

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**Е. В. ВОРОБЬЕВА, О. В. ПЫРХ, А. А. ПОПОВ**

**БИОХИМИЯ.  
АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ**

Практическое пособие

для студентов специальности  
6-05-0115-01 «Образование в области физической культуры»

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2023

УДК 577:577.112.5(076)  
ББК 28.072.511.1я73  
В751

Рецензенты:

кандидат химических наук С. М. Пантелеева,  
кандидат технических наук В. А. Банный

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Воробьева, Е. В.**

В751 Биохимия. Аминокислоты и белки : практическое пособие /  
Е. В. Воробьева, О. В. Пырх, А. А. Попов ; Гомельский гос. ун-т  
им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. – 36 с.  
ISBN 978-985-577-964-4

Целью настоящего практического пособия является оказание по-  
мощи студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине  
«Биохимия». Издание содержит методику работы, а также вопросы для  
контроля усвоения материала.

Адресовано студентам специальности 6-05-0115-01 «Образование  
в области физической культуры».

**УДК 577:577.112.5(076)**  
**ББК 28.072.511.1я73**

**ISBN 978-985-577-964-4**

© Воробьева Е. В., Пырх. О. В.,  
Попов А. А., 2023

© Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Тема 1. Химический состав организма. Аминокислоты.....	5
Лабораторная работа 1. Характерные реакции органических соединений с различными функциональными группами.....	14
Тема 2. Белки.....	17
Лабораторная работа 2. Цветные реакции на белки.....	28
Тестовый контроль «Аминокислоты и белки».....	31
Литература.....	36

## ВВЕДЕНИЕ

Общая биохимия изучает химический состав живой материи и химических процессов, совершающихся в живых организмах, лежащих в основе их жизнедеятельности. Можно сказать, что биохимия – это наука о природе и свойствах веществ, входящих в состав живых организмов, путях биосинтеза и использования этих веществ живыми организмами в процессе жизнедеятельности.

Как самостоятельная научная дисциплина и как отдельный предмет преподавания биохимия сложилась в середине XIX века на основе органической химии и физиологии. В учебных целях биохимию принято делить на статическую и динамическую. Статическая биохимия изучает количественные соотношения, природу и свойства веществ, образующих живой организм.

Этот раздел биохимии в значительной мере базируется на материале органической химии. Динамическая биохимия изучает все химические превращения вещества, происходящие в процессе жизнедеятельности организмов, и сопровождающие эти превращения изменения энергии. Статическая и динамическая биохимии тесно связаны между собой: нельзя понять биохимические процессы, идущие в живом организме, не зная его состава и химической природы образующих его веществ.

Развитие физической культуры и спорта требует от спортсменов и тренеров хороших знаний в области биохимии. Это связано с тем, что без понимания того, как работает организм на химическом, молекулярном уровне трудно надеяться на успех в современном спорте.

Практическое пособие подготовлено преподавателями кафедры химии ГГУ имени Ф. Скорины доцентом Воробьевой Е. В., старшим преподавателем Пырх О. В. и профессором кафедры химии инновационных материалов Российской экономической университета им. Плеханова (Российская Федерация, г. Москва), доктором химических наук Поповым Анатолием Анатольевичем.

# ТЕМА 1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА. АМИНОКИСЛОТЫ

- 1.1 Химический состав организма.
- 1.2 Классификация органических веществ клетки.
- 1.3 Классификация аминокислот.

## 1.1 Химический состав организма

В живых клетках животных и растительных тканей обнаружено около 60 элементов периодической системы Менделеева. Это одно из доказательств общности живой и неживой природы. Относительное содержание некоторых химических элементов в организме человека представлено в таблице 1.

В живых организмах наиболее распространены водород, кислород, углерод и азот, которые составляют около 98 % массы клеток. Такое обусловлено особенностями химических свойств водорода, кислорода, углерода и азота, вследствие чего они оказались наиболее подходящими для образования молекул, выполняющих биологические функции. Эти четыре элемента способны образовывать очень прочные ковалентные связи посредством спаривания электронов, принадлежащих двум атомам.

Таблица 1 – Относительное содержание некоторых химических элементов в организме человека (по А. Е. Строеву)

Элемент	Содержание атома, %	Элемент	Содержание атома, %
H	60,3	P	0,134
O	25,5	S	0,132
C	10,5	K	0,036
N	2,42	Cl	0,032
Na	0,73	Si	< 0,0001
Ca	0,23	Al	< 0,0001

Элементы, необходимые для построения жизнедеятельности клеток и организмов, называются биогенными элементами.

Классификации биогенных элементов по признаку количественного содержания в организме:

– макробиогенные элементы, содержание которых 1 % и выше (к ним относятся: кислород, углерод, азот, водород);

– олигобиогенные элементы, доля которых от 0,1 до 1 % (к ним относятся: кальций, фосфор, калий, хлор, сера, магний, железо);

– микробиогенные элементы, содержание которых ниже 0,01 % (к ним относятся: цинк, марганец, кобальт, медь, бром, йод, молибден).

Распределение микробиогенных элементов неравномерно в организме (рисунок 1).



Рисунок 1 – Локальное содержание микробиогенных микроэлементов в организме человека

Потребность в некоторых микроэлементах установлена – это железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), йод (I), селен (Se), марганец (Mn), молибден (Mo), фтор (F), хром (Cr), кобальт (Co), кремний (Si), ванадий (V), бор (B), никель (Ni), мышьяк (As) и олово (Sn) (таблица 2).

Таблица 2 – Характерные симптомы дефицита химических элементов в организме человека

Дефицит элемента	Типичный симптом
Ca	Замедление роста скелета
Mg	Мышечные судороги
Fe	Анемия, нарушение иммунной системы
Zn	Повреждение кожи, замедление роста
Cu	Слабость артерий, нарушение деятельности печени
Mn	Бесплодие, ухудшение роста скелета
Mo	Замедление клеточного роста, склонность к кариесу
Co	Злокачественная анемия
Ni	Учащение депрессий, дерматиты
Cr	Симптомы диабета
Si	Нарушение роста скелета
F	Кариес зубов
I	Нарушение работы щитовидной железы, замедление метаболизма
Se	Мышечная (в частности, сердечная) слабость

Помимо них в организме обнаружен целый ряд элементов, функция которых пока не ясна, их появление в организме может быть обусловлено загрязнением окружающей среды и частым соприкосновением с ними. Например, люди, работающие в теплицах, постоянно контактируют с химическими веществами, различные элементы могут быть признаком разного рода заболеваний. В числе таких элементов: алюминий (Al), стронций (Sr), барий (Ba), рубидий (Rb), палладий (Pd), бром (Br).

В организм могут попадать и тяжелые, т. е. ядовитые металлы, такие как кадмий (Cd), ртуть (Hg) или свинец (Pb).

## 1.2 Классификация органических веществ клетки

Многочисленные химические элементы, образующие живое вещество, присутствуют в нем в виде различных органических и неорганических соединений (рисунок 2).

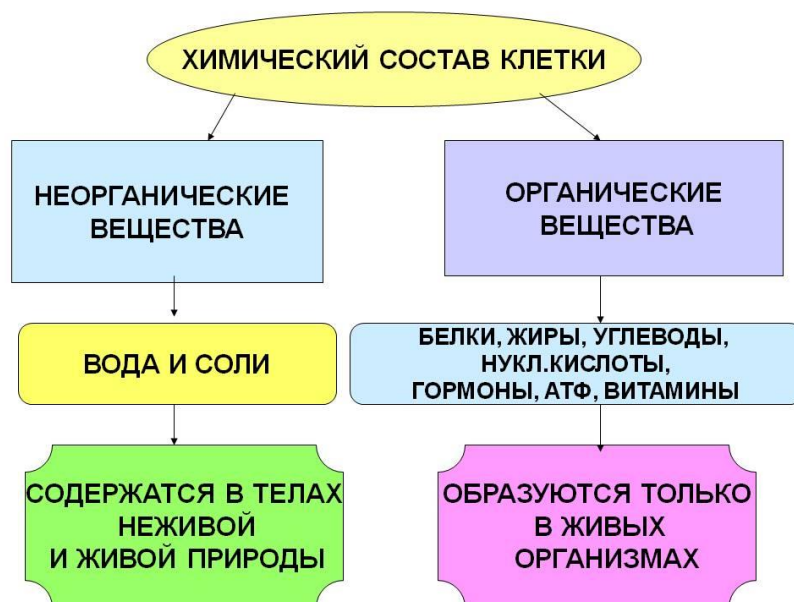


Рисунок 2 – Химический состав клетки

Неорганические соединения живого представлены водой и минеральными веществами. Минеральные вещества в животных и растительных организмах могут быть в свободном (в виде ионов) и связанном состоянии. Массовая доля минеральных веществ составляет: в животном организме до 10 %, в семенах растений – 2–5 %, в стеблях, плодах, овощах, фруктах – 0,3–1 %.

Минеральные вещества в нашем организме являются важными компонентами скелета, биологических жидкостей и ферментов, и способствуют передаче нервных импульсов.

Люди и животные получают различные биологические элементы из пищи, воды и окружающего воздуха, самостоятельно синтезировать минеральные вещества живые организмы не могут. Чрезмерные количества минеральных веществ могут привести к сбоям в работе организма, потому что, будучи компонентами биоактивных соединений, они оказывают влияние на регуляторные функции. Получать чрезмерные количества минеральных веществ (за исключением натрия) с пищей практически невозможно, однако это может произойти при чрезмерном употреблении биологически активных добавок и обогащенных минеральными веществами продуктов.

Усвоению минеральных веществ могут препятствовать: злоупотребление кофе, употребление алкоголя, курение, некоторые лекарства.

Помимо минеральных веществ и воды, в живом организме обязательно содержится большое количество органических соединений (рисунок 2). К органическим соединениям относят: молекулы белков, нуклеи-



новых кислот, липидов, углеводов, витаминов, гормонов, органических кислот и др. Массовая доля органических соединений составляет: в животных организмах – 25–30 %, в семенах растений – 80–90 %, в стеблях, листьях, плодах, овощах, фруктах – 5–25 %.

Так как органических соединений очень много, их необходимо классифицировать. Классификация также необходима для того, чтобы правильно называть соединения.

Для классификации органических соединений принято выделять углеродный скелет и функциональные группы. Углеродный скелет представляет собой последовательность химически связанных между собой атомов углерода.

По строению углеродного скелета органические вещества разделяют на ациклические (не содержащие циклов), циклические и гетероциклические, т. е. содержащие атомы, отличные от атомов углерода (азот, кислород и др.). Ациклические (нециклические) скелеты бывают неразветвленными и разветвленными.

Поскольку атомы углерода могут образовывать между собой не только одинарные, но и кратные (двойные и тройные) связи, то соединения, содержащие только одинарные связи, называют насыщенными, а соединения с кратными связями называют ненасыщенными (рисунок 3).

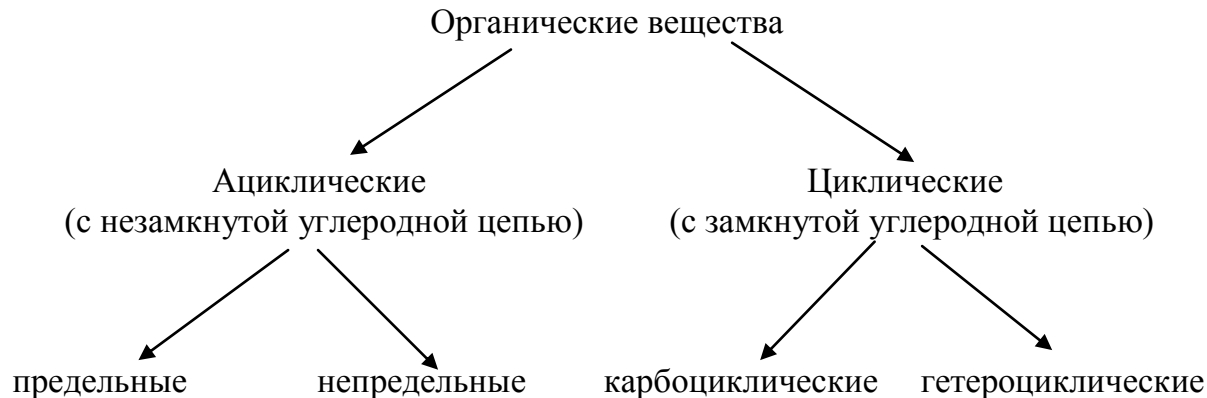
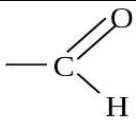
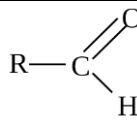
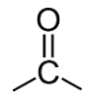
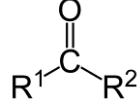
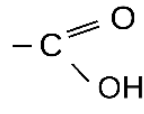
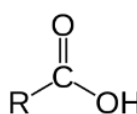
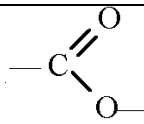
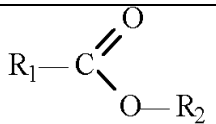
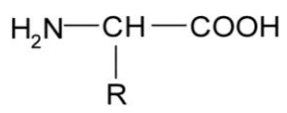


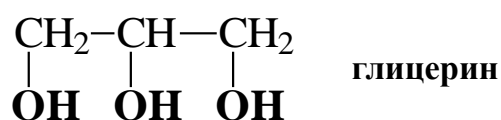
Рисунок 3 – Классификация органических соединений в зависимости от строения углеродного скелета

Существует еще одна классификация органических соединений – по строению функциональных групп. Функциональные группы – это заместители неуглеводородного характера, определяющие типичные химические свойства органического вещества и его принадлежность к определенному классу. Классификация представлена в виде таблицы (таблица 3).

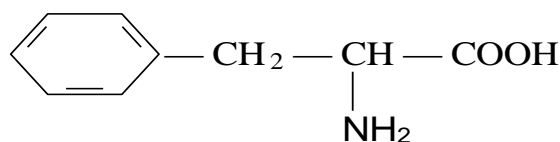
Таблица 3 – Классификация органических соединений по функциональным группам

Класс вещества	Функциональная группа	Общая формула	Состав соединений	
Галогенопроизводные	– Г (F, Cl, Br, I)	R–Г	$C_nH_{2n+1}Г$	
Кислородсодержащие	Одноатомные спирты	– OH	R–OH	$C_nH_{2n+2}O$
	Фенолы	– OH	Ar–OH	$C_nH_{2n-6}O$
	Альдегиды			$C_nH_{2n}O$
	Кетоны			$C_nH_{2n}O_2$
	Карбоновые кислоты			$C_nH_{2n}O_2$
	Простые эфиры	– O –	$R_1-O-R_2$	$C_nH_{2n+2}O$
	Сложные эфиры			$C_nH_{2n}O_2$
Азотсодержащие	Амины (первичные)	– NH <sub>2</sub>	R–NH <sub>2</sub>	$C_nH_{2n+3}N$
	Нитросоединения	– NO <sub>2</sub>	R–NO <sub>2</sub>	$C_nH_{2n+1}NO_2$
	Аминокислоты	– NH <sub>2</sub> – COOH		$C_nH_{2n+1}NO_2$

Соединения могут содержать не одну, а несколько функциональных групп. Если эти группы одинаковые, то соединения называются гомофункциональными (например, глицерин).



Соединения, содержащие различные функциональные группы, называются гетерофункциональными (например, аминокислота фенилаланин).

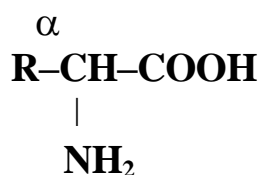


фенилаланин

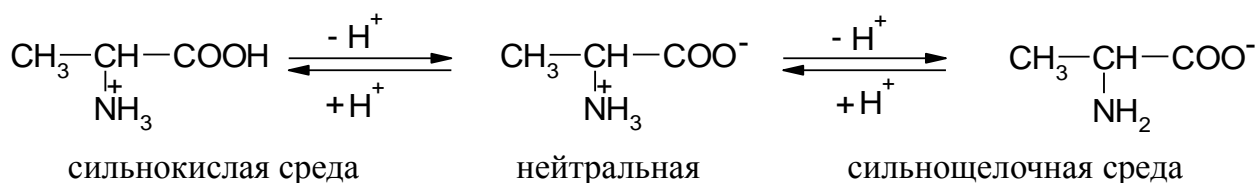
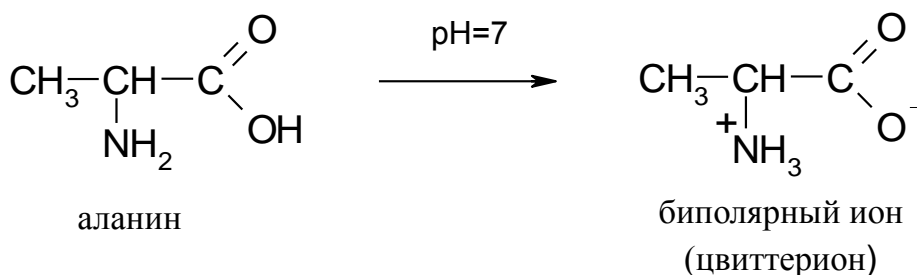
### 1.3 Классификация аминокислот

Аминокислоты – это гетерофункциональные органические соединения, которые содержат одновременно аминные ( $-\text{NH}_2$ ) и карбоксильные ( $-\text{COOH}$ ) группы.

Общая формула аминокислот:



Карбоксильная группа ( $-\text{COOH}$ ) обладает кислотными свойствами, аминогруппа ( $-\text{NH}_2$ ) – основными свойствами. Следовательно, аминокислоты – амфотерные электролиты, которые в зависимости от условий ведут себя или как кислоты, или как основания.



Все аминокислоты, входящие в состав белков, характеризуются следующими особенностями:

а) по положению аминогруппы они являются  $\alpha$ -аминокислотами (аминогруппа стоит рядом с карбоксильной группой);

б) все они относятся к L-ряду, так как аминогруппа у асимметричного (хирального) атома углерода записывается слева. Исключение со-

ставляет глицин, который не имеет асимметричного атома углерода, его боковая цепь представлена атомом водорода;

в) имеют одинаковый общий фрагмент и отличаются только строением боковой цепи (R), свойства которой во многом определяют свойства самих аминокислот и белков, в состав которых они входят;

г) в растворах при нейтральных значениях pH α-аминокислоты существуют преимущественно в виде внутренних солей. В кислой среде преобладает катионная форма, в щелочной – анионная.

В разных организмах было обнаружено множество аминокислот, не входящих в состав белков (небелковые аминокислоты). Однако все известные организмы для строительства своих белков используют одни и те же 20 аминокислот, Ф. Крик назвал их «магической двадцаткой». Только они шифруются генетическим кодом (рисунок 4).

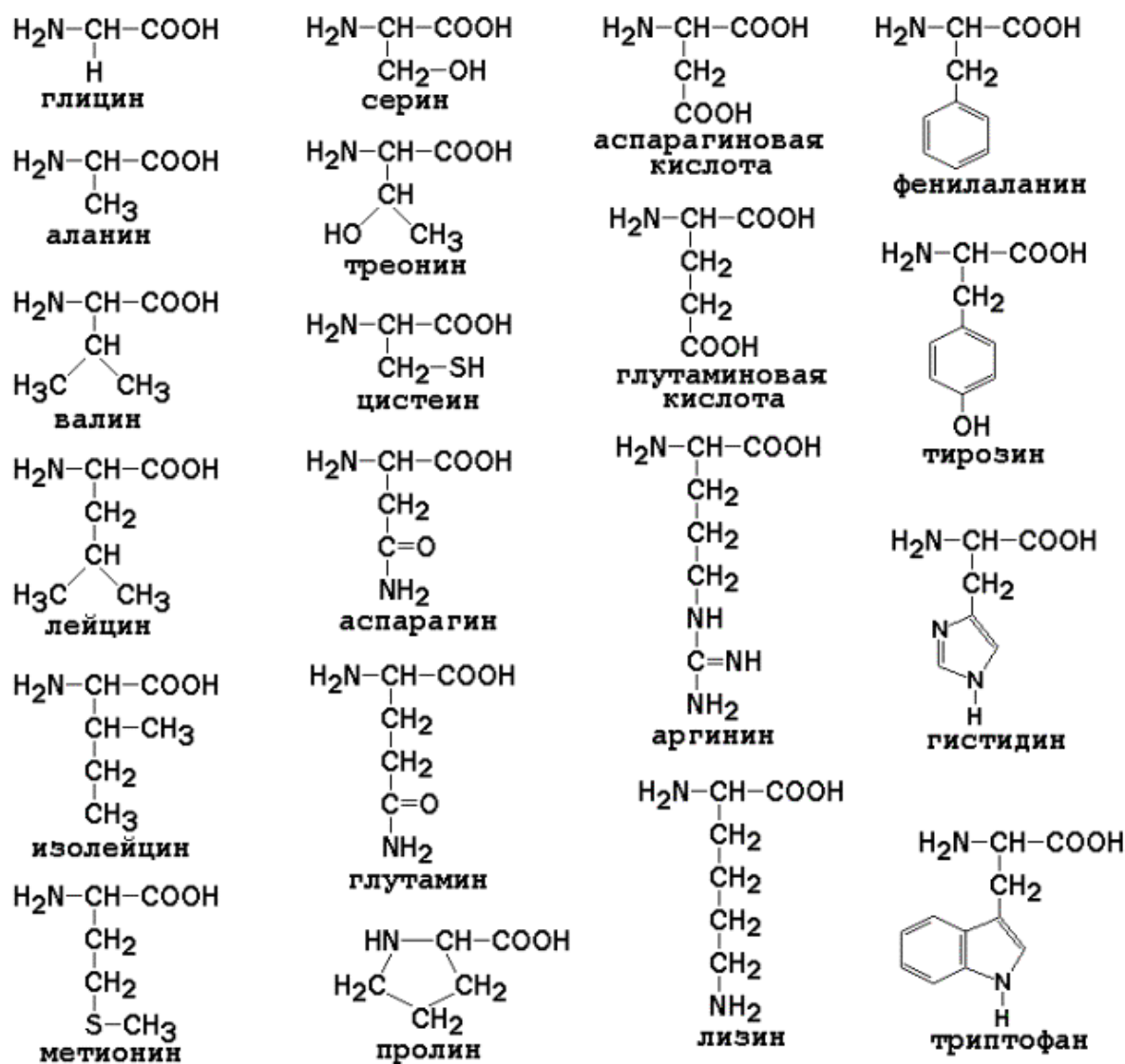
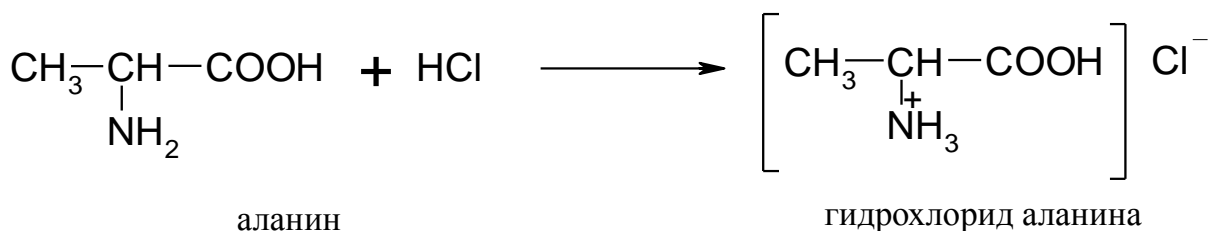
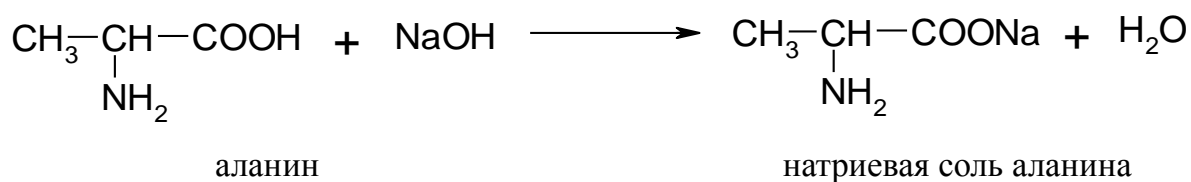


Рисунок 4 – Структурные формулы биогенных аминокислот

Аминокислоты проявляют свойства оснований за счет аминогруппы и свойства кислот за счет карбоксильной группы, т. е. являются амфотерными соединениями. Со щелочами они образуют соли, также они реагируют с кислотами с образованием солей аммония:



Аминокислоты по химическому строению можно разделить на две группы:

а) ациклические – имеющие линейное строение;

б) циклические – имеющие в своем строении какой-нибудь цикл.

Циклические аминокислоты подразделяются на: гомоциклические, имеющие в замкнутом цикле только атомы углерода; гетероциклические, имеющие в цикле атомы и других элементов (например, азот) – триптофан, гистидин.

Аминокислоты по количеству карбокси- и аминогрупп:

– моноаминомонокарбоновые кислоты;

– моноаминодикарбоновые кислоты (аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота);

– диаминомонокарбоновые кислоты (лизин, аргинин);

– диаминодикарбоновые кислоты (цистин).

Аминокислоты по пищевой ценности для человека делятся на заменимые и незаменимые. К незаменимым аминокислотам относят: валин, изолейцин, лейцин, триптофан, фенилаланин, метионин, лизин, треонин. В зависимости от аминокислотного состава, белки бывают: полноценными, если содержат весь набор незаменимых аминокислот; неполноценными, если хотя бы одна незаменимая аминокислота в их составе отсутствует.

## Вопросы и задания для самоконтроля

1. Охарактеризуйте элементный состав организмов.
2. Дайте характеристику молекулярному и ионному составу организма человека.
3. Какова классификация органических соединений?
4. Какие химические реакции доказывают амфотерный характер аминокислот?
5. Приведите схему образования пептидной связи для двух молекул аминокислот.
6. Приведите разные виды классификации аминокислот, приведите примеры.

## Лабораторная работа 1

### Характерные реакции органических соединений с различными функциональными группами

#### Опыт 1. Окисление первичных спиртов хромовой смесью

Мерным цилиндром налейте в пробирку емкостью 25 мл 0,5 мл хромовой смеси. Пипеткой добавьте 3–4 капли этилового спирта, нагрейте смесь на водяной бане до кипения. Как только оранжевая окраска изменится на синевато-зеленоватую, выньте пробирку из водяной бани и по запаху определите, какой органический продукт образовался.

В случае образования альдегида раствор имеет характерный запах, напоминающий запах прелых яблок. При окислении спирта в кислоту раствор обладает еле ощутимым кисловатым запахом уксуса.

Напишите уравнения реакций: а) разложение хромовой смеси; б) окисление спирта атомарным кислородом.

Сделайте вывод по проведенному опыту.

#### Опыт 2. Окисление альдегида слабым окислителем

Мерным цилиндром налейте в пробирку емкостью 25 мл 2–3 мл разбавленного формальдегида, прибавьте равный объем 10 %-ного КОН и по каплям добавляйте 3 %-ный раствор  $\text{CuSO}_4$  до образования не исчезающей при встряхивании голубоватой мути. Нагрейте смесь до кипения на водяной бане и продолжайте кипятить до появления оранжевой окраски реакционной смеси. Повторите опыт, заменив раствор формальдегида ацетоном. Убедитесь, что кетоны слабыми окислителями не являются.

Напишите уравнения реакций: а) взаимодействия сернической меди и щелочи; б) разложения гидроксида меди с выделением атомарного кислорода; в) окисления альдегида атомарным кислородом.

Сделайте вывод по проведенному опыту.

### **Опыт 3. Получение сложного эфира; взаимодействие спиртовой и карбоксильной групп**

Мерным цилиндром в пробирку емкостью 25 мл налейте 0,5 мл этилового спирта и 0,5 мл концентрированной  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , добавьте (осторожно!) 1 мл концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Нагрейте пробирку в кипящей водяной бане в течение 1–2 мин. В химический стакан емкостью 50 мл налейте 10 мл насыщенного раствора  $\text{NaCl}$  и вылейте в него содержимое первой пробирки, предварительно охладив смесь. Наблюдайте появление слоя эфира на поверхности смеси. Объясните происходящее явление. Напишите уравнения реакций: а) этилового спирта с серной кислотой; б) кислого серноэтилового эфира с уксусной кислотой.

Сделайте вывод по проведенному опыту.

### **Опыт 4. Окисление оксикислоты раствором марганцовокислого калия**

Мерным цилиндром налейте в пробирку емкостью 25 мл 1 %-ного раствора  $\text{KMnO}_4$ , добавьте 5–6 капель 1 %-ного раствора молочной кислоты, встряхните содержимое пробирки. Наблюдайте обесцвечивание раствора вследствие восстановления семивалентного марганца в двухвалентный. Для сравнения в другой пробирке сделайте этот же опыт, заменив молочную кислоту уксусной. Убедитесь в том, что уксусная кислота раствором марганцовокислого калия не окисляется. Сделайте вывод, какая функциональная группа в молекуле молочной кислоты подвергается окислению, сравнив структурные формулы обеих кислот.

Напишите уравнения реакций: а) разложения марганцовокислого калия в водной среде; б) окисление молочной кислоты атомарным кислородом.

### **Опыт 5. Кислотные свойства уксусной кислоты**

#### **1. Определение pH среды.**

В пробирку налейте по 5–6 капель 10 %-ного раствора уксусной кислоты. В первую пробирку добавьте 1–2 капли метилоранжа, во вторую –

1–2 капли раствора лакмуса, в третью – 1–2 капли спиртового раствора фенолфталеина. Отметьте, в каких пробирках изменился цвет растворов.

**2. Взаимодействие уксусной кислоты с магнием.**

В пробирку налейте 2–3 мл раствора уксусной кислоты и добавьте немного металлического натрия. К отверстию пробирки поднесите горящую лучинку. Что произойдет? Напишите уравнения реакции.

**3. Взаимодействие уксусной кислоты с оксидом меди (II).**

К 0,2 г оксида меди (II), помещенного в пробирку, прилейте 2–3 мл уксусной кислоты, затем осторожно нагрейте пробирку. Обратите внимание на цвет раствора. Напишите уравнения реакции.

**4. Взаимодействие уксусной кислоты с карбонатом натрия.**

В пробирку налейте 1–2 мл раствора уксусной кислоты и добавьте несколько крупинок карбоната натрия. К отверстию пробирки поднесите горящую лучинку. Что вы наблюдаете? Напишите уравнения реакции. Какой вывод можно сделать о кислотных свойствах уксусной и угольной кислот?

Будет ли уксусная кислота реагировать с растворами сульфата натрия и хлорида натрия?

Сделайте общий вывод о свойствах карбоновых кислот.



## ТЕМА 2. БЕЛКИ

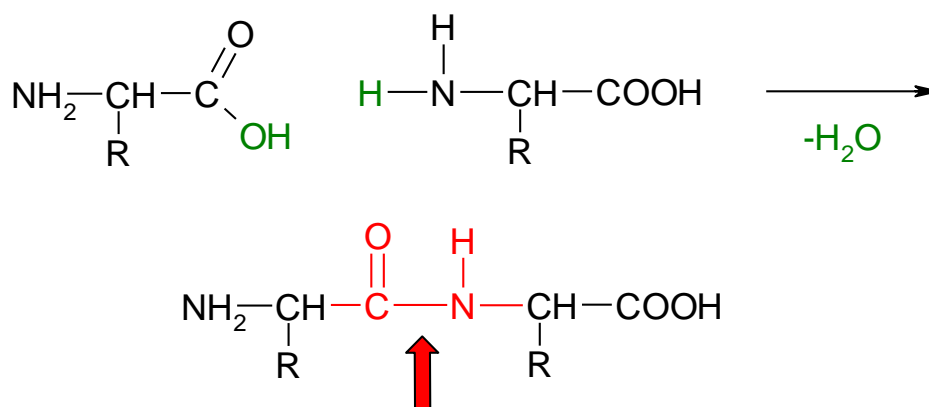
- 2.1 Общая характеристика белков.
- 2.2 Структурная организация белков.
- 2.3 Классификация белков и белковых веществ.

### 2.1 Общая характеристика белков

Белки – это азотсодержащие, высокомолекулярные органические соединения, состоящие из аминокислот, соединенных в цепи с помощью пептидных связей и имеющие сложную структурную организацию.

Одни и те же аминокислоты присутствуют в различных по структуре и функциям белках. Индивидуальность белковых молекул определяется порядком чередования аминокислот в белке.

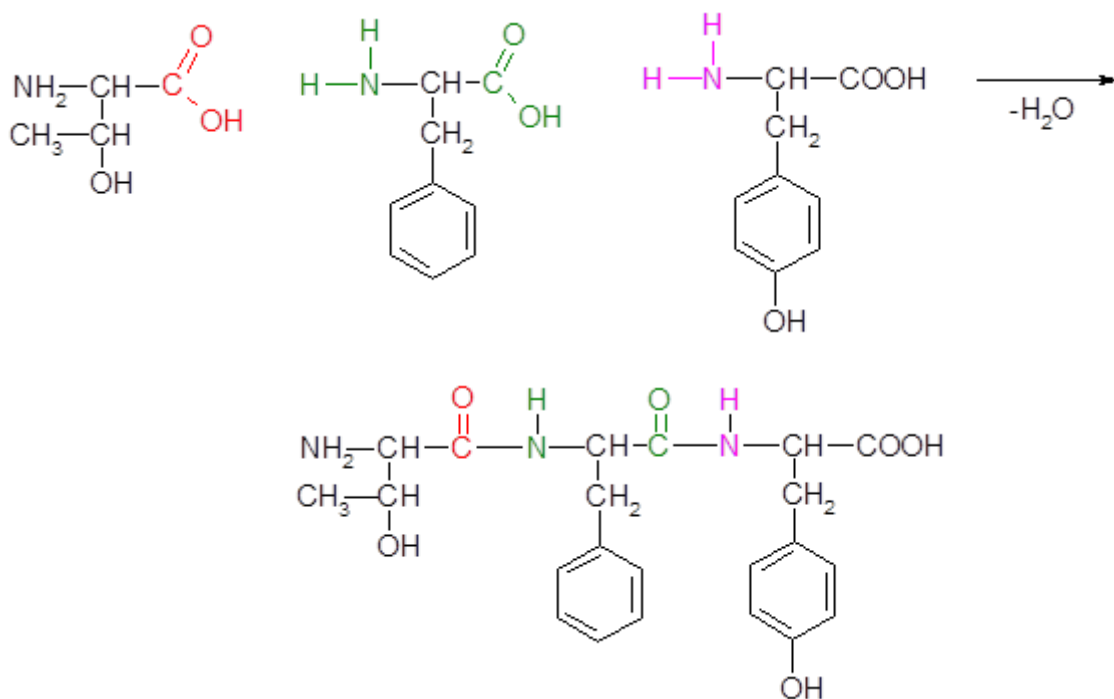
При построении белковых молекул аминогруппа одной кислоты взаимодействует с карбоксильной группой другой молекулы:



Пептидная связь

В результате взаимодействия двух кислот получают дипептиды, трех – трипептиды, многих – полипептиды.

Пептиды называются по названию образовавших их аминокислот. При этом та аминокислота, которая сохраняет свою карбоксильную группу, сохраняет и название; аминокислота, у которой карбоксильная группа разрушается, изменяет в названии окончание -ин на -ил.



Трипептид: Треонил–Фенилаланил–Тирозин (Thr–Phe–Tyr)

Молекулярная масса белков достаточно большая, поэтому они относятся к высокомолекулярным соединениям. Молекулярная масса белков колеблется от 6 000 до 1 000 000 Дальтон и выше. Она зависит от количества аминокислотных остатков в полипептидной цепи, а для олигомерных белков, имеющих четвертичную структуру – от количества входящих в них протомеров (субъединиц). Молекулярная масса некоторых белков составляет: инсулин – 5 700 Д, пепсин – 35 000 Д, гемоглобин – 65 000 Д.

Многообразные функции белков:

- структурная (во все структуры живой клетки входят белки);
- каталитическая (многие белки являются ферментами);
- регуляторная (некоторые гормоны являются белками);
- рецепторная (белки являются обязательным компонентом рецепторов, способны узнавать другие молекулы);
- транспортная (белки транспортируют жиры, пигменты, гормоны, лекарственные вещества, различные гидрофобные соединения и др.);
- опорная (коллаген, белки костной ткани);
- энергетическая (окисление 1 г белка сопровождается выделением 17,6 кДж энергии. В сутки 15 % энергии образуется за счет распада белков);
- сократительная, или двигательная (белки мышечной ткани – актин, миозин);

– защитная, или иммунологическая (антитела по химической природе являются белками).

Белки – амфотерные полиэлектролиты, т. е. подобно аминокислотам они обладают кислотными и основными свойствами. Эти свойства белка обусловлены электрохимической природой R-радикалов аминокислот, входящих в состав белка.

Водные растворы белков – это устойчивые системы, по этому свойству их можно отнести к истинным молекулярным растворам. Однако высокая молекулярная масса белков придает им коллоидный характер. Молекулы белков не способны диффундировать через полупроницаемые мембраны – целлофан. На этом явлении основана очистка белков от низкомолекулярных примесей методом диализа, очистка и концентрирование белков методом ультрафильтрации.

Характерными признаками коллоидного характера белковых растворов являются их опалесценция, блеск и способность рассеивать лучи света (эффект Тиндаля).

Гидратация белков – способность белков связывать воду: 100 г белка связывает 30–35 г воды. Вода связывается ионогенными и пептидными группами, расположенными в основном, внутри молекулы белка. Проникновение воды внутрь молекулы белка вызывает набухание.

## 2.2 Структурная организация белков

Структура белковых молекул отличается значительной сложностью и своеобразной организацией. Различают 4 уровня структурной организации белка: первичную, вторичную, третичную и четвертичную.

**Первичная структура** – это последовательность аминокислот в полипептидной цепи, соединенных пептидными связями. К настоящему времени полностью расшифрована первичная структура многих белков: инсулина, гемоглобина, миоглобина, трипсиногена, лизоцима и др.

**Вторичная структура** – это конфигурация полипептидной цепи в пространстве, образующаяся в результате взаимодействий между функциональными группами, входящими в состав пептидного остова.

Отдельные участки полипептидной цепи существуют в виде альфа-спирали, бета-структуры (складчатого листа), нерегулярные вторичные структуры (кольца, изгибы, петли).

Альфа-спираль стабилизируется (т. е. удерживается) с помощью большого количества водородных связей, которые образуются между атомами водорода и атомами кислорода. Водородные связи как бы сшивают спираль, удерживая полипептидную цепь в закрученном состоянии.

Бета-структура формируется между линейными участками одной полипептидной цепи, образуя при этом складки или между разными полипептидными цепями. Полипептидные цепи или их части могут формировать параллельные и антипараллельные альфа-структуры. Структура складчатого листа характерна для фибриллярных белков (нитевидных).

**Третичная структура** – это способ укладки полипептидной цепи в пространстве в виде компактной упаковки, за счет связей между радикалами. Эти взаимодействия могут возникать между группами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга и полипептидная цепь, многократно изгибаясь, складываясь, образует глобулы или фибриллы. В поддержании третичной структуры важную роль играют слабые, но многочисленные водородные связи, ионные и гидрофобные взаимодействия, а также сильные дисульфидные связи.

Третичная структура – уникальное для каждого белка расположение в пространстве полипептидной цепи, зависящее от количества и чередования аминокислот, т. е. предопределенное первичной структурой. Благодаря наличию третичной структуры определяется форма белковой молекулы, характерная для каждого белка и необходимая для проявления его специфических, биологических свойств.

По форме белковых молекул белки бывают двух типов: фибриллярные (нитевидные) полипептидные цепи, они расположены параллельно друг другу, глобулярные, в которых полипептидные цепи плотно свернуты и образуют компактные структуры округлой формы – глобулы.

Примером фибриллярных белков являются белки соединительных тканей коллаген, эластин. Типичными глобулярными белками являются гемоглобин, миоглобин. Некоторые белки могут существовать как в глобулярной, так и в фибриллярной форме. Например, сократительный белок мышц актин.

**Четвертичная структура** – это высший уровень структурной организации, возможный не у всех белков. Под четвертичной структурой понимают способ укладки в пространстве полипептидных цепей и формирование единого в структурном и функциональном отношениях макромолекулярного образования. Каждая отдельно взятая полипептидная цепь, получившая название протомера или субъединицы, чаще всего не обладает биологической активностью. Эту способность белок приобретает при определенном способе пространственного объединения, входящих в его состав протомеров. Образовавшуюся молекулу принято называть олигомером (мультимером).

Четвертичную структуру стабилизируют нековалентные связи, которые возникают между контактными площадками протомеров, которые взаимодействуют друг с другом по типу комплементарности.

К белкам, имеющим четвертичную структуру, относятся многие ферменты (лактатдегидрогеназа, глутаматдегидрогеназа и др.), а также гемоглобин, сократительный белок мышц миозин. Одни белки имеют небольшое число субъединиц 2–8, другие сотни и даже тысячи субъединиц. Например, белок вируса табачной мозаики имеет 2130 субъединиц.

Типичным примером белка, имеющего четвертичную структуру, является гемоглобин. Молекула гемоглобина состоит из 4 субъединиц, т. е. полипептидных цепей, каждая из которых связана с гемом.

**Лабильность пространственной структуры белка.** Под действием внешних факторов может происходить нарушение высших уровней организации белковой молекулы (вторичной, третичной, четвертичной структур) при сохранении первичной структуры. При этом белок теряет свои нативные, физико-химические и биологические свойства. Это явление называется денатурацией. Денатурацию вызывают химические факторы (повышение температуры, давления; механическое воздействие; ультразвуковое, ионизирующее излучение), химические факторы (кислоты; щелочи; органические растворители: спирт; фенол; соли тяжелых металлов).

В некоторых случаях возможна **ренатурация**, когда денатурирующий фактор действовал кратковременно и нанес легкое разрушение молекуле. В последние годы установлено, что в организме есть белки, предотвращающие денатурацию. Шапероны – класс белков, защищающий в условиях клетки другие белки от денатурации. Они облегчают формирование пространственной конфигурации белков. К ним относятся белки теплового шока или белки стресса.

## 2.3 Классификация белков и белковых веществ

В организме человека содержится свыше 50 000 индивидуальных белков, отличающихся первичной структурой, конформацией, строением активного центра и функциями. Однако до настоящего времени нет единой и стройной классификации, учитывающей различные особенности белков. В основе имеющихся классификаций лежат разные признаки. Так белки можно классифицировать:

– по форме белковых молекул (глобулярные – округлые или фибриллярные-нитевидные);

– по молекулярной массе (низкомолекулярные, высокомолекулярные);

– по выполняемым функциям (транспортные, структурные, защитные, регуляторные и др.);

– по структурным признакам и химическому составу белки делятся на две группы: простые и сложные (рисунок 5).

Простые белки представлены только полипептидной цепью, состоящей из аминокислот. Сложные белки имеют в своем составе белковую часть и небелковый компонент (простетическую группу).

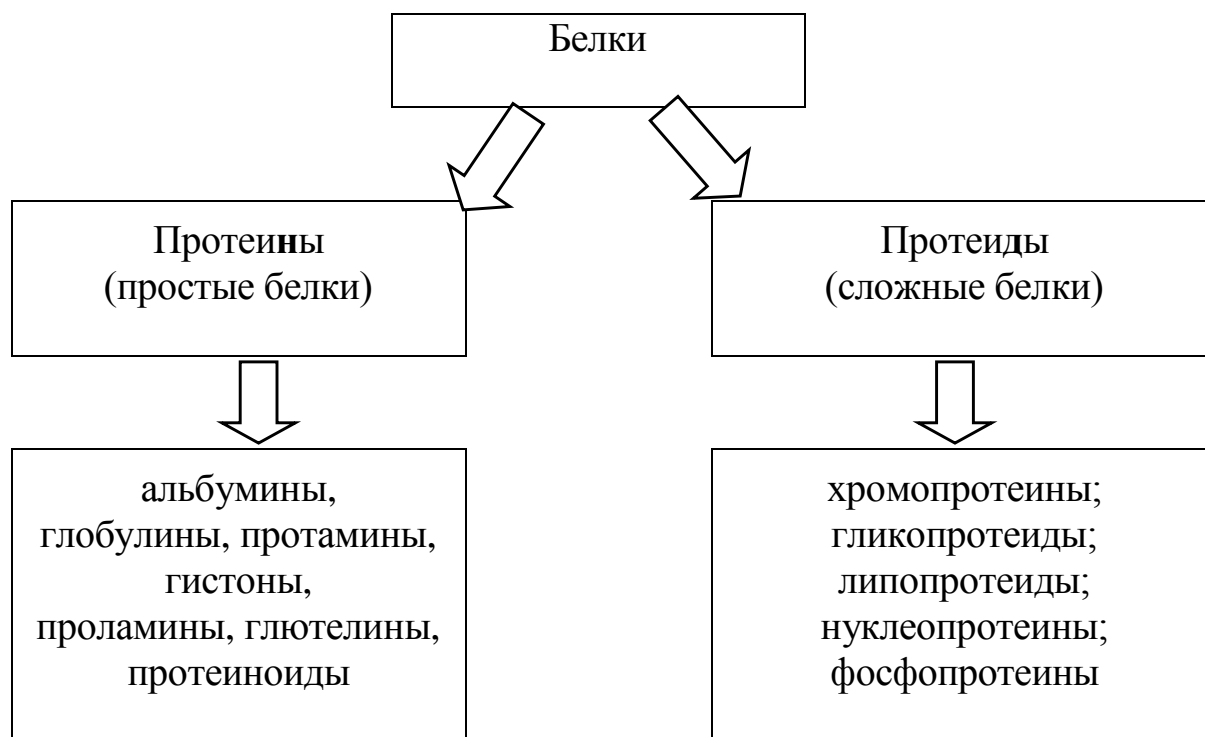


Рисунок 5 – Классификация белковых веществ

### **Характеристика простых белков.**

*Альбумины и глобулины* – белки, которые есть во всех тканях. Сыворотка крови наиболее богата этими белками. Содержание альбуминов в ней составляет 40–45 г/л, глобулинов 20–30 г/л, т. е. на долю альбуминов приходится более половины белков плазмы крови.

*Альбумины* – белки относительно небольшой молекулярной массы (15–70 тыс. Да). Они имеют отрицательный заряд и кислые свойства, изоэлектрическая точка – 4,7, содержат много глутаминовой аминокислоты. Это сильно гидратированные белки, поэтому они осаждаются только при большой концентрации водоотнимающих веществ.

Благодаря высокой гидрофильности, небольшим размерам молекул, значительной концентрации альбумины играют важную роль в поддержании осмотического давления крови. Если концентрация альбуминов ниже 30 г/л, изменяется осмотическое давление крови, что приводит к возникновению отеков. Около 75–80 % осмотического давления крови приходится на долю альбуминов.

Характерным свойством альбуминов является их высокая адсорбционная способность. Они адсорбируют полярные и неполярные молекулы, выполняя транспортную роль. Это неспецифические переносчики они транспортируют гормоны, холестерол, билирубин, лекарственные вещества, ионы кальция. Связывание и перенос длинноцепочечных жирных кислот – основная физиологическая функция сывороточных альбуминов. Альбумины синтезируются преимущественно в печени и быстро обновляются, период их полураспада – 7 дней.

*Глобулины* – белки с большей, чем альбумины молекулярной массой. Глобулины слабокислые или нейтральные белки (изоэлектрическая точка равна 6–7,3). Некоторые из глобулинов обладают способностью к специфическому связыванию веществ (специфические переносчики).

*Гистоны* – тканевые белки многочисленных организмов, связаны с ДНК хроматина. Это белки небольшой молекулярной массы (11–24 тыс. Да). По электрохимическим свойствам относятся к белкам с резко выраженными основными свойствами (поликатионные белки). Гистоны имеют только третичную структуру, сосредоточены в основном в ядрах клеток. Гистоны связаны с ДНК в составе дезоксирибонуклеопротеинов. В составе гистонов преобладают диаминомонокарбоновые аминокислоты аргинин, лизин.

Основная функция гистонов – структурная и регуляторная. Структурная функция состоит в том, что гистоны участвуют в стабилизации пространственной структуры ДНК, а следовательно, хроматина и хромосом. Регуляторная функция заключается в способности блокировать передачу генетической информации от ДНК к РНК.

*Протамины* – своеобразные биологические заменители гистонов, но отличаются от них составом и структурой. Это самые низкомолекулярные белки (4–12 тыс. Да), обладают резко выраженными основными свойствами из-за большого содержания в них аргинина (80 %).

Как и гистоны, протамины – поликатионные белки. Они связываются с ДНК в хроматине спермиев и находятся в молоках рыб.

Протамины делают компактной ДНК сперматозоидов, т. е. выполняют, как и гистоны, структурную функцию, однако не выполняют регуляторную.

*Проламины и глютелины.* Это группа растительных белков, которые содержатся исключительно в клейковине семян злаковых растений, где выполняют роль запасных белков. Характерной особенностью проламинов является то, что они не растворимы в воде, солевых растворах, щелочах, но растворимы в 70 %-ном растворе этанола, в то время как все другие белки выпадают в осадок. Наиболее изучены белки глиадин (пшеница) и зеин (кукуруза). Установлено, что проламины содержат 20–25 % глутаминовой кислоты и 10–15 % пролина. Эти белки, например, глиадин, в норме у человека расщепляются, но иногда при рождении фермент, расщепляющий этот белок, отсутствует. Тогда этот белок превращается в продукты распада, обладающие токсическим действием. Развивается заболевание целиакия – непереносимость растительных белков.

Глютелины – тоже растительные белки, не растворимые в воде, в растворах солей, этаноле. Они растворимы в слабых щелочах.

*Протеиноиды.* Белки опорных тканей (костей, хрящей, сухожилий, связок); кератины – белки волос, рогов, копыт; коллагены – белки соединительной ткани; эластин – белок эластических волокон.

Все эти белки относятся к фибриллярным, не гидролизуются в желудочно-кишечном тракте. Коллаген составляет 25–33 % от общего количества белка организма взрослого человека или 6 % от массы тела. Пептидная цепь коллагена содержит около 1 000 аминокислотных остатков, из которых каждая 3-я аминокислота – глицин, 20 % составляют пролин и гидроксипролин, 10 % аланин. При формировании вторичной и третичной структур этот белок не может давать типичных  $\alpha$ -спиралей, поскольку аминокислоты пролин и оксипролин могут давать только одну водородную связь. Поэтому полипептидная цепь на участке, где находятся эти аминокислоты, легко изгибается, так как не удерживается, как обычно, второй водородной связью.

### **Характеристика сложных белков.**

Сложные белки, кроме полипептидных цепей, содержат в своем составе небелковую (простетическую) часть, представленную различными веществами. В зависимости от химической природы небелковой части выделяют следующие группы сложных белков (рисунок 5):

- хромопротеины;
- гликопротеиды (углевод-белковые комплексы);
- липопротеиды (липид-белковые комплексы);
- нуклеопротеины;
- фосфопротеины.

*Хромопротеиды* – это сложные белки, простетическая часть которых представлена окрашенным компонентом (от греч. *Chromos* – краска).



К ним относятся биологически важные белки гемоглобин, миоглобин, а также некоторые ферменты: каталаза, пероксидаза, цитохромы, все они являются гемпротеинами, так как простетическая часть их содержит гем (рисунок 6).

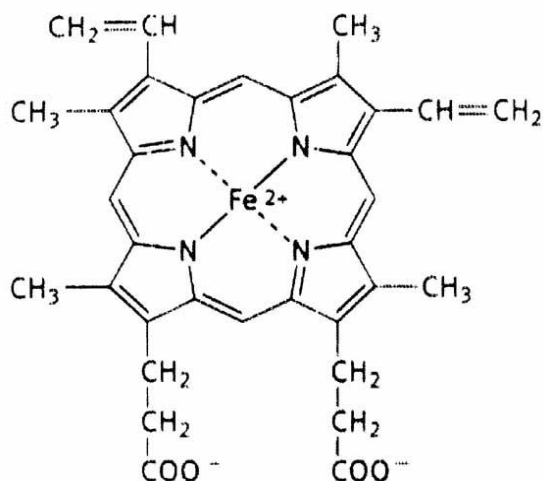


Рисунок 6 – Строение гема гемоглобина

Основная функция гемоглобина – перенос кислорода из легких к периферическим тканям. Первая молекула кислорода изменяет конформацию протомера, к которому она присоединилась. Поскольку этот протимер соединен многими связями с другими протимерами, изменяется конформация и сродство других протимеров к лигандам. Это явление называют кооперативностью изменения конформации протимеров. Изменение конформации таково, что сродство гемоглобина ко 2-й молекуле кислорода увеличивается. В свою очередь присоединение 2-й, а затем и 3-й молекулы кислорода, так же изменяет конформацию и облегчает присоединение следующих молекул кислорода. Сродство гемоглобина к 4-й молекуле кислорода примерно в 300 раз больше, чем к 1-й.

Миоглобин также относится к хромопротеинам. Это белок, имеющий третичную структуру. Вторичная и третичная структура миоглобина и протимеров гемоглобина очень сходны. Функции миоглобина и гемоглобина одинаковы. Оба белка участвуют в транспорте кислорода. Гемоглобин присоединяет кислород из альвеолярного воздуха и доставляет его в ткани. Миоглобин присоединяет кислород, доставленный гемоглобином, и служит промежуточным звеном в транспорте кислорода внутри клетки к митохондриям, а также для запасания кислорода в тканях, создавая кислородный резерв, который расходуется по мере необходимости. В условиях интенсивной мышечной работы, когда парциальное давление

кислорода в тканях падает, кислород освобождается из комплекса с миоглобином и используется в митохондриях клеток для получения энергии, необходимой для работы мышц.

*Гликопротеиды* – это сложные белки, содержащие олигосахаридные (гликановые) цепи, ковалентно связанные с белковой основой. К этой группе химических соединений относятся многие белки внешней поверхности цитоплазматических мембран и большинство секретируемых белков. Гликопротеиды могут содержать до 40 % углеводов, как правило, в молекуле преобладает белковая часть.

Короткие углеводные цепи гликопротеидов построены из глюкозамина, галактозамина, глюкозы, галактозы. Наиболее значимые моносахариды в составе гликопротеидов – N-ацетилглюкозамин, N-ацетилгалактозамин, N-ацетилнейраминавая (сиаловая) кислота.

Число коротких углеводных цепей в гликопротеидах может достигать до 300–800. Длина и степень разветвленности углеводных цепей значительно варьирует. В составе одной олигосахаридной цепи находится не более 15–20 моносахаридных остатков. Гликопротеиды присутствуют во всех классах белков – ферментах, гормонах, транспортных, структурных белках. Представители гликопротеидов – коллаген, эластин, иммуноглобулины.

Углеводный компонент, даже небольшой по массе, сообщает качественно новые свойства молекуле белка гликопротеинов. Для гликопротеидов характерна термостабильность, они выдерживают высокие и низкие температуры без изменения физико-химических свойств. Гликопротеиды, в отличие от других белков, с трудом перевариваются протеолитическими ферментами.

Углеводная часть придает белку большую специфичность. Это своего рода векторные группы сложных белков, «узнающие» участки других структур (макромолекул, поверхности клеток). Гликопротеиды быстрее выводятся из клетки и находятся, как правило, вне клетки.

В отличие от гликопротеинов, которые содержат только несколько процентов углеводов (по масс.), *протеогликаны* могут содержать до 95 % и более углеводов. Кроме того, по свойствам они ближе к углеводам, чем к белкам. Белки в протеогликанах представлены одной полипептидной цепью разной молекулярной массы. В составе притеогликанов содержатся следующие гетерополисахариды: гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, гепарин (строение гетерополисахаридов в разделе «Углеводы»).

*Липопротеиды*. Содержатся в плазме крови, все они имеют разную плотность (от 0,92 до 1,21 кг/л) благодаря липидному компоненту. В крови человека присутствуют несколько фракций липопротеидов, отличаю-

щихся по плотности, что связано с различным соотношением липидного и белкового компонента в молекуле.

Липопротеиды переносят триацилглицеролы, фосфолипиды, стероиды, а также небольшое количество жирорастворимых витаминов,  $\beta$ -каротина. В настоящее время доказана роль фракций липопротеидов в патогенезе атеросклероза.

Структурные липопротеиды (или протеолипиды) входят в состав биологических мембран и растворяются в неполярных растворителях (хлороформ, метанол). Причина такого поведения протеолипидов в том, что белок составляет сердцевину их молекулы, а оболочку образует липидный компонент. Содержание белка в протеолипидах 65–85 %. Они обнаружены в сердце, почках, легких, скелетных мышцах. В клетках перечисленных органов они представляют основу биологических мембран, образуя двойной липидный слой, в формировании которого участвуют фосфо- и гликолипиды. Состав протеолипидов в различных органах неодинаков.

*Нуклеопротеиды* – это сложные белки, небелковая часть которых представлена нуклеиновыми кислотами. Поскольку нуклеиновые кислоты бывают двух типов, нуклеопротеины делятся по составу на 2 группы: рибонуклеопротеиды и дезоксирибонуклеопротеиды. Нуклеиновые кислоты – это высокомолекулярные соединения, состоящие из мононуклеотидов, т. е. их структурной единицей является мононуклеотид (нуклеотид). Каждый нуклеотид включает 3 химически различных компонента: моносахарид, азотистое основание, остаток фосфорной кислоты. Нуклеотиды, входящие в РНК и ДНК, отличаются друг от друга по составу.

## **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Дайте общую характеристику белков как органическим молекулам. Каково их строение?
2. Каковы основные функции белков? Какова биологическая роль белков?
3. Какова структура белковой молекулы?
4. Укажите основные физико-химические свойства белков.
5. Какова структурная организация белков?
6. Что такое денатурация, ренатурация? Каковы основные факторы денатурации?
7. Приведите классификацию простых и сложных белков. Дайте характеристику основным классам белков.

## **Лабораторная работа 2**

### **Цветные реакции на белки**

#### **Опыт 1. Нингидриновая реакция аминокислот и белков**

С помощью мерного цилиндра налейте в одну пробирку 1 мл 1 %-ного раствора гликокола ( $\alpha$ -аминоуксусной кислоты), в другую – 1 мл 3 %-ного раствора уксусной кислоты. Добавьте в обе пробирки 3–4 капли 0,1 %-ного раствора нингидрина. Осторожно нагрейте. В какой пробирке появилось розовое, затем сине-фиолетовое окрашивание? Почему? Повторите опыт с равным объемом куриного белка.

Белки, аминокислоты и полипептиды дают синее или сине-фиолетовое окрашивание с нингидрином.

Реакция обусловлена наличием  $\alpha$ -аминокислот и является одной из наиболее чувствительных для  $\alpha$ -аминогрупп.

#### **Опыт 2. Биуретовая реакция белков**

Мерным цилиндром налейте в пробирку 2 мл раствора яичного белка, затем добавьте 2 мл 10 %-ного раствора NaOH и 1–2 капли 3 %-ного раствора  $\text{CuSO}_4$ . Встряхните содержимое пробирки. Наблюдайте появление характерного окрашивания раствора.

О присутствии какой атомной группы в молекулах белка свидетельствует эта реакция?

Реакция обусловлена присутствием в белках пептидных связей, которые образуют окрашенные солеобразные комплексные соединения.

#### **Опыт 3. Ксантопротеиновая реакция белков**

Мерным цилиндром в пробирку налейте 2 мл раствора белка и осторожно добавьте к нему 6–8 капель концентрированной азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ). Смесь нагрейте в водяной бане до появления светло-желтой окраски. Затем охладите смесь, опустив пробирку в стакан с водой. После охлаждения добавьте 10–12 капель 30 %-ного раствора NaOH. Желтая окраска переходит в оранжевую.

Реакция обусловлена присутствием циклических аминокислот, которые при взаимодействии с азотной кислотой образуют нитропроизводные желтого цвета.

#### **Опыт 4. Открытие серосодержащих аминокислот в белке**

В четыре пробирки пипеткой налейте по 2 капли раствора  $Pb(CH_3COO)_2$  и понемногу прибавляйте концентрированный раствор  $NaOH$  до растворения образовавшегося осадка. В пробирку прибавьте около 1 мл раствора белка, смесь осторожно нагрейте. При положительной реакции раствор начинает темнеть.

Реакция обусловлена наличием в белке содержащих серу аминокислот, которые под действием щелочи разрушаются с образованием сульфида щелочного металла; последний с плюмбитом дает осадок сульфида свинца.

#### **Опыт 5. Реакции на триптофан**

Реакции основаны на способности триптофана в кислой среде вступать во взаимодействие с альдегидами, образуя при этом окрашенные продукты конденсации.

##### **1. Реакция Адамкевича**

К 5–6 каплям белка добавить 5 капель  $CH_3COOH$  (концентрированной), слегка подогреть и подслоить (осторожно, по стенке наклоненной пробирки!) равный объем  $H_2SO_4$  (концентрированной). На границе двух слоев жидкости появляется красно-фиолетовое кольцо.

Взаимодействие триптофана с глиоксиловой кислотой (которая всегда присутствует в концентрированной уксусной кислоте) приводит к образованию соединения красно-фиолетового цвета.

##### **2. Реакция Шульца–Распайля**

К 5–6 каплям белка приливают 1 каплю 10 %-ного раствора сахарозы и подслаивают 1 мл  $H_2SO_4$  (концентрированной). На границе раздела жидкостей появляется вишнево-красное окрашивание.

Триптофан, взаимодействуя с оксиметилфурфуролом (образующимся при гидролизе сахарозы и обезвоживании моносахаридов под действием концентрированной серной кислоты), образует комплекс вишнево-красного цвета.

#### **Опыт 6. Диазореакция на гистидин и тирозин (реакция Паули)**

К свежеприготовленному диазореактиву (3 капли 1 %-ного раствора сульфаниловой кислоты в 2 %-ном растворе  $HCl$  и 3 капли 5 %-ного раствора  $NaNO_2$ ) добавляют 6–8 капель раствора белка, и, после перемеши-

вания, 3–5 капель 10 %-ного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Развивается интенсивная красная окраска.

Реакция обусловлена присутствием в белке аминокислот гистидина и тирозина, которые, реагируя с диазосульфокислотой, образуют азокраситель красного цвета.

## **Осаждение белков**

### **Опыт 1. Осаждение белка при нагревании**

В одну пробирку налейте 2 мл раствора яичного белка, в другую – столько же мышечного. Определите рН в этих растворах. Прокипятите растворы в обеих пробирках. Выпадает ли осадок в пробирках? Объясните происходящие явления.

### **Опыт 2. Высаливание белков**

В пробирку налейте 3–4 мл раствора яичного белка, добавьте равный объем насыщенного раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Смесь встряхните. Раствор мутнеет от выпадающего осадка белка. Профильтруйте жидкость через фильтр. Фильтрат в количестве 2 мл отлейте в пробирку и прокипятите. Наблюдайте свертывание оставшихся в фильтрате белков. Какие это белки?

К оставшемуся непрокипяченному фильтрату добавьте избыток кристаллического сернокислого аммония до прекращения его растворения. Наблюдайте появление мути или хлопьев осажденного белка.

Объясните механизм высаливания белков.

### **Опыт 3. Осаждение белка органическими растворителями**

К 1 мл раствора яичного белка прилейте 2–3 мл этилового спирта или ацетона. Раствор мутнеет. Добавьте 1 каплю раствора хлористого натрия и дайте постоять. Что наблюдается? Почему?

### **Опыт 4. Осаждение белка концентрированными минеральными кислотами**

В пробирку налейте 1 мл концентрированной азотной кислоты и, наклонив её под углом  $45^\circ$ , осторожно по стенке пробирки опустите из пипетки равный объем раствора белка. Что наблюдается на границе двух слоев?

Вместо  $\text{HNO}_3$  можно брать концентрированную  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{HCl}$ .

### **Опыт 5. Осаждение белка солями тяжелых металлов**

Налейте в 2 пробирки по 1мл раствора яичного белка. По каплям добавляйте в одну пробирку 5 %-ный раствор  $\text{CuSO}_4$ , в другую – 0,5 %-ный раствор  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Появляется осадок. Объясните почему.

### **Опыт 6. Осаждение белка органическими кислотами**

К 1 мл раствора яичного белка добавьте 0,5 мл трихлоруксусной кислоты. Что образовалось?

### **Опыт 7. Осаждение белка алкалоидными реактивами**

В три пробирки налейте по 1 мл яичного белка. В первую пробирку прилейте 0,5 мл 10 %-ного раствора пикриновой кислоты и добавьте 4–5 капель раствора 1%-ной  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Во вторую пробирку добавьте 5–6 капель танина и несколько капель 1 %-ной  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . В третью – 1 каплю 10 %-ной  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и 2–3 капли 5 %-ного раствора  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Что образовалось в каждой пробирке?

## **Тестовый контроль «Аминокислоты и белки»**

1. Функциональной группой аминокислот является: а) карбоксильная группа, б) аминогруппа, в) амидогруппа, г) гидроксильная группа...

- а) а, б;
- б) а, в;
- в) б, г;
- г) б;
- д) а, г.

2. В сильноокислой среде аминокислоты существуют в виде...

- а) катиона;
- б) аниона;
- в) биполярного иона;
- г) нейтральной молекулы;
- д) многополярной молекулы.

3. Аминокислоты, входящие в состав белков называются...

- а) протеиногенными;
- б) свободными;

- в) незаменимыми;
- г) белковосвязанными.

4. Укажите сколько различных видов аминокислот обнаруживается в составе белков:

- а) 10;
- б) 20;
- в) 50;
- г) 100;
- д) 150.

5. Сложные белки – это белки...

- а) которые при гидролизе распадаются только на аминокислоты;
- б) содержащие простетическую группу;
- в) состоящие из нескольких субъединиц;
- г) построенные из очень большого числа аминокислот;
- д) протеины.

6. Простые белки – это белки...

- а) которые при гидролизе распадаются только на аминокислоты;
- б) содержащие простетическую группу;
- в) состоящие из одной субъединицы;
- г) построенные из очень малого числа аминокислот;
- д) протеиды.

7. Небелковая часть сложного белка называется...

- а) апобелком;
- б) холобелком;
- в) протеином;
- г) протеидом;
- д) простетической группой.

8. Из перечисленных ниже органов и тканей больше всего белков содержится (в процентах от массы сухой ткани)...

- а) в костях;
- б) в скелетных мышцах;
- в) в печени;
- г) в мозге;
- д) в коже.



9. Сложные белки, содержащие в своем составе углеводный компонент, принадлежат к классу...

- а) липопротеинов;
- б) хромопротеинов;
- в) гликопротеинов;
- г) альбуминов;
- д) нуклеопротеидов.

10. Альбумины...

- а) хорошо растворимы;
- б) содержат 60–85 % аргинина;
- в) являются гетерогенным белком;
- г) нерастворимы в воде;
- д) не содержат лизин.

11. Протамины – это класс белков, которые...

- а) не содержат серосодержащих аминокислот;
- б) содержат примерно 45 % глутаминовой кислоты;
- в) содержат окрашенный небелковый компонент;
- г) содержат простетическую группу;
- д) имеют фибриллярное строение.

12. Белок гемоглобин относится к классу...

- а) нуклеопротеинов;
- б) липопротеинов;
- в) хромопротеинов;
- г) гликопротеинов;
- д) фосфопротеидов.

13. Нуклеопротеины – это сложные белки, простетической группой которых является(-ются)...

- а) углеводы;
- б) липиды;
- в) окрашенные небелковые компоненты;
- г) фосфорная кислота;
- д) нуклеиновые кислоты.

14. Гликопротеины – это сложные белки, простетической группой которых являются...

- а) углеводы;
- б) липиды;

- в) окрашенные небелковые компоненты;
- г) фосфатные группы;
- д) ионы металлов.

15. Первичная структура белка – это...

- а) участок полипептидной цепи в виде спирали;
- б) определенная трехмерная комбинация спиралей;
- в) несколько координированных компактных субъединиц пространственной структуры;
- г) последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи;
- д) определенная конфигурация белка в пространстве.

16. Вторичная структура белка – это...

- а) определенная трехмерная комбинация спиралей;
- б) несколько координированных компактных субъединиц пространственной структуры;
- в) участок полипептидной цепи в виде спирали;
- г) последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи;
- д) определенная конфигурация белка в пространстве.

17. Третичная структура белка – это...

- а) участок полипептидной цепи в виде спирали;
- б) несколько координированных компактных субъединиц пространственной структуры;
- в) последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи;
- г) определенная трехмерная комбинация спиралей;
- д) определенная конфигурация белка в пространстве.

18. Четвертичная структура белка – это...

- а) участок полипептидной цепи в виде спирали;
- б) определенная трехмерная комбинация спиралей;
- в) несколько координированных компактных субъединиц пространственной структуры;
- г) последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи;
- д) определенная конфигурация белка в пространстве.

19. Фибриноген относится к классу...

- а) регуляторные белки;
- б) транспортные белки;
- в) структурные белки;
- г) защитные белки;
- д) ферменты.

20. Белки иммуноглобулины относятся к классу...

- а) регуляторные белки;
- б) транспортные белки;
- в) запасные белки;
- г) защитные белки;
- д) ферменты.

### Ответы

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответ	1	3	1	2	2	1	5	2	3	1

№ вопроса	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ответ	1	3	5	1	4	3	4	3	3	4

## ЛИТЕРАТУРА

1. Проскурина, И. К. Биохимия / И. К. Проскурина. – М. : Academia, 2018. – 320 с.
2. Биохимия : учеб. для студ. мед. вузов / под ред. Е. С. Северина. – 5-е изд., испр. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 768 с.
3. Белясова, Н. А. Биохимия и молекулярная биология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. А. Белясова. – Минск : Книжный Дом, 2004. – 416 с.
4. Березов, Т. Т. Биологическая химия : учеб. / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – 3-е изд., стер. – М. : ОАО «Издательство «Медицина»», 2008. – 704 с.
5. Биологическая химия с упражнениями и задачами : учебник / под ред. С. Е. Северина. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 624 с.
6. Комов, В. П. Биохимия : учебник / В. П. Комов, В. Н. Шведова. – Люберцы : Юрайт, 2015. – 640 с.
7. Митякина, Ю. А. Биохимия : учеб. пособие / Ю. А. Митякина. – М. : Риор, 2019. – 351 с.
8. Попов, А. А. Лекции профессора Попова А. А. по биологии / А. А. Попов [Электронный ресурс]. – 2023. Режим доступа: <https://www.rea.ru/ru/org/cathedries/himfizkaf/Pages/ВН.aspx>. – Дата доступа: 07.05.2023.

Производственно-практическое издание

**Воробьева** Елена Валерьевна,  
**Пырх** Ольга Викторовна,  
**Попов** Анатолий Анатольевич

**БИОХИМИЯ.  
АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ**

Практическое пособие

Редактор Е. С. Балашова  
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 11.12.2023. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,54.  
Тираж 10 экз. Заказ 656.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.  
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.  
Ул. Советская, 104, 246028, Гомель.





