

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени  
императора Петра I»

Факультет технологии и товароведения

Кафедра химии

Реферативный доклад  
**«Биологическая роль железа»**

Выполнила студентка  
1 курса 8 группы  
ФВМиТЖ  
Акопян Анна Арменовна

Проверила:  
Доц. Перегончая О.В.

# СОДЕРЖАНИЕ

**1. Железо в составе биологически активных веществ, их роль в организме человека.**

**2. Методы количественного определения биологически активного железа.**

- 1. Железо** – это важнейший микроэлемент, принимающий участие в кроветворении, дыхании, окислительно-восстановительных реакциях и иммунобиологических процессах. Чрезвычайно важная роль железа в организме человека определяется тем, что железо входит в состав крови и более чем сотни ферментов.

**Гемоглобин** (от др.-греч. αἷμα — кровь и лат. globus — шар) — сложный железосодержащий белок животных, обладающих кровообращением, способный обратимо связываться с кислородом, обеспечивая его перенос в ткани. У позвоночных животных содержится в эритроцитах, у большинства беспозвоночных растворён в плазме крови (эритрокруорин) и может присутствовать в других тканях [1]. Молекулярная масса гемоглобина человека — около 66,8 кДа.

Большой вклад в исследование структуры и функционирование гемоглобина внёс Макс Перуц, получивший за это в 1962 году нобелевскую премию [2].

Нормальным содержанием гемоглобина в крови человека считается: у мужчин — 130—160 г/л (нижний предел — 120, верхний предел — 180 г/л), у женщин — 120—150 г/л; у детей нормальный уровень гемоглобина зависит от возраста и подвержен значительным колебаниям. Так, у детей через 1—3 дня после рождения нормальный уровень гемоглобина максимален и составляет 145—225 г/л, а к 3—6 месяцам снижается до минимального уровня — 95—135 г/л, затем с 1 года до 18 лет отмечается постепенное увеличение нормального уровня гемоглобина в крови [3].

Во время беременности в организме женщины происходит задержка и накопление жидкости, что является причиной гемодилуции — физиологического разведения крови. В результате уровень гемоглобина несколько понижается (при беременности уровень гемоглобина в норме составляет 110—155 г/л). Кроме этого, в связи с внутриутробным ростом ребёнка происходит быстрое расходование запасов железа и фолиевой кислоты. Если до беременности у женщины был дефицит этих веществ, проблемы, связанные со снижением гемоглобина, могут возникнуть уже на ранних сроках беременности [4].

Главная функция гемоглобина состоит в переносе кислорода. У человека в капиллярах [лёгких](#) в условиях избытка кислорода последний соединяется с гемоглобином. Поток крови [эритроциты](#), содержащие молекулы гемоглобина со связанным кислородом, доставляются к органам и тканям, где кислорода мало; здесь необходимый для протекания окислительных процессов кислород освобождается от связи с гемоглобином. Кроме того, гемоглобин способен связывать в тканях небольшое количество [диоксида углерода](#) (CO<sub>2</sub>) и освобождать его в лёгких.

[Моноксид углерода](#) (CO) связывается с гемоглобином крови намного сильнее (в 250 раз [\[5\]](#)), чем кислород, образуя карбоксигемоглобин (HbCO). Впрочем,

монооксид углерода может быть частично вытеснен из гема при повышении парциального давления кислорода в лёгких. Некоторые процессы приводят к окислению иона железа в гемоглобине до степени окисления +3. В результате образуется форма гемоглобина, известная как метгемоглобин (hboh) (methb, от «мета-» и «гемоглобин», иначе гемиглобин или ферригемоглобин, см. [Метгемоглобинемия](#)). В обоих случаях блокируются процессы транспортировки кислорода.

	<a href="#">Гем А</a>	<a href="#">Гем В</a>	<a href="#">Гем С</a>	<a href="#">Гем О</a>
№ <a href="#">PubChem</a>	<a href="#">7888115</a>	<a href="#">444098</a>	<a href="#">444125</a>	<a href="#">6323367</a>
<a href="#">Брутто-формула</a>	C <sub>49</sub> H <sub>56</sub> O <sub>6</sub> N <sub>4</sub> Fe	C <sub>34</sub> H <sub>32</sub> O <sub>4</sub> N <sub>4</sub> Fe	C <sub>34</sub> H <sub>36</sub> O <sub>4</sub> N <sub>4</sub> S <sub>2</sub> Fe	C <sub>49</sub> H <sub>58</sub> O <sub>5</sub> N <sub>4</sub> Fe
Заместитель при C <sub>3</sub>	— CH(OH)CH <sub>2</sub> <a href="#">Far</a>	—CH=CH <sub>2</sub>	—CH( <a href="#">цистеин-S-ил</a> )CH <sub>3</sub>	— CH(OH)CH <sub>2</sub> <a href="#">Far</a>
Заместитель при C <sub>8</sub>	—CH=CH <sub>2</sub>	—CH=CH <sub>2</sub>	—CH( <a href="#">цистеин-S-ил</a> )CH <sub>3</sub>	—CH=CH <sub>2</sub>
Заместитель при C <sub>18</sub>	—CH=O	—CH <sub>3</sub>	—CH <sub>3</sub>	—CH <sub>3</sub>

### Методы исследования гемоглобина

Как и любой другой белок, гемоглобин имеет определенный набор характеристик, по которым его можно отличить от других белковых и небелковых веществ в растворе. К таким характеристикам относятся молекулярная масса, аминокислотный состав, электрический заряд, химические свойства.

На практике чаще всего используются электролитные свойства гемоглобина (на этом основаны кондуктивные методы его исследования) и способность гема присоединять различные химические группы, приводящие к изменению валентности Fe и окраски раствора (калориметрические методы). Однако в многочисленных исследованиях показано, что результат кондуктивных методов определения гемоглобина зависит от электролитного состава крови, это делает затруднительным применение такого исследования в неотложной медицине.

Для рутинных лабораторных исследований наиболее предпочтительны колориметрические методы, как наиболее дешевые, простые и быстрые в исполнении. Так как кровь человека - это нормальная смесь производных гемоглобина с различными спектрами поглощения, при количественном его определении колориметрическими методами возникает проблема в выборе реагента, который превращал бы все производные гемоглобина только в одну форму перед фотометрическим анализом.

Самым старым методом определения содержания гемоглобина считается метод Сали – реакция гемоглобина с соляной кислотой с образованием солянокислого гематина. Ранее концентрация гематина в растворе определялась визуально, в настоящее время для этого используются фотометры. На результат влияет белковый состав раствора и концентрация в нем билирубина.

Лучшими методами, количественно превращающими гемоглобин в его производные, считаются гемиглобинцианидный (HbCN), гемихромный (HbChr) и гемиглобиназидный (HbN<sub>3</sub>), которые при фотометрировании дают наименьшую ошибку.

Гемиглобинцианидный метод, разработанный в 1936 г Драбкиным, был одобрен Международным Комитетом по стандартизации в гематологии (ICSH) в 1963 г. В настоящее время этот метод считается эталонным. К достоинствам метода можно отнести стабильность производного гемоглобина. Существенным недостатком является то, что он основан на применении ядовитых цианистых соединений.

Гемихромный метод определения гемоглобина в крови разработан Ахрем А.А. с соавторами в 1986 г. Принцип гемихромного метода основан на переводе всех форм гемоглобина в одну – гемихром, имеющую красноватый цвет, интенсивность окраски раствора при этом прямо пропорциональна концентрации гемоглобина в пробе.

Гемихромный метод определения гемоглобина в крови обладает всеми достоинствами гемиглобинцианидного метода, которые дополняются отсутствием в составе трансформирующего реагента высокотоксичных цианидов и других ядовитых веществ.

Аналогичными достоинствами обладает гемоглобиназидный метод, основанный на переводе всех форм гемоглобина в азид-производные. Такие производные неустойчивы при комнатной температуре, поэтому этот метод используется преимущественно в экспресс диагностике. К достоинствам метода можно отнести точность, сопоставимую с гемиглобинцианидным методом, и отсутствие токсичных реагентов.

Самый информативный индикатор запасов железа в организме, основная форма депонированного железа - **ферритин**.

**Ферритин** - олигомерный белок с молекулярной массой 500 кД. Он состоит из тяжёлых (21 кД) и лёгких (19 кД) полипептидных цепей, составляющих 24 протомера. Разный набор протомеров в олигомере ферритина определяет образование нескольких изоформ этого белка в разных тканях. Ферритин представляет собой полую сферу, внутри которой может содержаться до 4500 ионов трёхвалентного железа, но обычно содержится менее 3000. Тяжёлые цепи ферритина окисляют Fe<sup>2+</sup> в Fe<sup>3+</sup>, Железо в виде гидроксидфосфата находится в центре сферы, оболочка которой образована белковой частью молекулы. Оно

поступает внутрь и освобождается наружу через каналы, пронизывающие белковую оболочку апоферритина, но железо может откладываться и в белковой части молекулы ферритина. Ферритин содержится почти во всех тканях, но в наибольшем количестве в печени, селезенке и костном мозге. Незначительная часть ферритина экскретируется из тканей в плазму крови. Поскольку поступление ферритина в кровь пропорционально его содержанию в тканях, то концентрация ферритина в крови - важный диагностический показатель запасов железа в организме при железодефицитной анемии.

#### Гемоглобиногены пигменты

Различают пигменты встречающиеся в норме (ферритин, гемосидерин, билирубин) и в патологии (гематоидин, гематины, порфирин).

**Ферритин**- пигмент, содержащий очень много железа (23%). Содержится в печени, селезенке, костном мозге, лимфоузлах. При недостатке кислорода ферритин восстанавливается и превращается в SH-ферритин, который вызывает паралич сосудистой стенки и резкое падение артериального давления. Анаболический ферритин образуется из железа, всасывающегося в кишечнике, а катаболический - из железа гемолизированных эритроцитов.

**Гемосидерин**- это полимер ферритина. Образуется в клетках сидеробластах. При патологии происходит образование очень большого количества гемосидерина. Это называется гемосидерозом. Различают общий гемосидероз, который развивается при внутрисосудистом гемолизе эритроцитов - при отравлениях, инфекционных заболеваниях (малярия, брюшной тиф), при переливании несовместимой крови и местный гемосидероз, развивающийся при гемолизе эритроцитов вне сосудов - в области кровоизлияний. Особое значение имеет гемосидероз легких. Он развивается при застое крови в малом круге кровообращения. Это бывает при пороках сердца, кардиосклерозе. При этом эритроциты выходят из просвета сосуда и проникают в ткань легкого, подвергаются гемолизу с образованием гемосидерина. Затем в таком легком разрастается соединительная ткань. Легкие при этом становятся плотными, ржавого цвета - бурая индурация легких.

**Билирубин**- образуется в клетках ретикулоэндотелиальной системы при распаде гемоглобина и поступает в кровь. Это свободный или непрямой билирубин, дающий непрямую реакцию Ван-ден-Берга с диазореактивом Эрлиха. Этот билирубин захватывают гепатоциты и соединяют его с глюкуроновой кислотой. Это уже прямой билирубин, дающий прямую реакцию Ван-ден-Берга. Прямой билирубин с желчью поступает в тонкую кишку, где часть его всасывается, поступает в кровь и вновь захватывается клетками печени. Часть билирубина остается в кишечнике и выводится с калом в виде стеркобилина и с мочой в виде уробилина и окрашивает эти субстраты. Содержание общего билирубина в крови в норме 8-20,5 мкмоль/л. При нарушении обмена билирубина развивается желтуха. Различают надпеченочную, печеночную и подпеченочную желтухи.

Надпеченочная (гемолитическая) желтуха развивается при гемолизе эритроцитов. При этом в крови появляется очень большое количество свободного билирубина и клетки печени не успевают его перерабатывать. Каловые массы при этом будут интенсивно окрашены, моча имеет цвет темного пива.

Печеночная (паренхиматозная) желтуха развивается при поражении печени (гепатит, цирроз, опухоли). При этом клетки печени плохо перерабатывают свободный билирубин и его содержание в крови растет. Кроме того, нарушена целостность желчных капилляров и связанный билирубин тоже частично поступает в кровь, и будет выделяться с мочой, придавая ей темный цвет. Каловые массы будут светлее, обычного, так как в кишечник поступает меньше билирубина.

Подпеченочная (механическая) желтуха развивается при нарушении оттока желчи по желчным протокам (при желчнокаменной болезни, опухоли головки поджелудочной железы). При этом в крови повышается содержание непрямого билирубина, который не попадает в кишечник. Каловые массы обесцвечены, моча темного цвета.

Гематоидин- пигмент оранжевого цвета, который образуется в старых гематомах в анаэробных условиях.

Гематины делят на малярийный гематин (образуется из гемоглобина эритроцитов под действием малярийного плазмодия, черно-бурый пигмент, скапливается в печени, селезенка, лимфоузлах, костном мозге после разрушения эритроцитов), солянокислый гематин (черный пигмент, образуется при воздействии на гемоглобин соляной кислоты, встречается при кровотечениях из язвы желудка, окрашивает в черный цвет рвотные массы при желудочном кровотечении (рвота "кофейной гущей") и кал, формалиновый пигмент (встречается в тканях при фиксации их в формалине).

Порфирины- это антагонисты меланина, повышают чувствительность кожи к свету. При повышении содержания порфиринов развиваются порфирии: приобретенная (при отравлении свинцом, анемии, пеллагре) и врожденная (редкое наследственное заболевание).

2. Для количественного определения содержания железа в климонте предложен метод комплексонометрического титрования, основанный на способности катионов  $Fe^{3+}$  образовывать с трилоном Б в растворе кислоты хлористоводородной при  $pH \approx 1$  прочное, растворимое комплексное соединение желтого цвета. В качестве металлоиндикатора используется кислота сульфосалициловая, образующая в этих условиях с  $Fe^{3+}$  комплексное соединение темно-синего цвета, менее прочное, чем комплексонат железа. При этом используется тот же рабочий раствор, что и для количественного определения кремния.

## Литература

1. [Haemoglobins of invertebrate tissues. Nerve haemoglobins of \*Aphrodite\*, \*Aplysia\* and \*Halosydna\*](#)
2. [Лауреаты нобелевской премии. Макс Перуц.](#)
3. Назаренко Г. И., Кишкун А. А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. — 2005.
4. [Общий анализ крови и беременность](#)
5. Hall John E. Guyton and Hall textbook of medical physiology. — 12th ed.. — Philadelphia, Pa.: Saunders/Elsevier, 2010. — P. 1120. — ISBN 978-1416045748.
6. Степанов В.М. Структура и функции белков. — Учебник. — М.: Высшая школа, 1996. — С. 167-175. — 335 с. — 5000 экз. — ISBN 5-06-002573-X.

7. [Айала Ф.](#), [Кайгер Дж.](#). Современная генетика: В 3-х т = Modern Genetics / Пер. А. Г. Имашевой, А. Л. Остермана, Н. К. Янковского. Под ред. Е. В. Ананьева. — М.: Мир, 1987. — Т. 2. — 368 с. — 15 000 экз. — [ISBN 5-03-000495-5](#).