



Санкт-Петербургский  
государственный университет  
Химический факультет

290

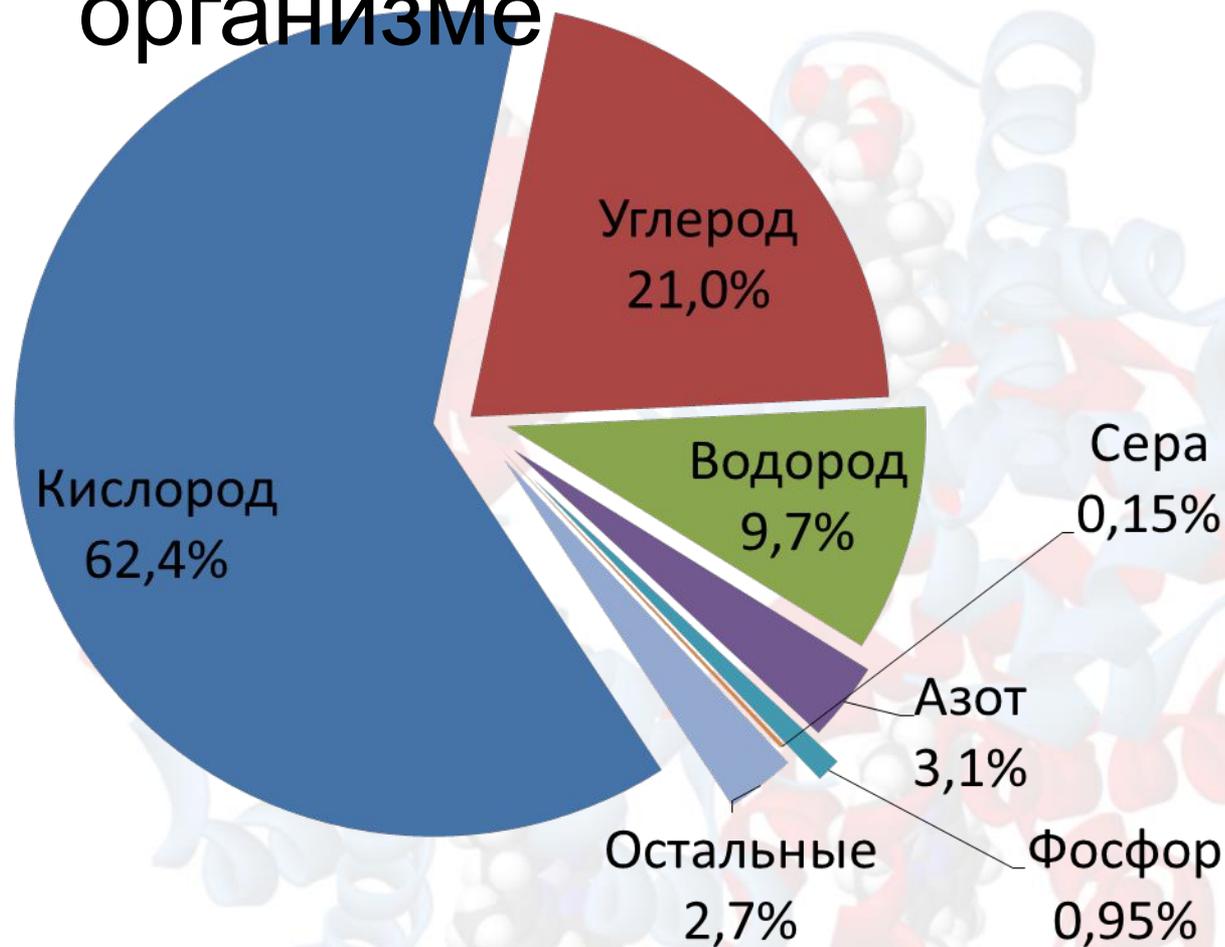
290 ЛЕТ СПбГУ —  
ПЕРВОМУ  
УНИВЕРСИТЕТУ  
РОССИИ

# Бионеорганическая химия

Лекция №4  
Биогенные элементы  
Часть I

2014

# Содержание в организме

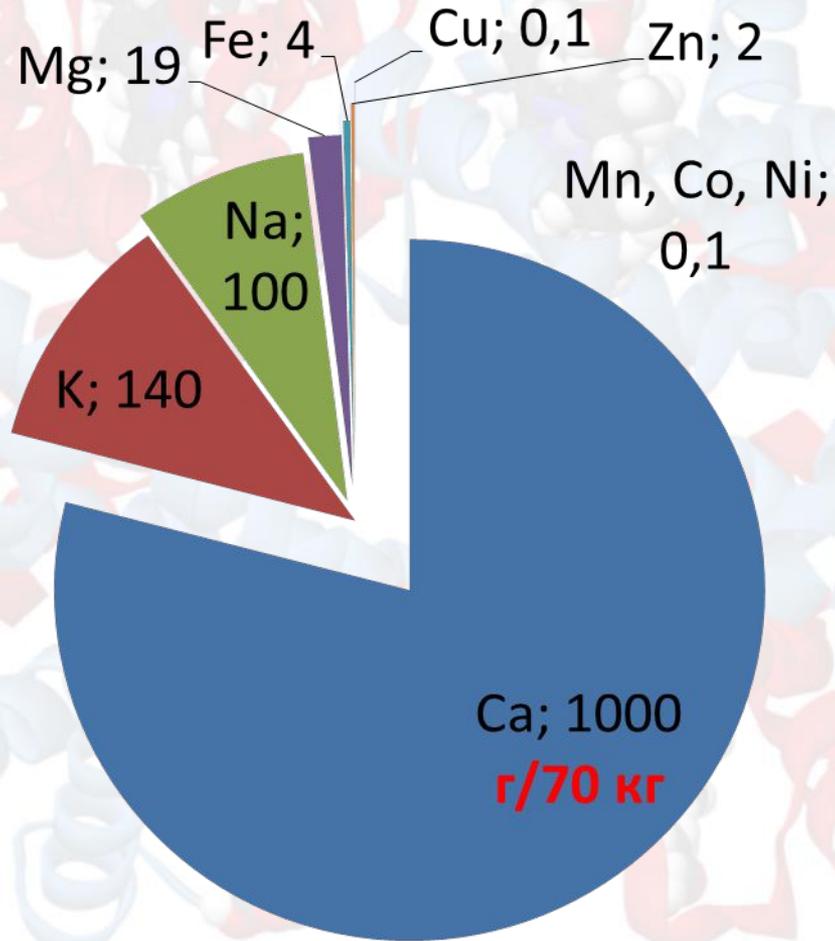


**Элементы-органогены: O, C, H, N, P, S – 97,3%**

# «Металлы

Жизнь содержание –

2,4%



Элемент	Содержание в организме, %	Содержание в земной коре, %	Содержание в морской воде, %
O	62,4	49,5 (1)	85,9 (1)
C	21	8,7 (13)	0,0028 (10)
H	9,7	0,88 (9)	10,8 (2)
N	3,1	0,03 (16)	$5 \cdot 10^{-5}$ (15)
S	0,15	<b>0,048 (15)</b>	<b>0,089 (6)</b>
Ca	1,5	3,38 (5)	0,041 (7)
K	0,25	2,41 (7)	0,039 (8)
Na	0,15	2,63 (6)	1,07 (4)
Mg	0,05	1,95 (8)	0,13 (5)
Fe	0,006	<b>4,7 (4)</b>	<b><math>5 \cdot 10^{-7}</math> (23)</b>
Mn	$1,7 \cdot 10^{-5}$	<b>0,085 (14)</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-8}</math> (37)</b>
Mo	$1,3 \cdot 10^{-5}$	<b><math>1,5 \cdot 10^{-4}</math> (52)</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-6}</math> (22)</b>

# Биогенные элементы

**Биогенные элементы** – элементы, необходимые для построения и жизнедеятельности различных клеток организма

## Макроэлементы

ы  
>10<sup>-3</sup> %

- построение тканей
- поддержка осмотического давления
- кислотно-основной, окислительно-восстановительный, металло-лигандный гомеостаз

## Микроэлементы

ы  
10<sup>-3</sup> ÷ 10<sup>-6</sup> %

- ферменты, гормоны, витамины
- комплексообразователи
- активаторы обмена веществ

В организме более 60 элементов! (Se, As, Tl, V, Cr, Ag...)

оптимальное  
содержание  
микроэлемента  
(гомеостаз)

дефицит



токсичность

# Роль биогенных элементов

Углеро  
д

Кислоро  
д

Фосфо  
р

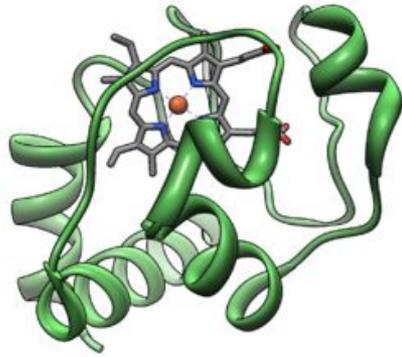
Калий,  
натрий

Магни  
й

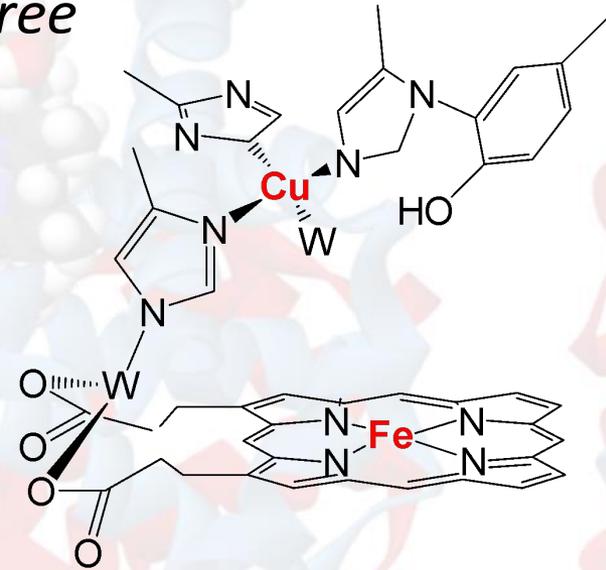
- белки, жиры и прочая органика (совместно с N, S, O, H)
- гидрокарбонатный буфер  $\text{HCO}_3^{2-}/\text{CO}_2$
- вода (совместно с H)
- неорганические соли (совместно с H)
- дыхание
- гидрокарбонатный буфер  $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$
- фосфаты кальция (апатиты)
- АТФ и прочие «энергетики»
- буферные системы
- осмотическое давление
- костная ткань
- активатор ферментов (окислительное фосфорилирование, репликация ДНК, синтез белков, гидролиз АТФ)

# Биологическая роль железа

*гемоглобин-free*



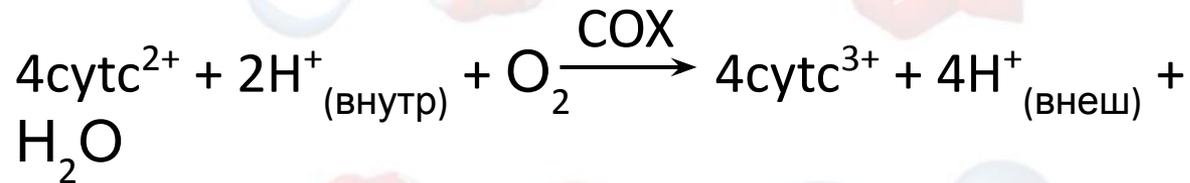
Цитохром с (cytc)



Цитохром с-оксидаза (COX)

$\alpha_3/\text{Cu}_B$  – каталитический центр

- электронный перенос ( $\alpha_1/\text{Cu}_A$ )
- катализ восстановления  $\text{O}_2$



# Биологическая роль железа

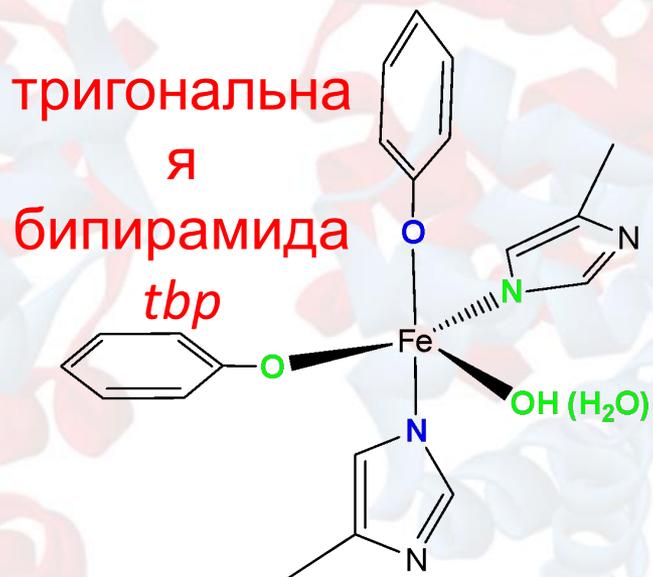
Оксигеназы

катализируют реакции внедрения

Диоксигеназы  
внедряют **оба атома**



Монооксигеназы  
внедряют **один атом**



Активный центр 3,4-PCD  
протокатеохат-3,4-  
диоксигеназа

- гемовое железо (цитохром P-450)
- негемовое железо (липооксигеназа)

N =

ГИСТИДИН

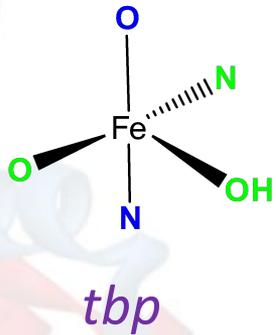


октаэд  
р  
*Oh*

Активный центр  
липооксигеназы

# Биологическая роль железа

3,4-PCD

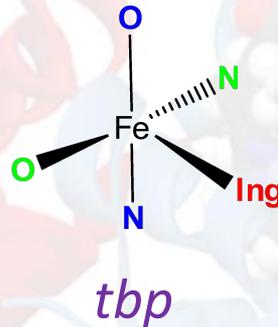


+

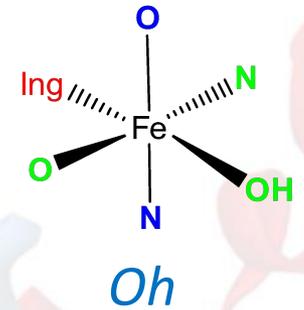
Ing



ингибитор



либ  
о



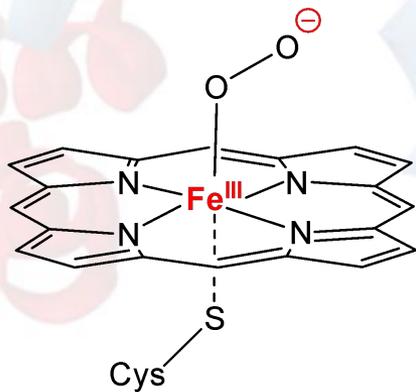
сильно

связывающийся  
ингибитор

слабо

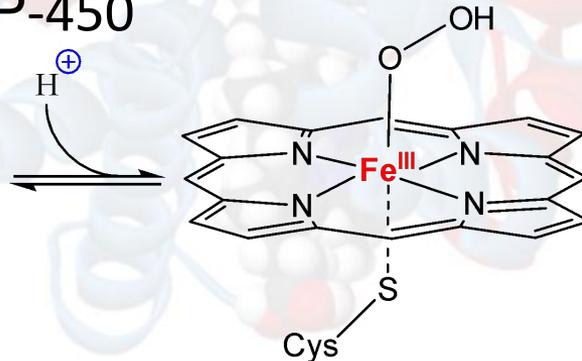
связывающийся  
ингибитор

Механизм работы цитохрома  
P-450



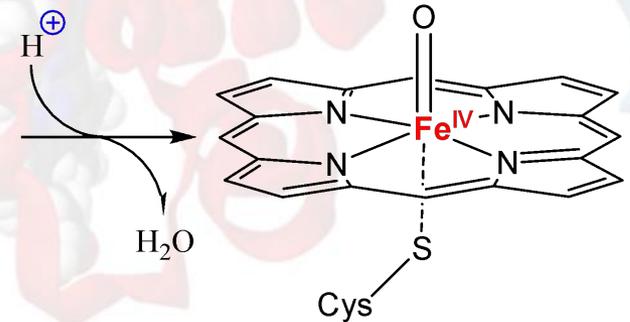
пероксожелезо

о



гидропероксожелезо

о



оксеноидное  
железо

о

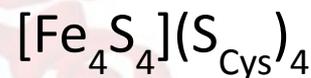
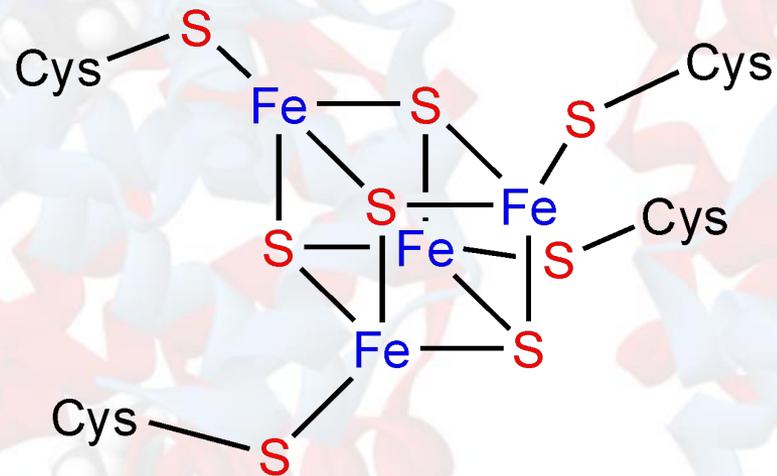
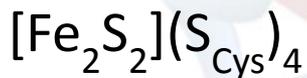
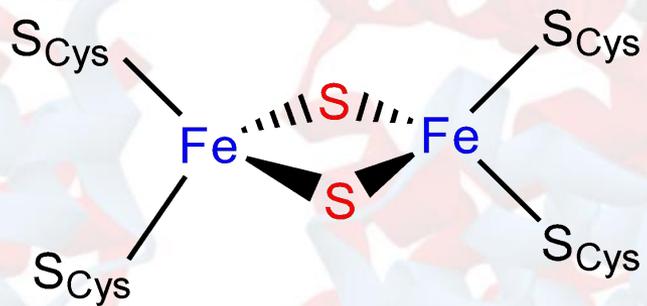
# Биологическая роль

## железа

Ферредоксины fd

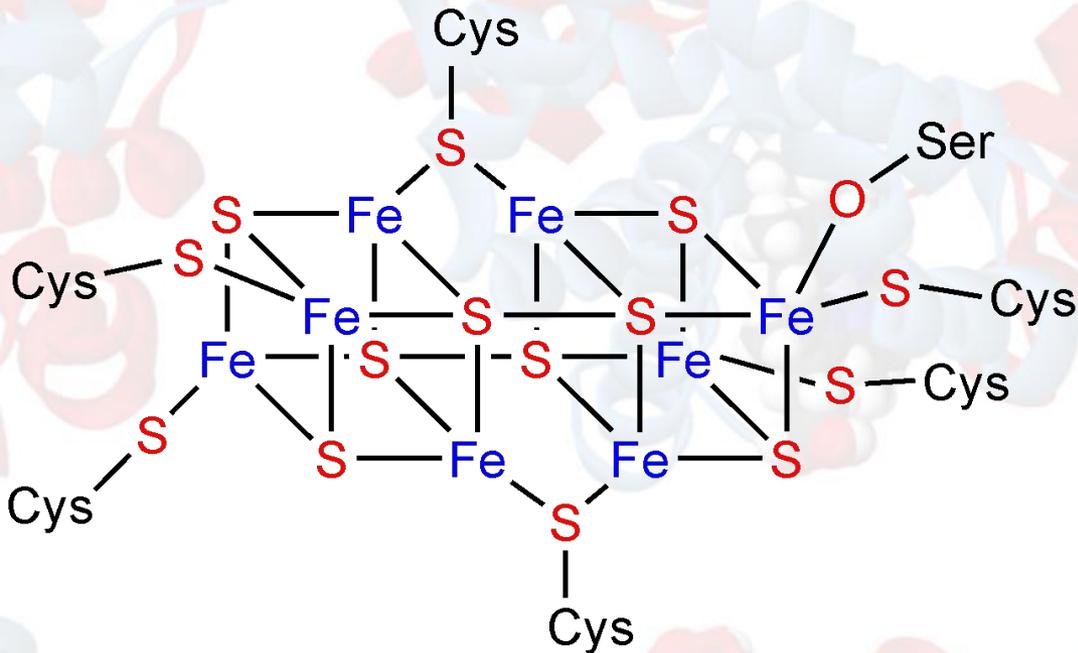
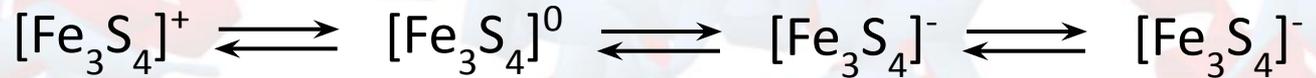
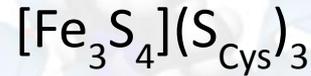
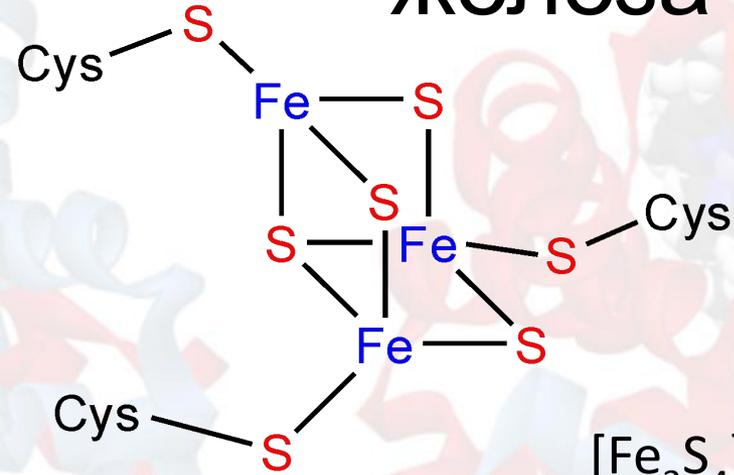
FeS-протеины или кубановые

кластеры  
Известно более 120  
ферментов

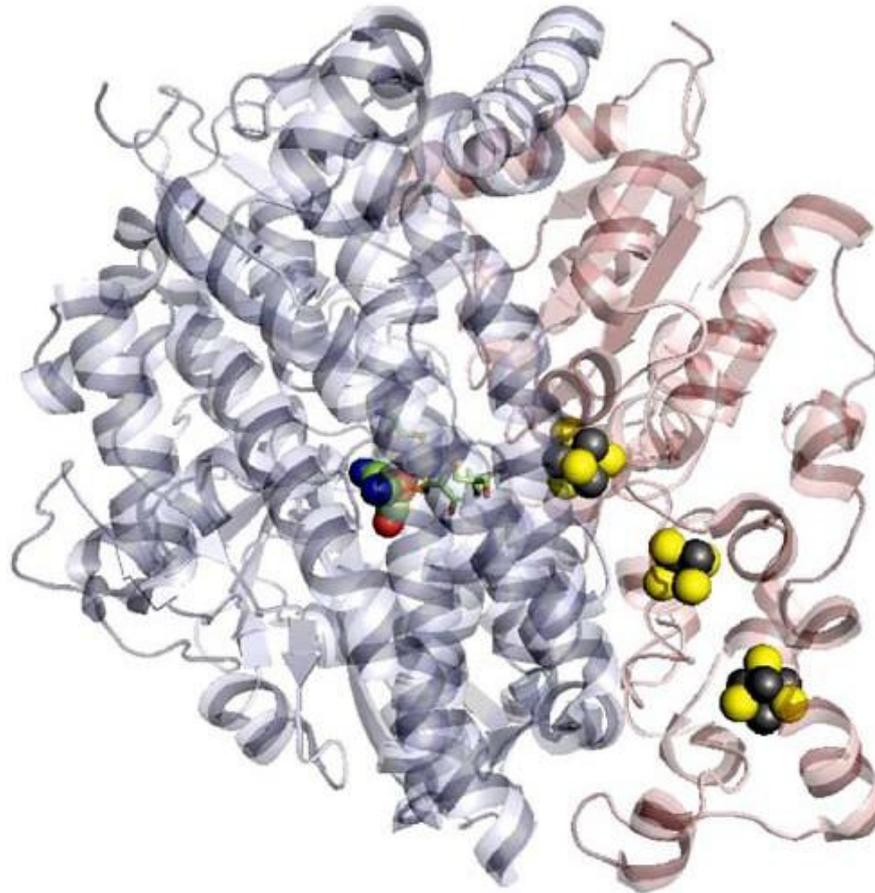


# Биологическая роль железа Ферредоксины

fd



# Биологическая роль железа Ферредоксины fd



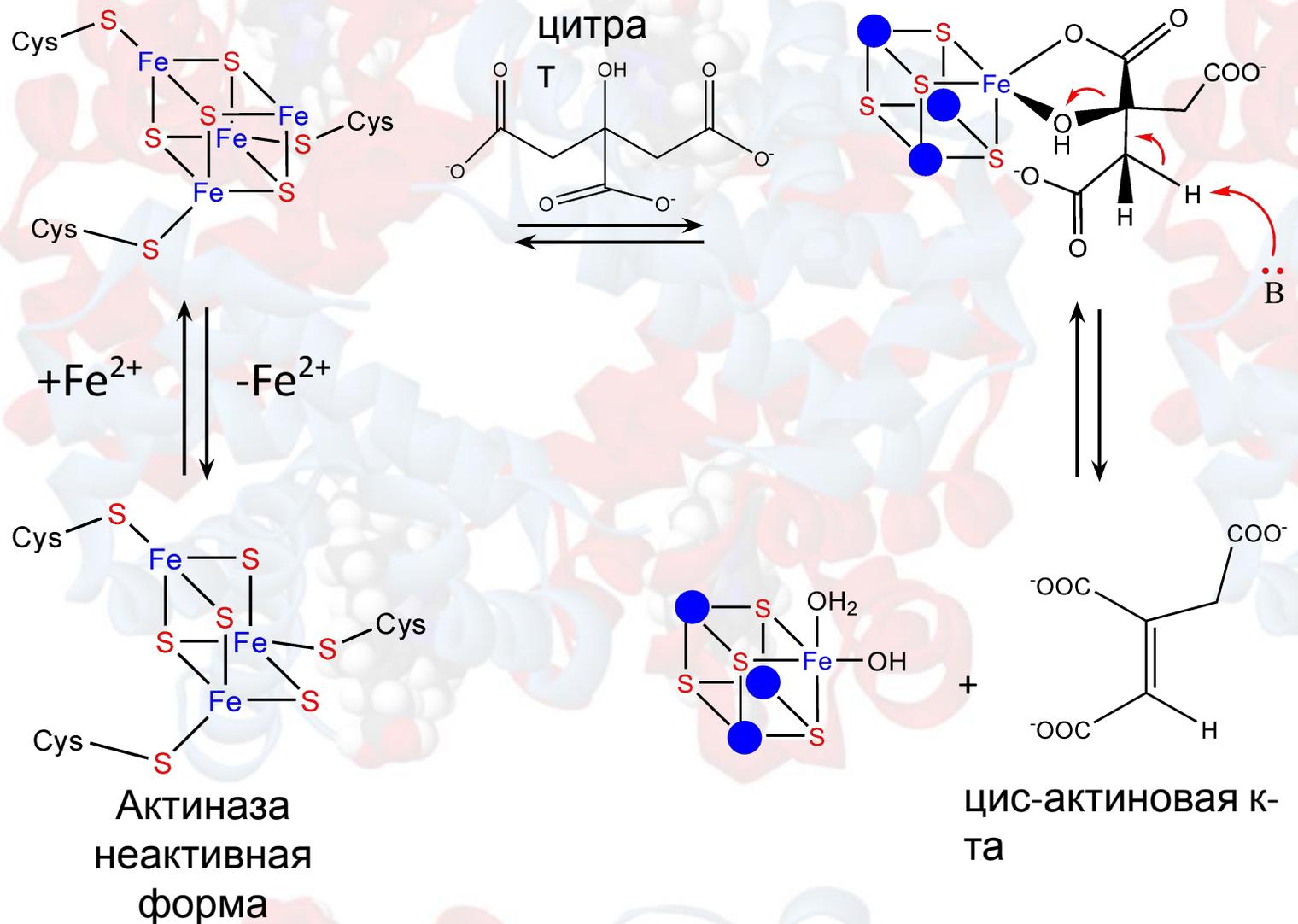
Кубановые кластеры в  
дегидрогеназе

# Биологическая роль

железа Цикл  
Нобелевская премия по медицине,  
1953

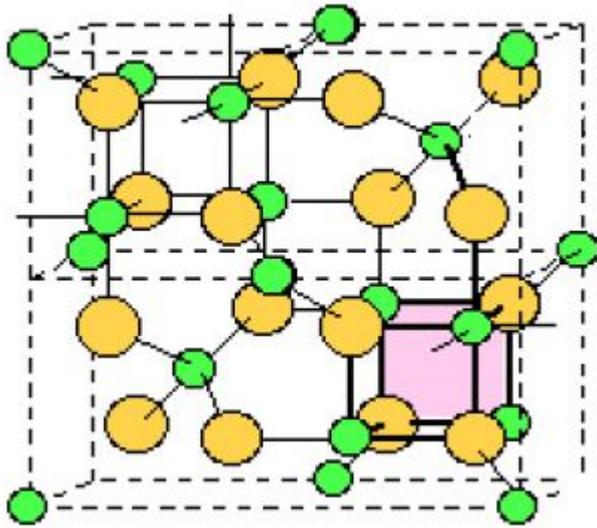


Ханс  
Кребс  
(Krebs)

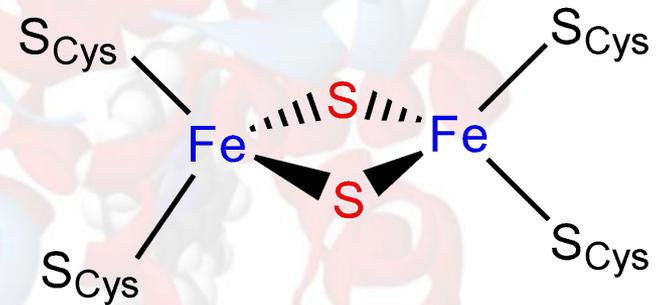
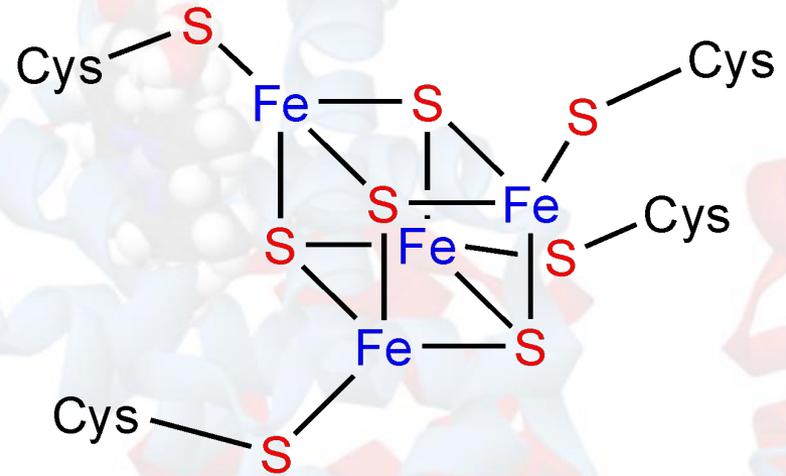


# Биологическая роль

железа  
в функционировании  
ферредоксинов



Кристаллическая  
решетка  
грейгита



ферредоксин  
ы

# Биологическая роль

## меди

$\text{Cu}^{+1}$  – цистеин,  
метионин

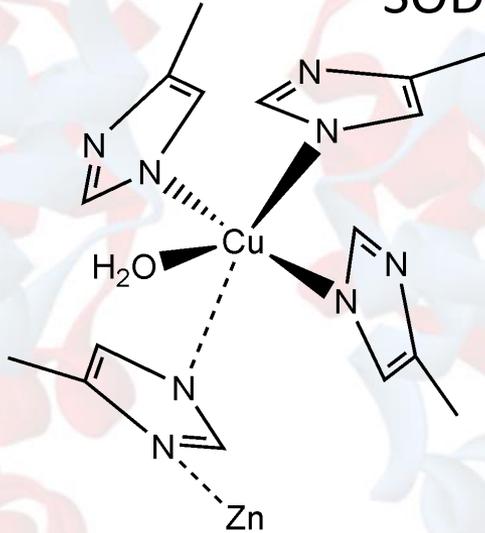
Td

CuZn-зависимые супероксиддисмутазы

SOD

$\text{Cu}^{+2}$  – гистедин, серин,  
тирозин

$\text{D}_{4h}$



Активный центр

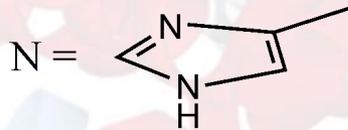
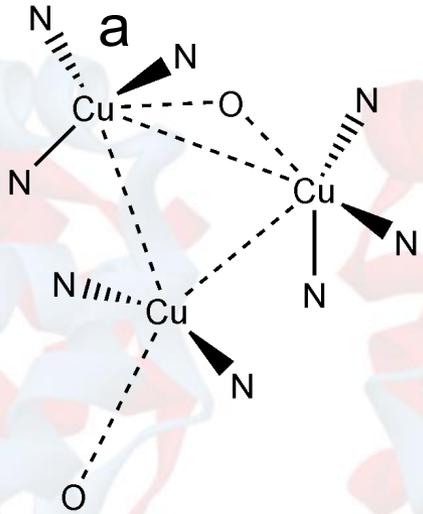
CuZn-

супероксиддисмутазы

# Биологическая роль

## медьультимедные оксидазы

Лакказ



N<sub>2</sub>O-редуктаза

