;
- **Гормональный** уровень регуляции;
- **Клеточный** уровень регуляции;

# Центральный уровень регуляции

импульсы из внешней среды



ЦНС



гипоталамус



гипофиз

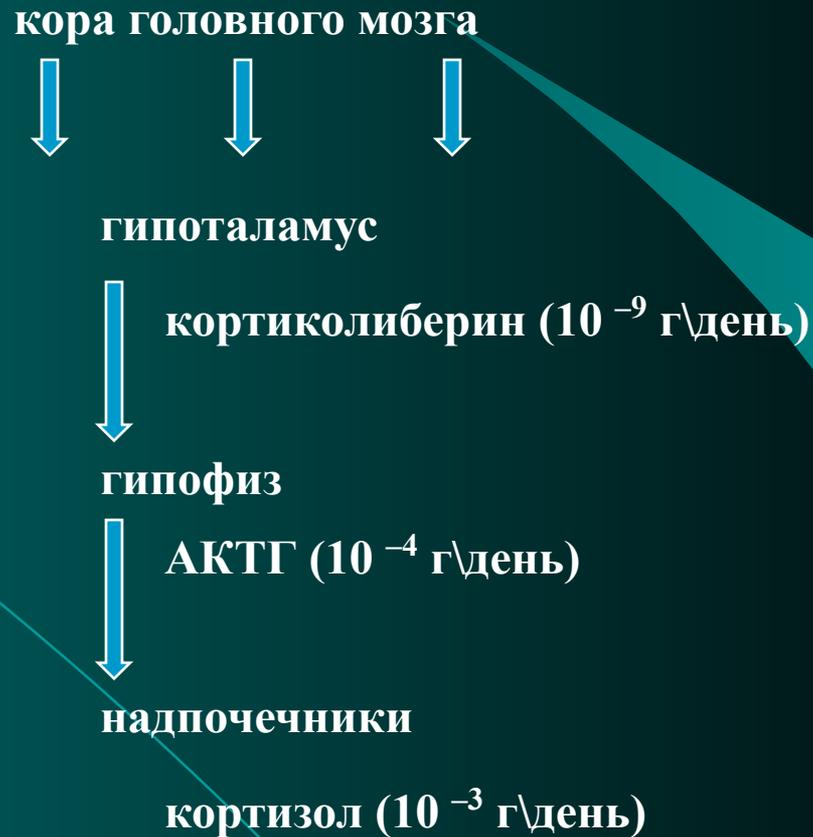


железы внутренней секреции



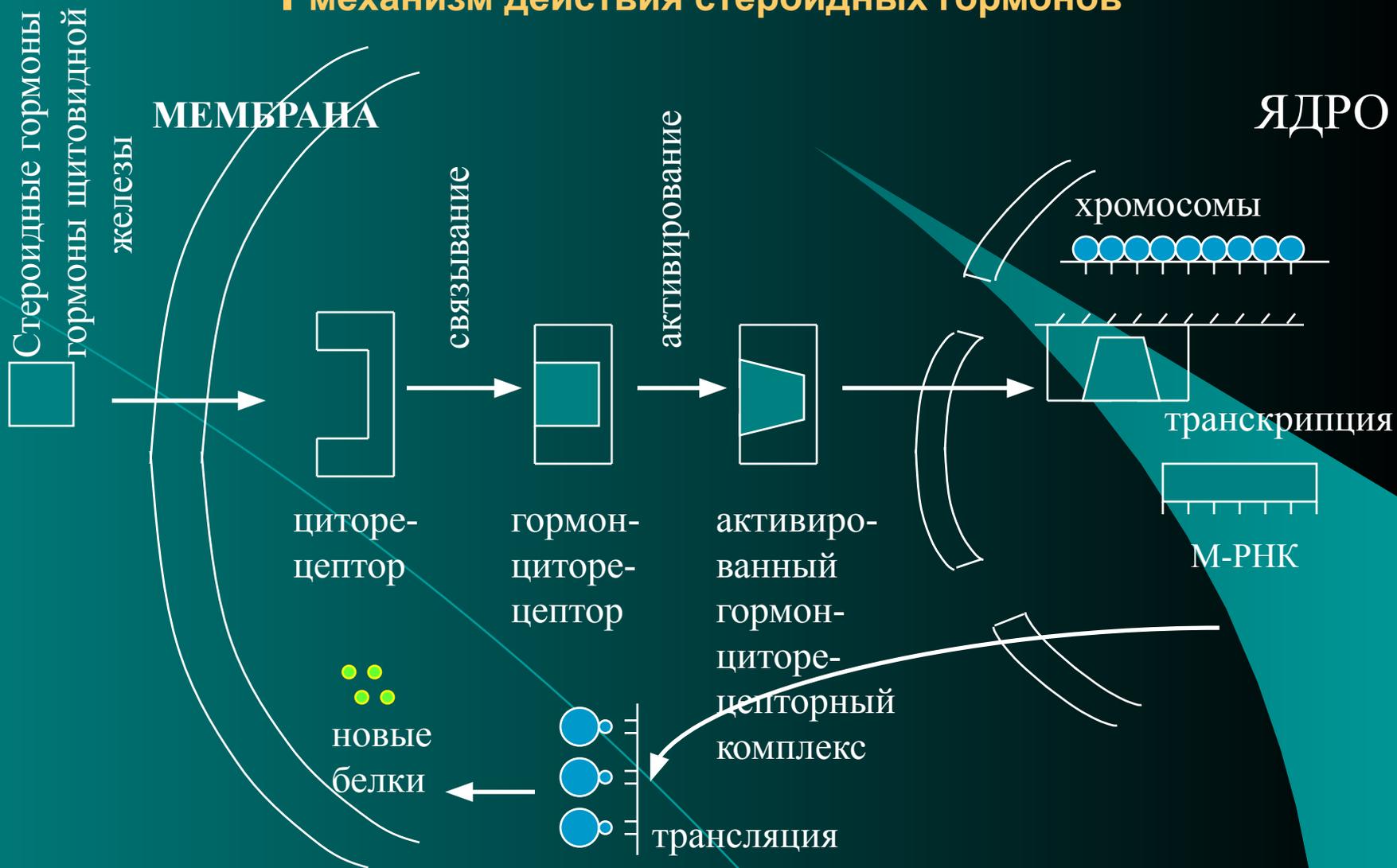
различные органы и ткани

# Центральный уровень регуляции (пример)

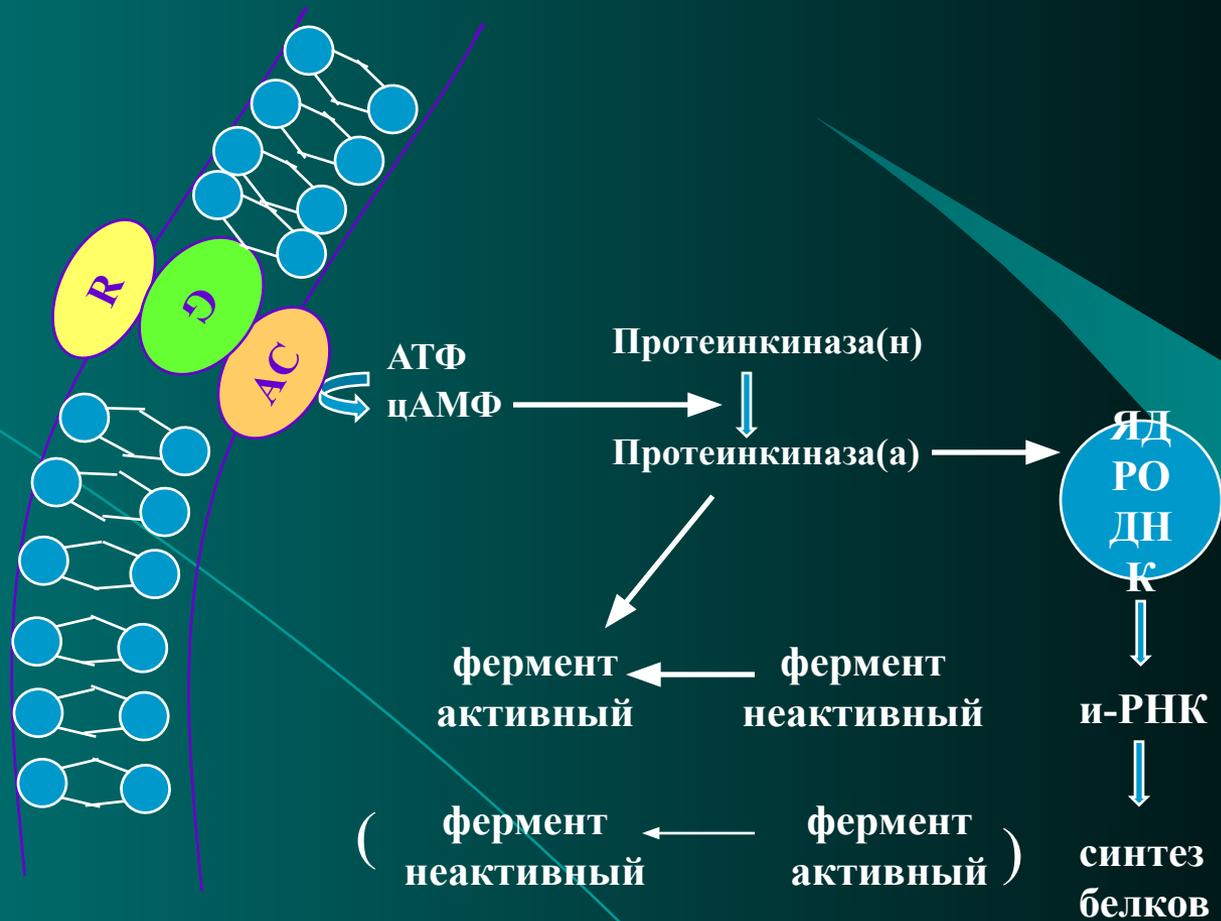


# Гормональный уровень регуляции

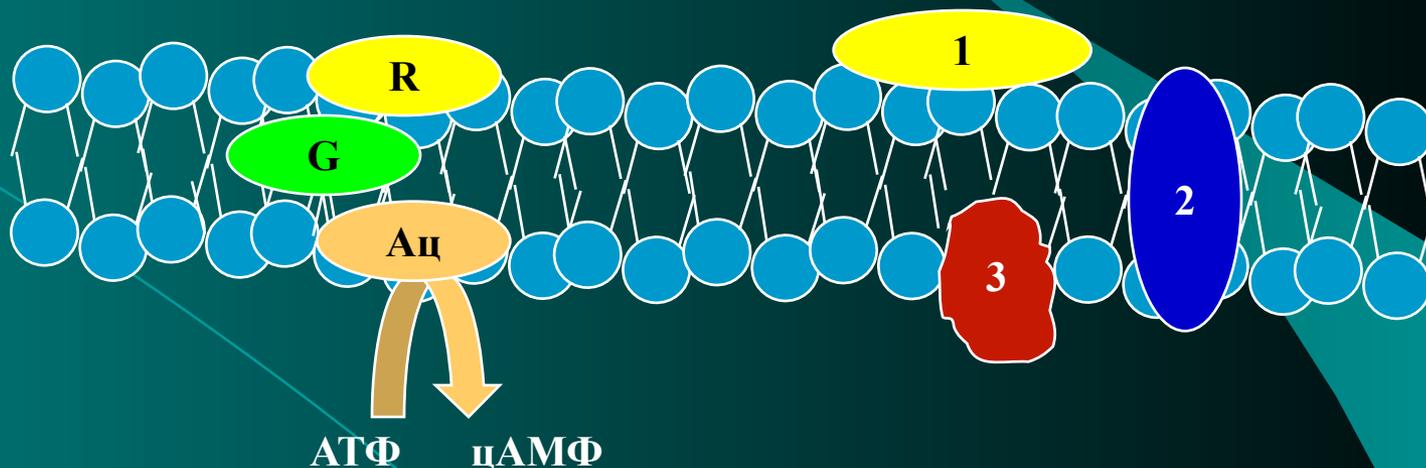
## механизм действия стероидных гормонов



## II Механизм действия белковых гормонов



# Клеточная мембрана



**R** – рецептор;  
**G** – G-белок;  
**Ац** – аденилатциклаза.

**1** – рецепторный белок;  
**2** – транспортный белок;  
**3** – ферментный белок.

# Вторичные месенджеры

- цАМФ
- цГМФ
- $\text{Ca}^{++}$
- ИТФ
- ДАГ
- олигоА
- кальмодулин
- NO (монооксид N)

**Вторичные месенджеры или посредники – это внутриклеточные вещества, концентрация которых строго контролируется гормонами и другими внеклеточными сигналами.**

**Посредники образуются из доступных субстратов и имеют короткий биохимический полупериод.**

## Строение Gs и Gi белков

Строение G-белков: G-белки (Gs и Gi) состоят из трех субъединиц - альфа, бета, гамма.

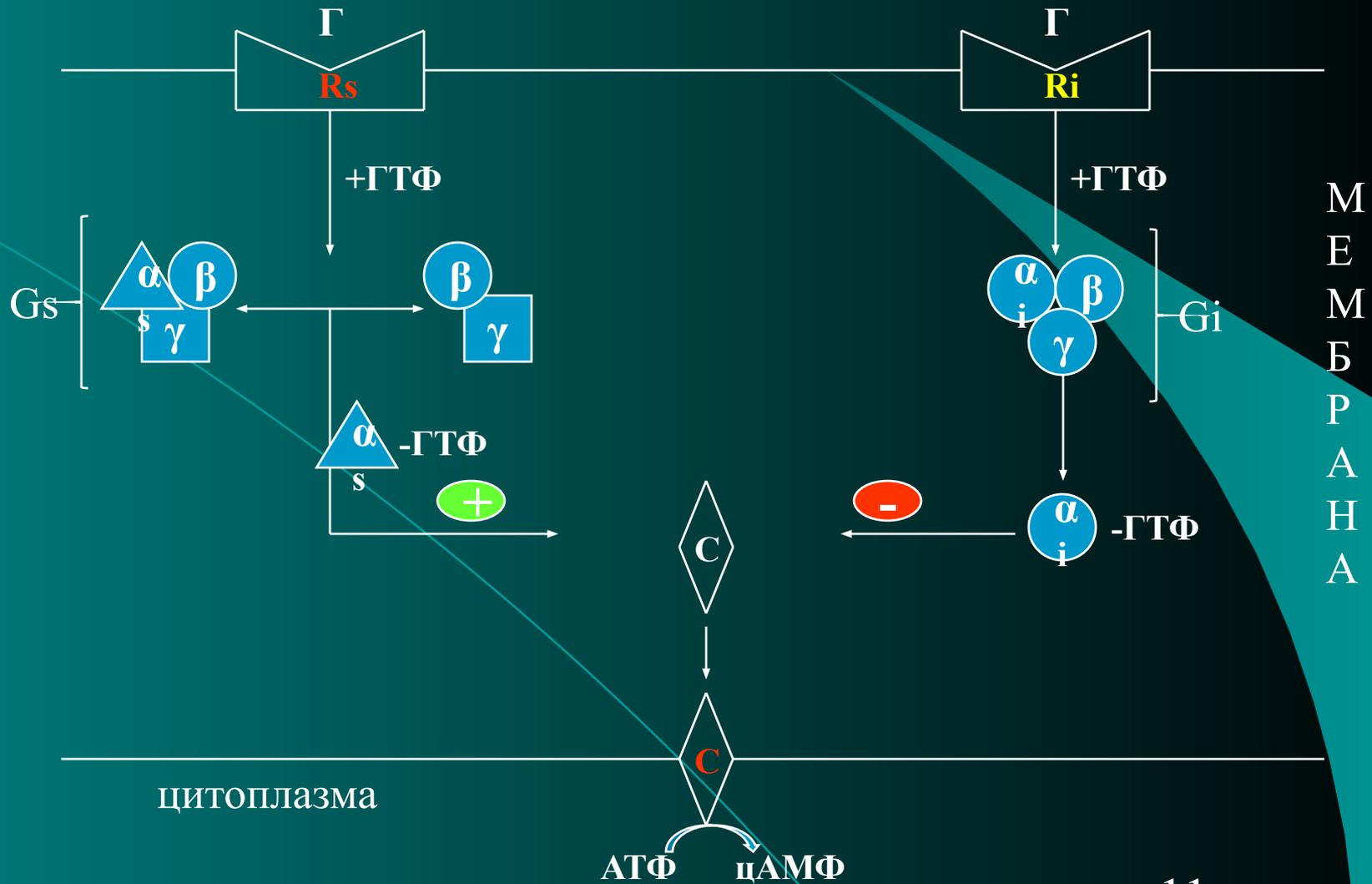
Gs и Gi белки отличаются только альфа-субъединицами.

Gs Mr (альфа-S) = 45000;

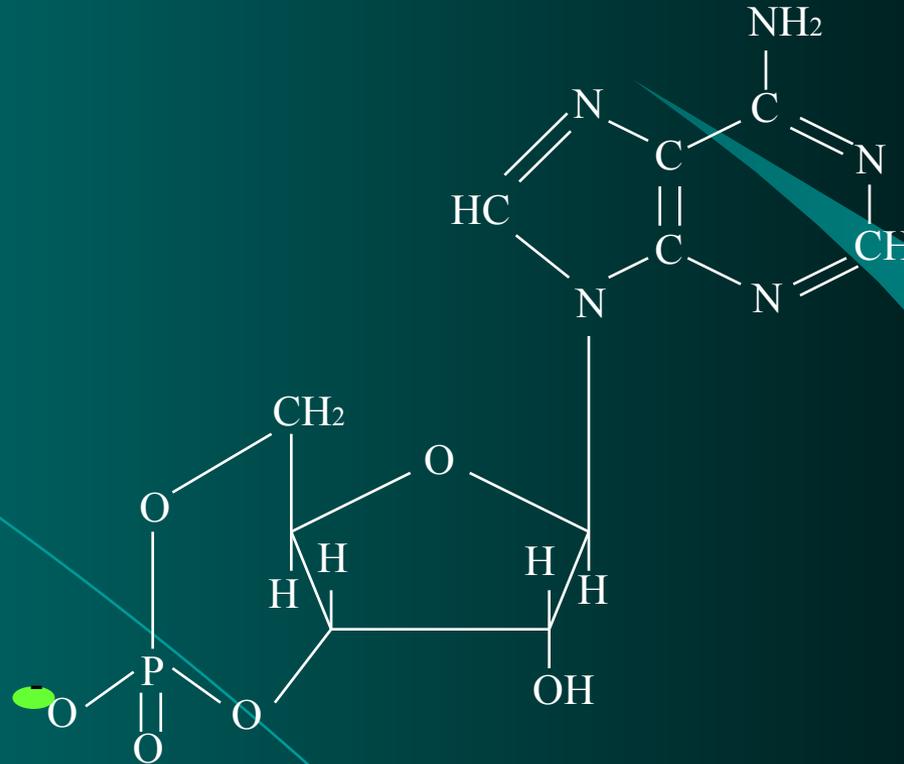
Gi Mr (альфа-I) = 41000;

Если альфа субъединица связана с ГТФ, происходит активация АЦ, если с ГДФ – ингибирование АЦ.

# Работа аденилатциклазного комплекса



# Формула цАМФ



# Регуляция уровня цАМФ

АТФ



аденилатциклаза

цАМФ



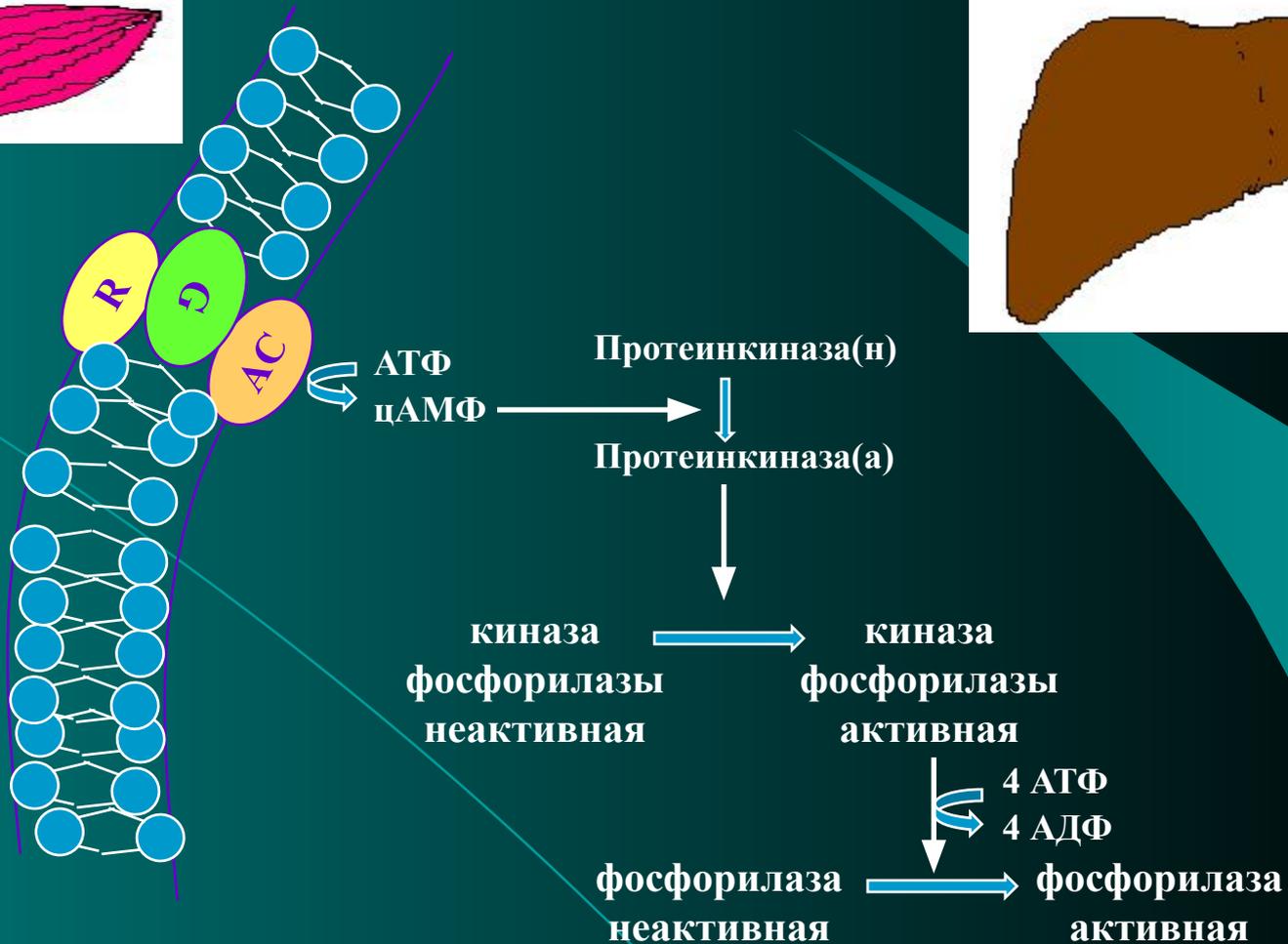
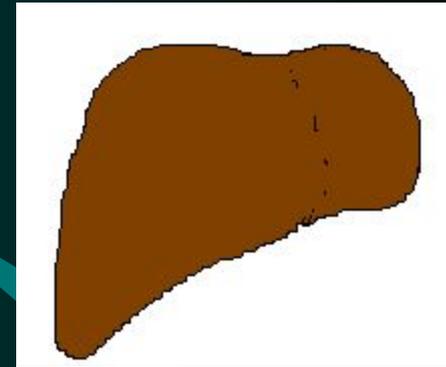
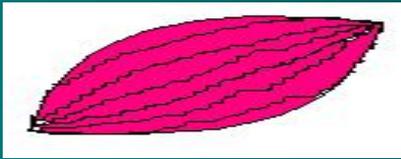
фосфодиэстераза

АМФ

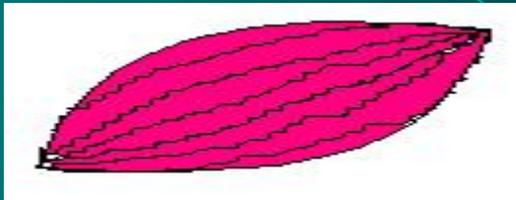
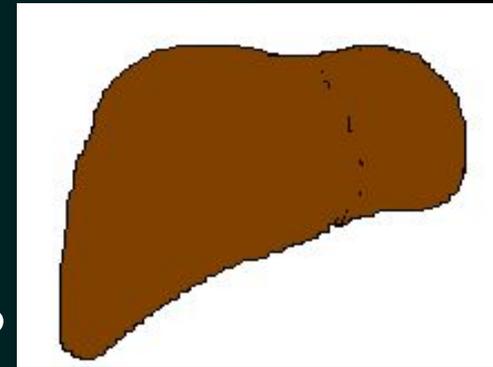
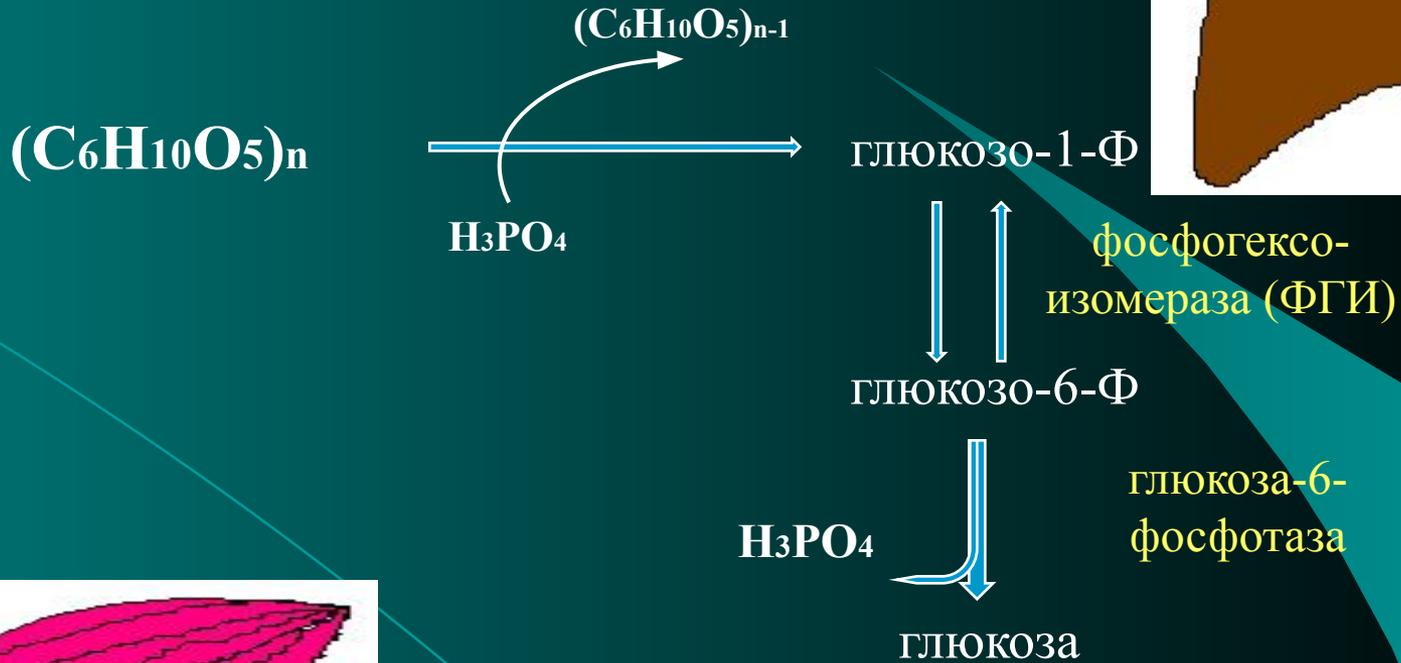
# Механизм действия АКТГ



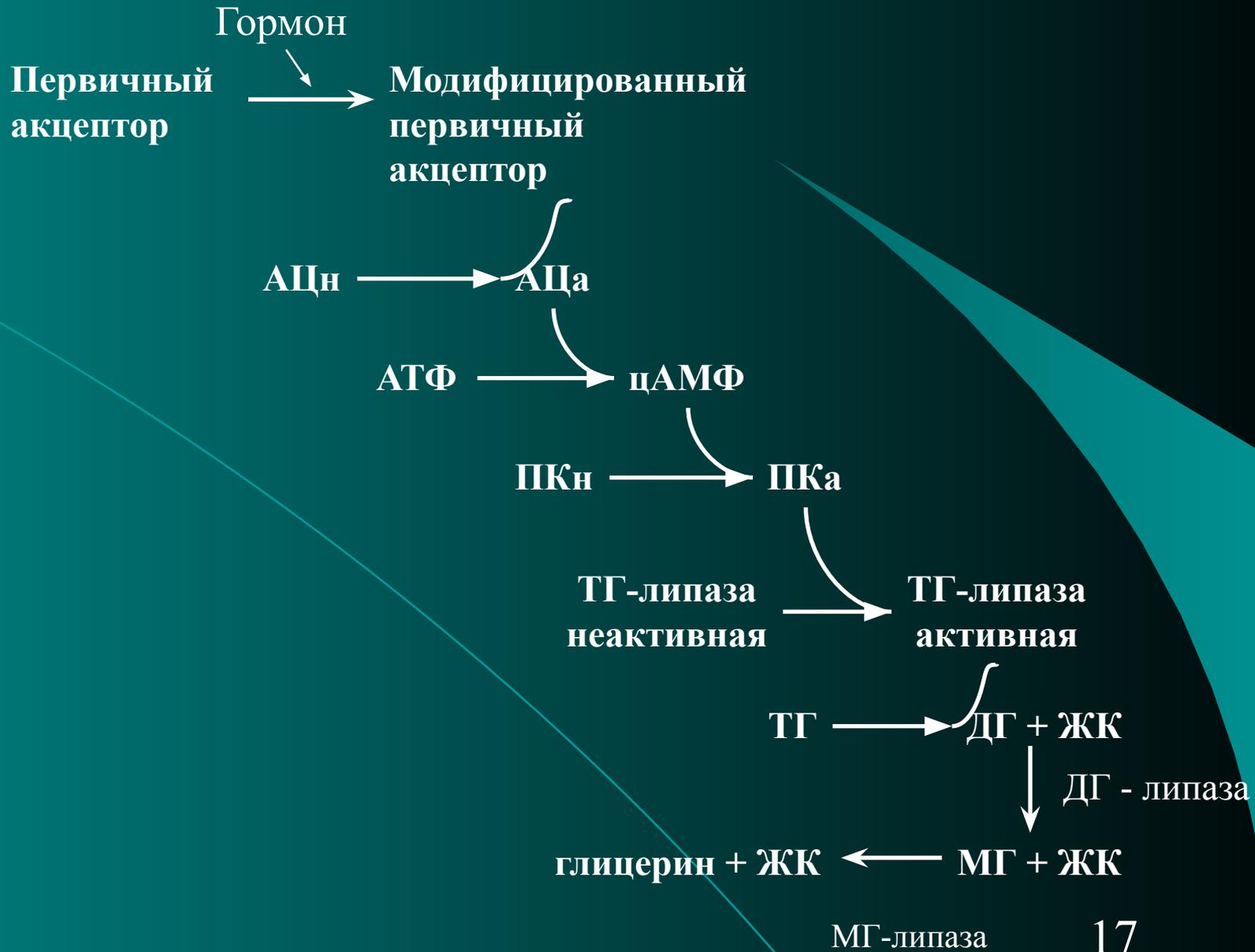
# Активация фосфоорилазы



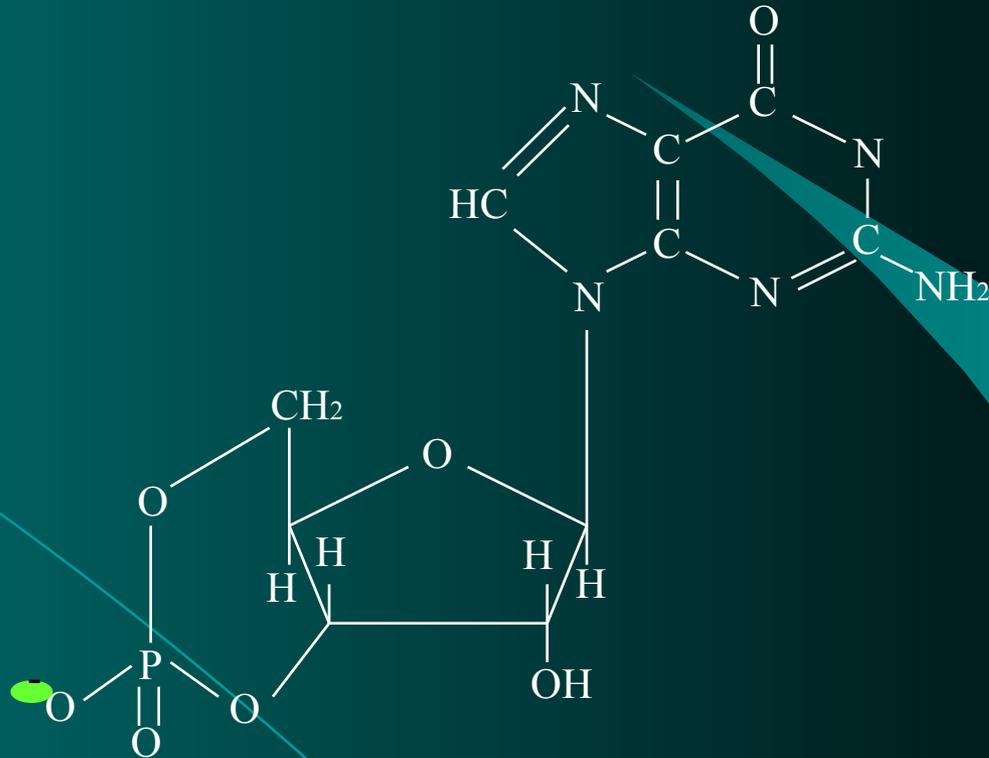
# Распад гликогена



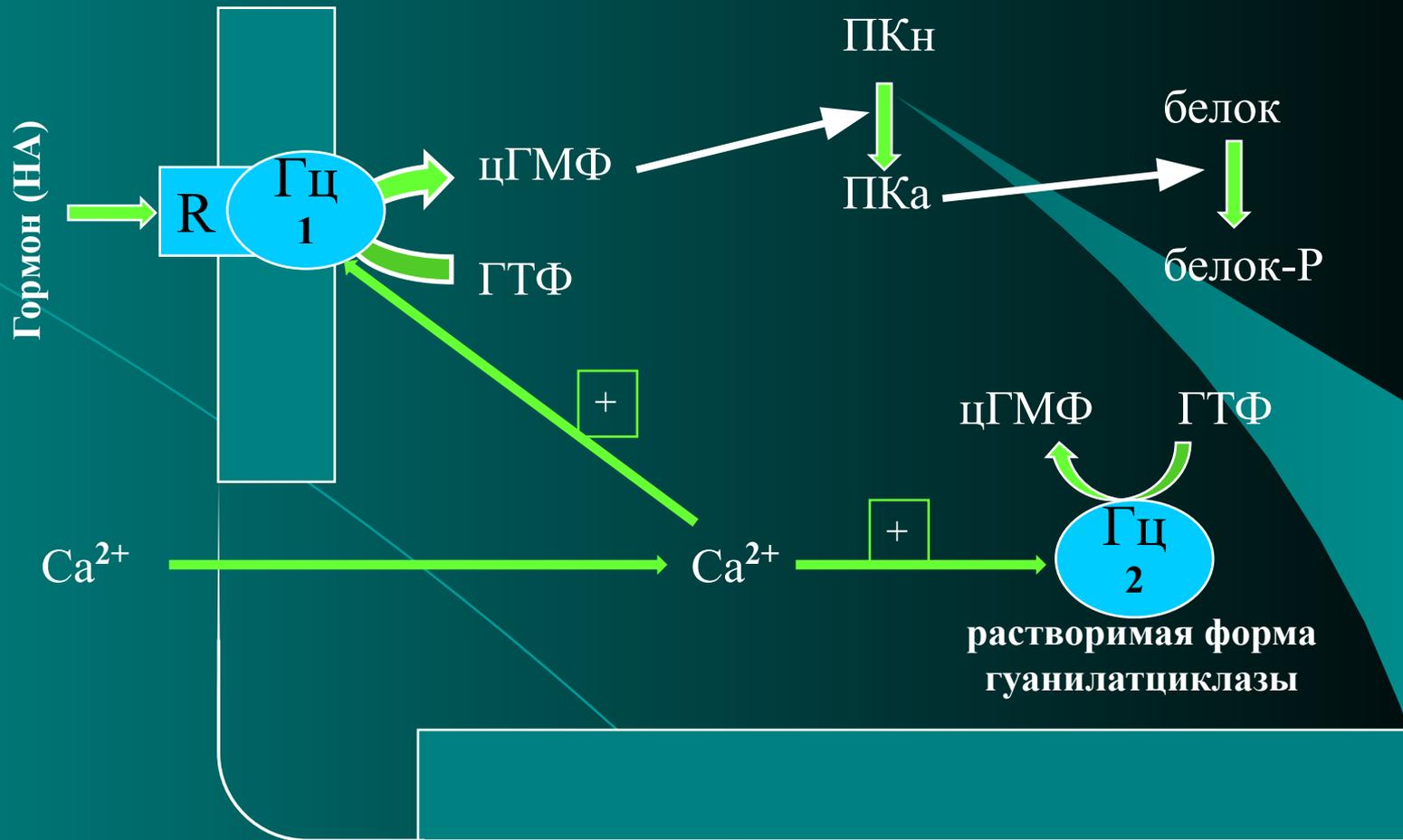
# «Липолитический каскад» по Стайнбергу



# Формула цГМФ



# Механизм действия цГМФ



## Посредник №3 - кальций ( изменение концентрации $\text{Ca}^{++}$ )

Внеклеточный – 5 ммоль\л

Внутриклеточный:

- свободный – 0,1-10,0 мкмоль\л

- связанный – 1-20 мкмоль\л

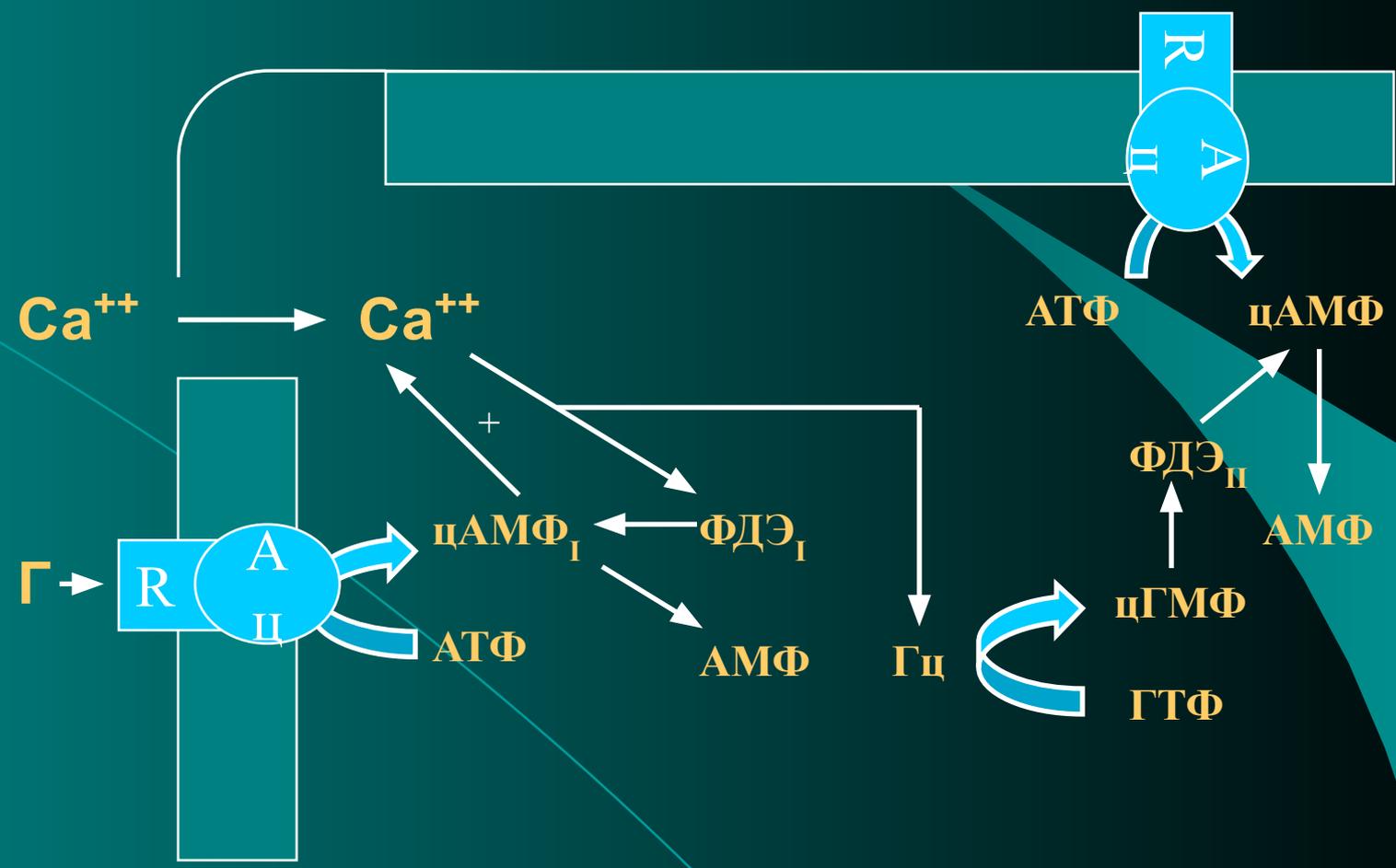
# Механизм действия $\text{Ca}^{++}$

- 1 Гормоны, повышающий проницаемость для  $\text{Ca}^{++}$
- 2 При участии АТФ-азы:  
 $\text{Ca}^{++} \setminus 2 \text{H}^+$   
 $\text{Ca}^{++}$  уходит из клетки
- 3 Мобилизация или накопление  $\text{Ca}^{++}$  в мышцах или ЭР

# Роль ионизированного $\text{Ca}^{++}$

- 1) Мышечные сокращения;
- 2) Секреция;
- 3) Свертывание крови;
- 4) ↑ активность ферментов;
- 5) Возбуждение клеточной мембраны;
- 6) Является внутриклеточным посредником.

# Механизм действия $Ca^{++}$



Кальмодулин – Ca – зависимый белок.  $M_r = 17000$

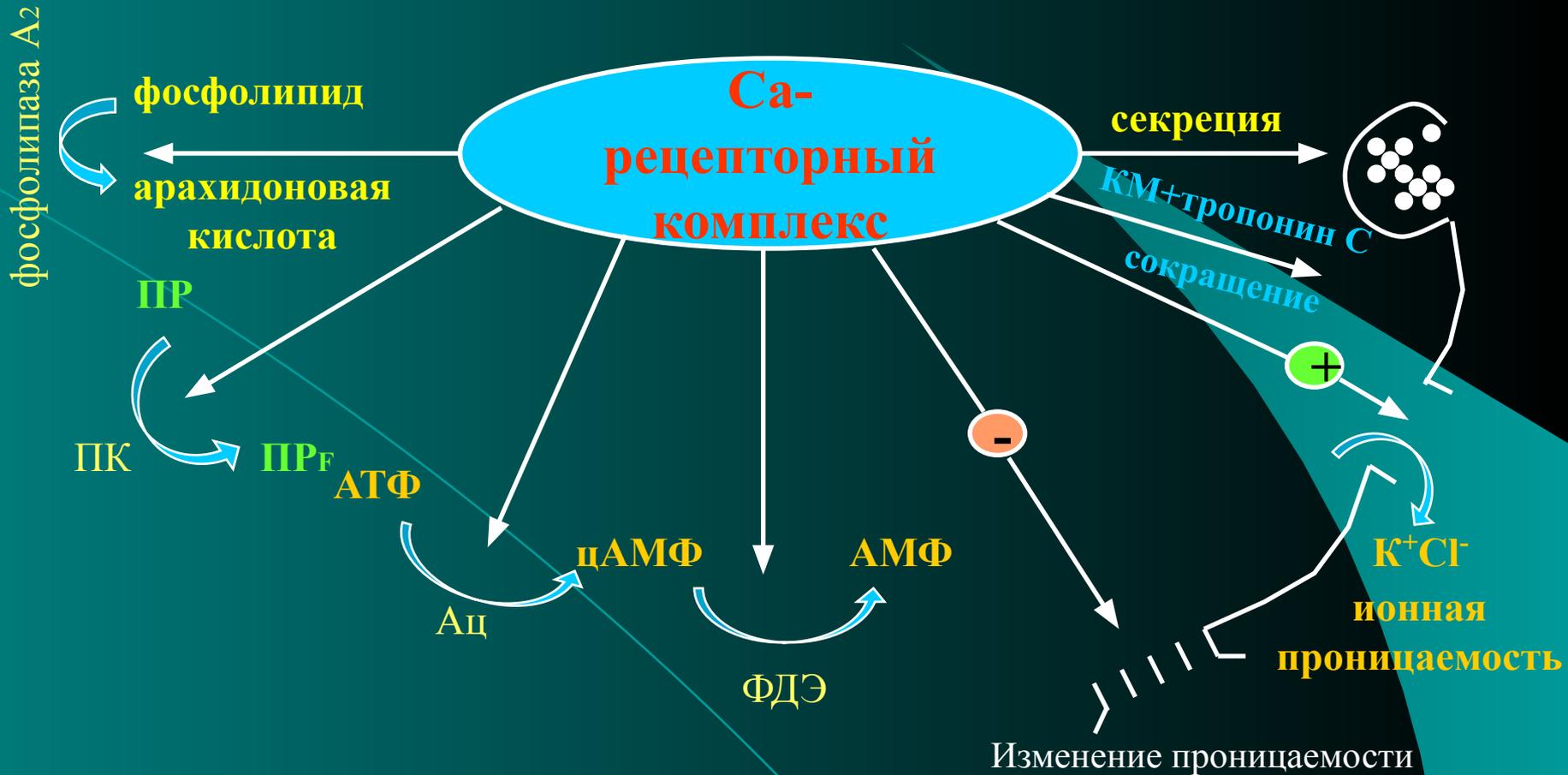
(напоминает тропонин С по строению).

Имеет четыре участка связывания  $Ca^{++}$ ,

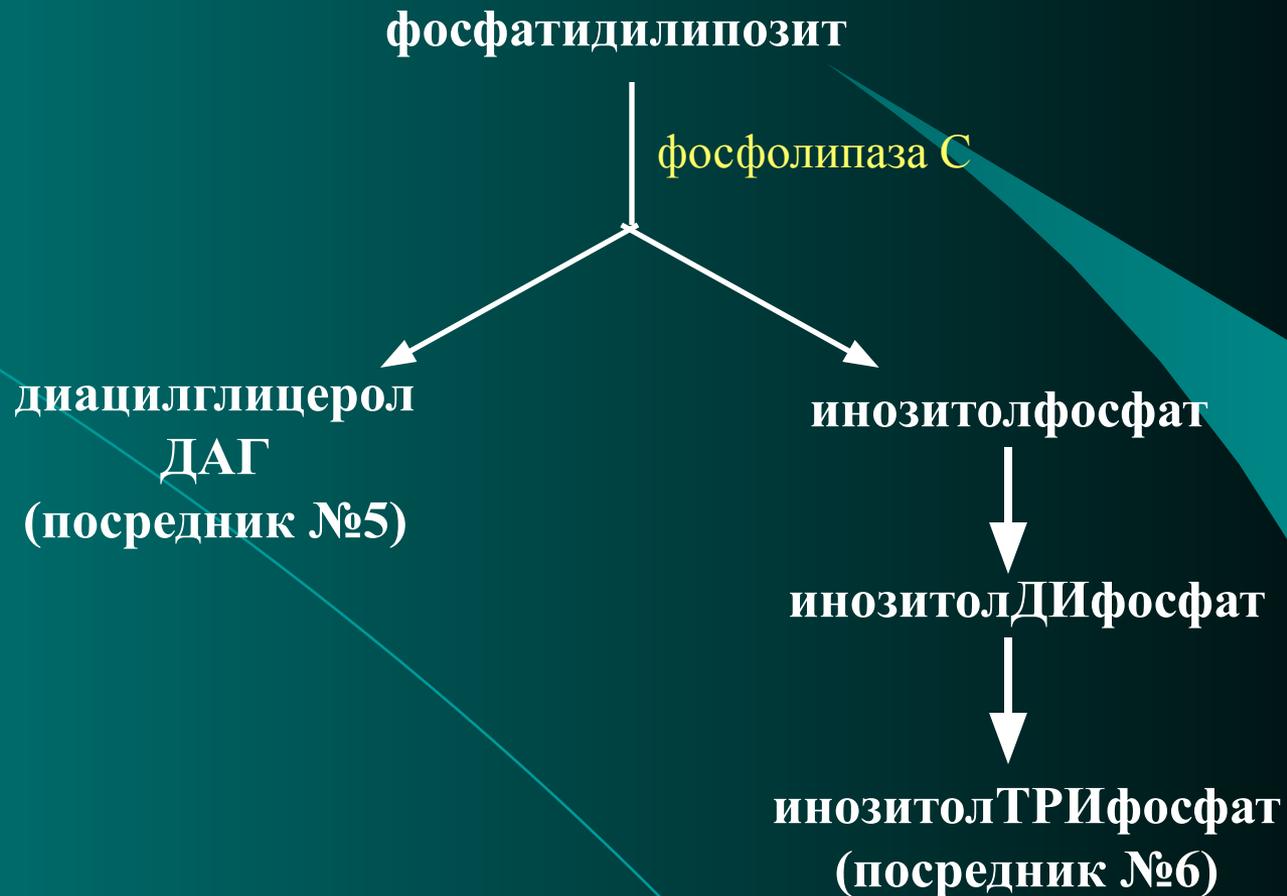
в результате изменяется его конфигурация

(напоминает альфа-спираль).

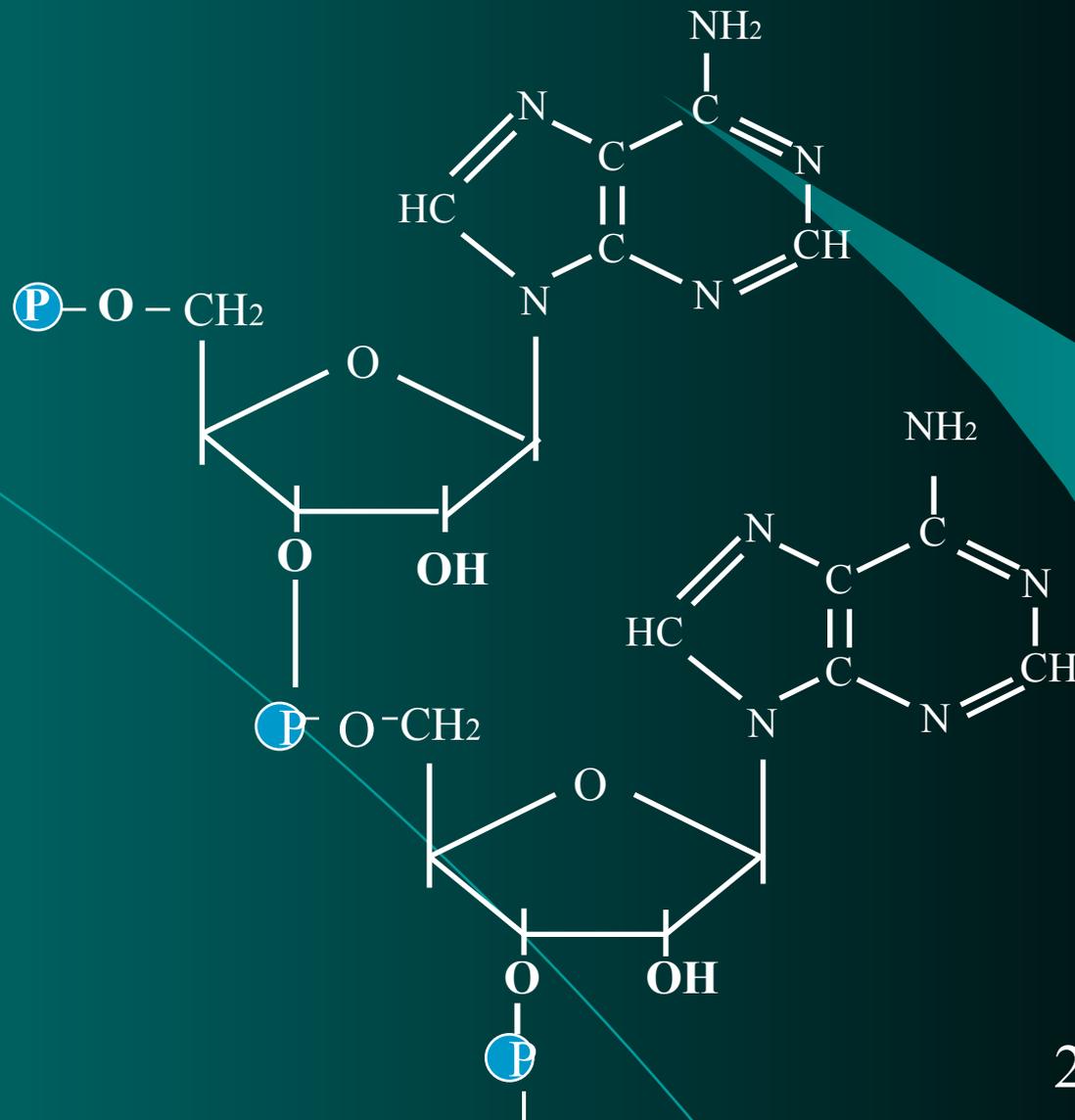
# Роль кальмодулина в метаболизме



# Посредники диацилглицерол и ИТФ (№5 и 6)



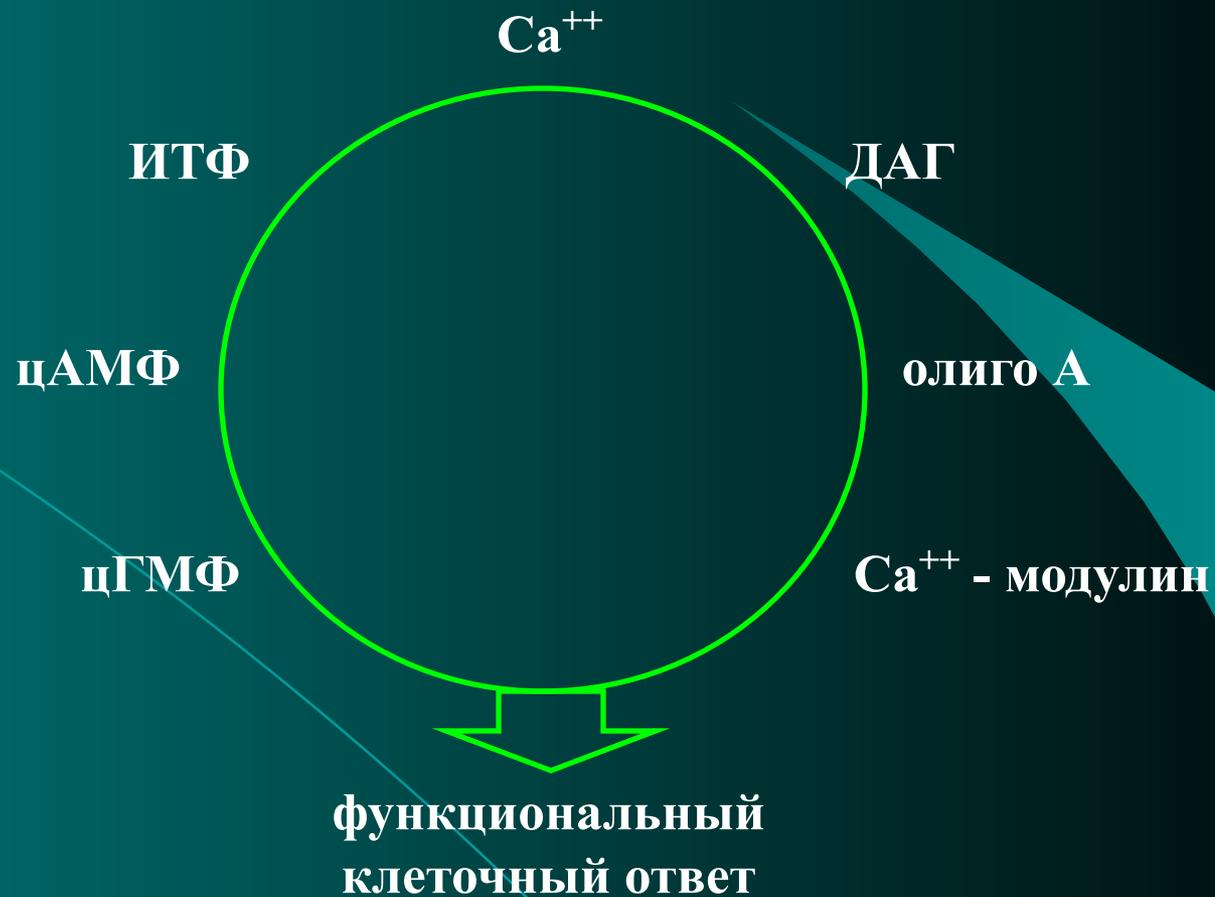
# Посредник №7 - олиго А



# Механизм действия интерферона



# Факторы регуляции и интеграции метаболизма



# Регуляция метаболизма на клеточном уровне

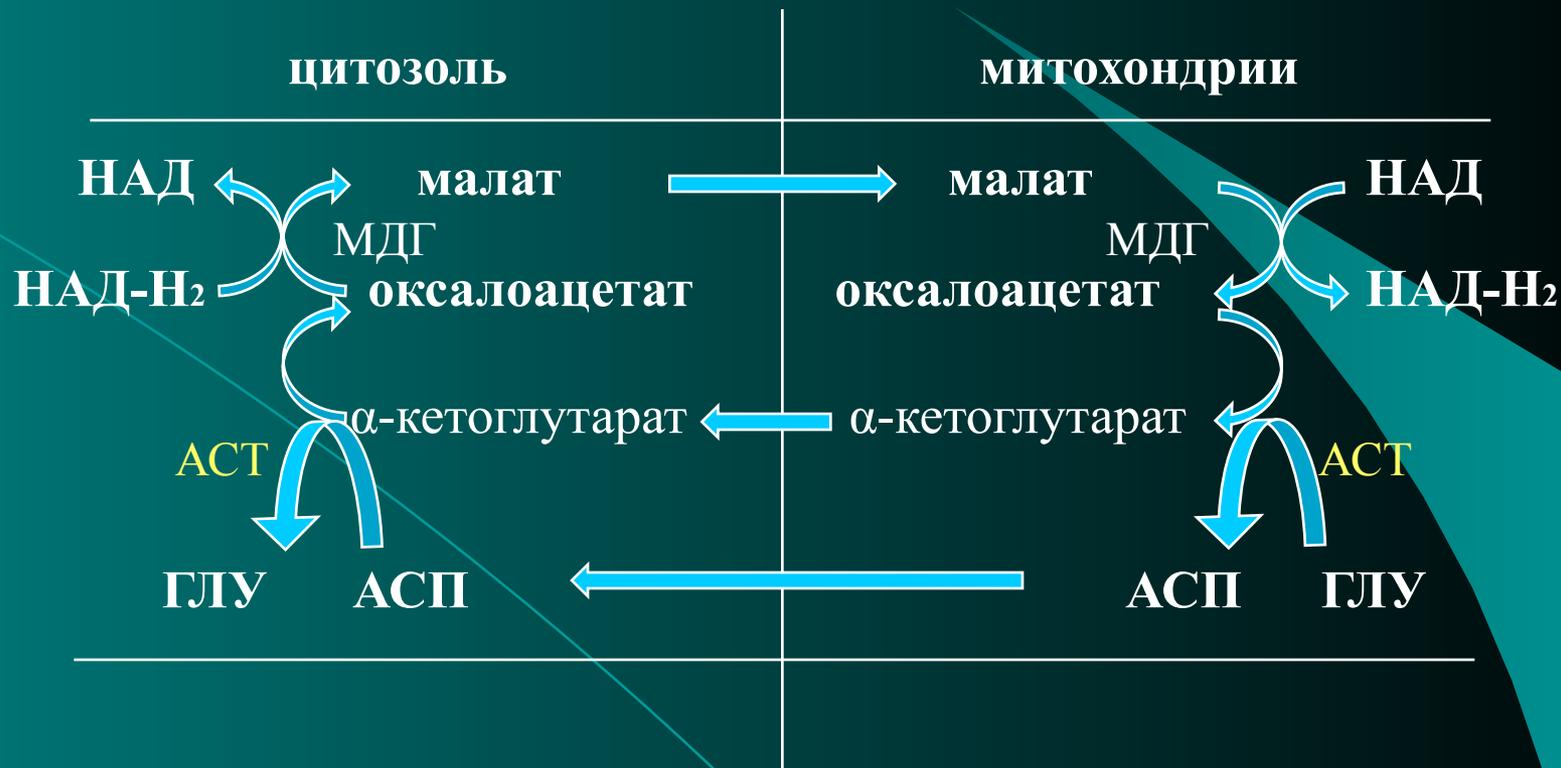
1. Наличие простейших типов регуляции:
  - изостерическая;
  - аллостерическая;
  - метаболическая;
  - мультиферментная система;
2. Наличие ключевых ферментов (по типу обратной связи)
3. Соотношение АТФ – АДФ  
НАД – НАДН<sub>2</sub>

**Биохимические механизмы  
интеграции  
(работа челночных механизмов)**

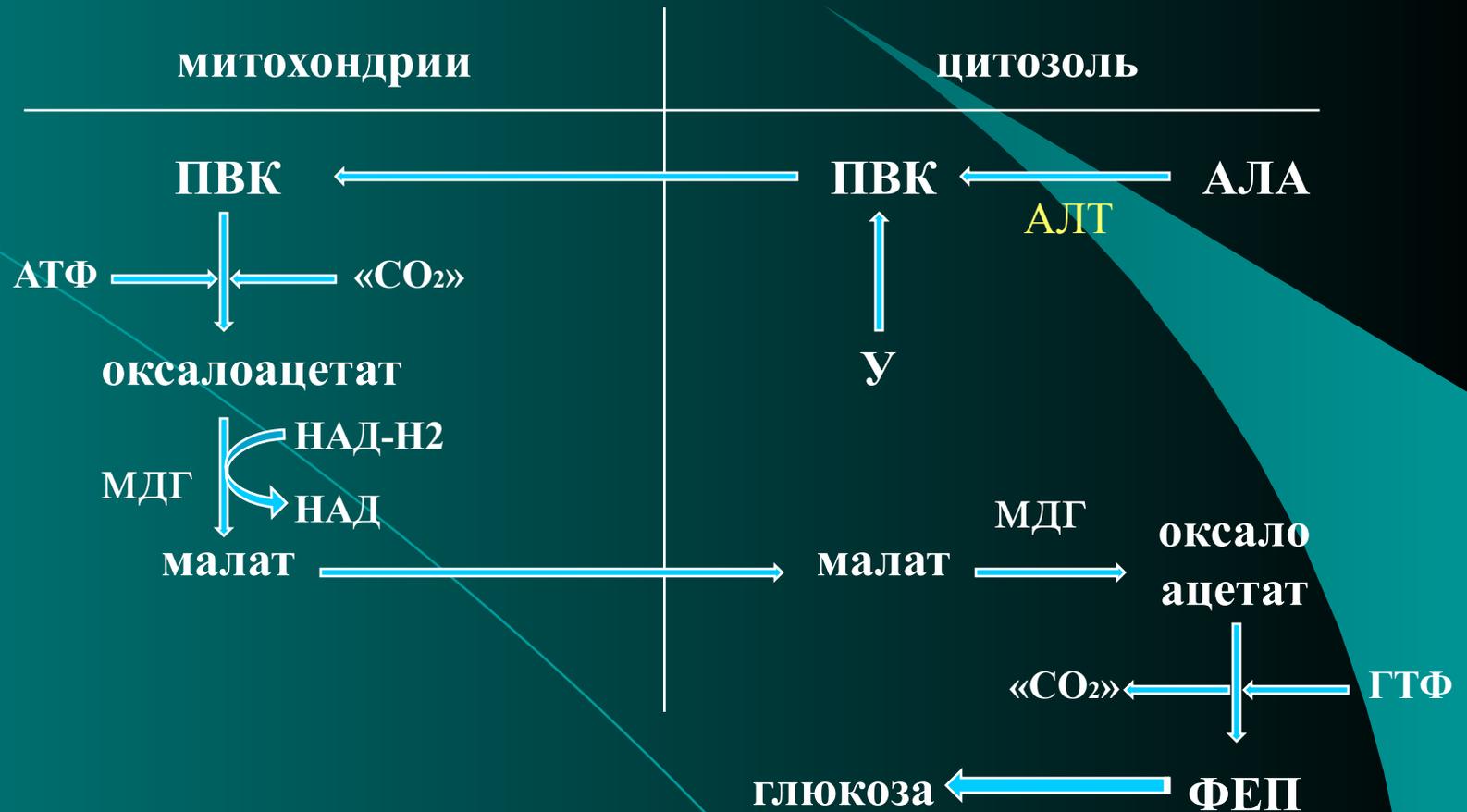
# Глицерофосфатный челночный механизм (печень)



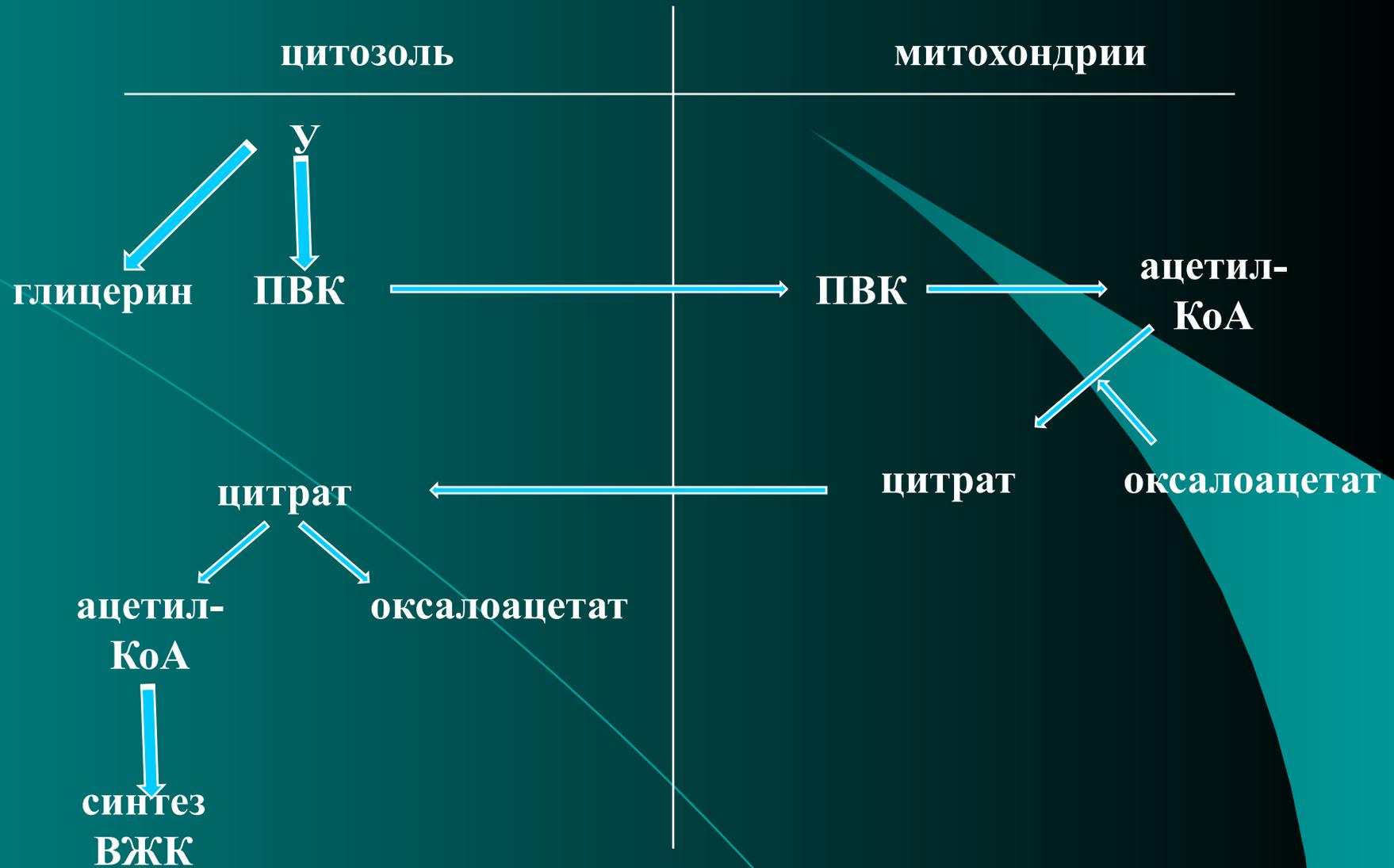
# Малатный челночный механизм (сердечная мышца)



# Челночный механизм в глюконеогенезе

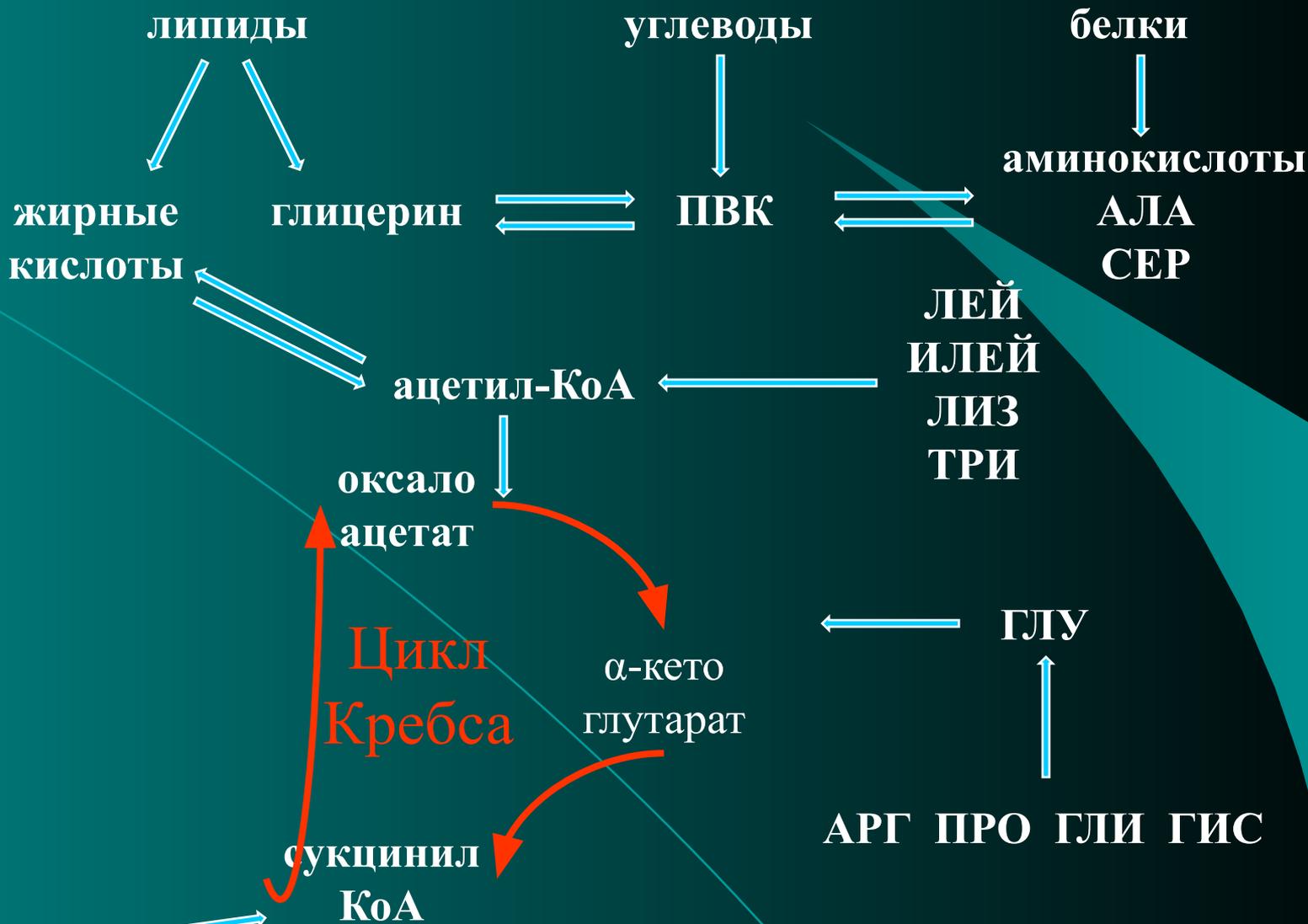


# Цитратный челночный механизм

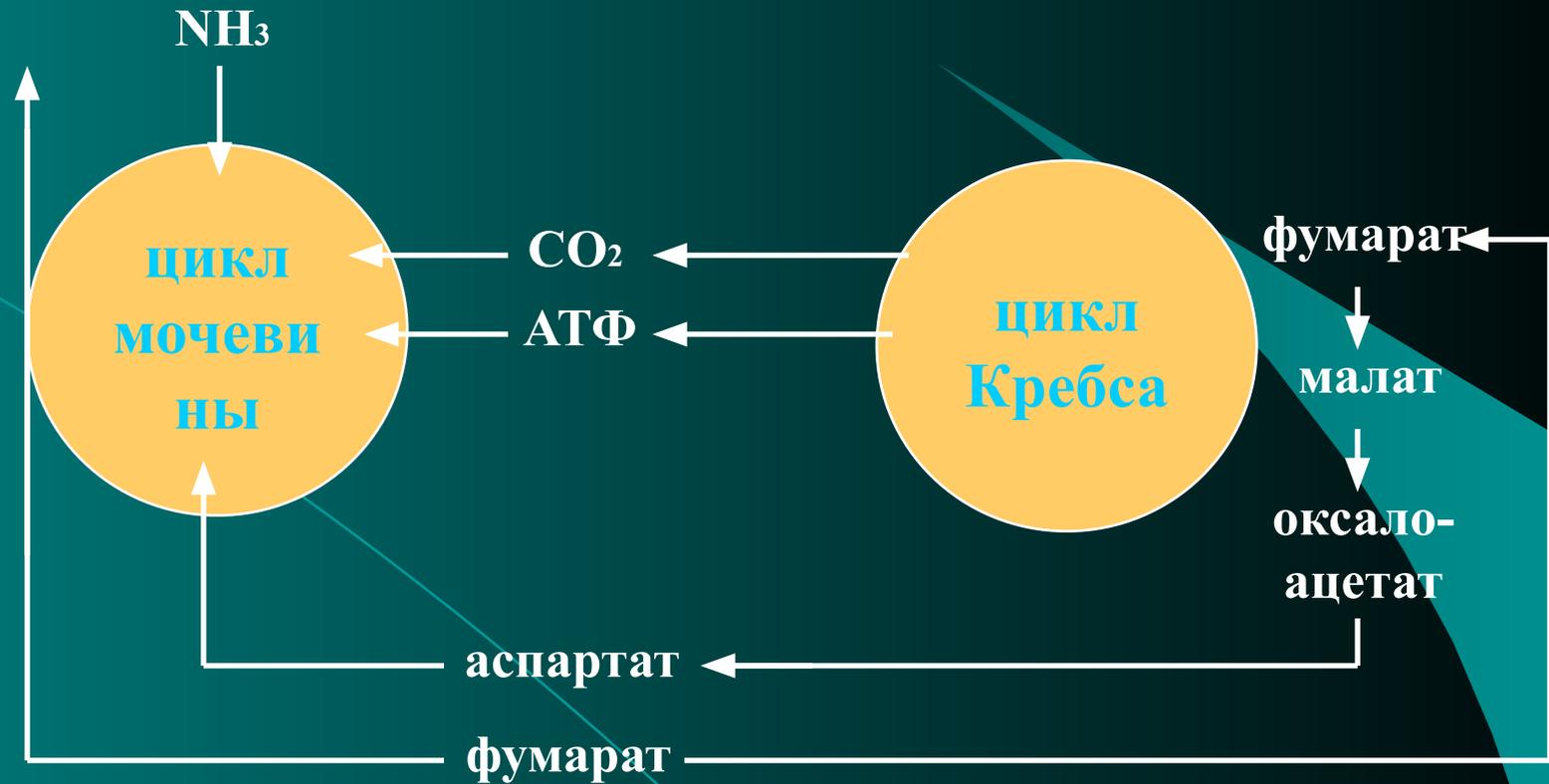


# Взаимосвязь обменов веществ

# Взаимосвязь различных видов обмена веществ



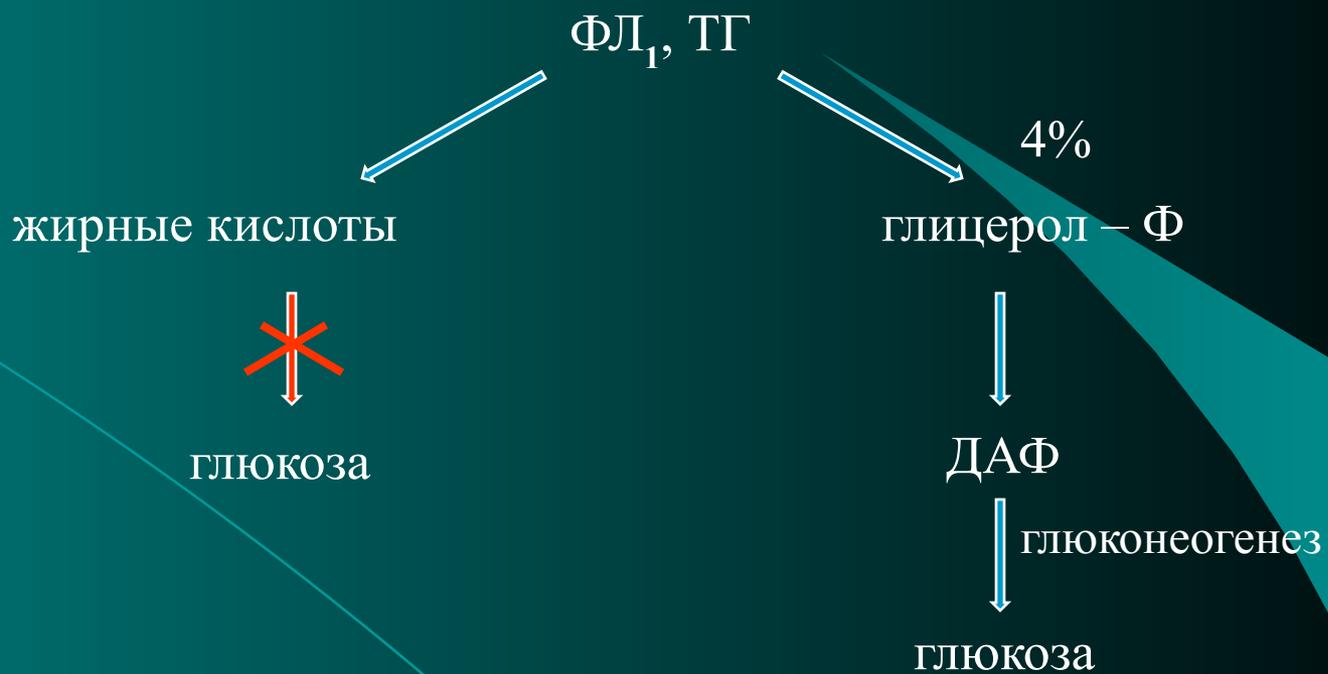
# Взаимосвязь циклов Кребса



# Углеводы → липиды



# Липиды → углеводы



# Углеводы → аминокислоты

α-кетоглутарат → глутамат → пролин

оксалоацетат → аспарагиновая кислота

ПВК → аспаргин

ГАФ → серин, глицин

---

гексозы → пентозы → нуклеотид  
↓  
сукцинил-КоА → коферменты НАД, ФАД, КоА  
↓  
гем

# Аминокислоты → углеводы

аланин → ПВК

→ глюкоза

аспарагиновая кислота → алат

→

щавелевоуксусная  
кислота



глюкоза ←

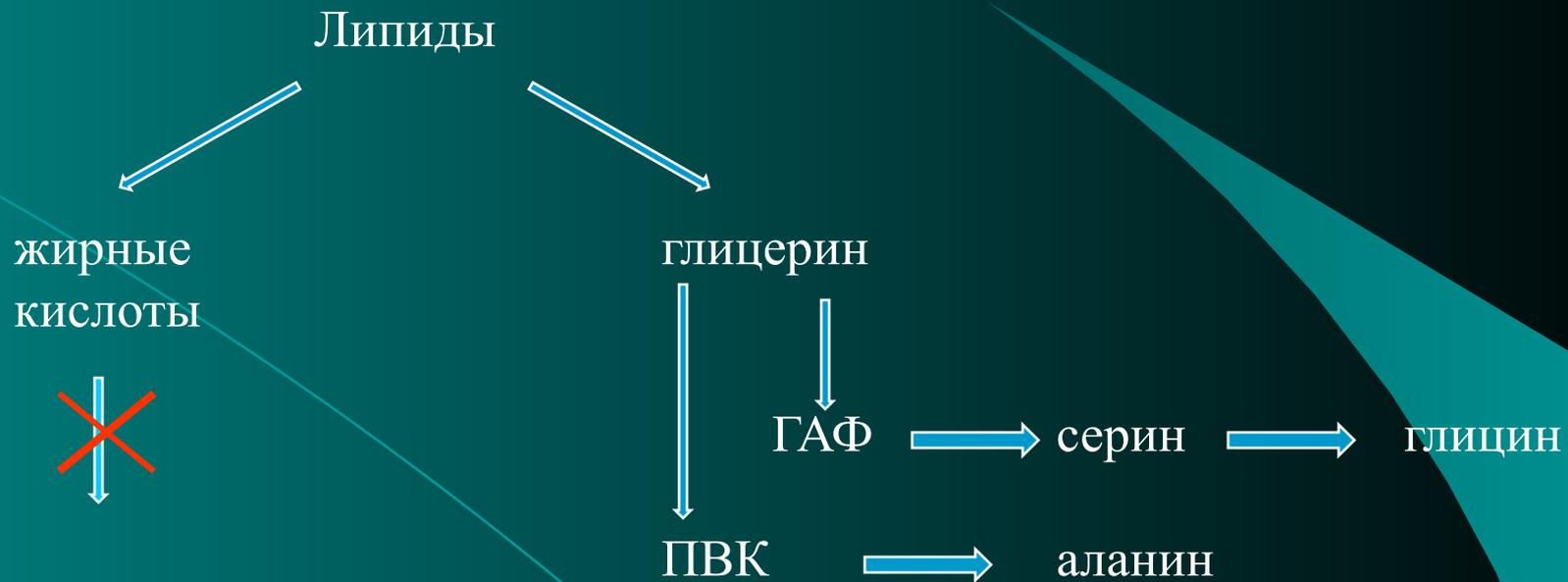
ПВК

Все аминокислоты, кроме лейцина, изолейцина.

# Аминокислоты → липиды



# Липиды → аминокислоты (заменяемые)



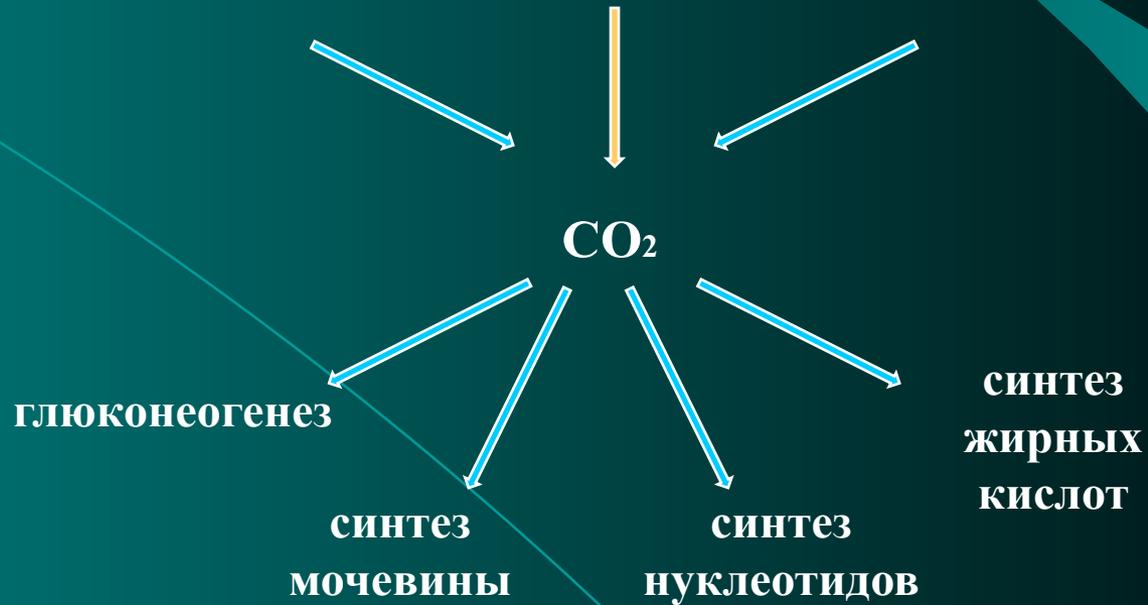
# Интеграция на различных уровнях

# Роль ацетил-КоА в метаболизме



# Интеграция на уровне CO<sub>2</sub>

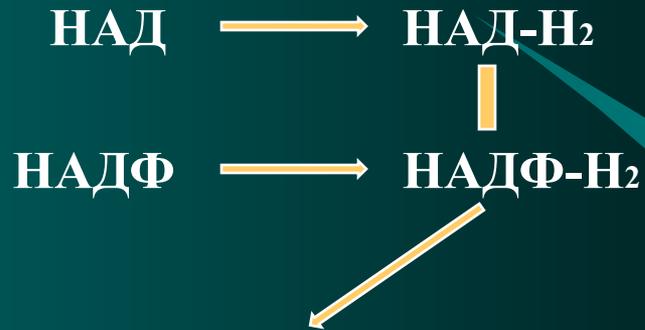
- Моносахариды
- Жирные кислоты
- Глицерин
- Аминокислоты
- Пиримидиновые нуклеотиды



# Интеграция на уровне $\text{H}_3\text{PO}_4$



# Интеграция на уровне H



**В реакциях синтеза и восстановления:**

- синтез холестерина;
- синтез жирных кислот;
- синтез глицерина;
- синтез аминокислот;
- синтез нуклеотидов.

# Интеграция на уровне $\text{NH}_3$

АМИНОКИСЛОТЫ  
НУКЛЕОТИДЫ  
АМИНОГЕКСОЗЫ  
АМИНОСПИРТЫ

АМИНЫ

$\text{NH}_3$

The diagram illustrates the integration of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) at the cellular level. It features a central green text label  $\text{NH}_3$ . To its left, a list of biological molecules (АМИНОКИСЛОТЫ, НУКЛЕОТИДЫ, АМИНОГЕКСОЗЫ, АМИНОСПИРТЫ) is written in yellow. To its right, the word АМИНЫ is written in white. Three blue arrows point from the left-side list towards the central  $\text{NH}_3$ , and one blue arrow points from АМИНЫ towards the central  $\text{NH}_3$ . The background is a dark teal gradient with a curved white line on the right side.

# Интеграция на уровне H<sub>2</sub>O

ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ + РЕАКЦИИ ДЕГИДРАТАЦИИ

