Хромопротеиды

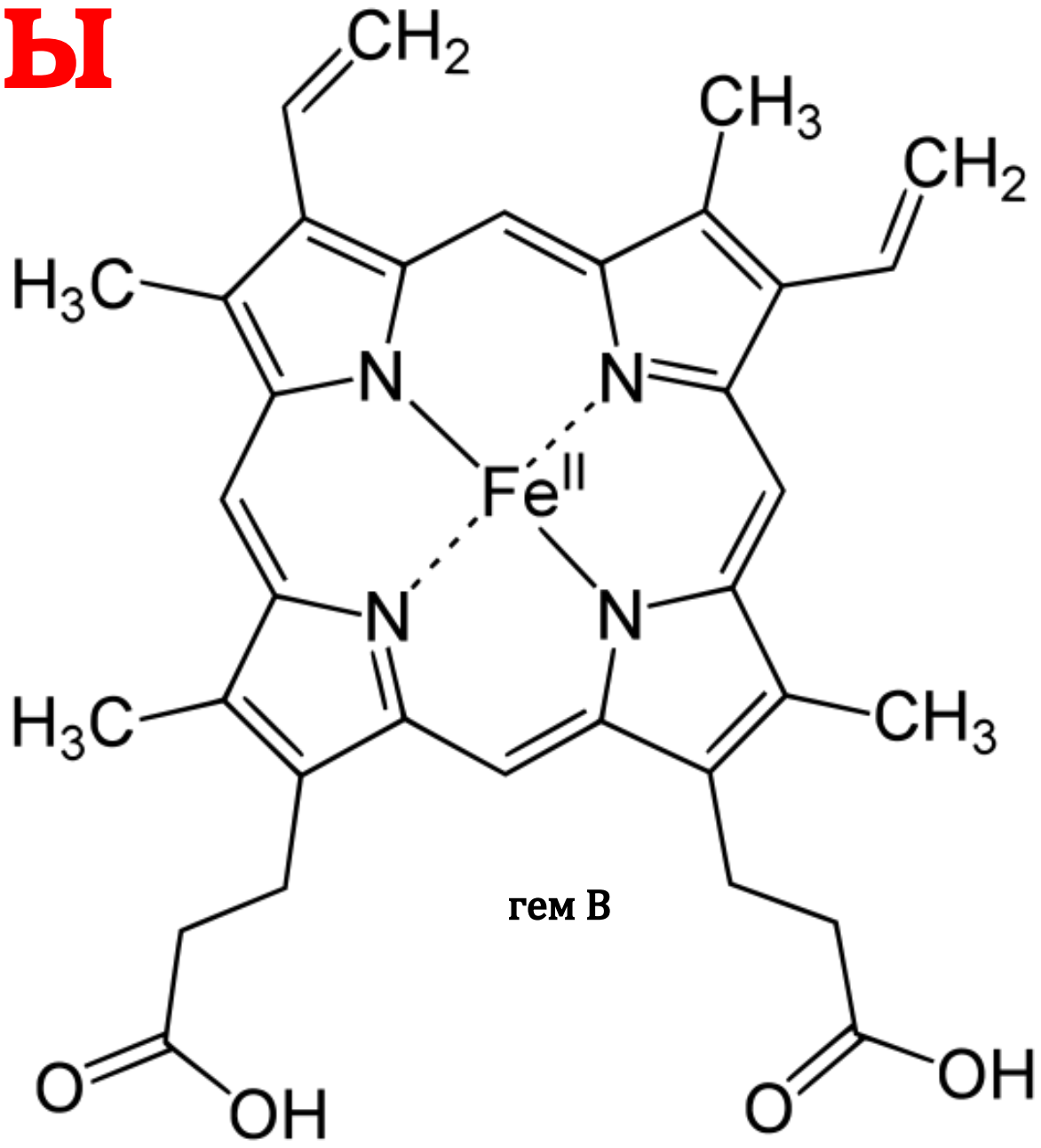
(от. греч. *chroma* — цвет, окраска + протеиды) – сложные белки, простетическая группа которых окрашена

Железосодержащие порфиринпротеины (гемопротеины)
Флавопротеины (содержащие ФАД или ФМН)
Ретинальпротеины (содержат производные витамина А)
Кобаламинпротеиды (содержат производные витамина B_{12})

Гемопротеиды

1. Гемоглобин
2. Миоглобин
3. Цитохромы
4. Сукцинатдегидрогеназа
5. Каталаза
6. Миелопероксидаза
7. Гуанилатциклаза
8. NO-синтазы
9. Циклооксигеназы
10. Тиреопероксидаза
11. Гомогентизатоксидаза
12. Нейроглобин
13. Цитоглобин

Гемы (от др.-греч. ἁίμα — «кровь») — комплексные соединения порфиринов с железом



гем B

https://ru.wikipedia.org/wiki/Гем_(биохимия)

$H_2NCH_2CH_2NH_2$

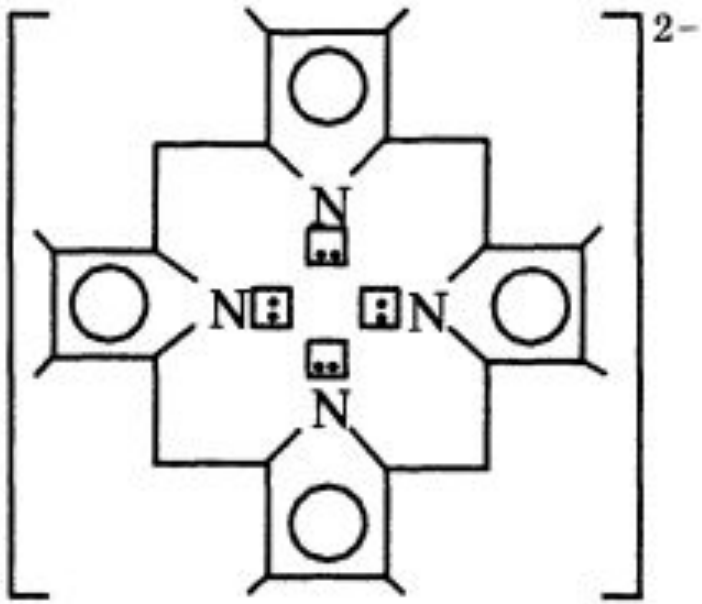
молекула этилендиамина

$^-OOC—COO^-$

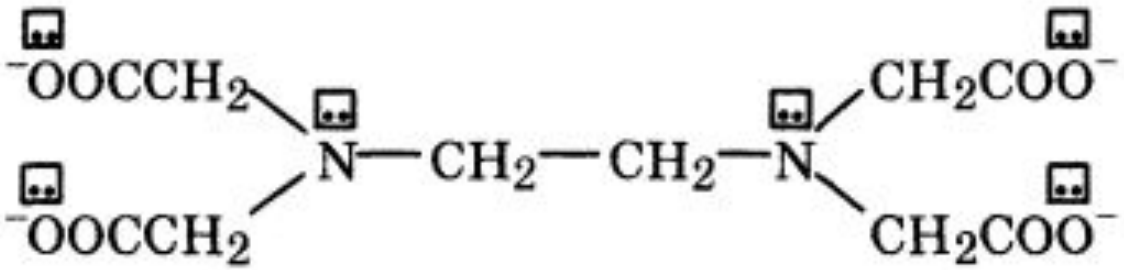
дианион щавелевой кислоты

$H_2NCH_2COO^-$

анион аминоуксусной кислоты

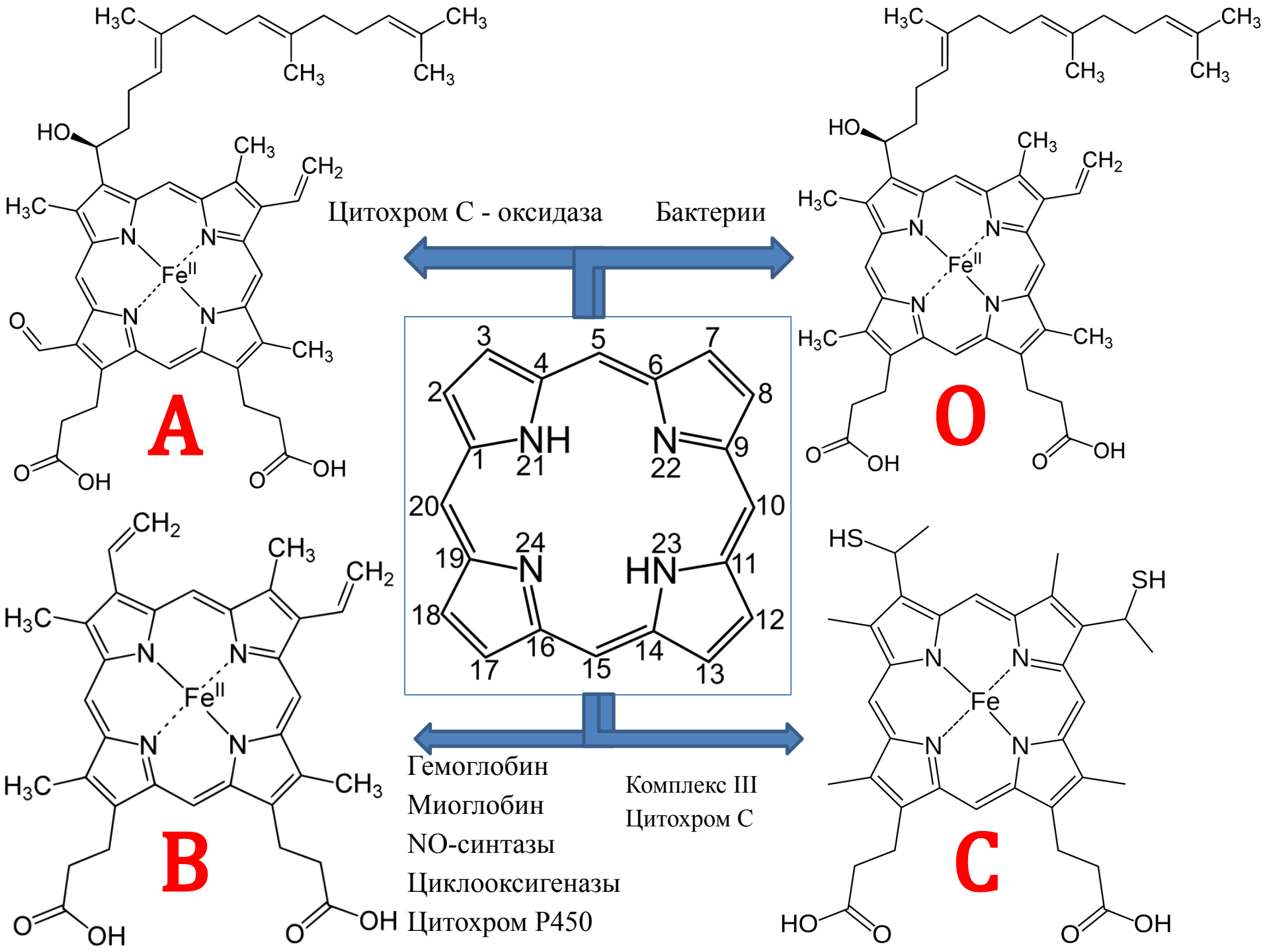


дианион порфирина
4-дентатный лиганд



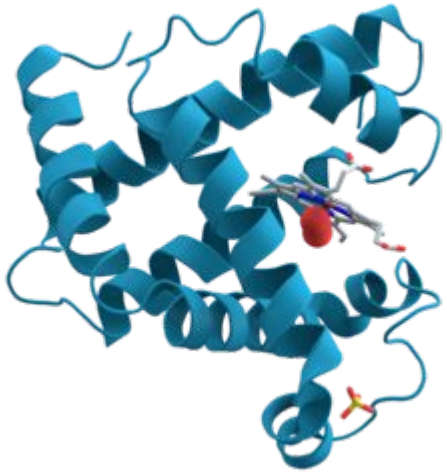
тетраанион этилендиаминтетрауксусной кислоты (EDTA)
6-дентатный лиганд

СЛЕСАРЕВ В. И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – 4-е изд., испр.– СПб: Химиздат, 2007. – 784 с.: ил.

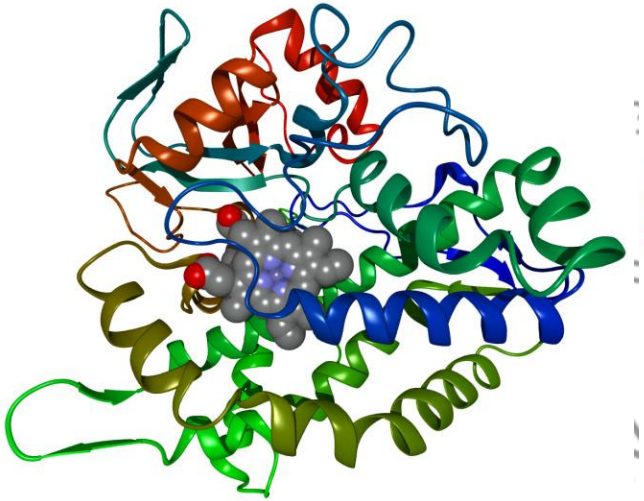

A
O
B
C
Цитохром С - оксидаза
Бактерии
Гемоглобин
Миоглобин
NO-синтазы
Циклооксигеназы
Цитохром P450
Комплекс III
Цитохром С

Известен ряд различных гемов, отличающихся заместителями порфиринового ядра:

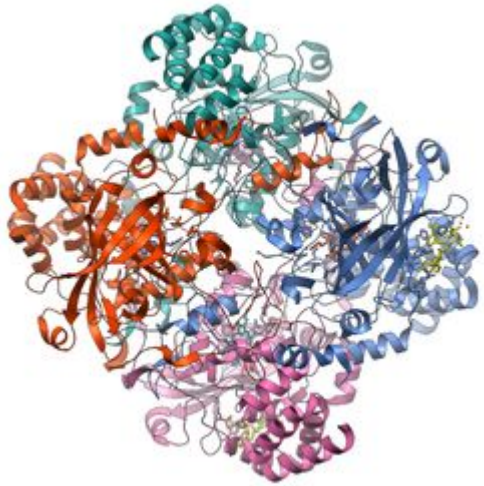
Гем	Заместитель при			Гемопротеины
	C_3	C_8	C_{18}	
A	**—CH(OH)CH_2Far**	**—CH=CH_2**	**—CH=O**	Цитохром С - оксидаза
B	**—CH=CH_2**	**—CH=CH_2**	**—CH_3**	Гемоглобин Миоглобин NO-синтазы Циклооксигеназы Цитохром Р450
C	**—CH(цистеин-S-ил)CH_3**	**—CH(цистеин-S-ил)CH_3**	**—CH_3**	Комплекс III ДЦ митохондрий Цитохром С
O	**—CH(OH)CH_2Far**	**—CH=CH_2**	**—CH_3**	У человека не выявлен используется бактериями. Например, E. coli.



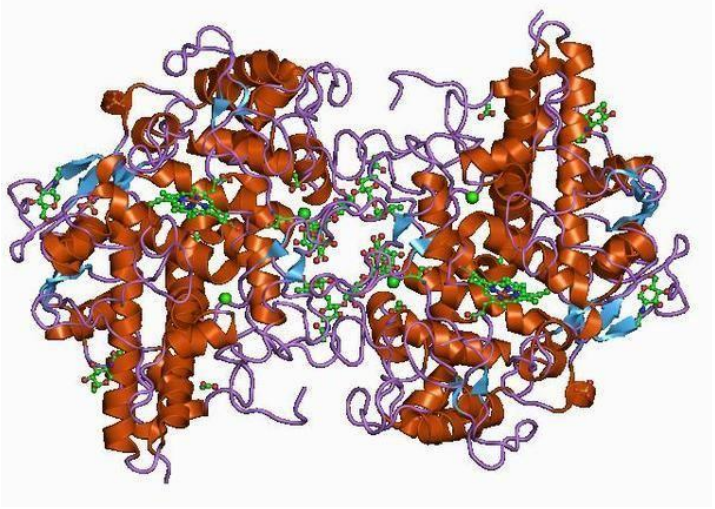
Миоглобин



Цитохром

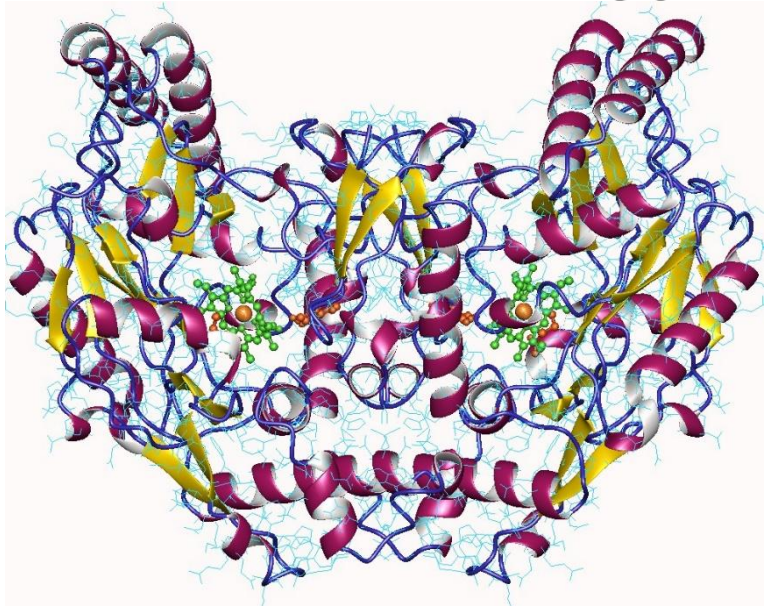


Каталаза

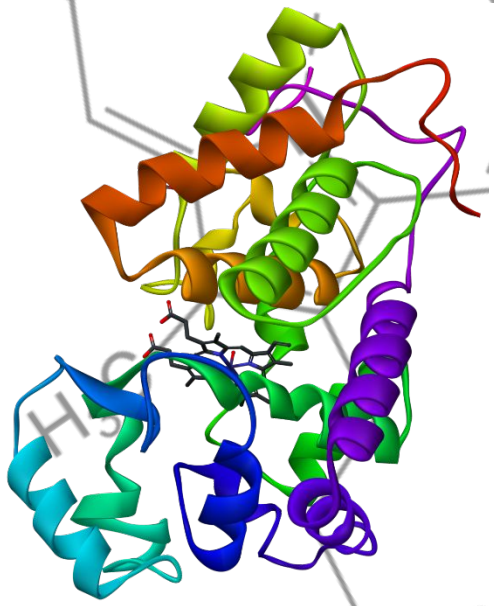


Миелопероксидаза

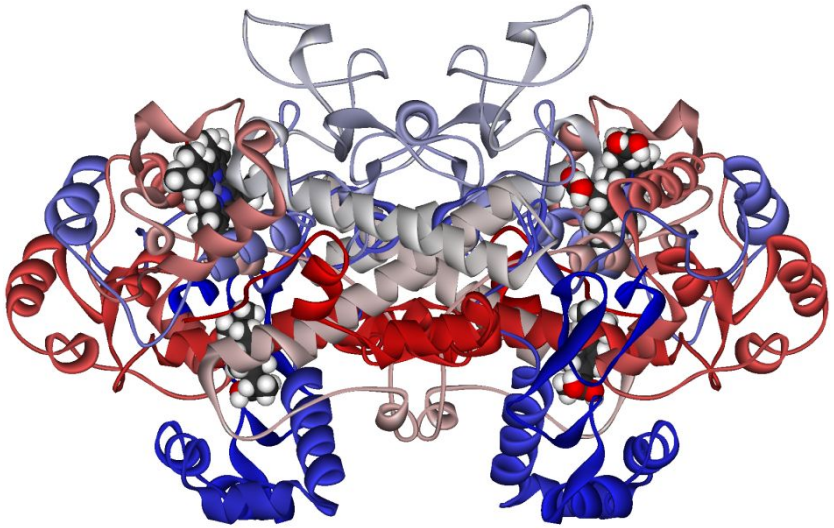
https://ru.wikipedia.org/wiki/Заглавная_страница



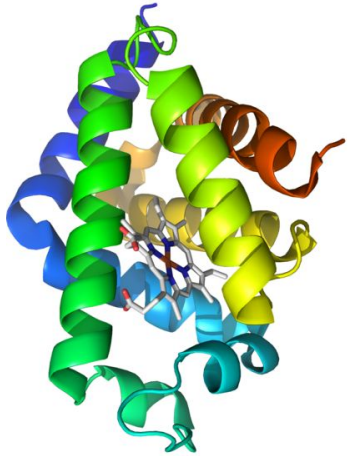
NO-синтаза



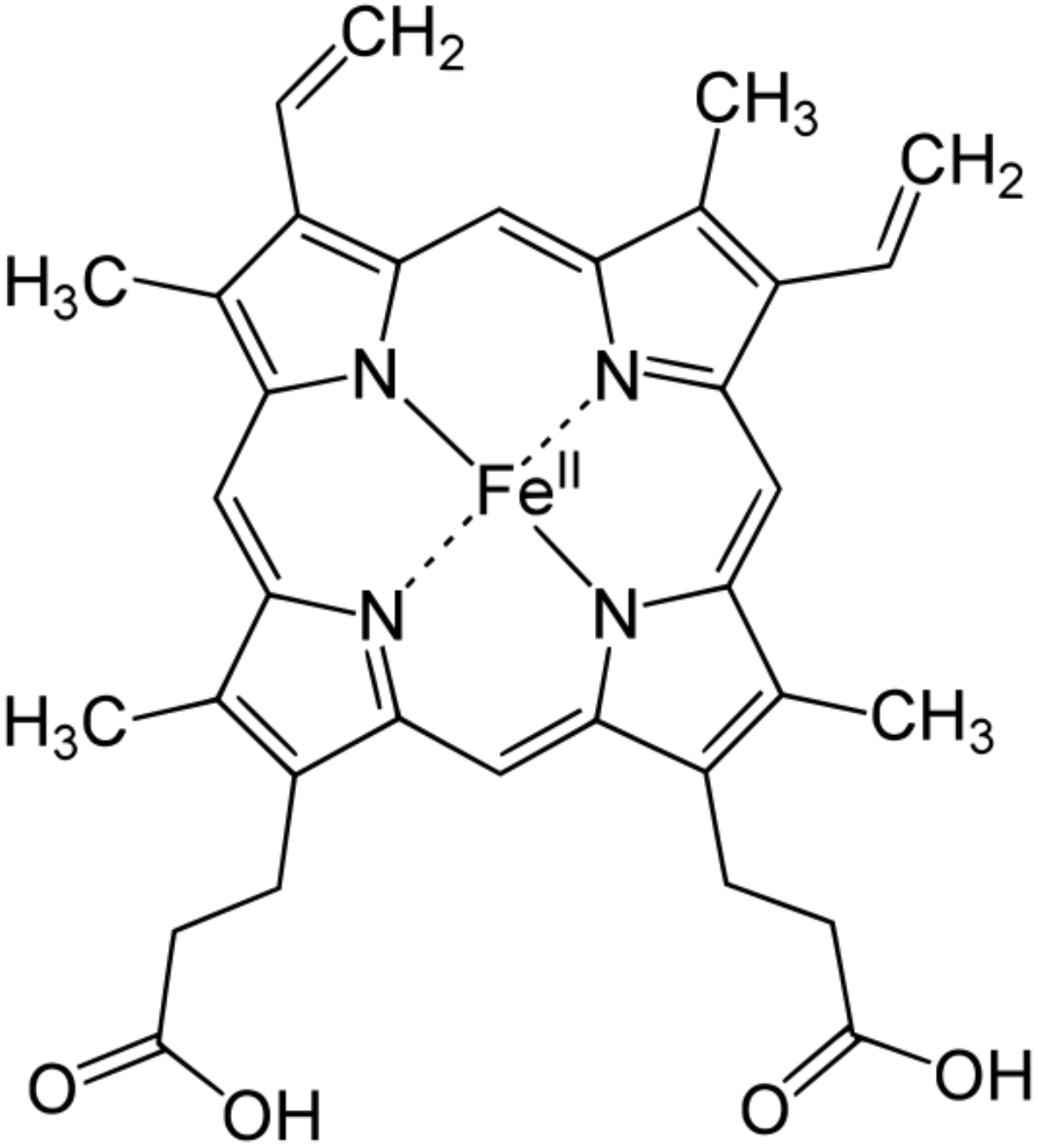
Пероксидаза

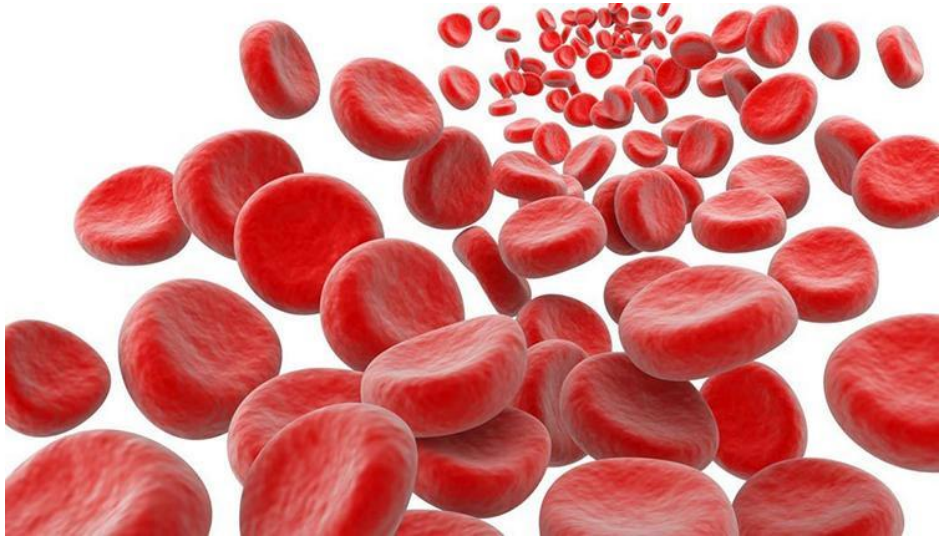


ЦОГ



Нейроглобин



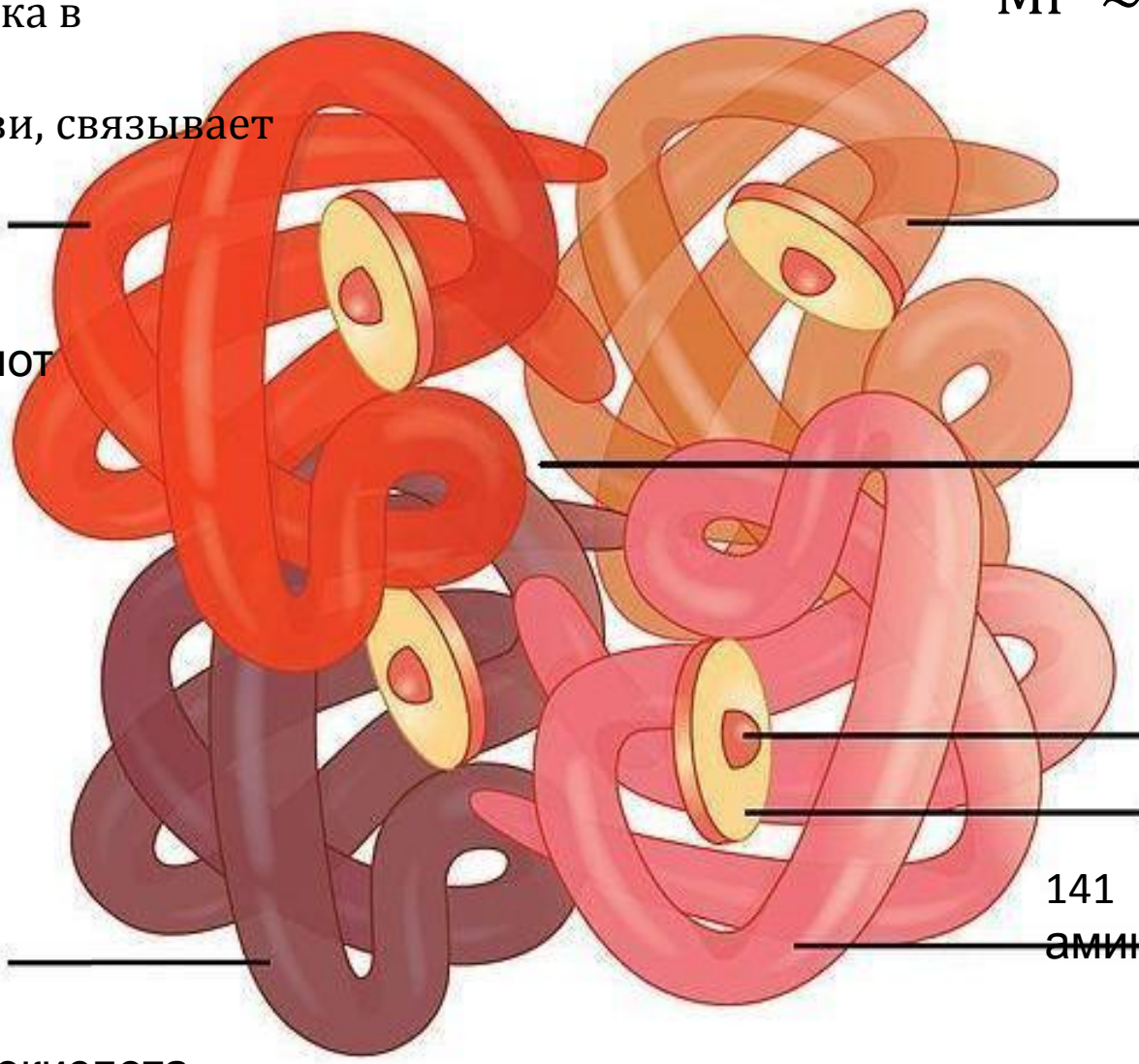


https://inet-health.ru/wp-content/uploads/2017/01/gemoglobin4.jpg
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRH9ZufGrYxGYJbbXXDYFqeF936uwhZESYSiFRyPfHdHLfF7Xod

Гемоглобин — гемопротеин, содержащийся в эритроцитах, способный обратимо связываться с кислородом, обеспечивая его перенос в ткани

- Растворимость O_2 в воде (н. у.): 4,9 мл / 100 мл.
- Ежедневная средняя потребность человека в газообразном O_2 ≈600 л
- Гемоглобин, содержащийся в 100 мл крови, связывает ≈ 20 мл O_2

Mr ≈ 66,8 кДа



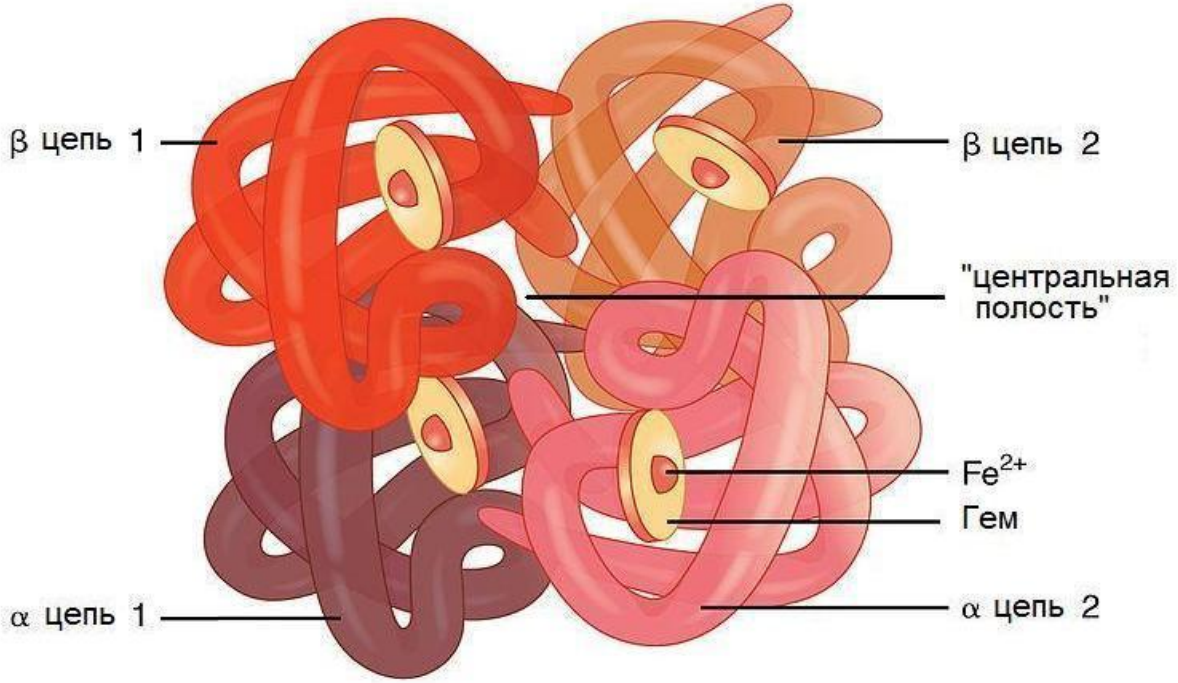
- В одном эритроците среднего размера (7 мкм) содержится 15–20 мкг гемоглобина (35% массы эритроцита)
- «Почетный фермент»

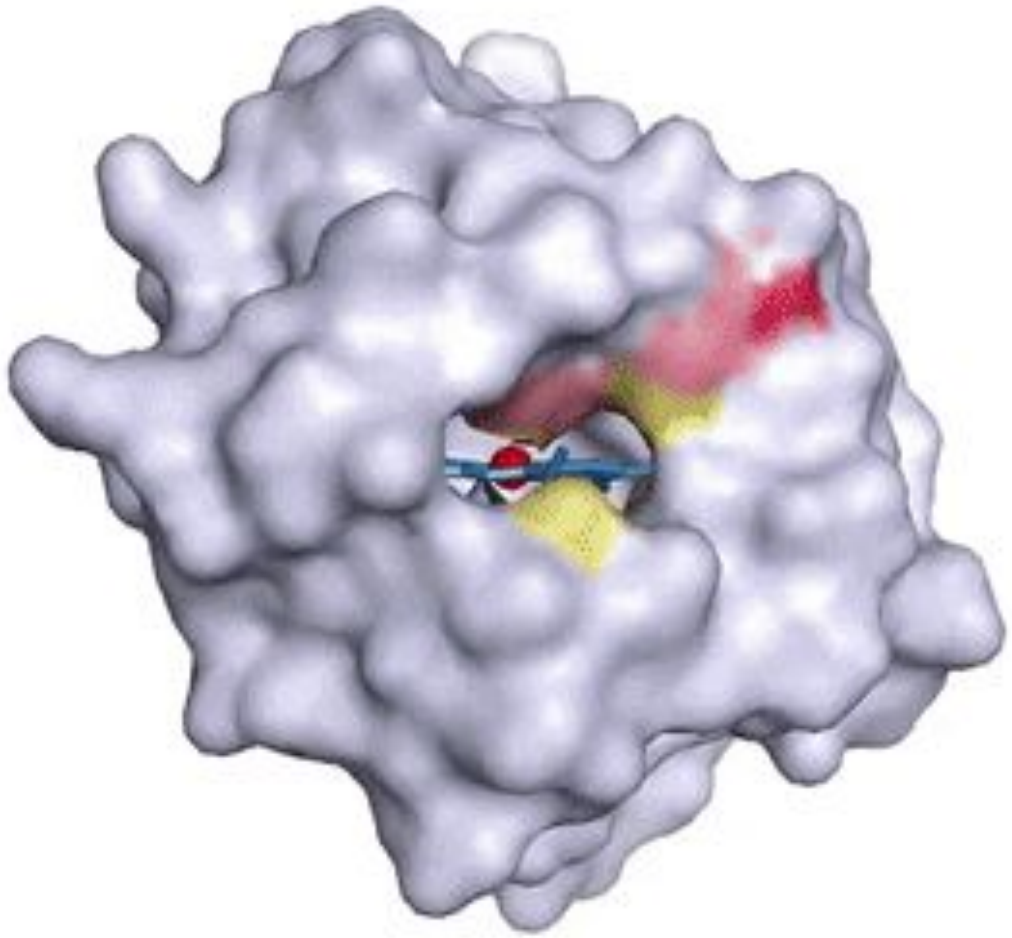
- Размер молекулы ≈ 3,6 нм
- pI=6,8
- Высокое содержание гистидина
- Гем – 4% молекулы
- Глобин – 96% молекулы

Тетрамер гемоглобина – сфероид

- длиной 64Å,
- шириной 55Å
- высотой 50Å

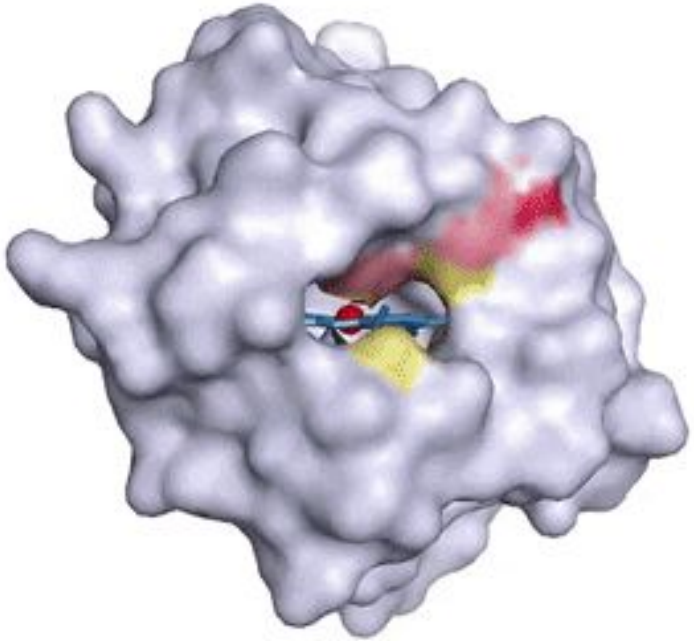
Стабилизация субъединиц:
водородные, ионные, гидрофобные связи
Неполярные гидрофобные связи, обращенные внутрь белка, играют главную роль в стабилизации четвертичной структуры гемоглобина

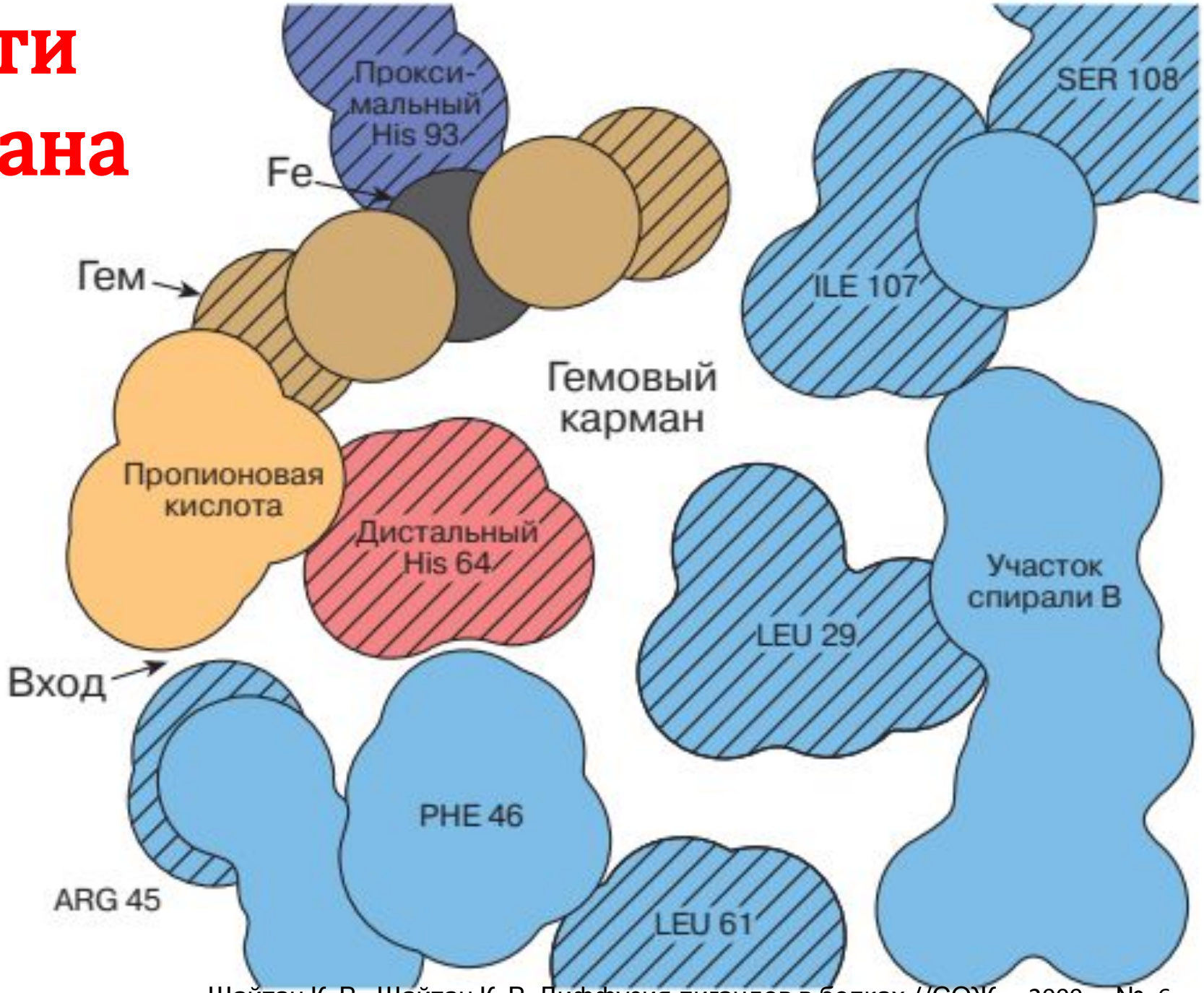




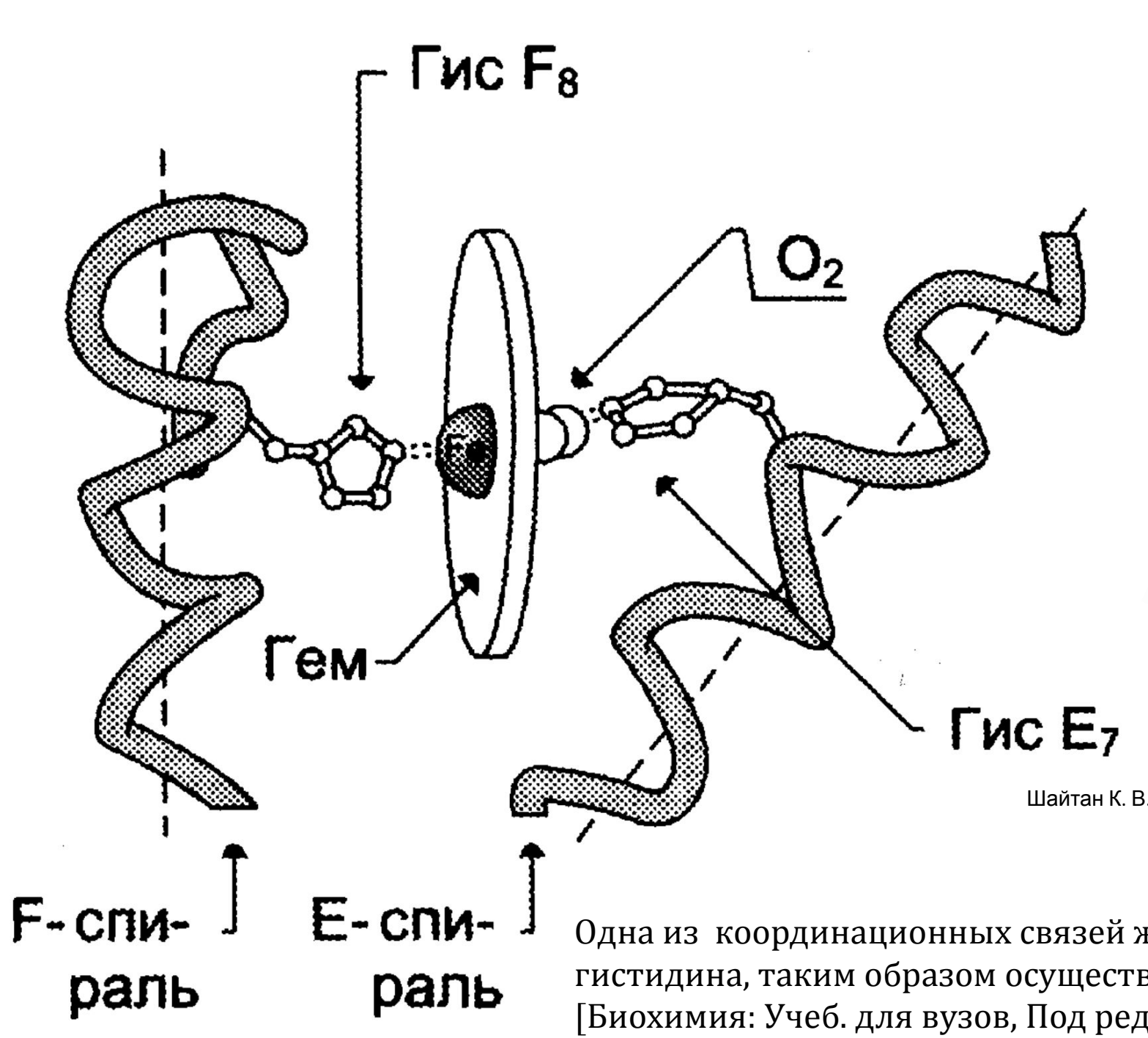
Гемовая группа локализована в гидрофобном «гемовом кармане» каждой из четырёх субъединиц

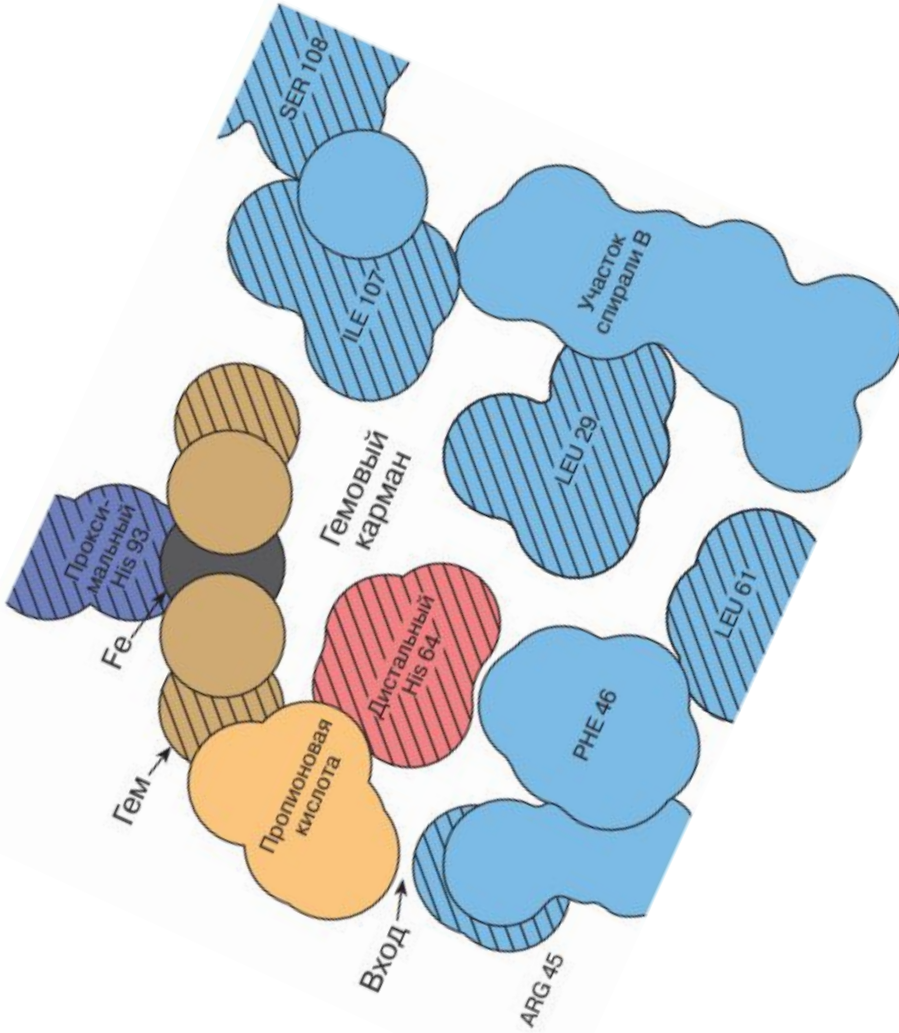
Сечение области гемового кармана миоглобина





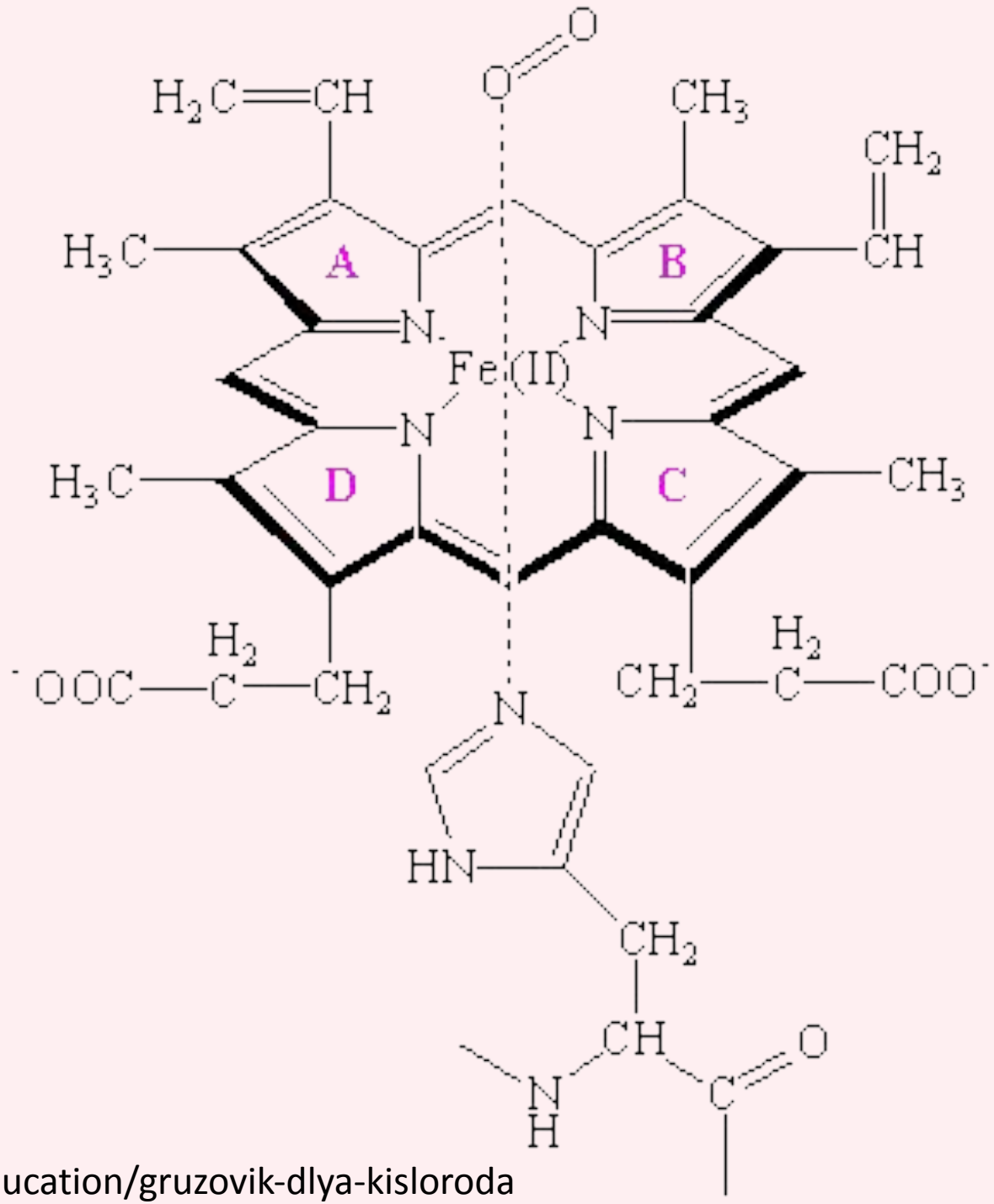
Шайтан К. В., Шайтан К. В. Диффузия лигандов в белках //СОЖ. – 2000. – №. 6. –



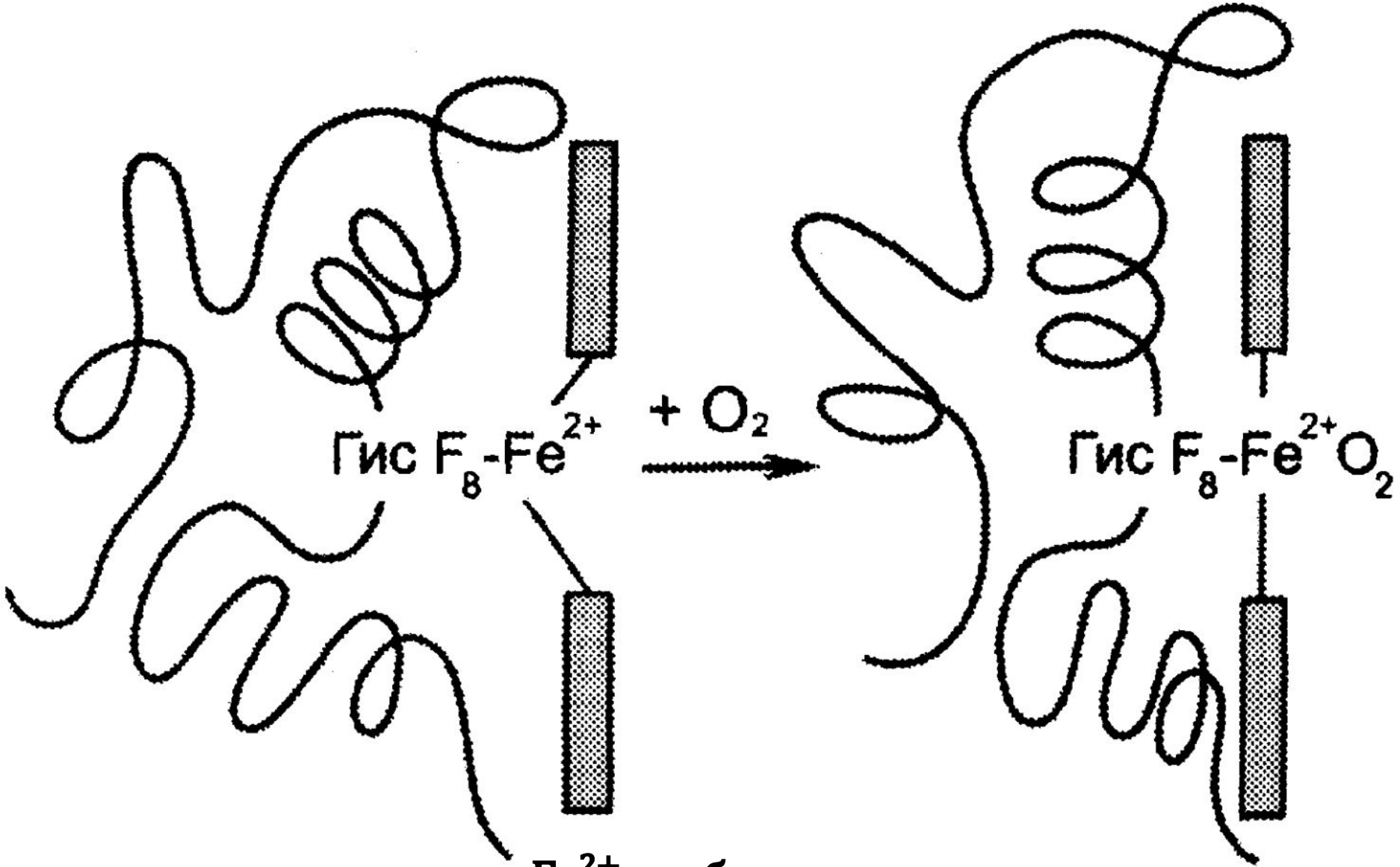


Шайтан К. В., Шайтан К. В. Диффузия лигандов в белках //СОЖ. – 2000. – №. 6. – С. 8.

Одна из координационных связей железа соединена с остатком гистидина, таким образом осуществляется связь белка с гемом [Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с.].

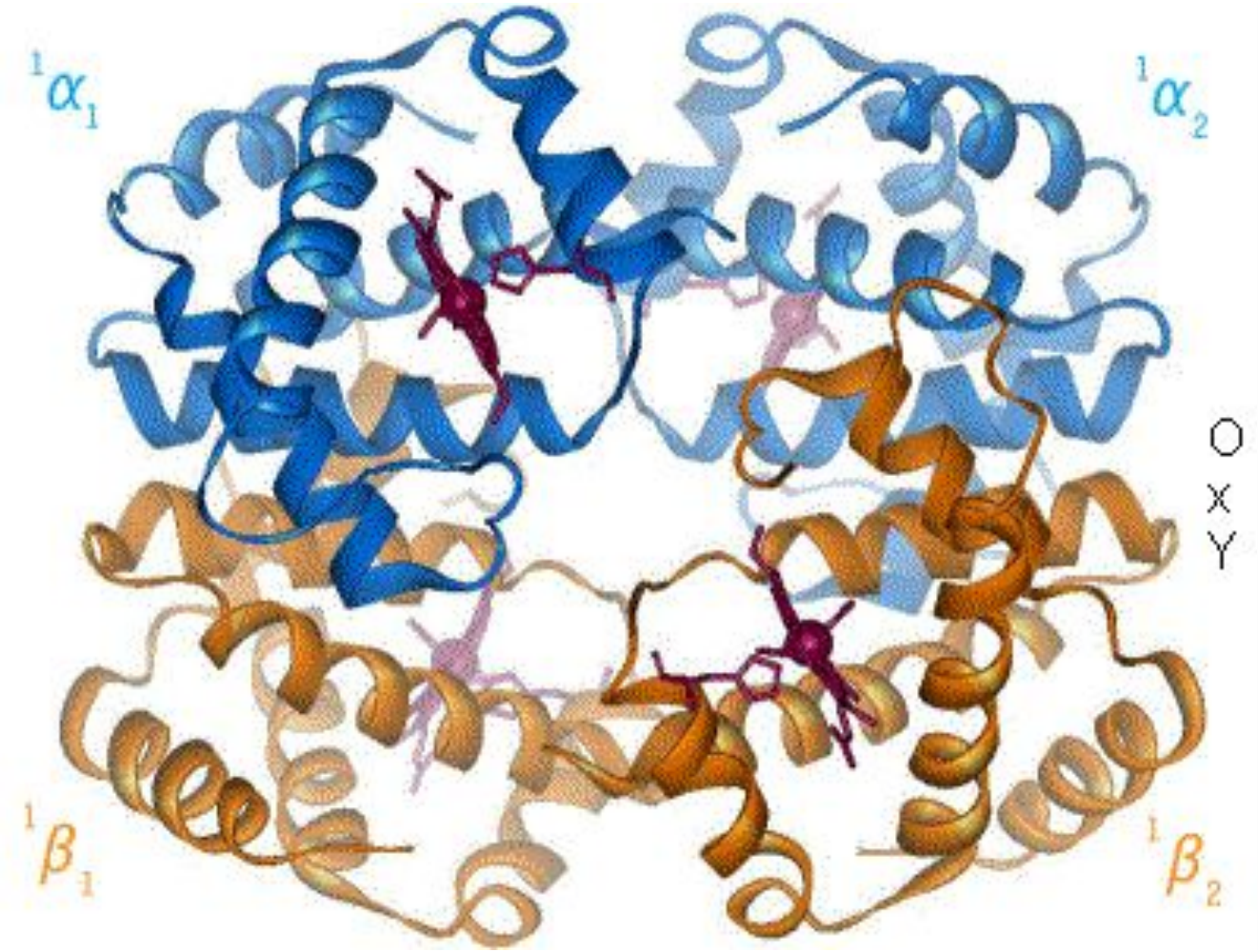


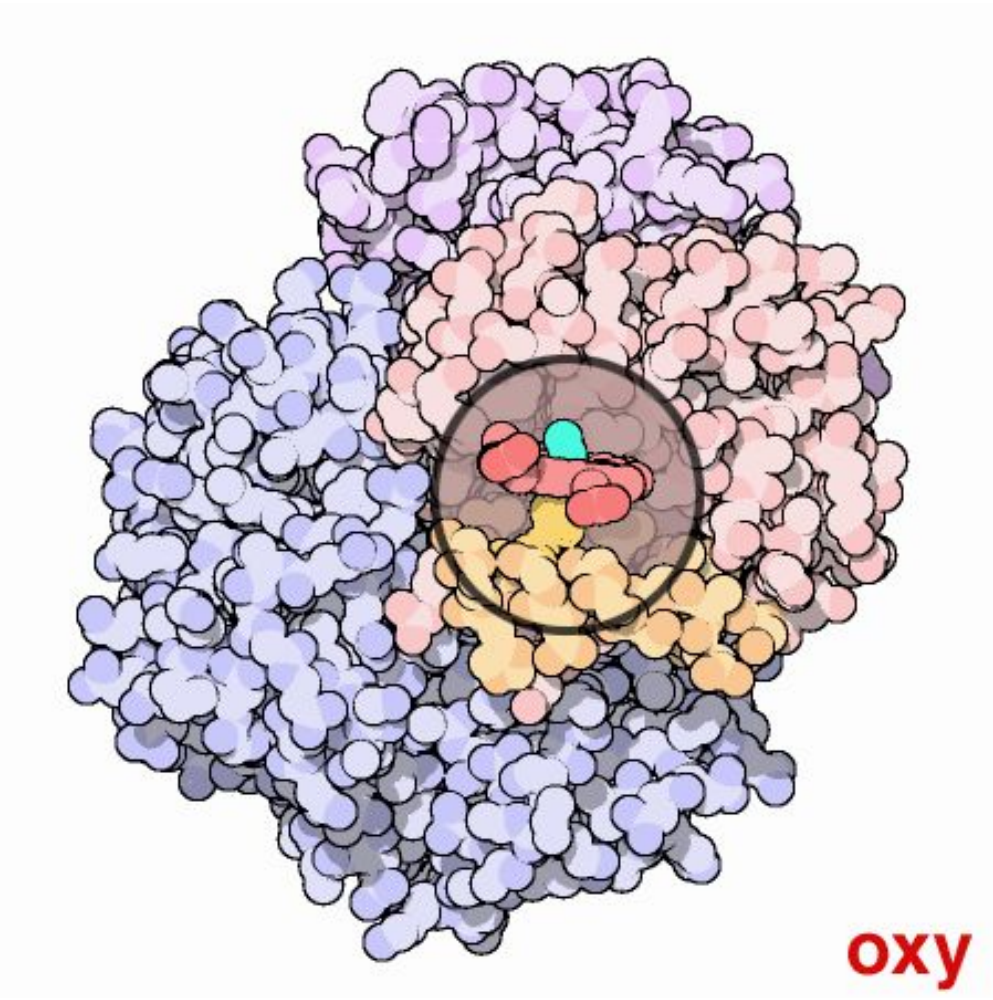
http://www.sbras.info/articles/education/gruzovik-dlya-kisloroda



«Втягивание» оксигенированного Fe^{2+} в область пиррольных колец при оксигенировании

[Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с.].



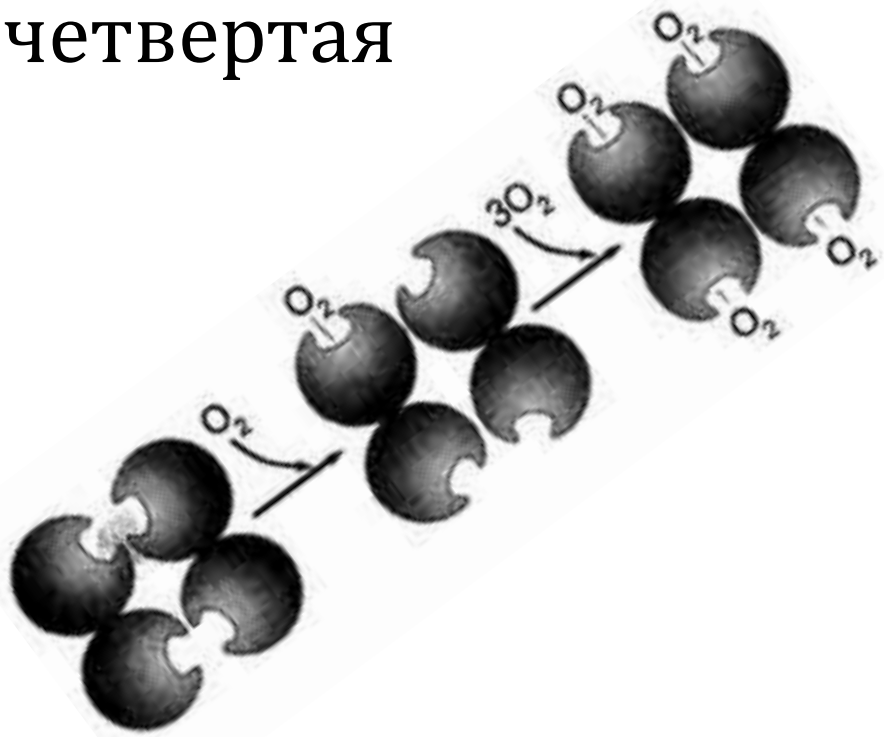


Молекула может существовать в двух конформациях: T- и R- формах (одна хорошо отдает, другая – связывает кислород)

https://pdb101.rcsb.org/motm/41

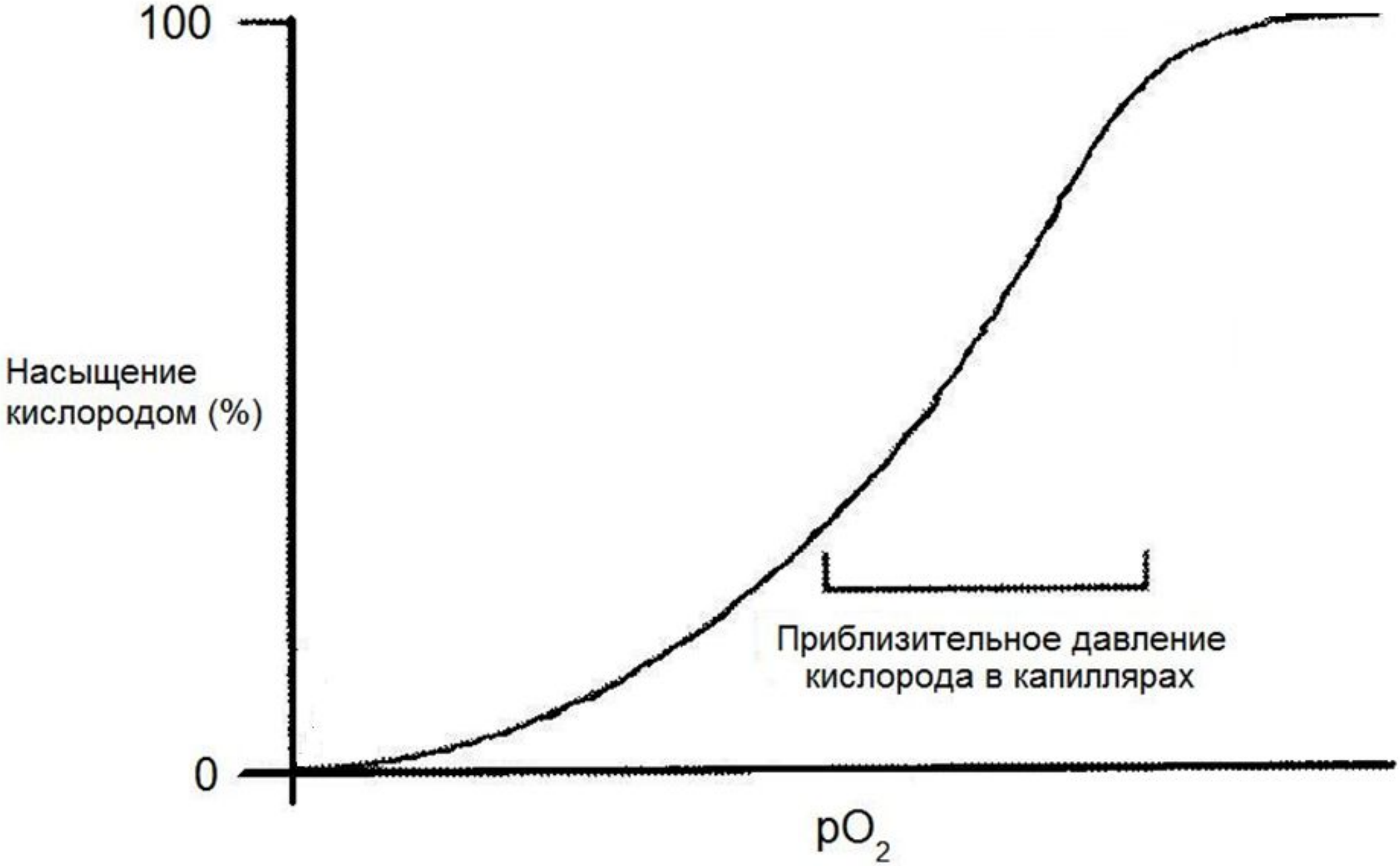
http://www.sbras.info/articles/education/gruzovik-dlya-kisloroda

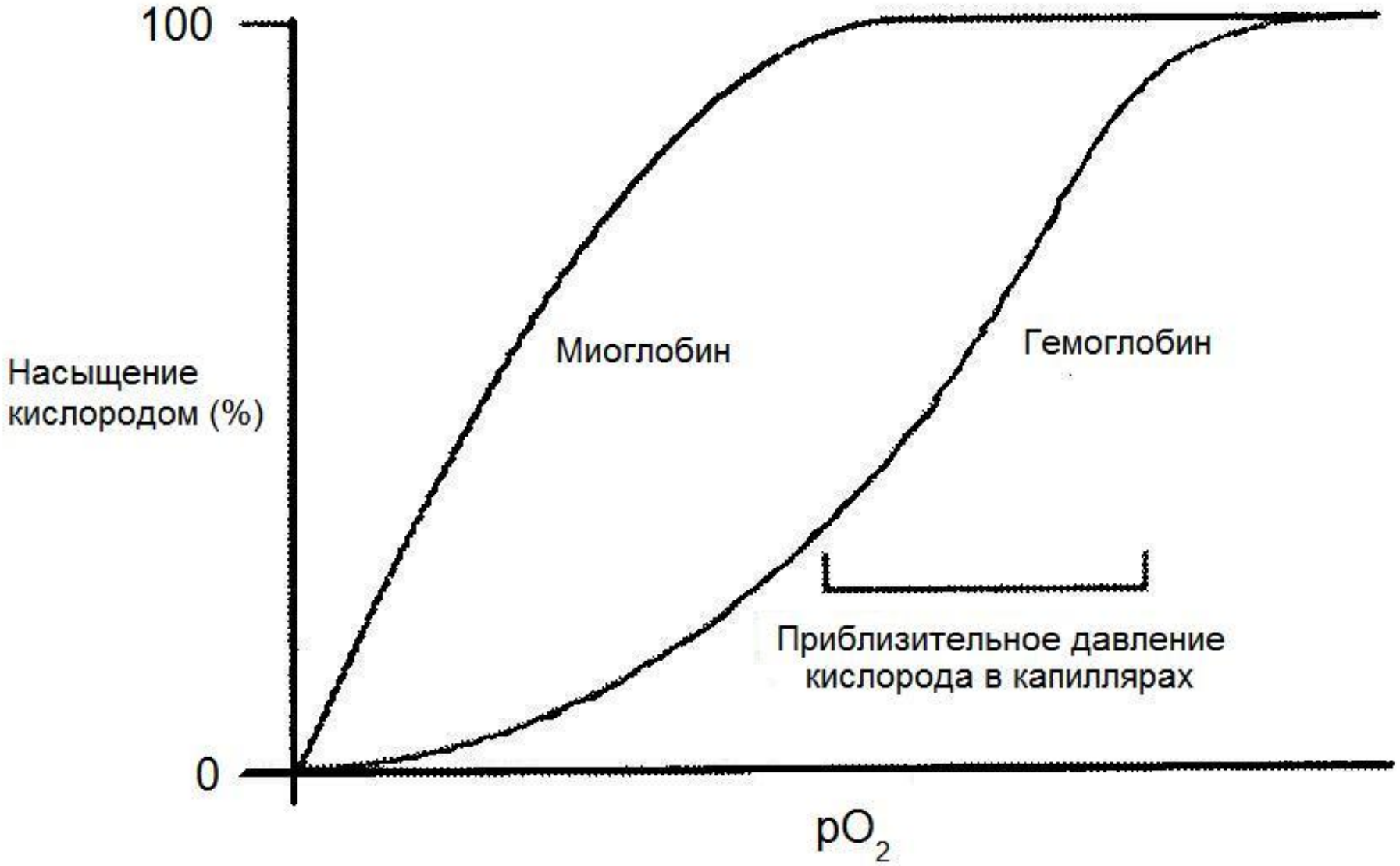
Первая молекула кислорода присоединяется к гемоглобину **в 200 раз** медленнее, чем четвертая



Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с.

Страйер Л. Биохимия: Пер. с англ.-М.: Мир, 1984.-Т.1 - 232 с.

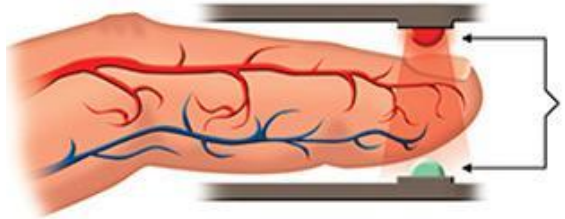

100
Насыщение кислородом (%)
0
Приблизительное давление кислорода в капиллярах
pO2



Кривая насыщения гемоглобина кислородом. Более высокое сродство к кислороду у миоглобина по сравнению с гемоглобином: миоглобин в мышцах забирает кислород из крови

[Страйер Л. Биохимия: Пер. с англ.-М.: Мир, 1984.-Т.1 - 232 с.].

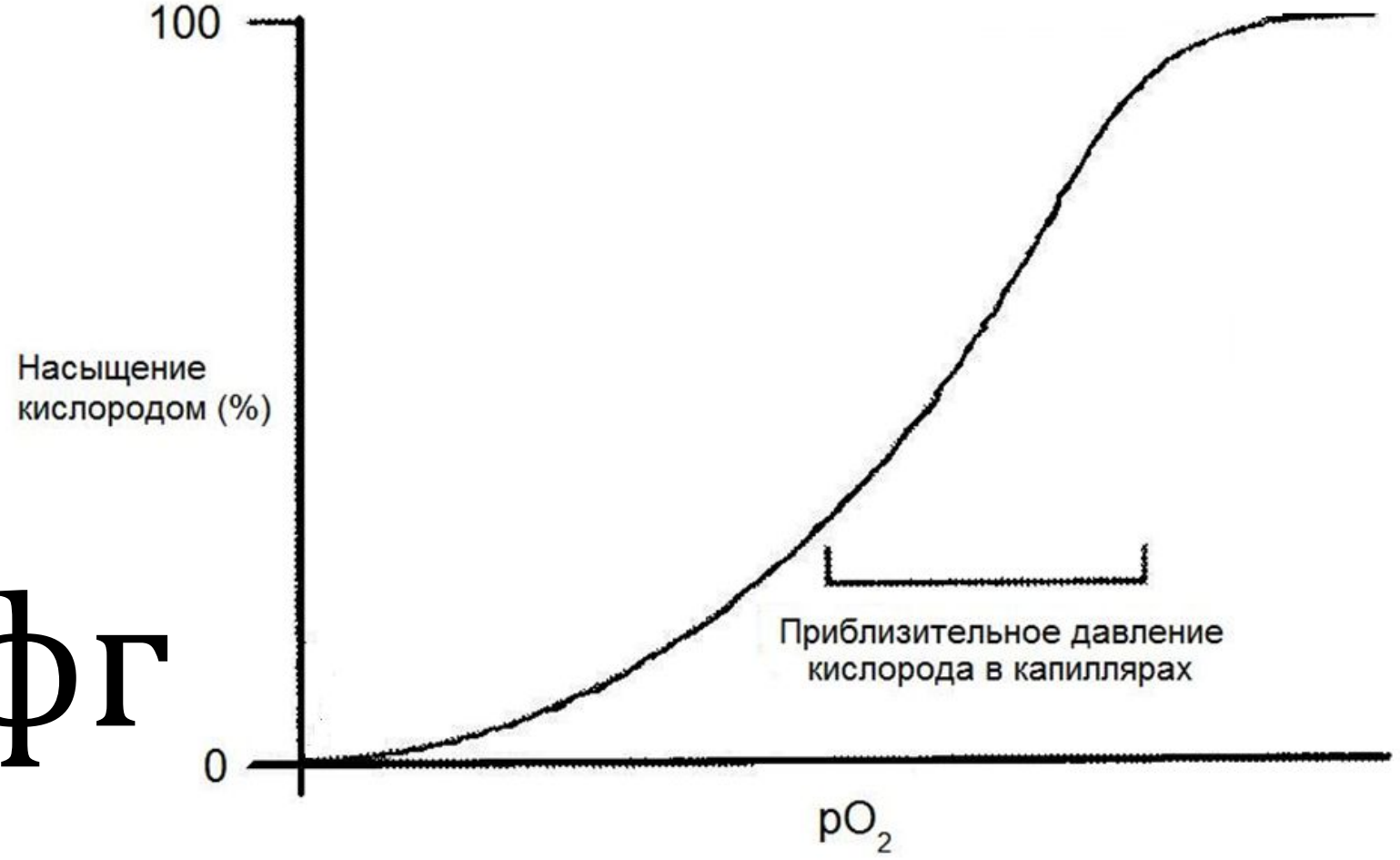
Сатурация крови кислородом (SpO_2) - усредненный процент насыщения молекулами кислорода молекул гемоглобина. При 100% сатурации условно говорят о наличии четырех присоединённых молекул кислорода к каждой из молекул гемоглобина

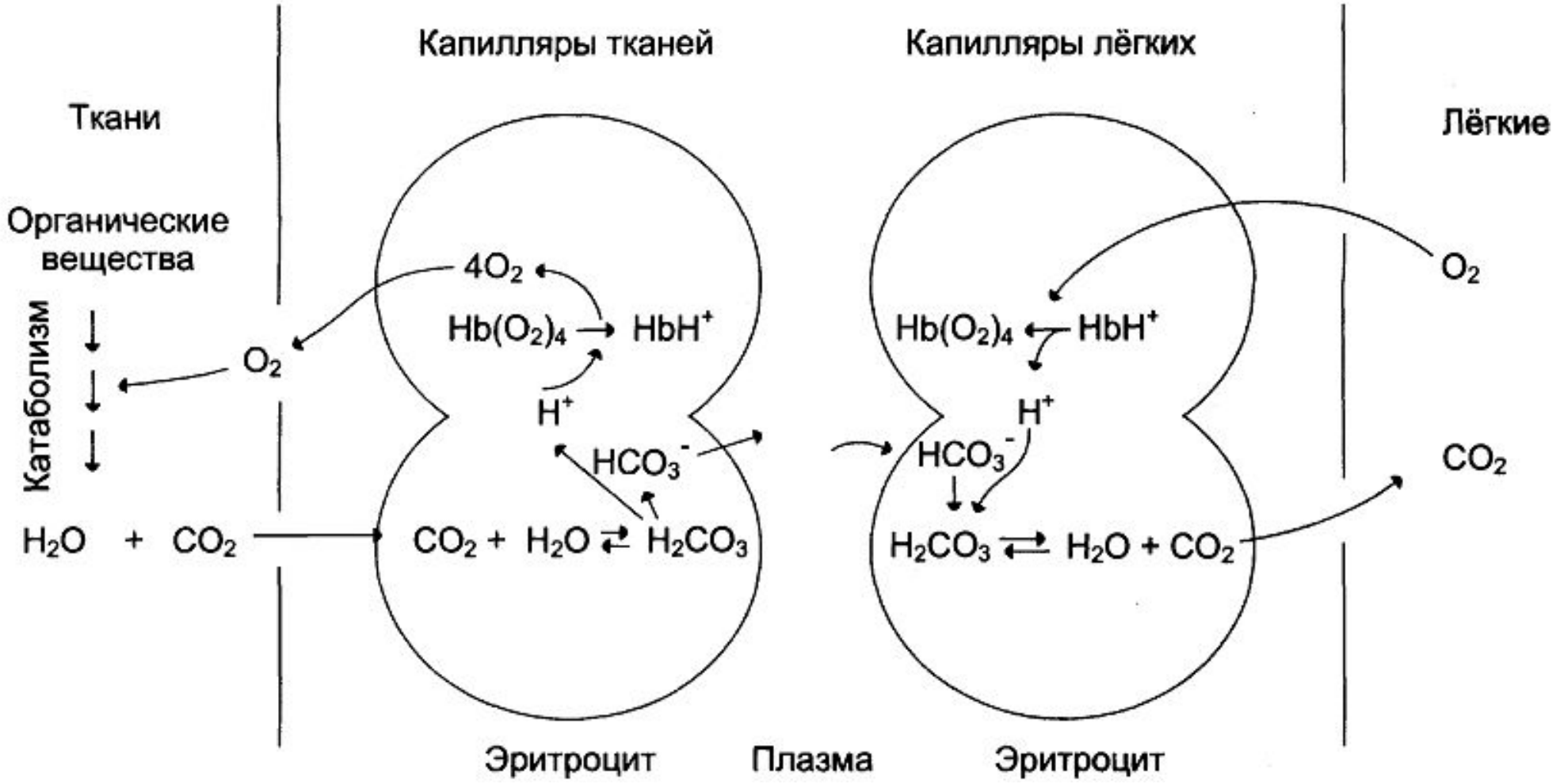


http://www.thermometerguide.com

http://www.pocvoda.ru/product/neonatal-monitor-star8000b-58.html

- pO_2
- pCO_2
- pH
- 2,3-бфг
- Температура





Эффект Бора (Вериго - Бора) - увеличение освобождения O_2 гемоглобином в зависимости от концентрации $H^+(CO_2)$.

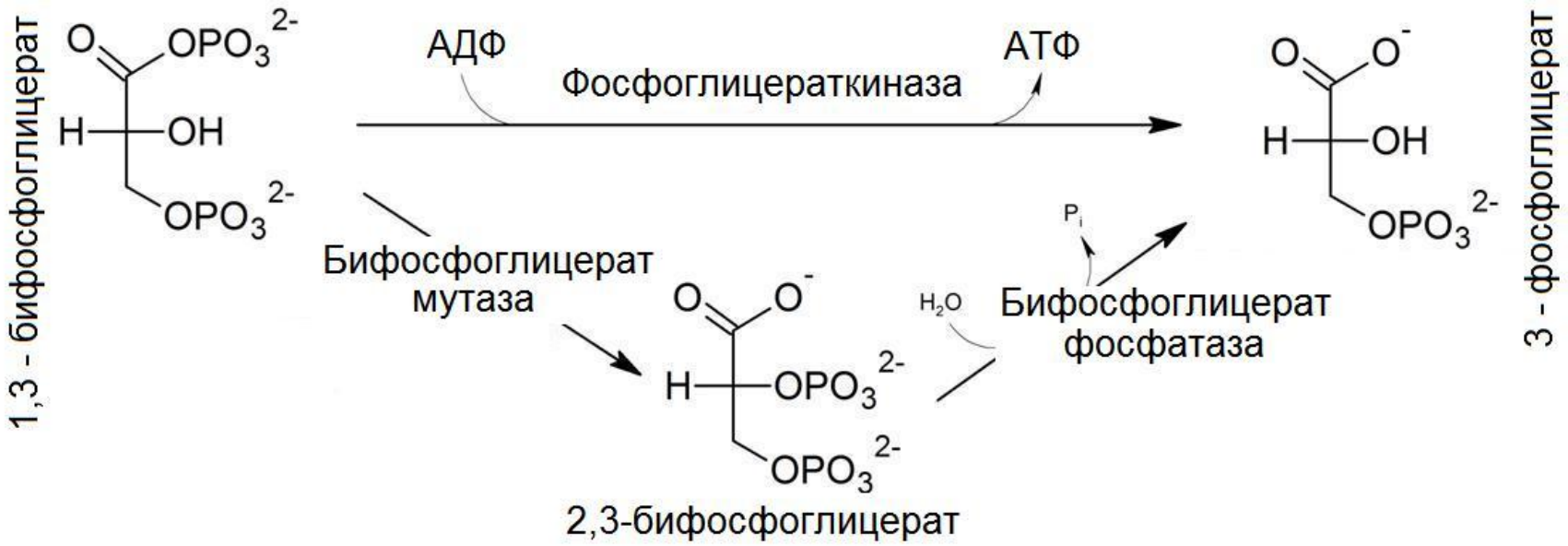
Эффект открыт независимо друг от друга Б. Ф. Вериго (1892) и К. Бором (1904).

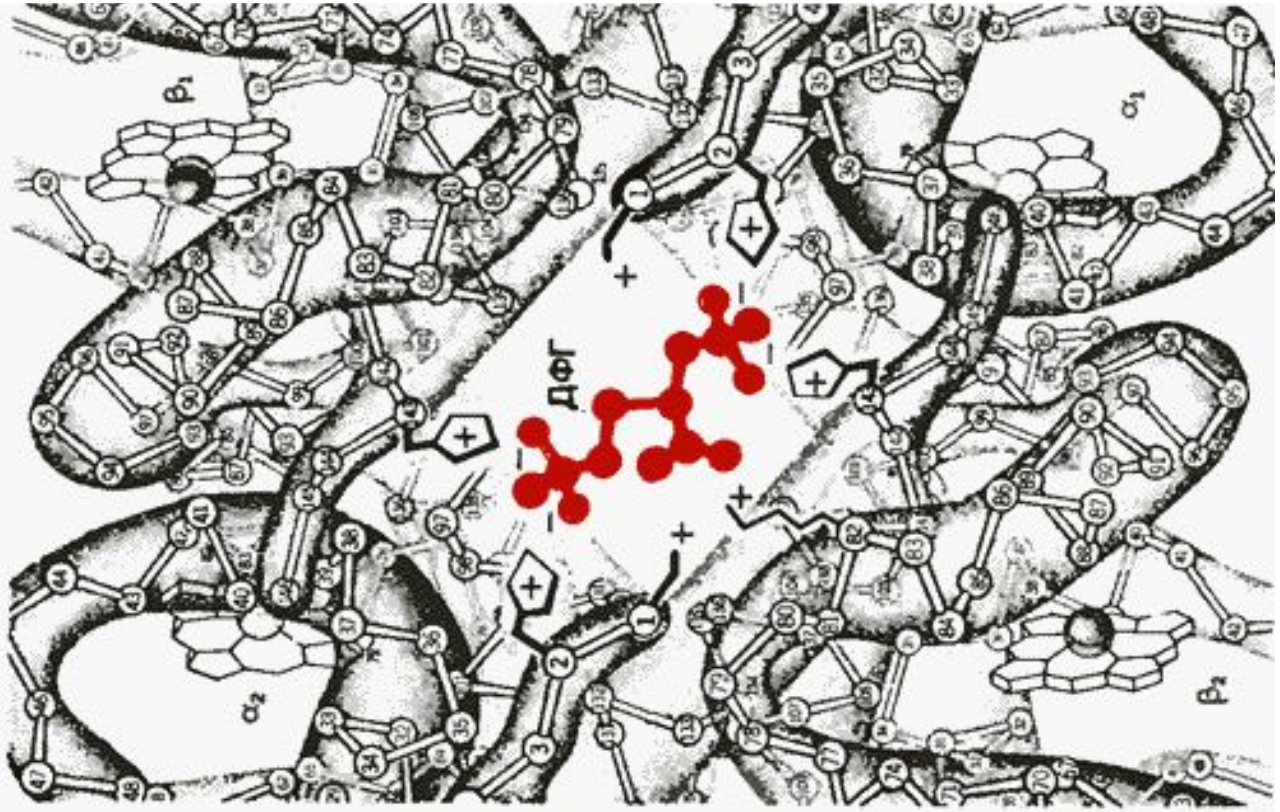
Транспорт CO_2 в крови

Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с.

Шунт Рапопорта - Люберинга

(2,3-дифосфоглицератный шунт) **в эритроцитах**





Взаимодействие 2,3-бифосфоглицерата с аминокислотными остатками центральной полости дезоксигемоглобина

Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т. Т. 1. Пер. с англ.-М.: Мир, 1985.-367 с.

ПРОИЗВОДНЫЕ ГЕМОГЛОБИНА

Функциональные (нормальные) формы Hb

$HHbFe^{2+}O_2$ Оксигемоглобин

гемоглобин, присоединивший O_2

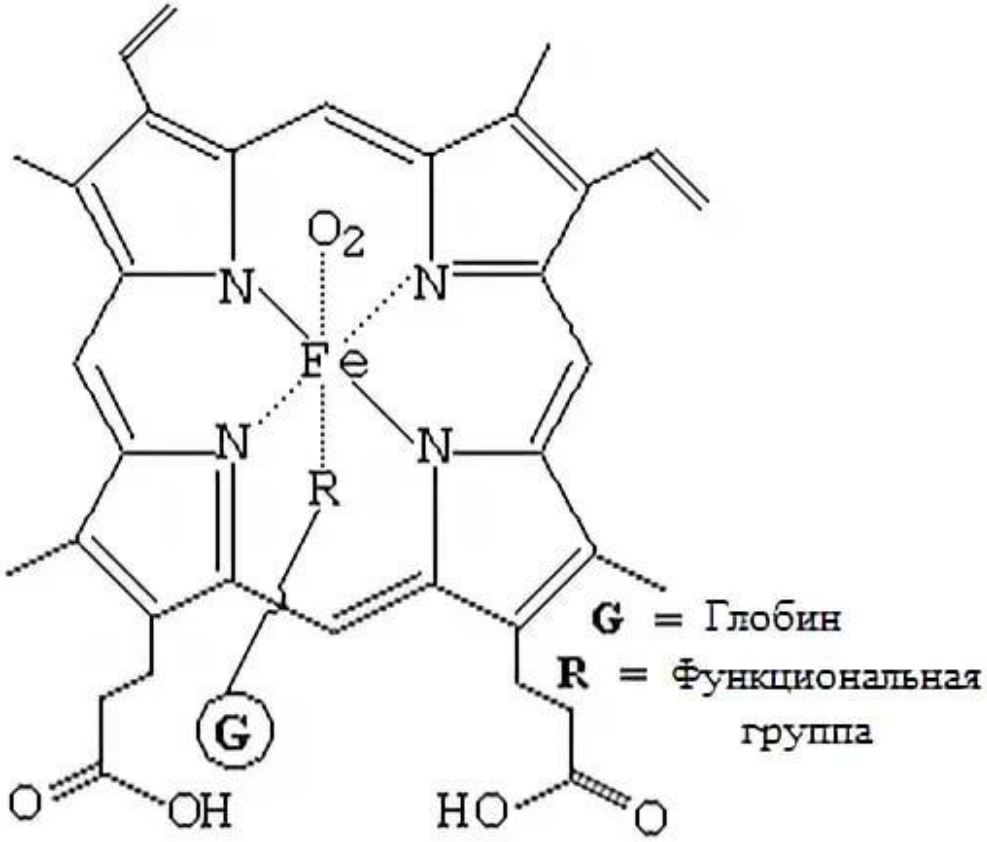
$HHb\ Fe^{2+}$ Дезоксигемоглобин

(восстановленный, редуцированный, феррогемоглобин), отдавший O_2

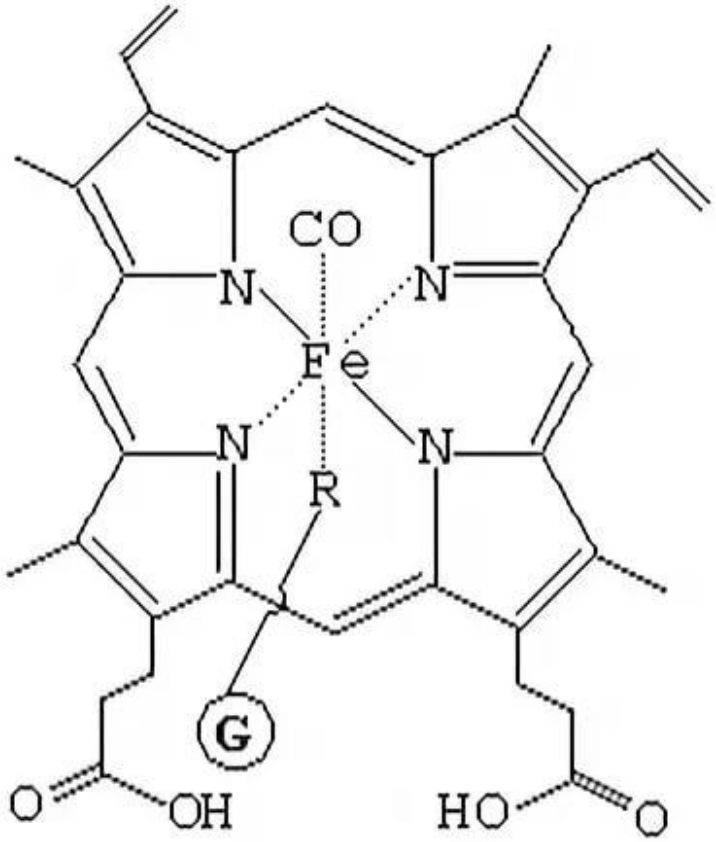
$HHb\ Fe^{2+}\ CO_2$ Карбогемоглобин через аминогруппы связывается с CO_2, благодаря чему переносится от ***10 до 20% всего транспортируемого кровью CO_2***

Карбоксигемоглобин

HHb Fe^{2+} CO



Оксигемоглобин



Карбоксигемоглобин

https://sibac.info/conf/naturscience/xviii/38210

http://22.mchs.gov.ru/upload/site67/document_news/aUx1rZp55N-big-reduce350.jpg

Метгемоглобин

HHb Fe^{3+}

Метгемоглобинобразователи:

Бертолетова соль

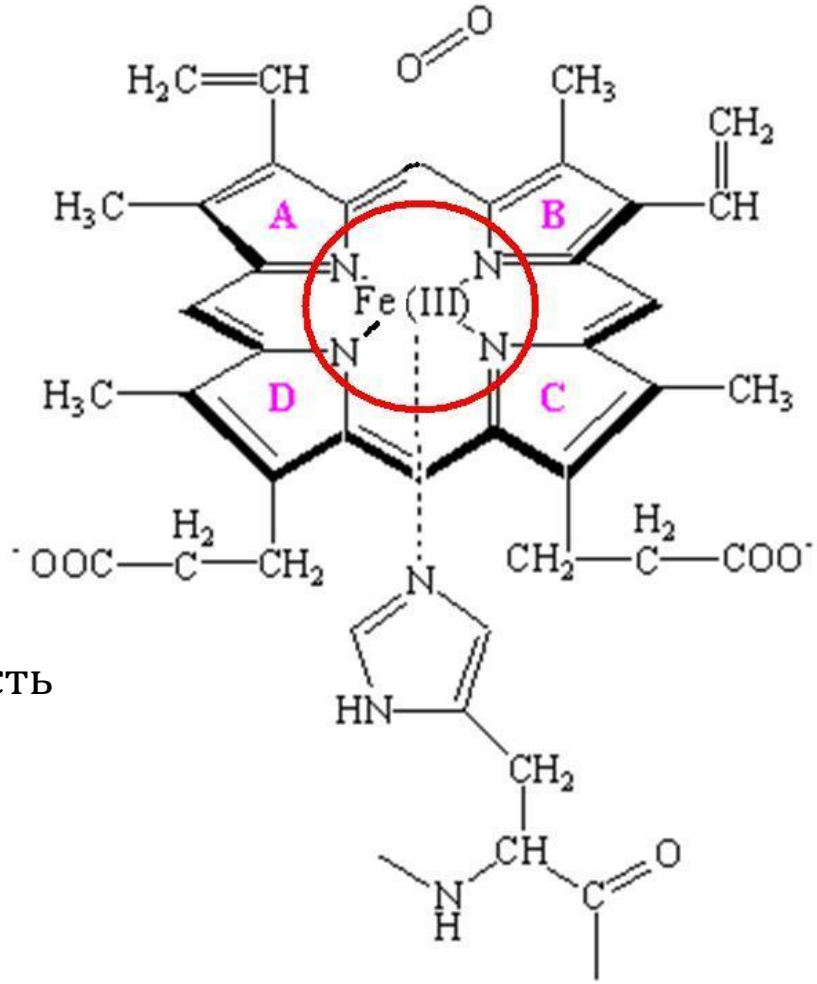
Нитриты (азотистокислые соли натрия)

Анилин

Динитробензол

Нитроглицерин

Сульфаниламиды



3-15% – появляется характерный оттенок кожи

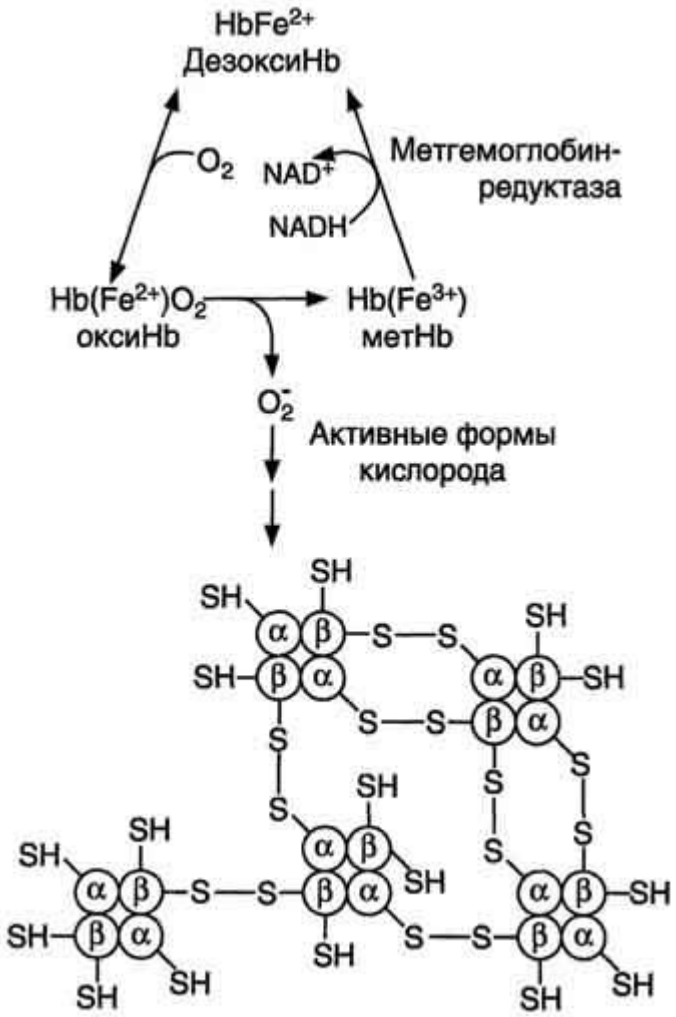
15-20 % – цианоз

25-50% – мигрень, слабость, одышка, боль в груди, спутанность сознания.

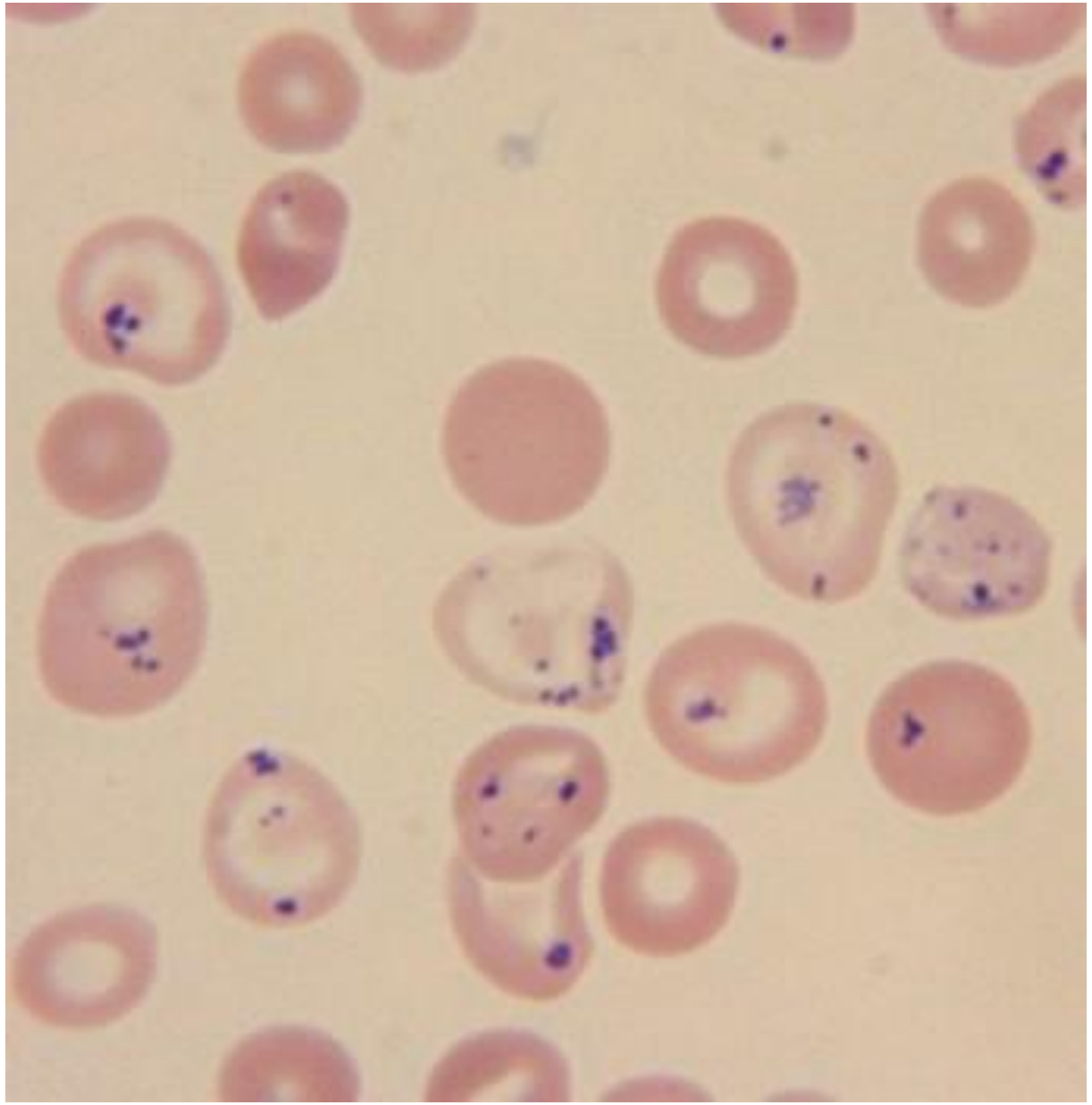
50-70% – обмороки, галлюцинации, судороги, кома.

более 70% – летальный исход

Тельца Гейнца - Эрлиха

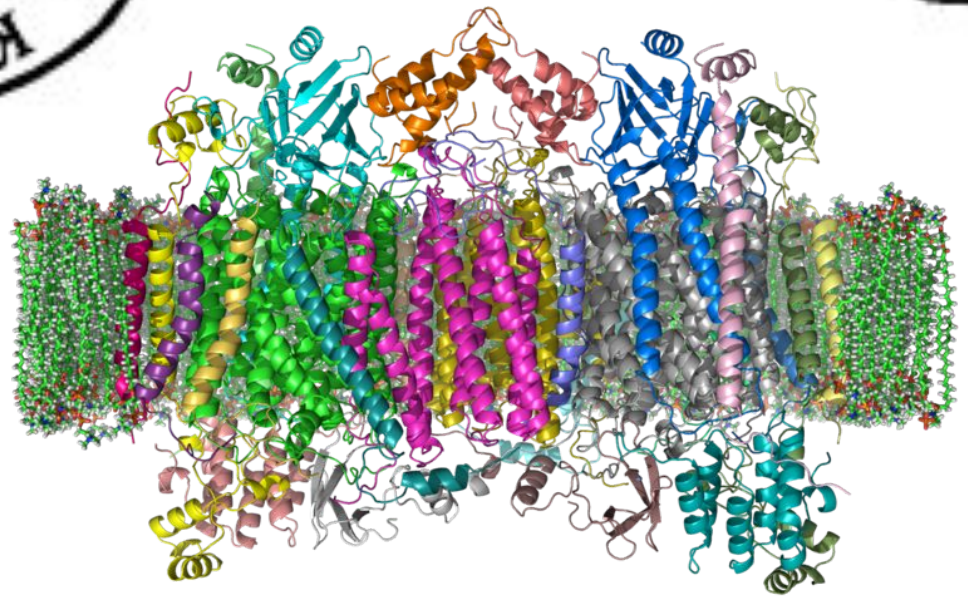


Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с.



http://omedicine.info/anemii-svyazannye-s-narushenie niem-struktury-tsepej-globina.html

CN^- →



$$[\,:C{\equiv}N:\,]^-$$

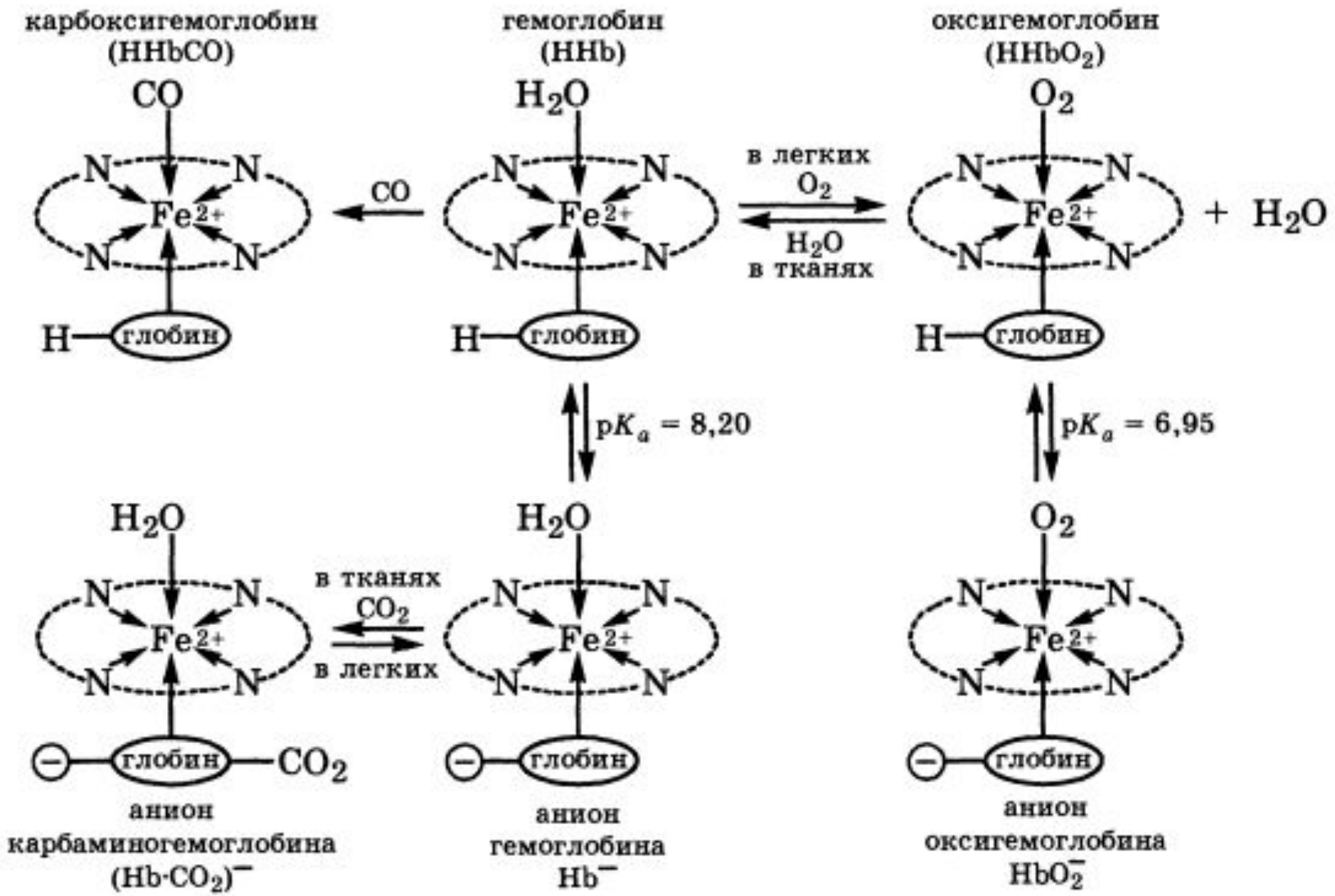
$$\text{метHHb}(Fe^{3+}\text{—}OH) + CN^- \longrightarrow \text{метHHb}(Fe^{3+}\text{—}CN) + OH^-$$

метгемоглобин → цианметгемоглобин

Метгемоглобин - антицианид

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ab/Cytochrome_C_Oxidase_1OCC_in_Membrane_2.png/800px-Cytochrome_C_Oxidase_1OCC_in_Membrane_2.png

СЛЕСАРЕВ В. И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – 4-е изд., испр.– СПб: Химиздат, 2007. – 784 с.: ил.



СЛЕСАРЕВ В. И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. – 4-е изд., испр.– СПб: Химиздат, 2007. – 784 с.: ил.

Возраст, пол		Уровень гемоглобина, г/дл
1 день - 14 дней		13,4 - 19,8
14 дней - 4,3 недели		10,7 - 17,1
4,3 недели - 8,6 недель		9,4 - 13,0
8,6 недель - 4 месяца		10,3 - 14,1
4 месяца - 6 месяцев		11,1 - 14,1
6 месяцев - 9 месяцев		11,4 - 14,0
9 месяцев - 12 месяцев		11,3 - 14,1
12 месяцев - 5 лет		11,0 - 14,0
5 лет - 10 лет		11,5 - 14,5
10 лет - 12 лет		12,0 - 15,0
12 лет - 15 лет	Женщины	11,5 - 15,0
	Мужчины	12,0 - 16,0
15 лет - 18 лет	Женщины	11,7 - 15,3
	Мужчины	11,7 - 16,6
18 лет - 45 лет	Женщины	11,7 - 15,5
	Мужчины	13,2 - 17,3
45 лет - 65 лет	Женщины	11,7 - 16,0
	Мужчины	13,1 - 17,2
> 65 лет	Женщины	11,7 - 16,1
	Мужчины	12,6 - 17,4

Информация с сайта https://www.invitro.ru

Типы гемоглобинов человека

- Современная номенклатура типов гемоглобина была принята на X Международном гематологическом конгрессе в Стокгольме в 1964 г.

- Типы гемоглобина обозначают буквами латинского алфавита от A до G и S

- Для обозначения новых гемоглобинов не рекомендуется использовать остальные буквы алфавита – их называют по месту открытия
- Полипептидные цепи гемоглобинов обозначаются греческими буквами

- Все многообразие типов гемоглобина можно разделить:

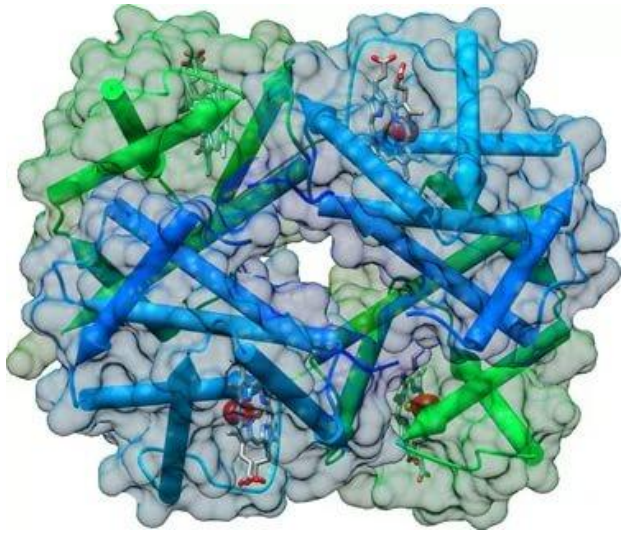
– на постоянно присутствующие в крови человека (HbA1, HbA2)
– появляющиеся только на определенных этапах развития организма (HbP, HbF)
– патологические формы (HbS, HbC, HbE и др.)

Кривенцев Ю. А., Бисалиева Р. А., Носков А. И. Гемоглобины человека //Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – №. 6.

Типы гемоглобинов человека

Гемоглобин А 2α2β

(от лат. adultus — взрослый) – основной гемоглобин взрослого организма, около **98%** от общего количества гемоглобина



Гемоглобин A_2 2α2δ

2 - 3% гемоглобина («медленный» Hb)

Гемоглобин Е (Р) ζ и ε

Эмбриональные типы гемоглобина

1-6 недели внутриутробного развития:

Gower 1 - ζ2ε2,

Gower 2 - α2ε2,

Portland 2 - ζ2β2

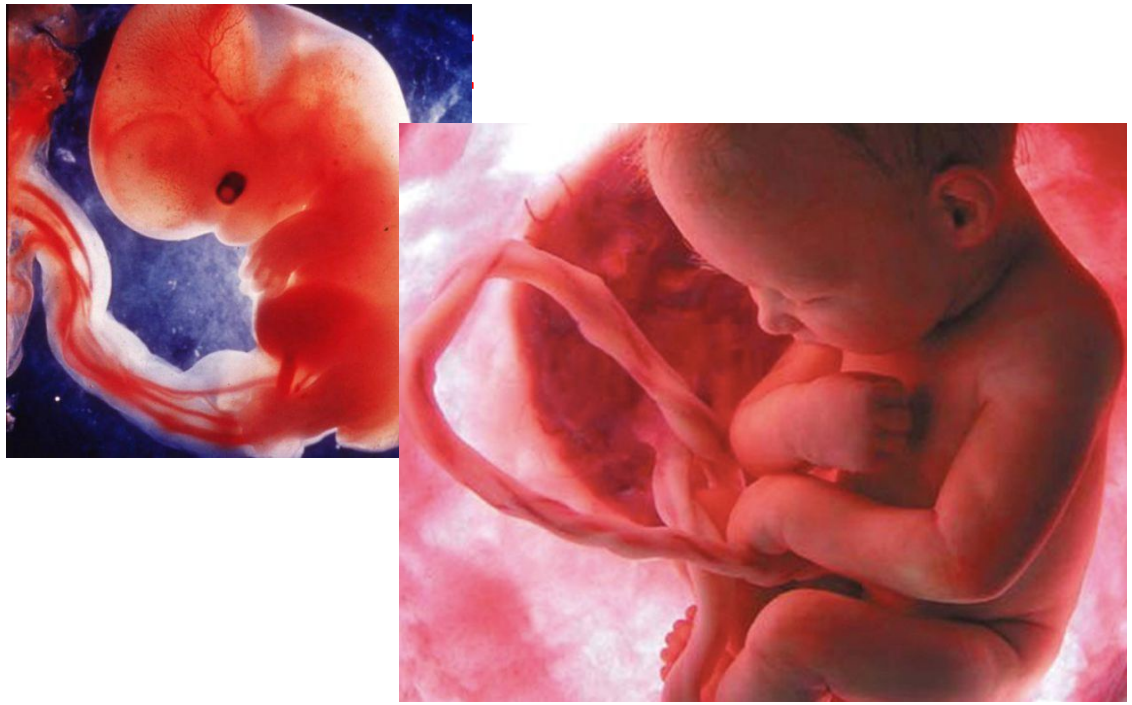
Гемоглобин F $2\alpha 2\gamma$

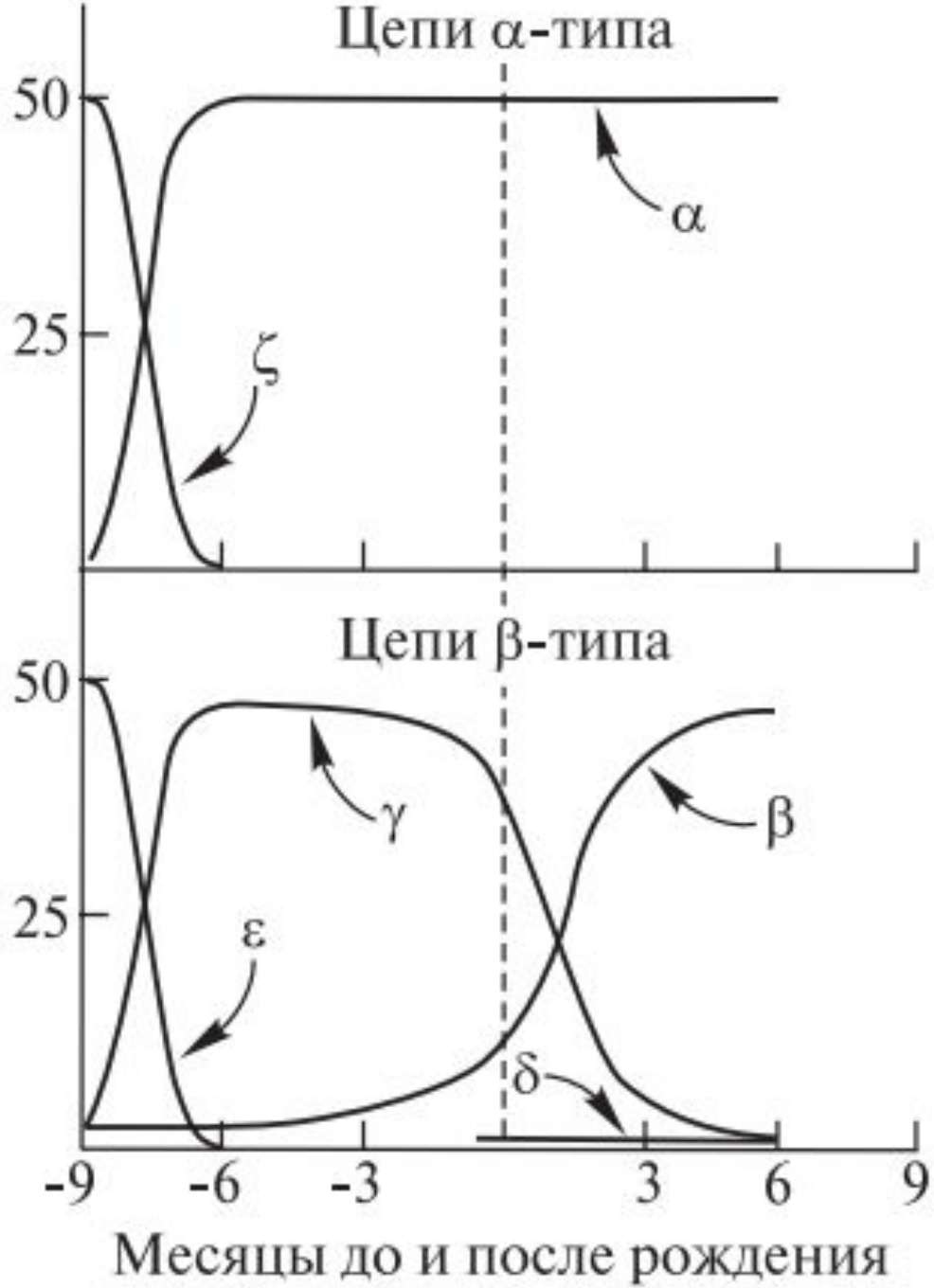
С 6 недели внутриутробного развития до рождения

с 25 по 105 день **после рождения уровень HbF снижается** до безопасного для взрослого человека значения — **не больше 1 % от общего количества вещества в крови**

Повышение
после 105 дня возможно при:
талассемиях
гемолитических анемиях
железодефицитной анемии
лейкозах
гипопластической анемии

Смена гемоглобинов в процессе индивидуального





Топунов А. Ф., Петрова Н. Э. Гемоглобины: эволюция, распространение и гетерогенность //Успехи биол. химии. – 2001. – Т. 41. – С. 199-228.

Типы гемоглобинов человека

- Помимо физиологических типов Hb, в настоящее время известно около 200 патологических его вариантов
- Наличие в эритроцитах людей аномальных или патологических гемоглобинов определяет состояния, обозначаемые как гемоглобинозы или гемоглобинопатии. Это наследственные аномалии кроветворения, при которых молекулы патологических гемоглобинов имеют измененную структуру, поэтому подобные заболевания относятся к группе так называемых молекулярных болезней.
- Причиной возникновения патологических Hb является повреждение генов, отвечающих за синтез той или иной цепи гемоглобина (α, β, γ, ε).
- Патологические типы гемоглобина, как и нормальные, различаются не по структуре протопорфиринового кольца, а по строению глобина.

HbS(B),HbC, HbD, HbE, HbG, HbH, HbI, HbJ, HbK, HbL, HbM, HbN, HbO, HbP, HbQ, Hb-Бартс

Кривенцев Ю. А., Бисалиева Р. А., Носков А. И. Гемоглобины человека //Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – №. 6.

Аномальные гемоглобины, в которых замещены аминокислотные остатки в области, сближенной с гемом

Обозначения аномальных гемоглобинов	Замещения	Влияние замещений на оксигенирование и другие свойства
M Iwate	His F8(87)ά→Tyr	ά-Цепи окислены, β-цепи имеют малое сродство к кислороду
M Hyde Parc	His F8(92)β→Tyr	ά- Цепи имеют малое сродство к кислороду, β-цепи окислены
M Boston	His E7(58)ά→Tyr	ά-Цепи окислены, β-цепи имеют малое сродство к кислороду
M Sascatoon	His E7(63)β→Tyr	ά-Цепи имеют малое сродство к кислороду, β-цепи окислены
Zurich	His E7(63)β→Arg	Очень высокое сродство, уменьшенная кооперативность
M Mivaukee	Val E11(67)β→Glu	ά-Цепи окислены, COO^- может образовывать солевой мостик с Fe(III)
Bristol	Val E11(67)β→Asp	Низкое сродство; COO^- может закрыть лигандный карман, образуя солевой мостик с His E7
Sydney	Val E11(67)β→Ala	Неустойчив, гемы легко отделяются от β-цепи
Hammersmith	Phe CD1(42) β→Ser	Низкое сродство – результат экранирования гема в лигандированной конформации

Кривенцев Ю. А., Бисалиева Р. А., Носков А. И. Гемоглобины человека //Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2007. – №. 6.

Талассемии

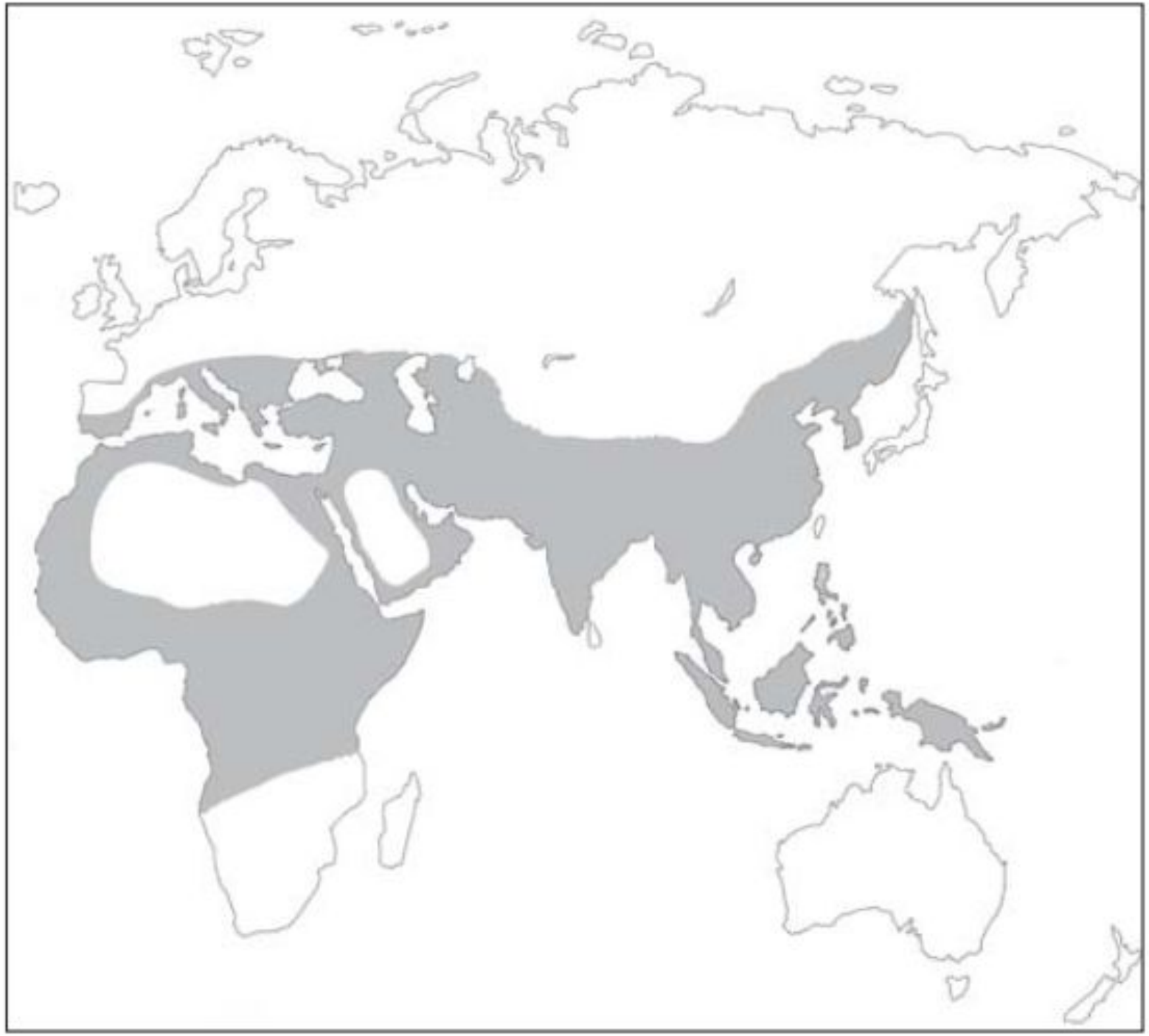
Группа врожденных микроцитарных гемолитических анемий, которые характеризуются дефектом синтеза гемоглобина.

Альфа-талассемия распространена среди лиц африканского, средиземноморского, или южноазиатского происхождения.

Бета-талассемия распространена у лиц средиземноморского, ближневосточного, южноазиатского и индийского происхождения.

Анемия, гемолиз, спленомегалия, гиперплазия костного мозга, при многократных гемотрансфузиях может наблюдаться перегрузка железом.

Лохматова М. Е., Сметанина Н. С., Финогенова Н. А. Эпидемиология гемоглобинопатий в Москве //Педиатрия. Журнал им. ГН Сперанского. – 2009. – Т. 87. – №. 4.



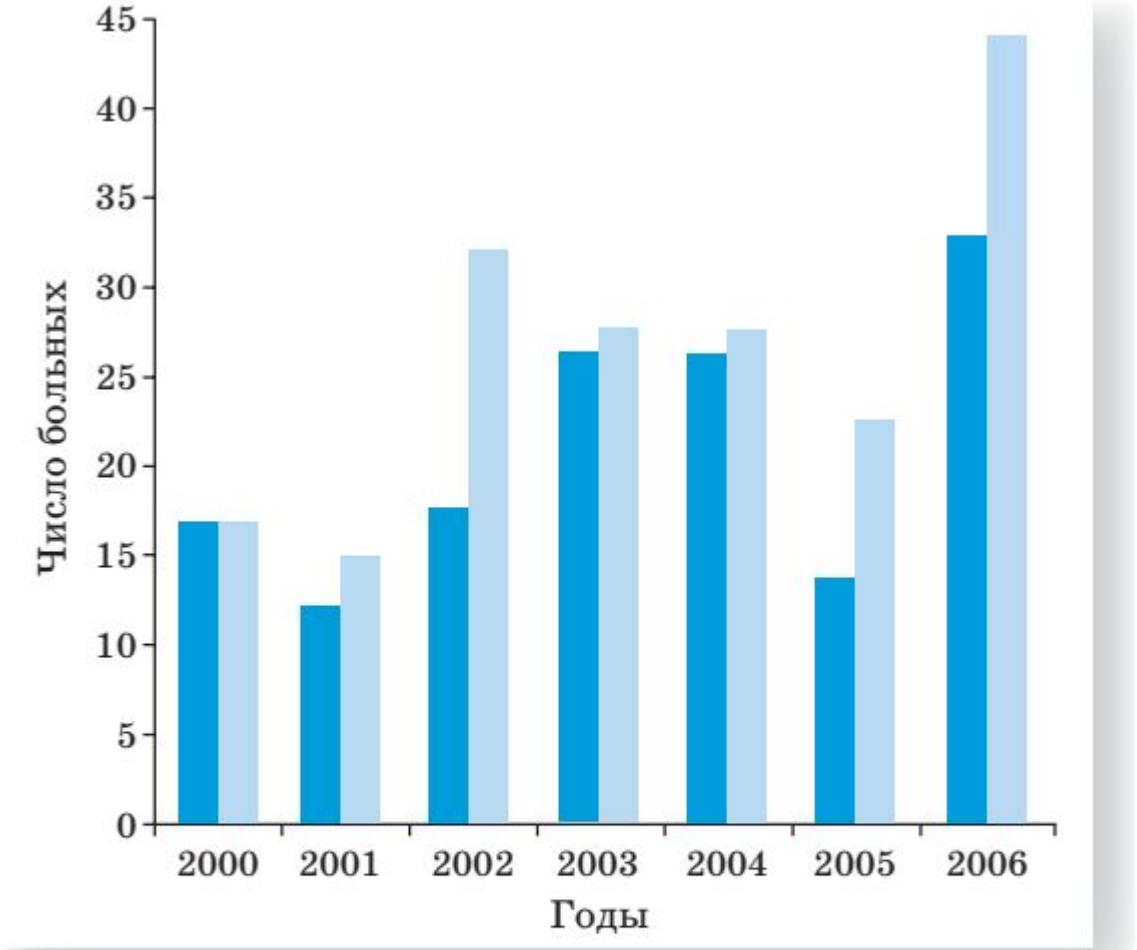


Рис. 1. Количество детей с впервые выявленной наследственной анемией (по данным гематологического центра МДГКБ).

■ — талассемия, ■ наследственные гемолитические анемии.

Лохматова М. Е., Сметанина Н. С., Финогенова Н. А. Эпидемиология гемоглобинопатий в Москве //Педиатрия. Журнал им. ГН Сперанского. – 2009. – Т. 87. – №. 4.

Таблица 1

Число детей с впервые поставленным диагнозом талассемии в Морозовской детской клинической больнице, г. Москва (2000–2010) [адаптировано из 3 и 4]

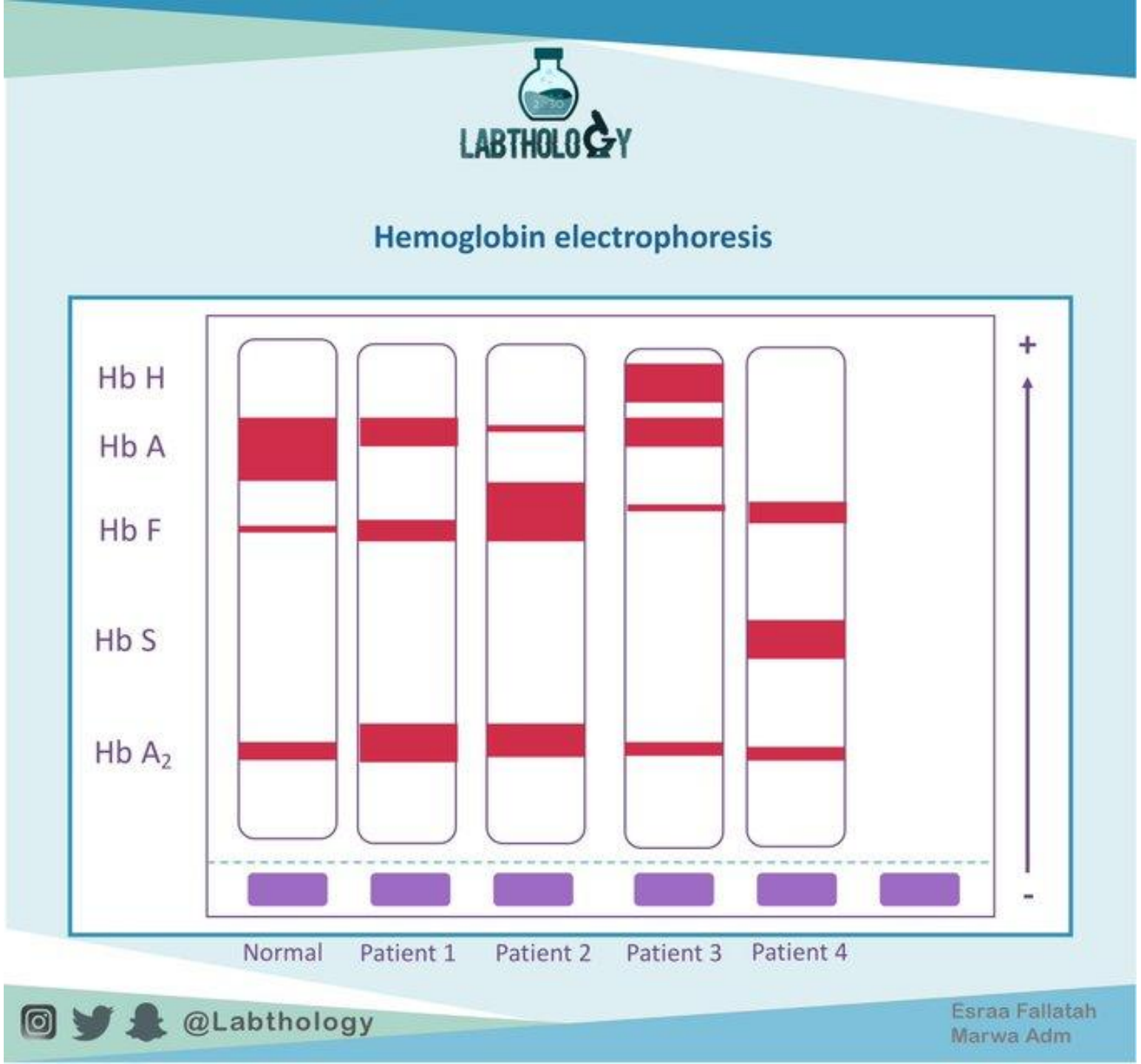
Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2010
Число детей	17	15	18	26	25	23	33	37

Таблица 2

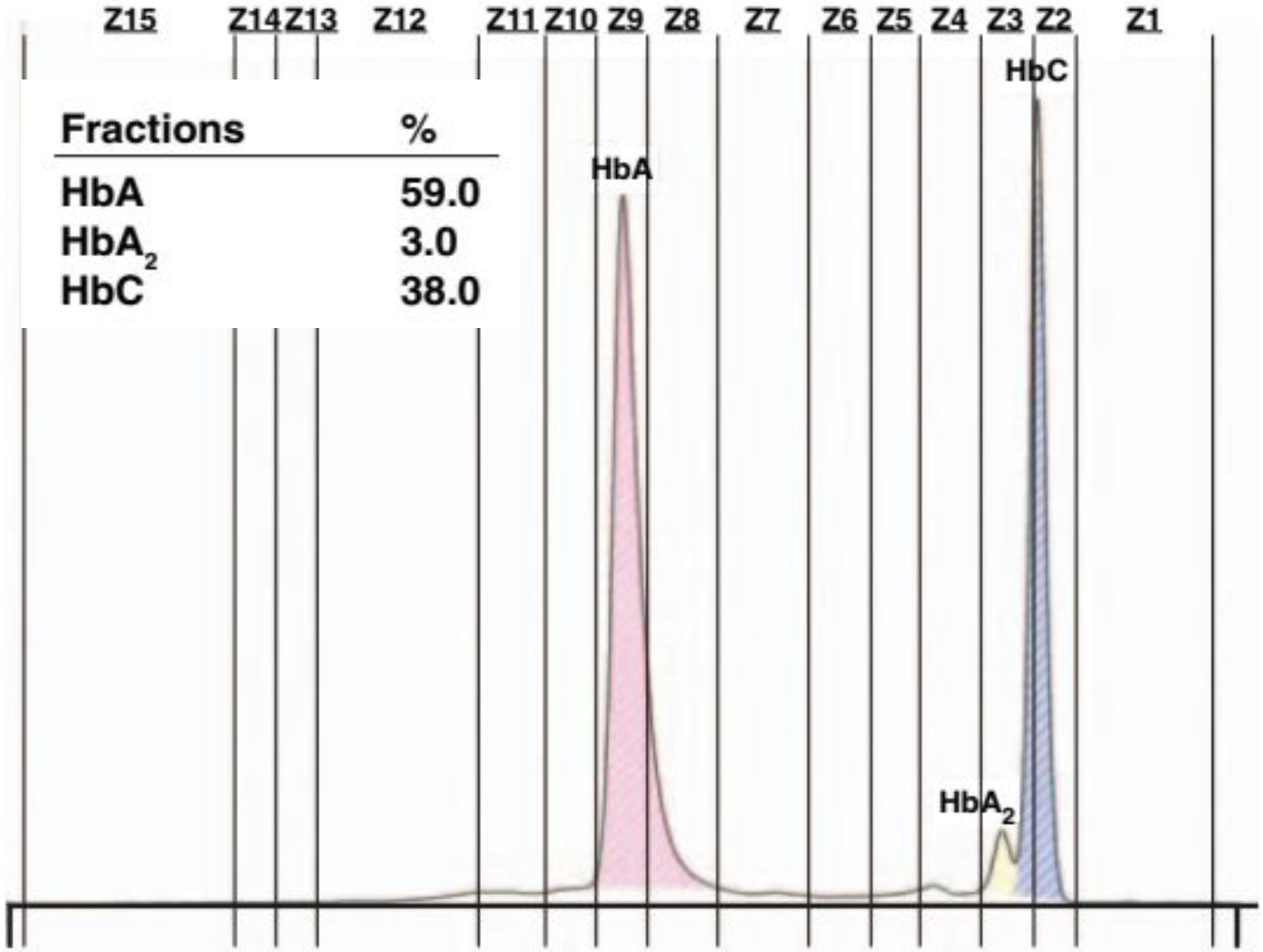
Причины гипохромных состояний у детей в Консультативно-диагностическом центре для детей, г. Санкт-Петербург (2010–2012)

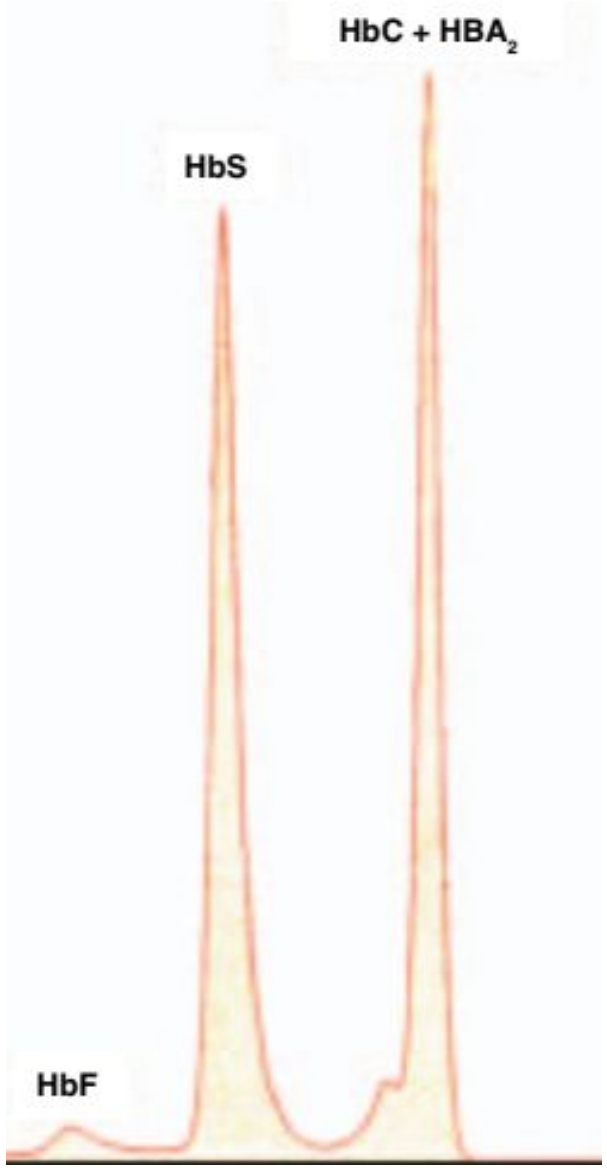
Вид патологии	2010 г.	2011 г.	2012 г.
ЖДА, число наблюдений	1 224	1 206	1 111
ЖДА, процент в структуре гипохромных состояний	90,4	88,6	85,4
АХЗ, число наблюдений	30	28	32
АХЗ, процент в структуре гипохромных состояний	2,2	2,1	2,4
Талассемия, число наблюдений	100	127	158
Талассемия, процент в структуре гипохромных состояний	7,4	9,3	12,2
Всего	1 354	1 361	1 301

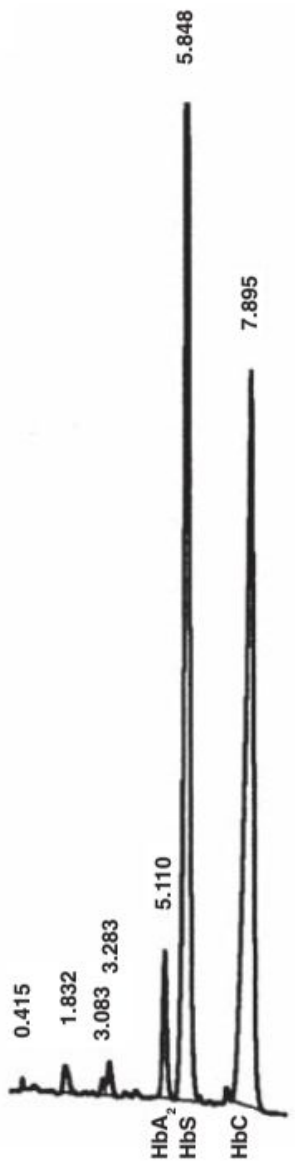
Жиленкова Ю. И., Пшеничная К. И., Ивашикина Т. М. Распространённость гемоглобинопатий среди детей г. Санкт-Петербурга //Медицинский алфавит. – 2015. – Т. 1. – №. 2. – С. 29-31.



https://pbs.twimg.com/media/Dm6lFprXgAUcszk?format=jpg&name=small







Capillary Hemoglobin Electrophoresis

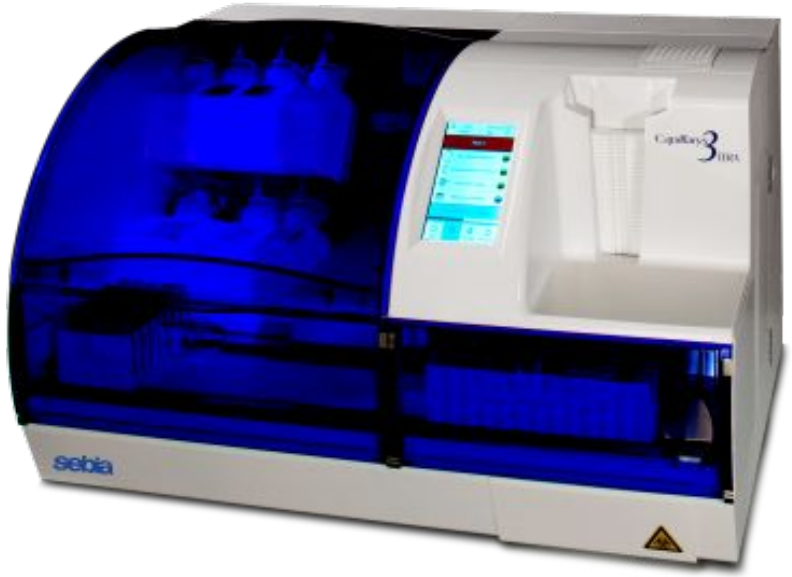
Keren D. F. et al. Comparison of Sebia Capillarys capillary electrophoresis with the Primus high-pressure liquid chromatography in the evaluation of hemoglobinopathies //American journal of clinical pathology. – 2008. – Т. 130. – №. 5. – С. 824-831.

HbA1C Гликированный гемоглобин

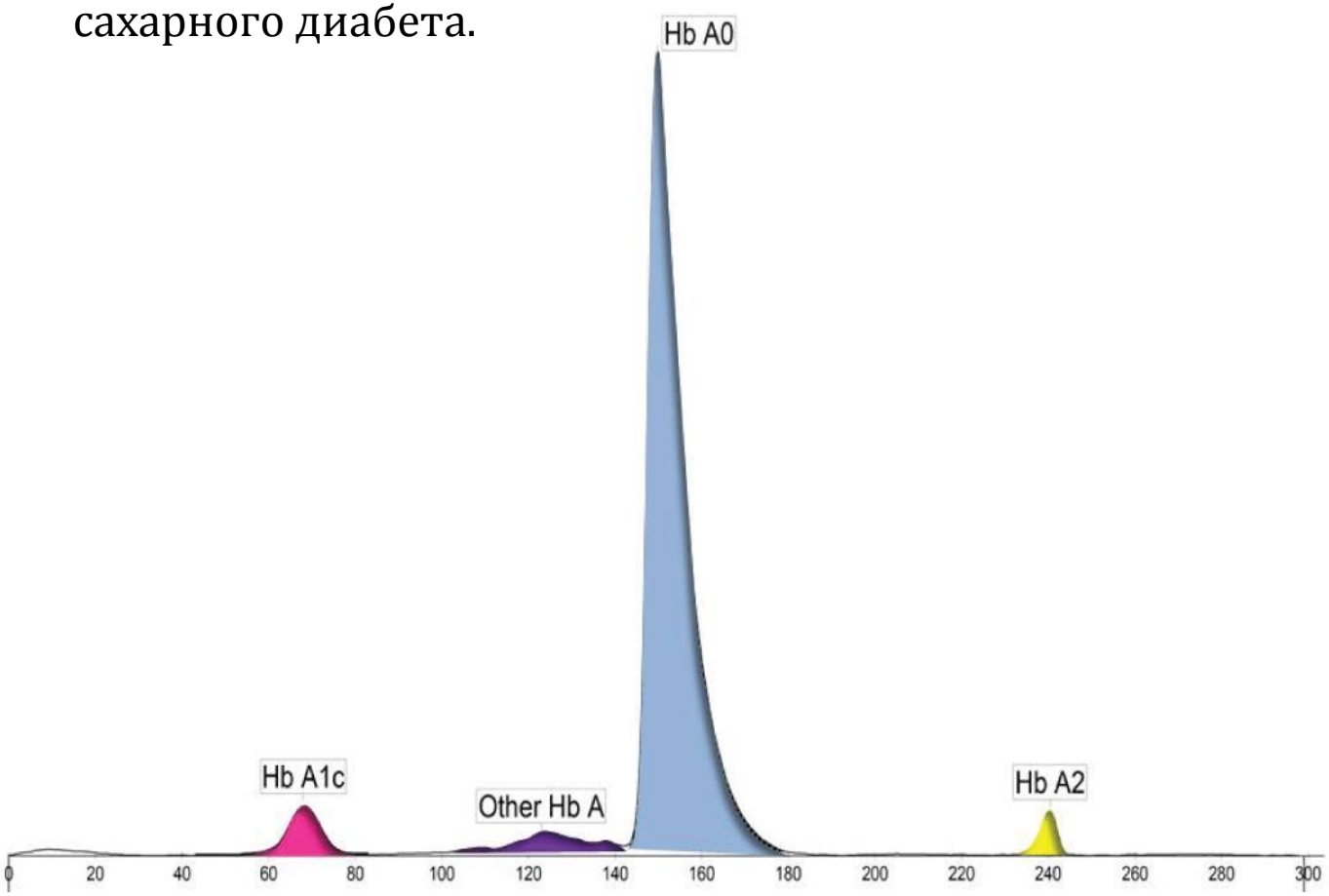
	ОТЛИЧНО			ХОРОШО		ВЫСОКИЙ РИСК					
HbA1c	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
Глюкоза, мг%	50	80	115	150	180	215	250	280	315	350	380
Глюкоза, ммоль/л	2,6	4,7	6,3	8,2	10,0	11,9	13,7	15,6	17,4	19,3	21,1

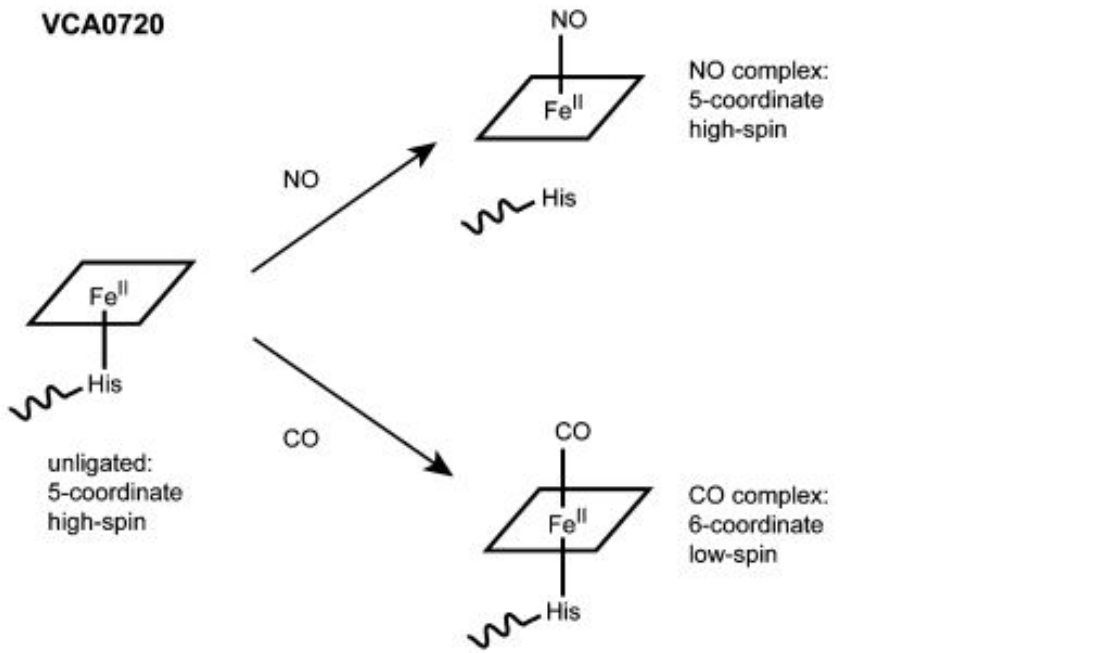
Все об анализах крови и здоровье

- Соединение гемоглобина с глюкозой.
- Образуется в результате медленного неферментативного присоединения глюкозы к гемоглобину А, содержащемуся в эритроцитах.
- В соответствии с рекомендациями ВОЗ признан оптимальным и необходимым для контроля сахарного диабета.

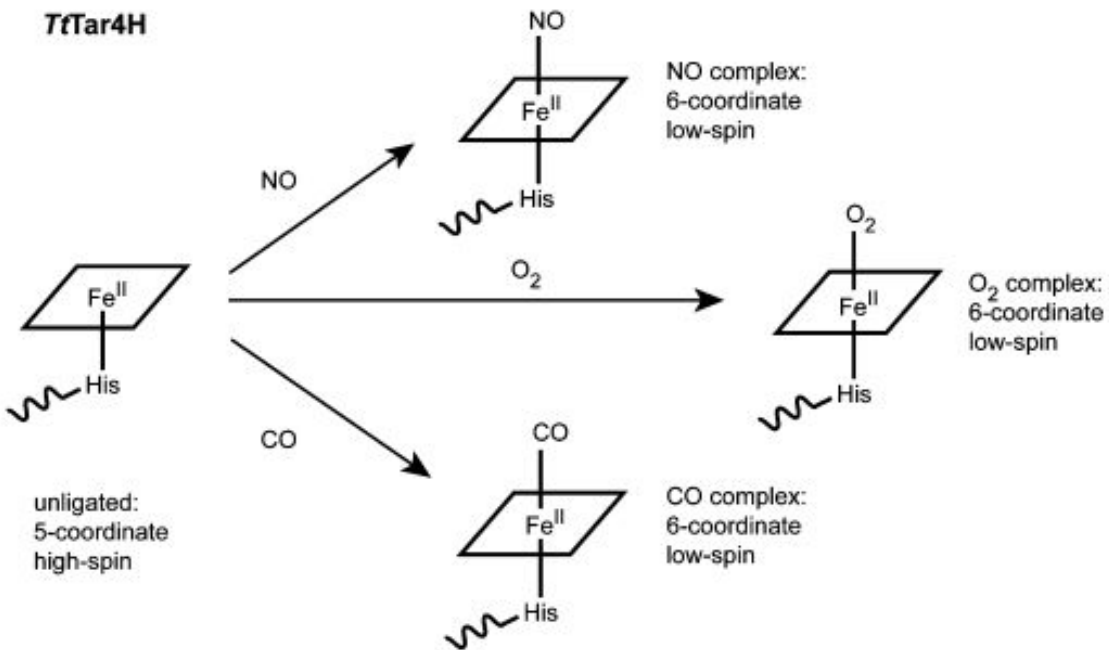


http://www.sebia.com/en-EN/produits/capi-3-hb-a1c

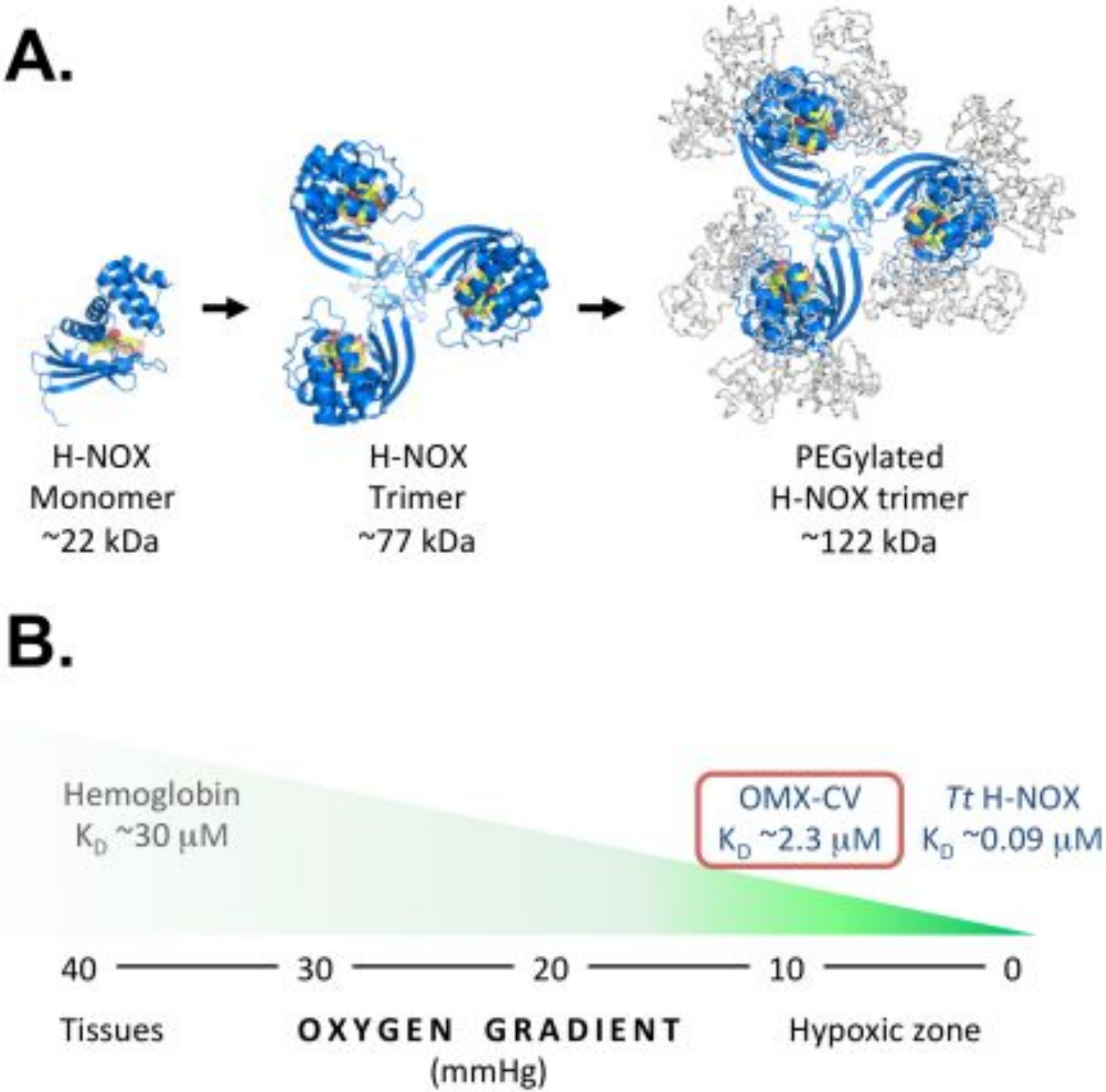




Karow D. S. et al. Spectroscopic characterization of the soluble guanylate cyclase-like heme domains from Vibrio cholerae and Thermoanaerobacter tengcongensis //Biochemistry. – 2004. – Т. 43. – №. 31. – С. 10203-10211.

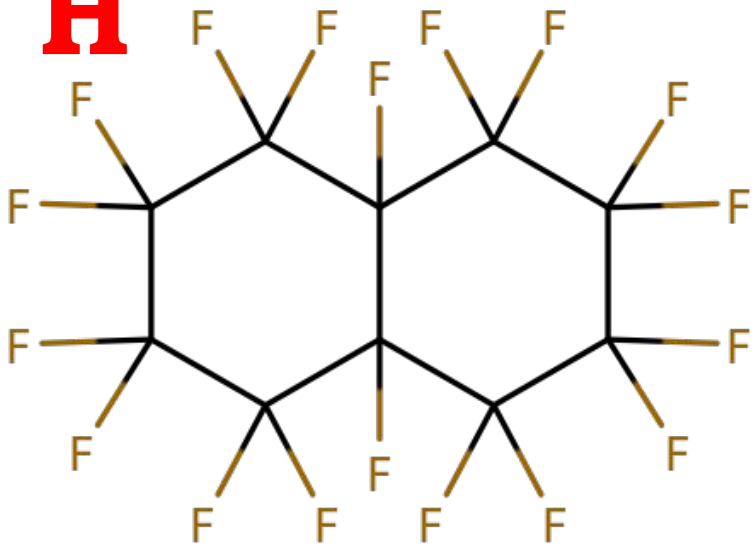


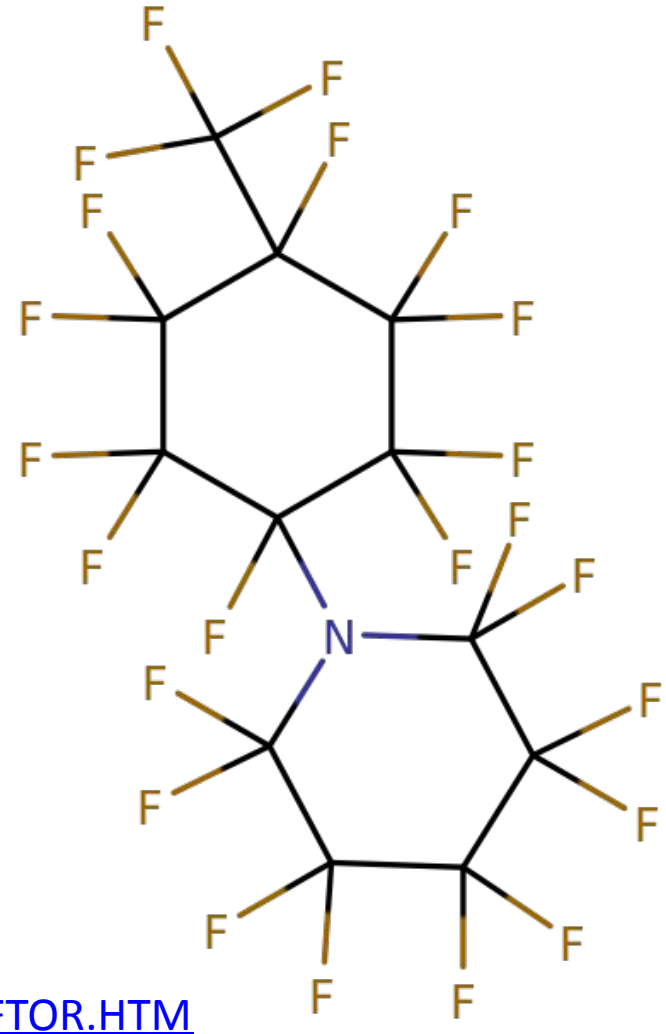
VCA0720 forms stable complexes with NO and CO but not with O_2 and therefore has ligand-binding properties similar to those of the NO receptor soluble guanylate cyclase. *Tt*Tar4H, on the other hand, is isolated as a ferrous-oxy complex and has spectral properties similar to those of the globin family and, like the globins, forms stable complexes with NO and CO.



Boehme J. et al. Preservation of myocardial contractility during acute hypoxia with OMX-CV, a novel oxygen delivery biotherapeutic //PLoS biology. – 2018. – Т. 16. – №. 10. – С. e2005924.

Перфторан





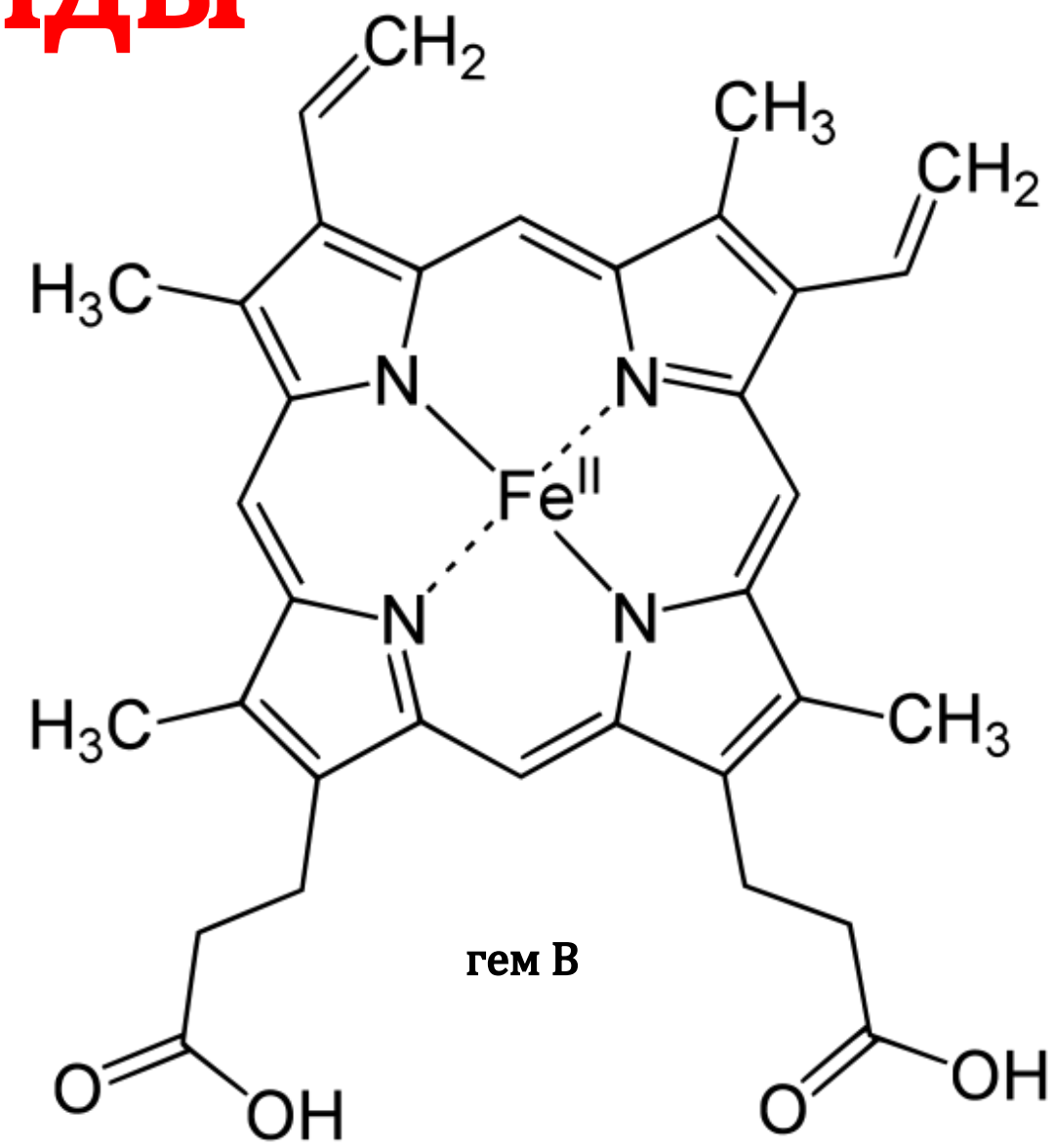
https://ru.wikipedia.org/wiki/Перфторан

https://www.rlsnet.ru/tn_index_id_6209.htm
https://www.m24.ru/articles/nauka/21012015/64542
http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/VRAN/PF/PERFTOR.HTM
http://www.ng.ru/science/2004-02-25/13_blood.html
https://nasledie.pravda.ru/1105417-belojarzev/
https://ru.wikipedia.org/wiki/Белоярцев,_Феликс_Фёдорович
https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20954/episode_id/1151468/video_id/1109921/
https://www.youtube.com/watch?v=_APmLCGrS5c

Гемопротеиды

1. Гемоглобин
2. Миоглобин
3. Цитохромы
4. Сукцинатдегидрогеназа
5. Каталаза
6. Миелопероксидаза
7. Гуанилатциклаза
8. NO-синтазы
9. Циклооксигеназы
10. Тиреопероксидаза
11. Гомогентизатоксидаза
12. Нейроглобин
13. Цитоглобин

Гемы (от др.-греч. ἀίμα — «кровь») — комплексные соединения порфиринов с железом

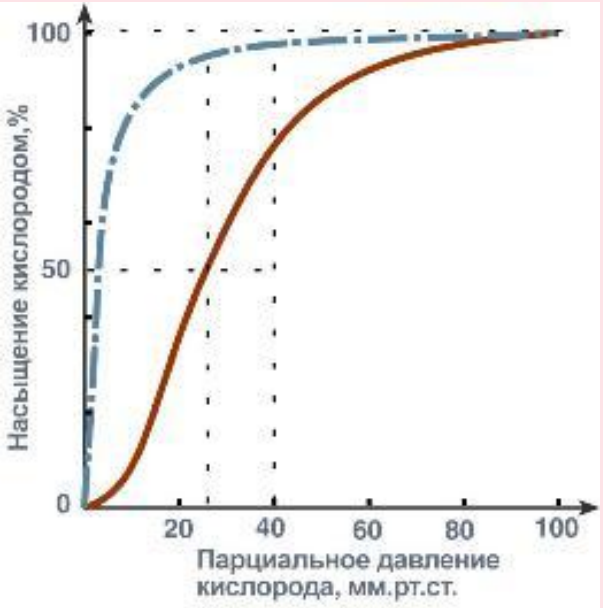


гем B

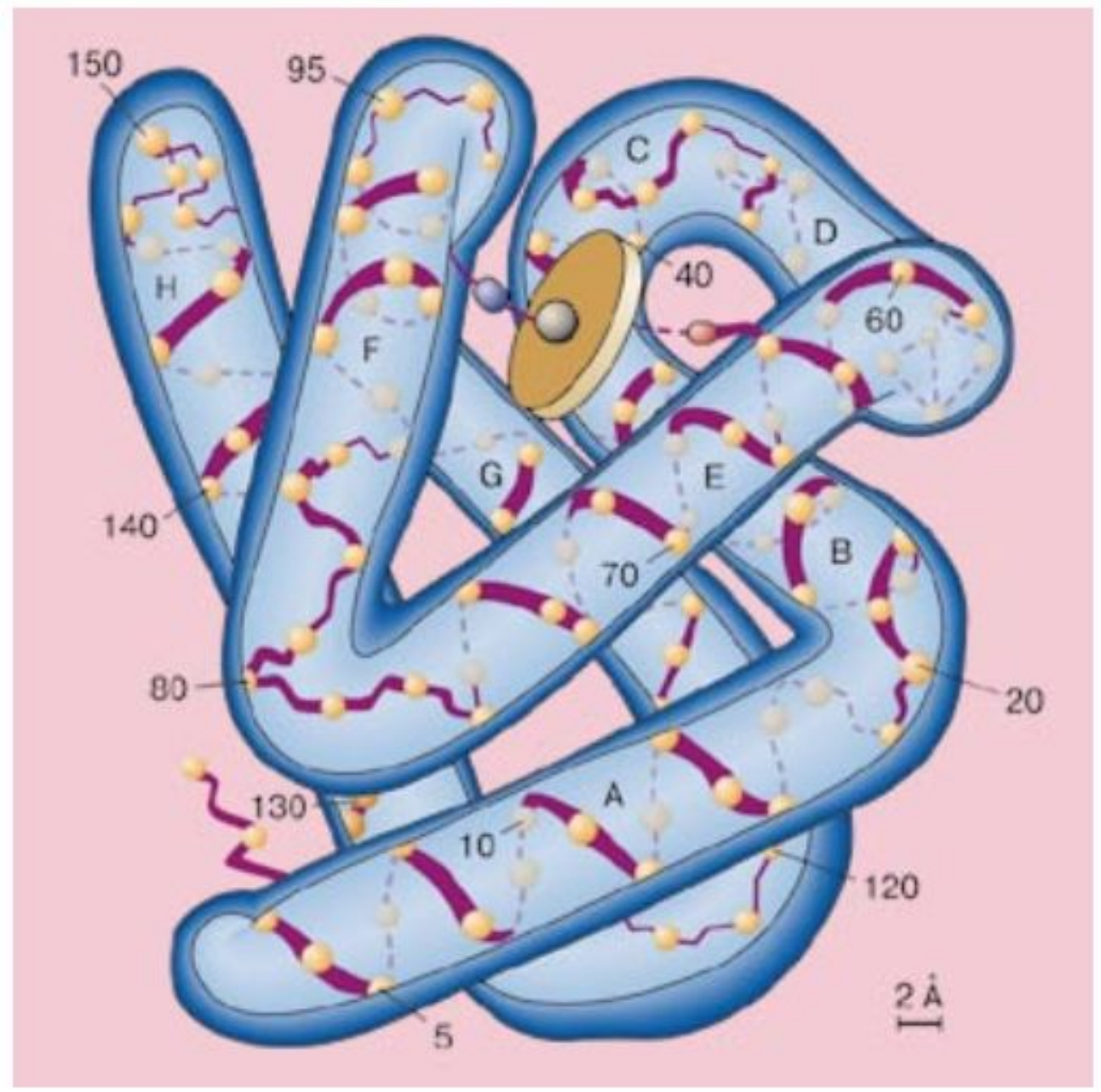
https://ru.wikipedia.org/wiki/Гем_(биохимия

Миоглобин

- 153 аминокислот
- 17 кДа
- по структуре сходен с β-цепью гемоглобина
- Обладает более высоким сродством к кислороду по сравнению с гемоглобином



http://biokhimija.ru/images/biohimija-krov/S12-06-krivye-hb-mb.jpg



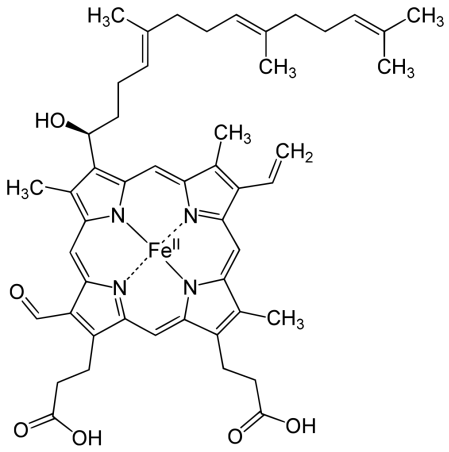
Шайтан К. В., Шайтан К. В. Диффузия лигандов в белках //СОЖ. – 2000. – №. 6. – С. 8.

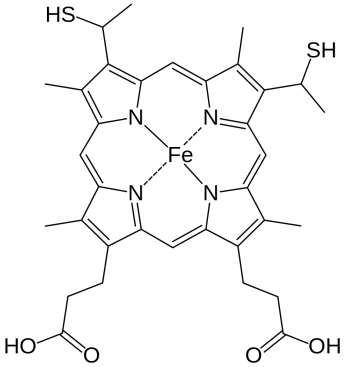
Цитохромы

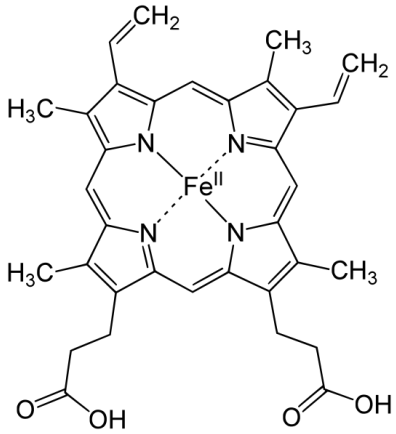
Известно около 30 видов цитохромов. Все они содержат гем в качестве простетической группы и различаются структурами боковых и полипептидных цепей. В зависимости от типа гема выделяют 8 классов цитохромов. В зависимости от спектров поглощения, цитохромы делят на группы a, b, c

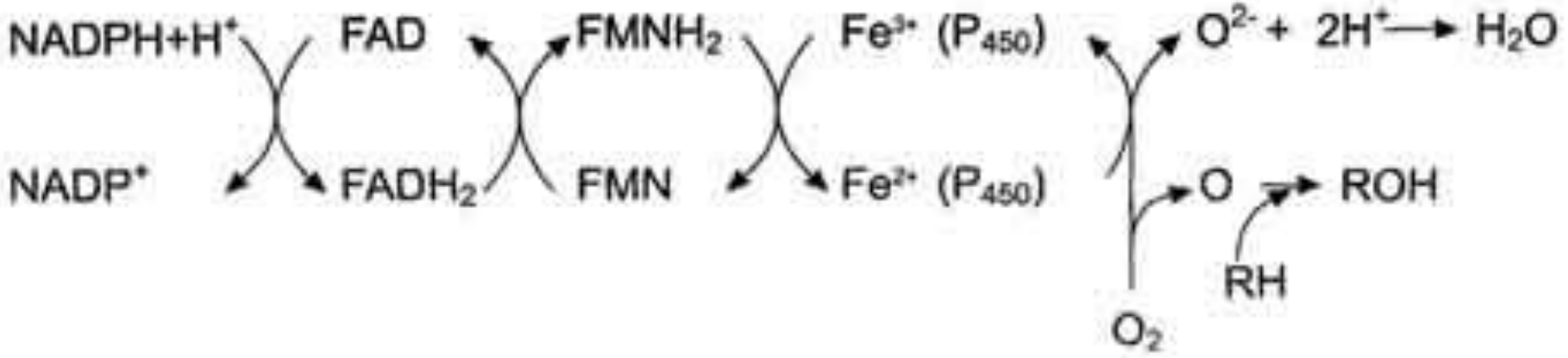
Практически все (кроме цитохрома c) связаны с мембранами
Функционируют во взаимосвязи с ЭТЦ митохондрий или ЭПС

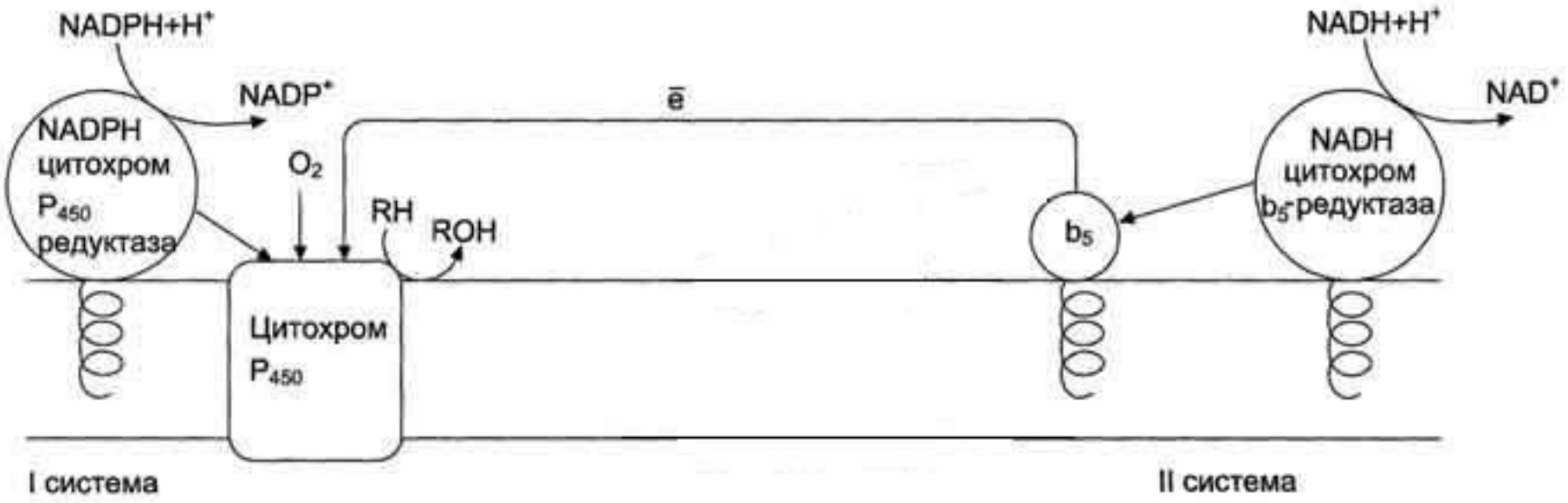
- Цитохромы a
- Цитохромы b
- Цитохром c
- Цитохром P450

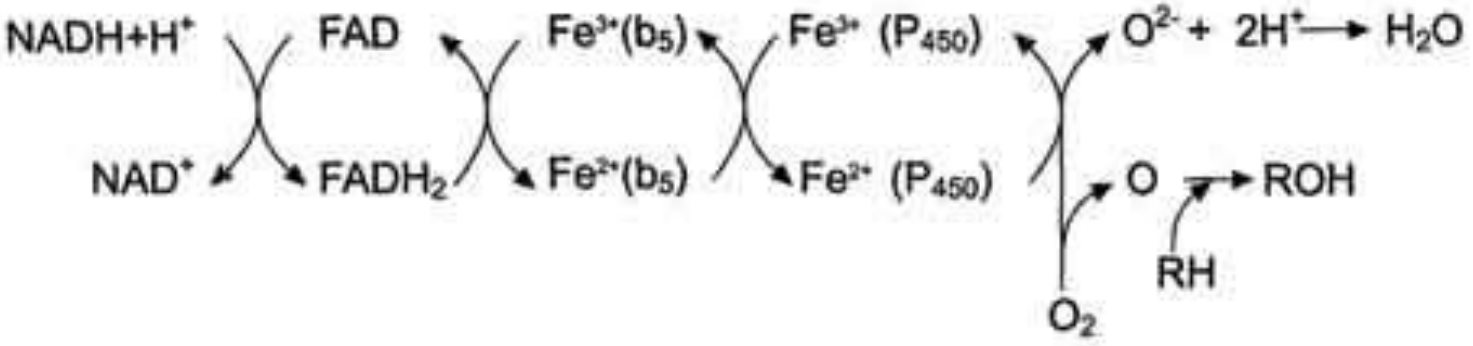




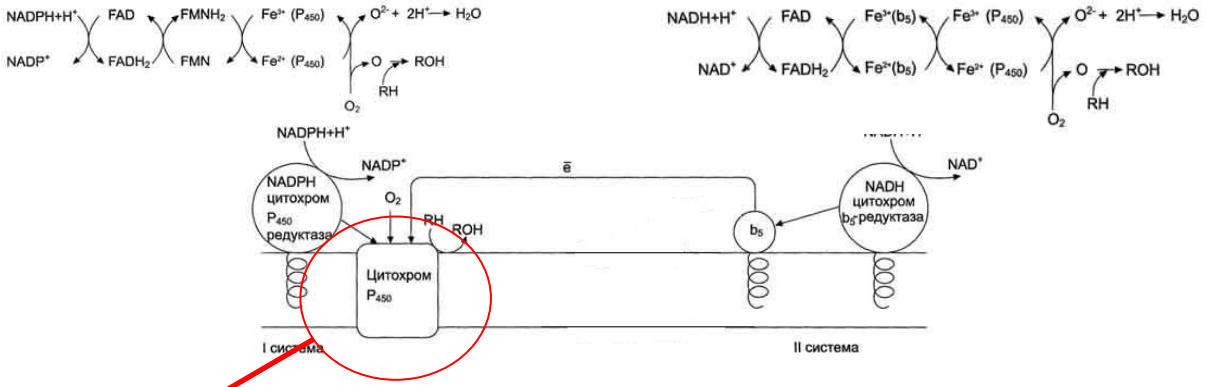


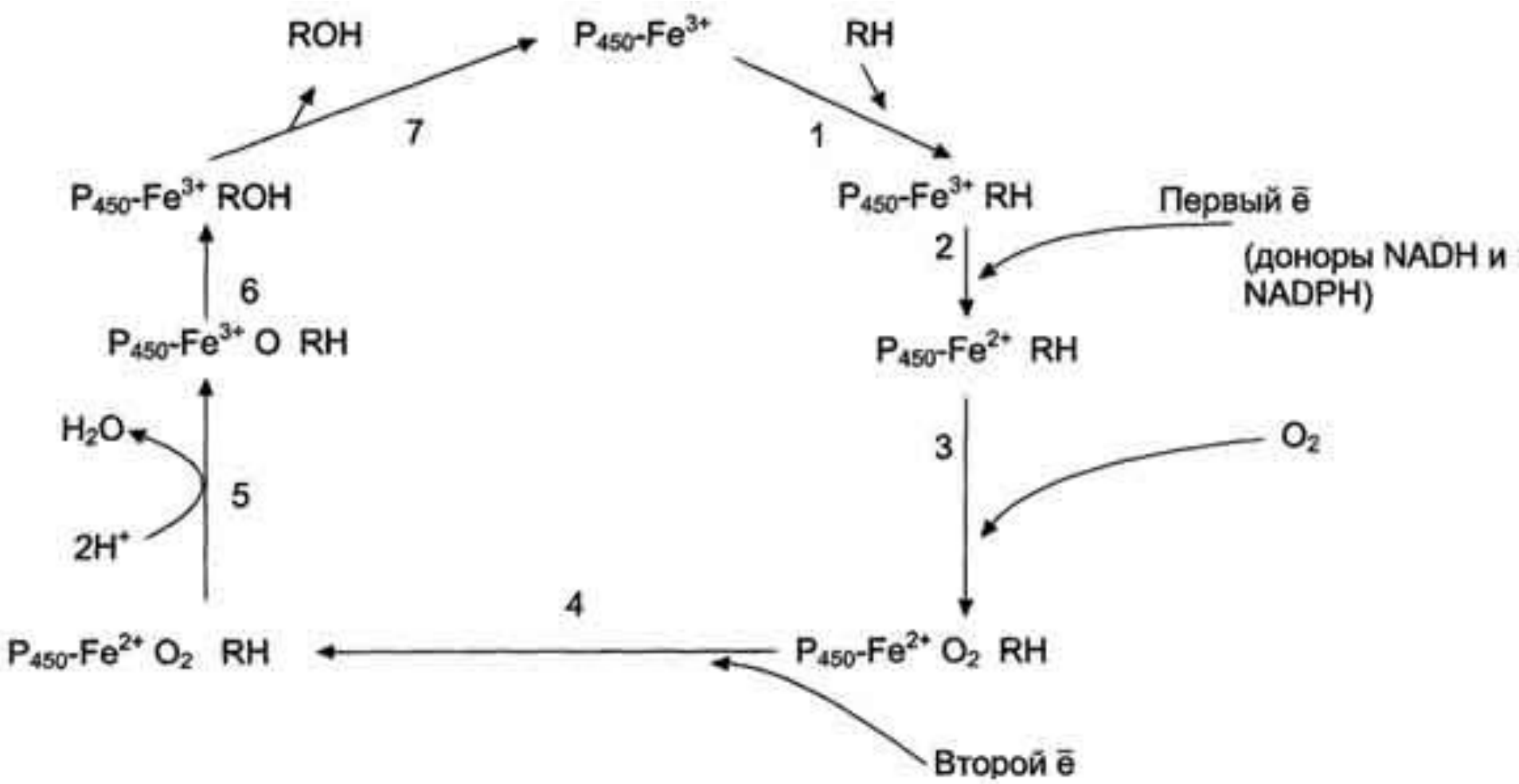

NADPH+H+
FAD
FMNH2
Fe3+ (P450)
O2- + 2H+ → H2O
NADP+
FADH2
FMN
Fe2+ (P450)
O
ROH
RH
O2

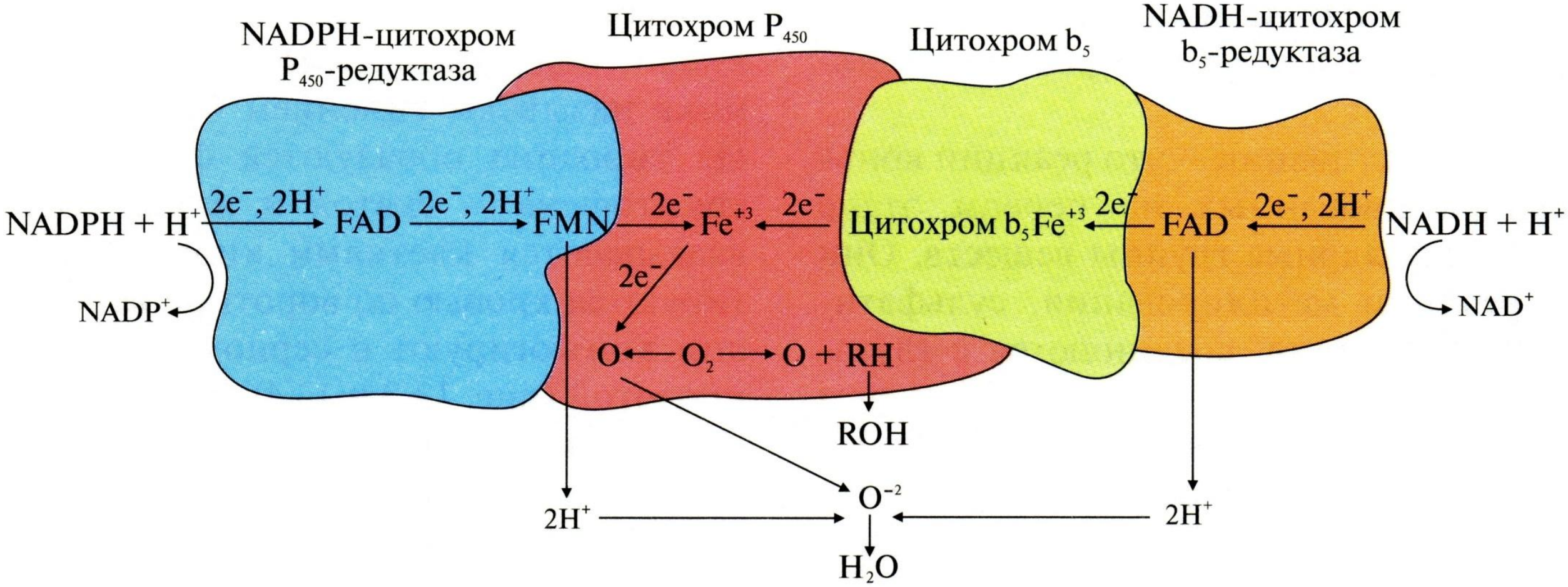

NADPH+H+
NADP+
NADPH цитохром P450 редуктаза
O2
RH
ROH
ē
Цитохром P450
b5
NADH+H+
NAD+
NADH цитохром b5-редуктаза
I система
II система


NADH+H+
FAD
Fe3+(b5)
Fe3+ (P450)
O2- + 2H+ → H2O
NAD+
FADH2
Fe2+(b5)
Fe2+ (P450)
O
ROH
RH
O2

ПФП


NADPH+H+
FAD
FMNH2
Fe3+ (P450)
O2- + 2H+ → H2O
NADP+
FADH2
FMN
Fe2+ (P450)
O
ROH
RH
O2
NADH+H+
FAD
Fe3+(b5)
Fe3+ (P450)
O2- + 2H+ → H2O
NAD+
FADH2
Fe2+(b5)
Fe2+ (P450)
O
ROH
RH
O2
NADPH+H+
NADP+
ē
NADPH цитохром P450 редуктаза
O2
RH
ROH
Цитохром P450
b5
NADH цитохром b5-редуктаза
NAD+
I система
II система


ROH
P450-Fe3+
RH
7
1
P450-Fe3+ ROH
P450-Fe3+ RH
Первый ē
2
(доноры NADH и NADPH)
6
P450-Fe3+ O RH
P450-Fe2+ RH
H2O
3
O2
5
2H+
4
P450-Fe2+ O2 RH
P450-Fe2+ O2 RH
Второй ē


NADPH-цитохром
P450-редуктаза
Цитохром P450
Цитохром b5
NADH-цитохром
b5-редуктаза
NADPH + H+
2e−, 2H+
FAD
2e−, 2H+
FMN
2e−
Fe+3
2e−
Цитохром b5Fe+3
2e−
FAD
2e−, 2H+
NADH + H+
NADP+
NAD+
2e−
O
O2
O + RH
ROH
2H+
O−2
2H+
H2O

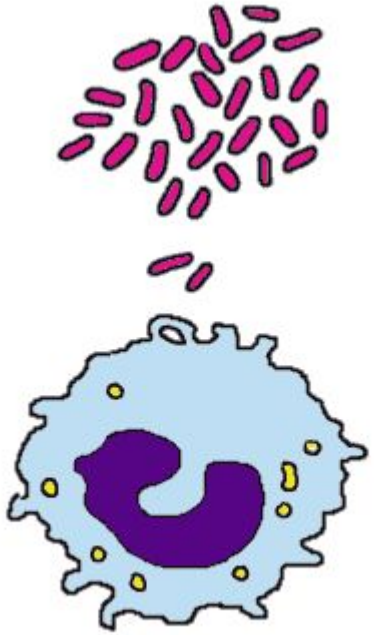
Каталаза (КФ 1.11.1.6)

- Главный фермент, который расщепляет перекись водорода до продуктов, не обладающих высокой реактивностью.
- Присутствует во всех аэробных клетках, имеет очень высокую активность и уникальную способность расщеплять перекись водорода до воды и молекулярного кислорода.
- По строению напоминает гемоглобин. Состоит из четырех одинаковых субъединиц, содержащих гем, железо которого находится в окисленной форме.

$$H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow 2\,H_2O + O_2$$

https://cameralabs.org/media/camera/july/31july/48_e01eb10b0a86df9f7bddf4eb21a261cc.gif

Миелопероксидаза (КФ 1.11.1.7)



https://eozin.narod.ru/dima.gif

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ АКТИВИРОВАННЫХ ФАГОЦИТОВ

Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с. ISBN 5-9231-0254-4

Ферменты биологического окисления

Гидропероксидазы

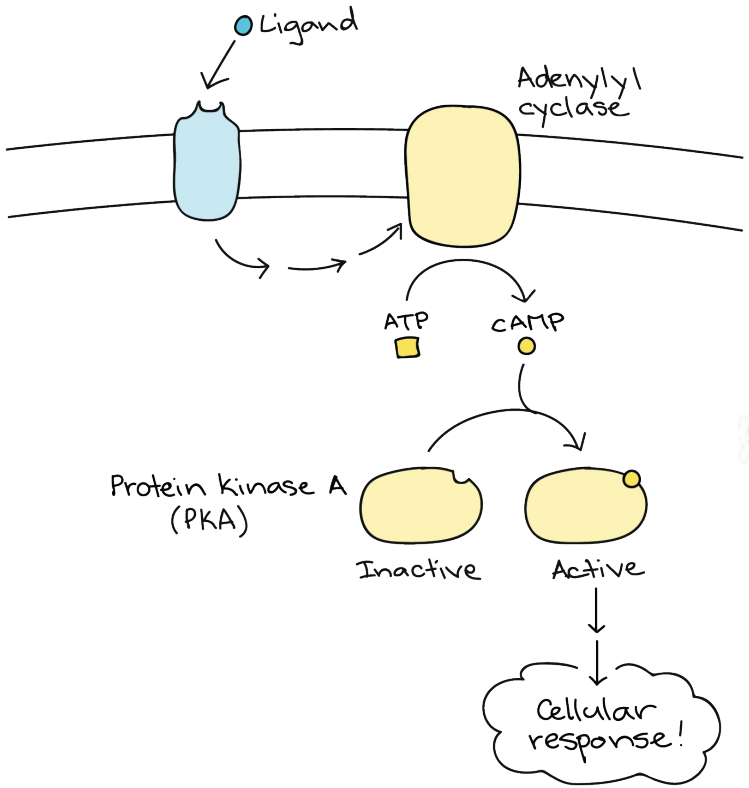
✔***Субстрат*** - ***перекись водорода*** *или органические перекиси*

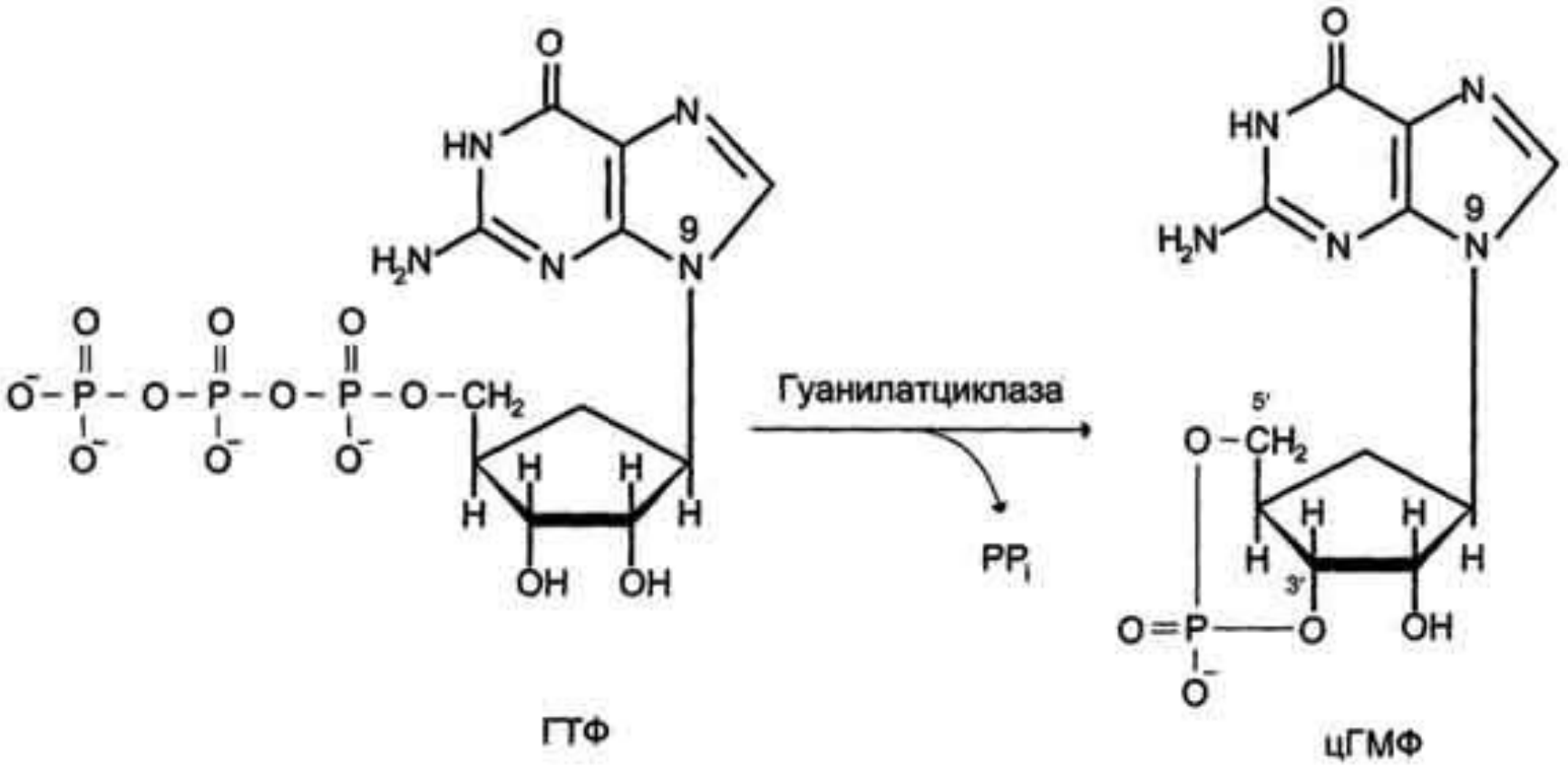
$$H_2O_2 + AH_2 \xrightarrow{\text{Пероксидаза}} 2H_2O + A$$

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Каталаза}} 2H_2O + O_2$$

Гуанилатциклазы

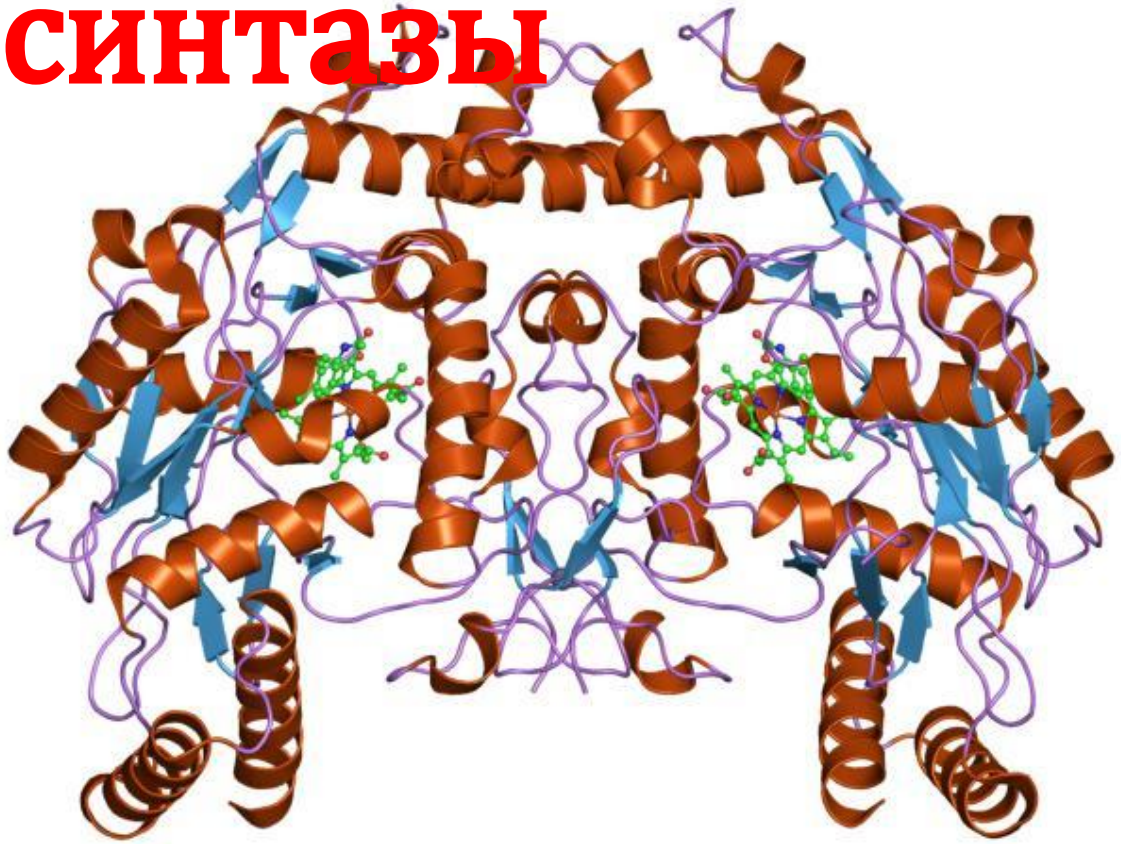
Гуанилатциклазы (ГЦ) - семейство ферментов-циклаз, катализирующих реакцию превращения гуанозинтрифосфата (ГТФ) в гуанозин-3’,5’-циклофосфат (цГМФ)





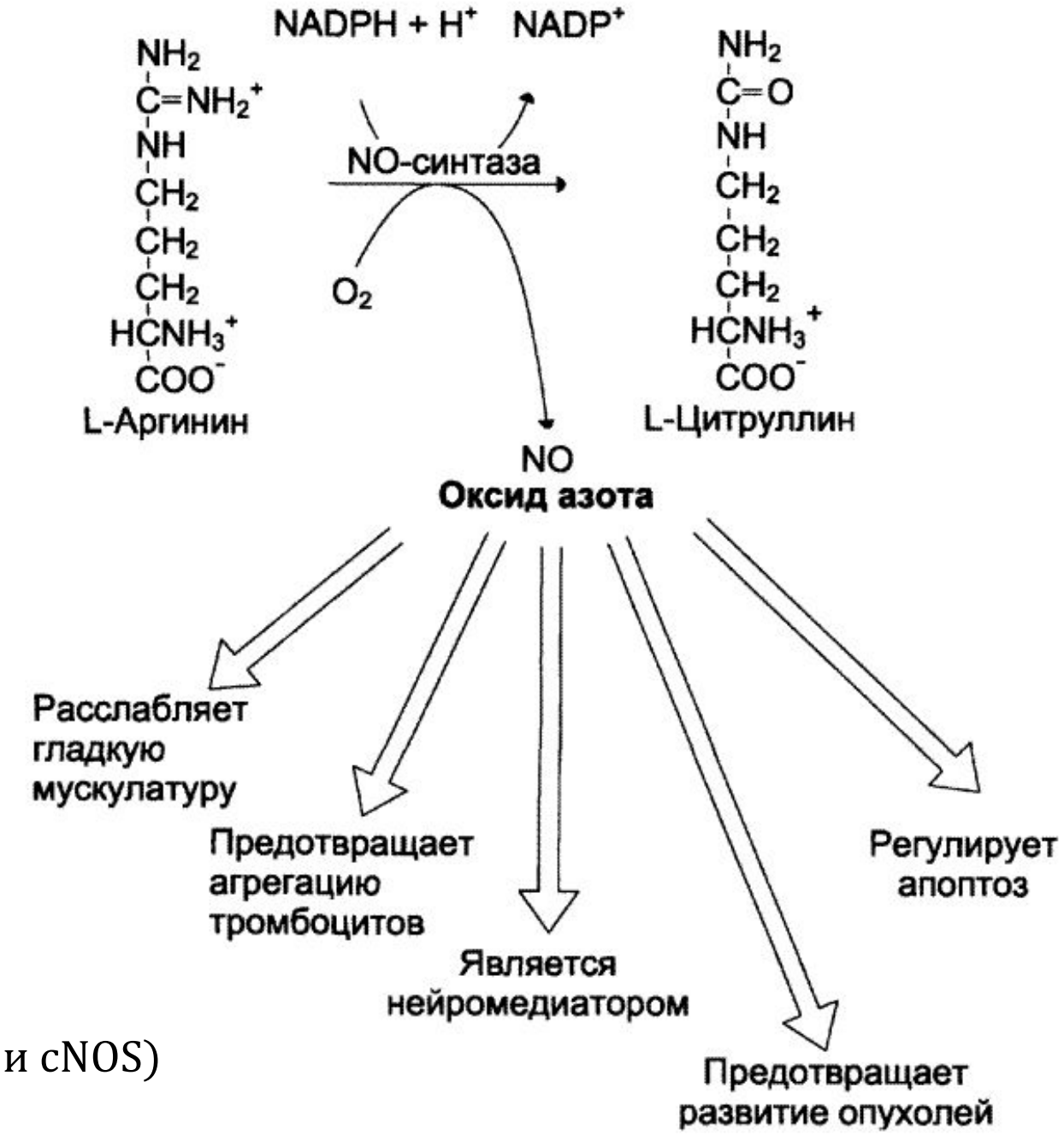
Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с. ISBN 5-9231-0254-4

NO-синтазы

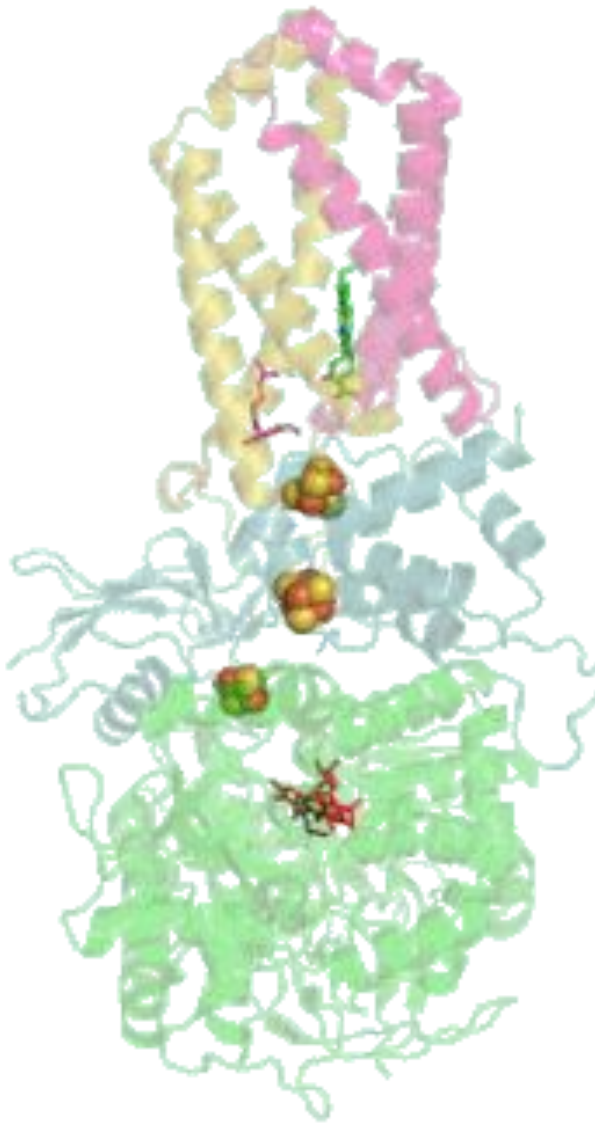


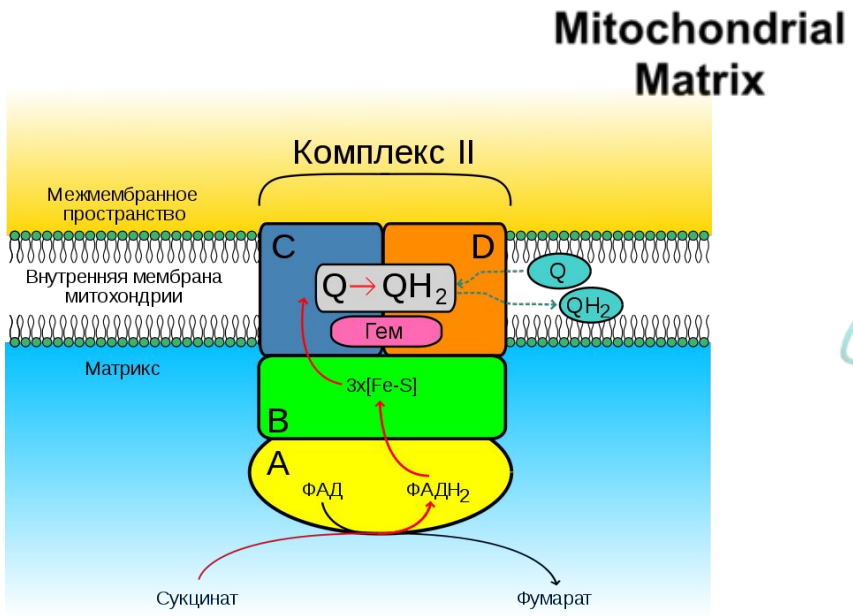
Нейрональная NO-синтаза (nNOS или NOS1)
Индуцируемая NO-синтаза (iNOS или NOS2)
Эндотелиальная NO-синтаза (eNOS или NOS3 или cNOS)

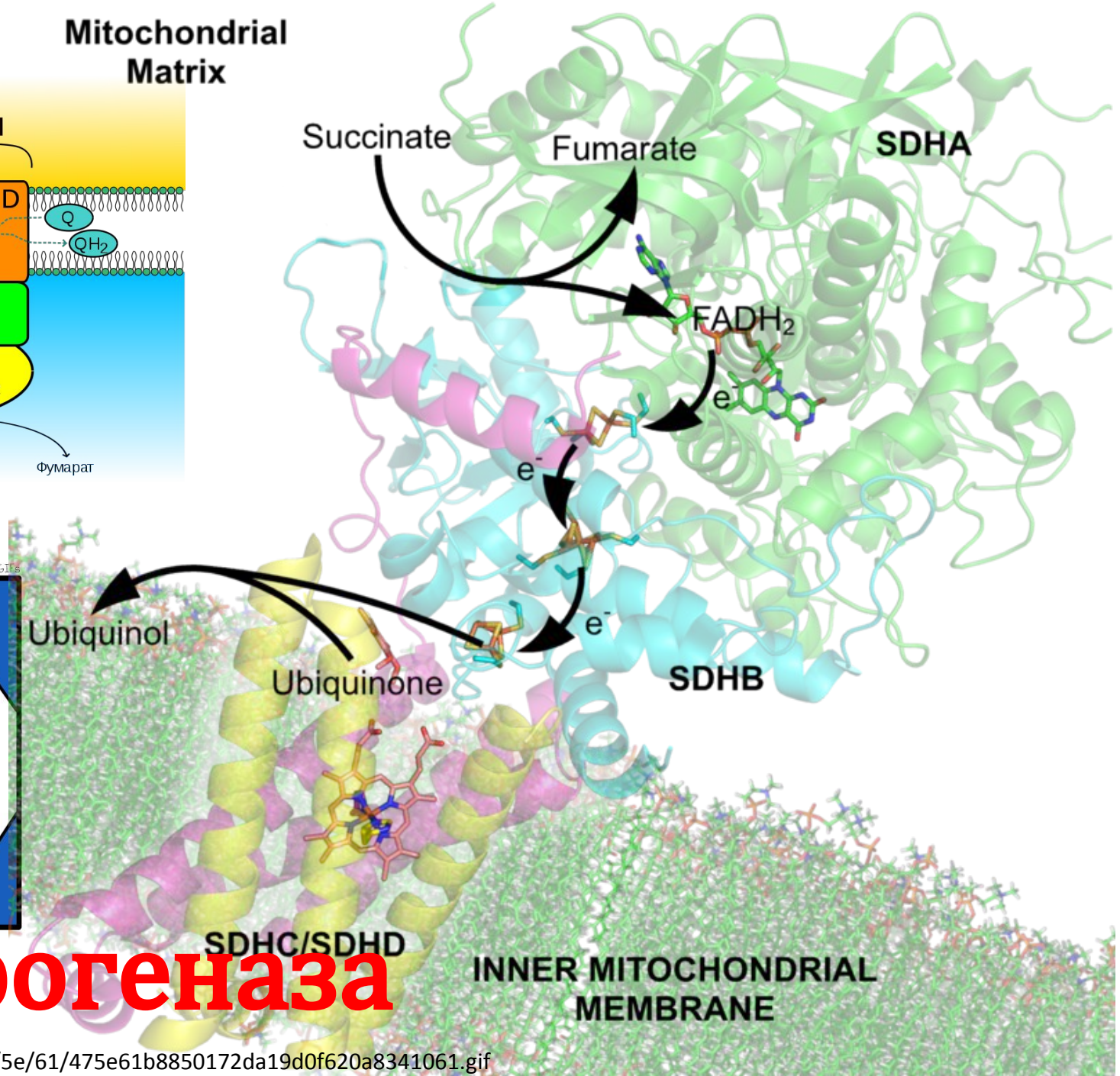
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/PDB_1m9j_EBI.jpg



Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с. ISBN 5-9231-0254-4





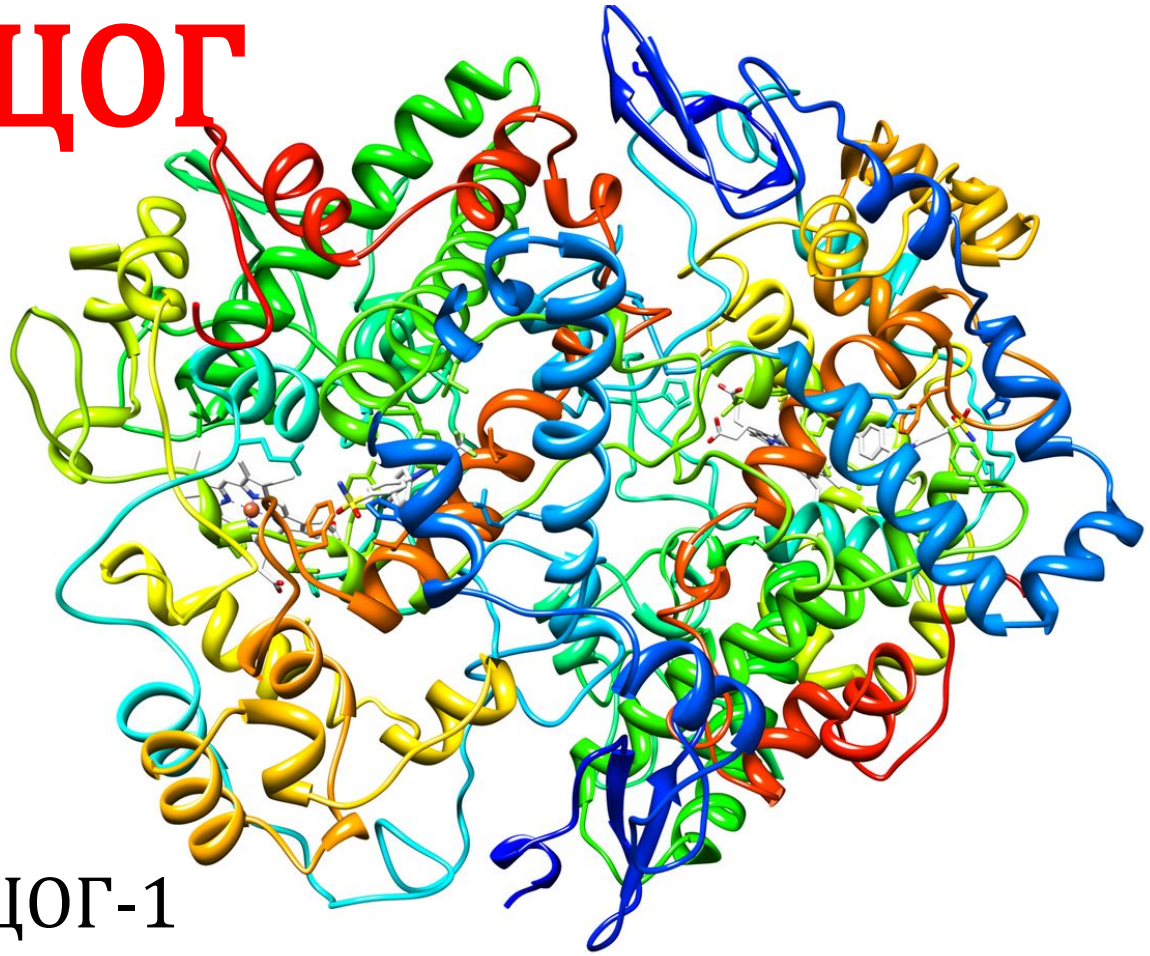


Сукцинатдегидрогеназа

https://ru.wikipedia.org/wiki/Сукцинатдегидрогена

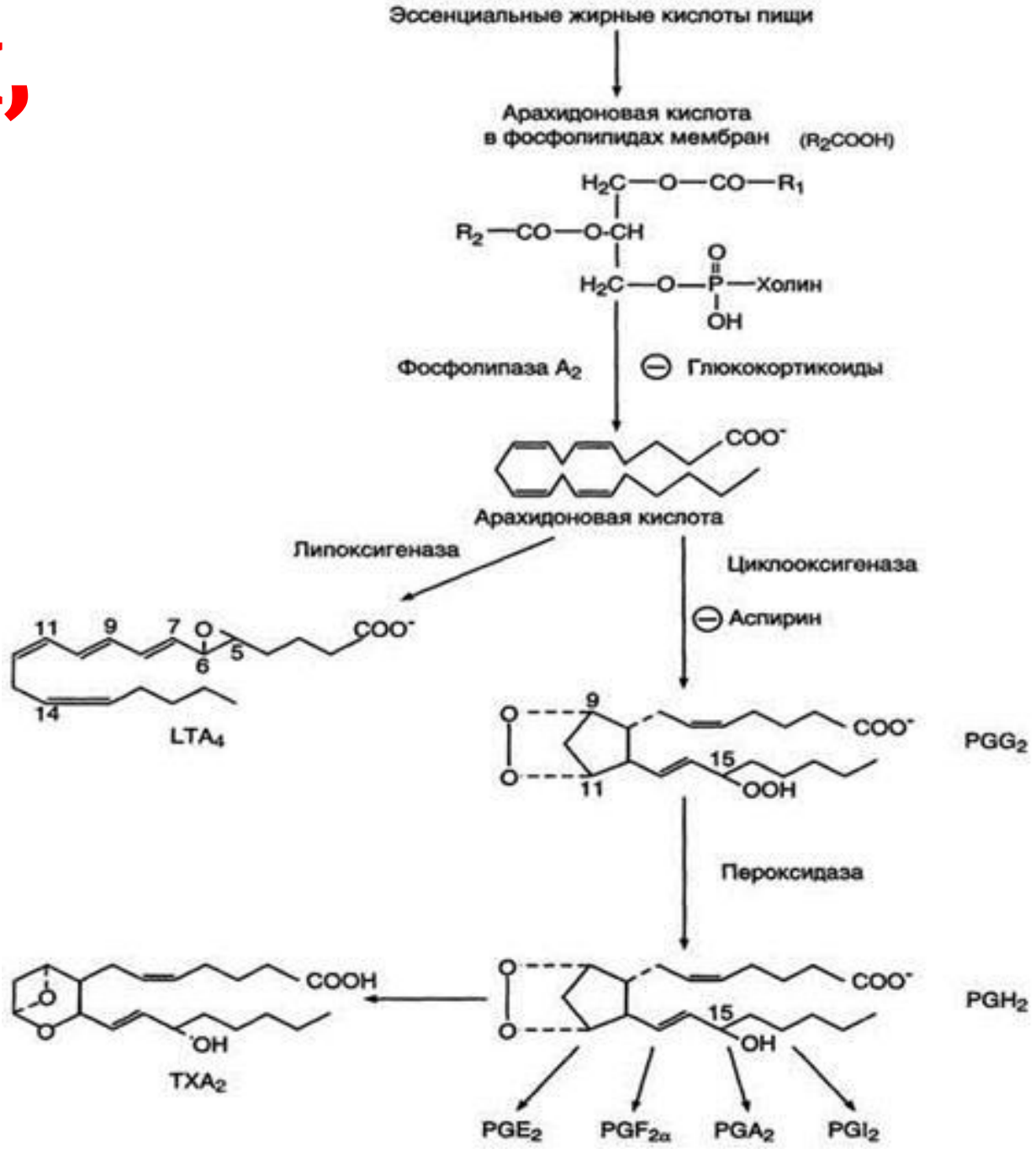
https://i.pinimg.com/originals/47/5e/61/475e61b8850172da19d0f620a8341061.gif

Циклооксигеназы, ЦОГ



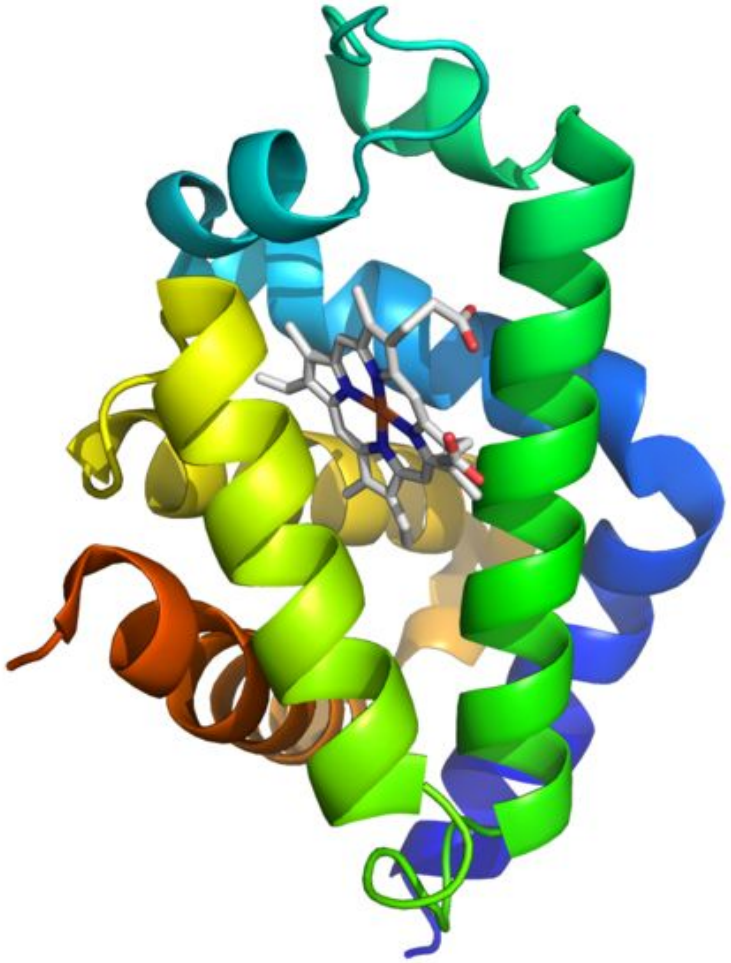
ЦОГ-1
ЦОГ-2
ЦОГ-3?

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/Cyclooxygenase-2.png



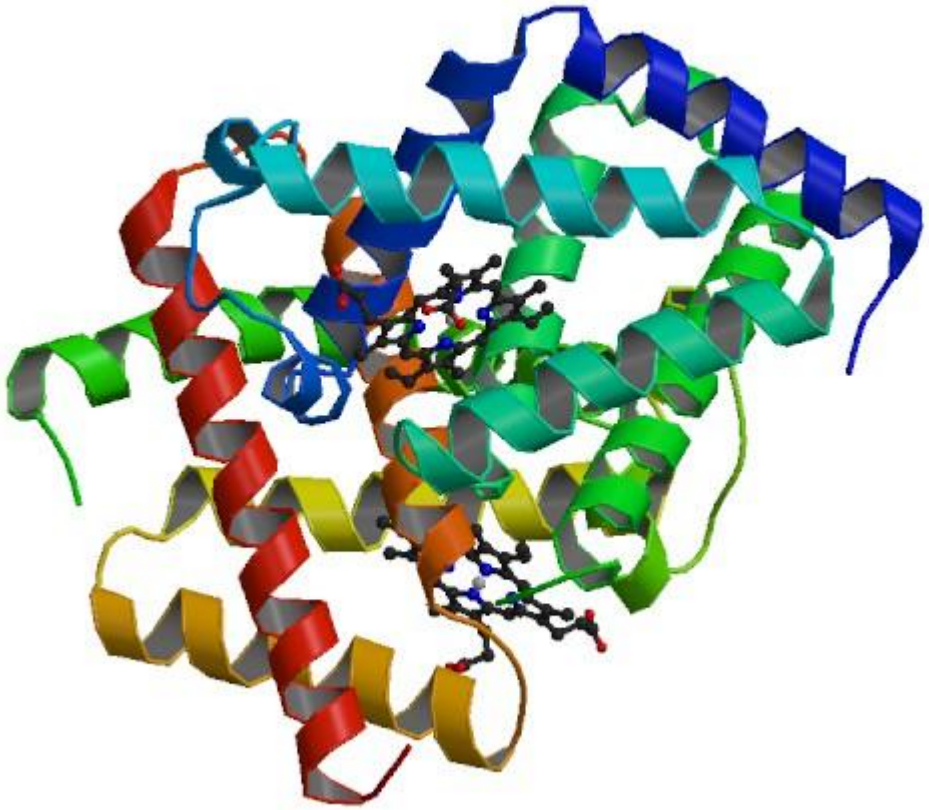
Биохимия: Учеб. для вузов, Под ред. Е.С. Северина., 2003. 779 с. ISBN 5-9231-0254-4

Нейроглоби

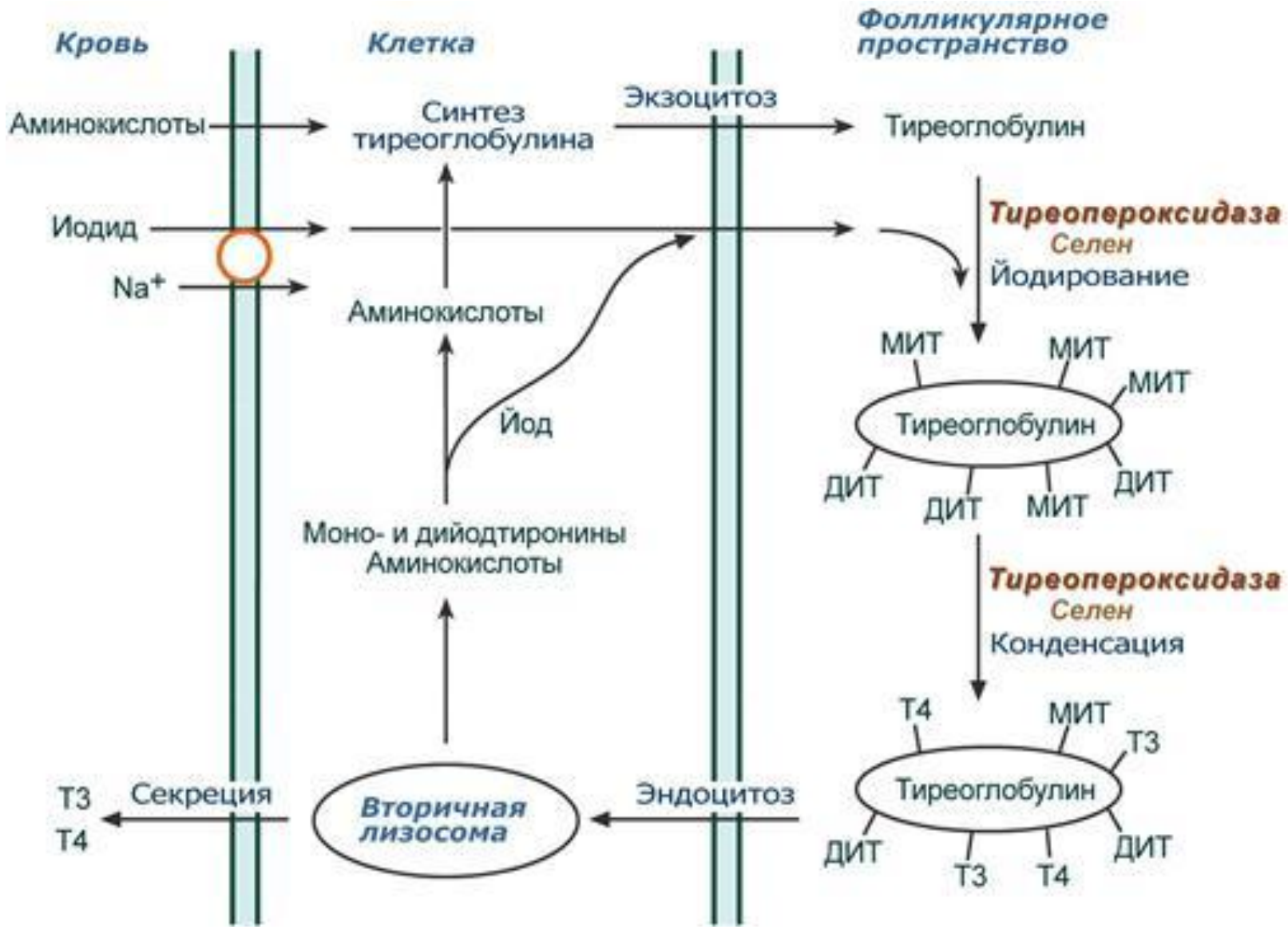


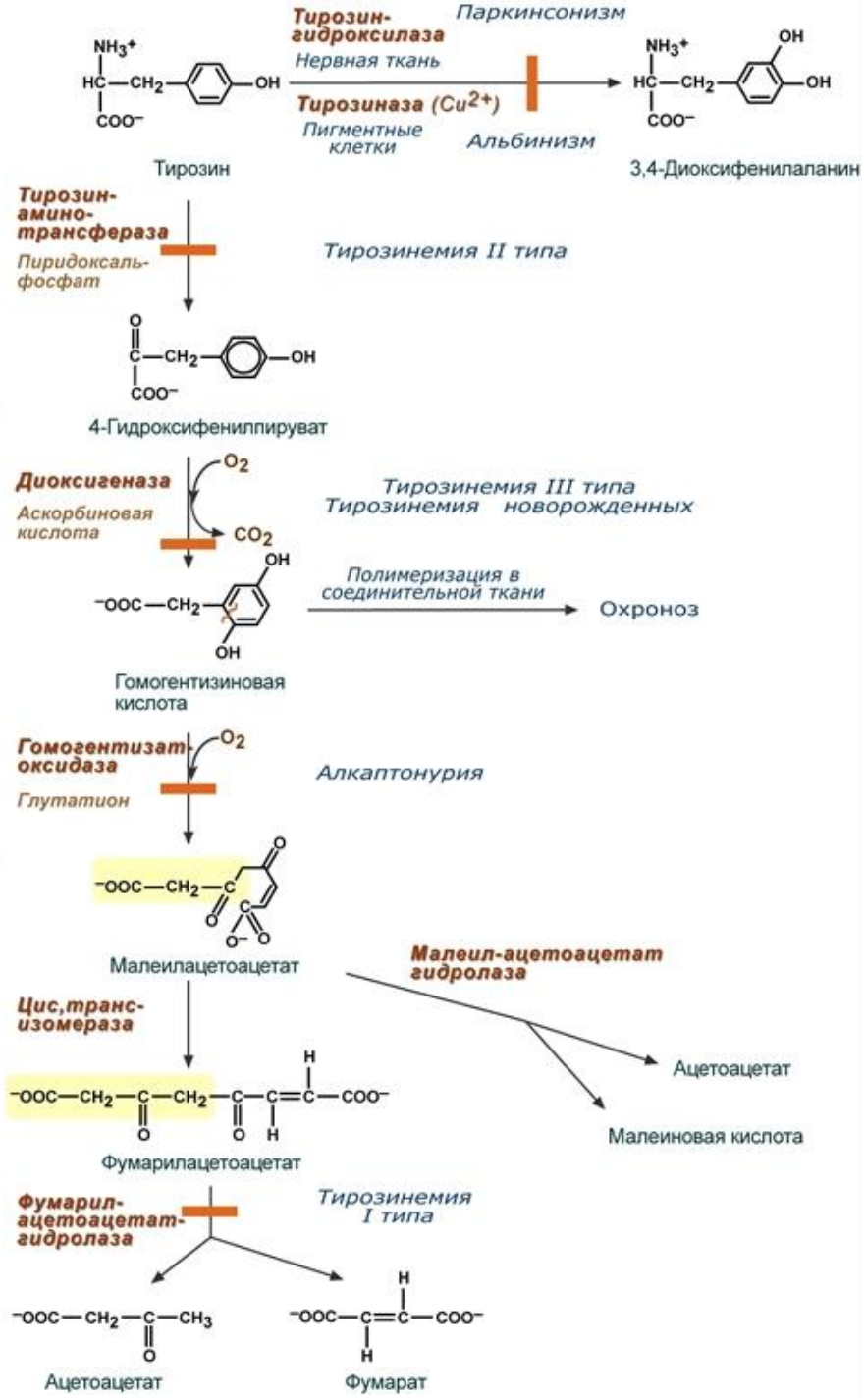
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ce/Neuroglobin.png/471px-Neuroglobin.png

Цитоглоби



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/PBB_Protein_CYGB_image.jpg





https://biokhimija.ru/

https://youtu.be/H3DHvJ_MEtk
https://wellcomelibrary.org/item/b30011851#?c=0&m=0&s=0&cv=0
https://youtu.be/_gkbxvIo_nw
https://youtu.be/bsNlKKFdmrA
https://youtu.be/LWtXthfG9_M
https://youtu.be/Qv-KExGKAYw
https://youtu.be/uWFfRCpHU0Q?list=PL5SFCa6cu2rwgDTRRfvvc88t_B86tBf-0
https://youtu.be/HYbvwMSzqdY
https://youtu.be/BYGPkRFvzOc
https://youtu.be/9ygRzW-oMVk
https://youtu.be/WXOBJEXxNEo
https://youtu.be/u4YGmLhwwkU?list=PL5SFCa6cu2rwgDTRRfvvc88t_B86tBf-0