

Негосударственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Центросоюза Российской Федерации

СИБИРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ

# **БИОХИМИЯ**

Новосибирск 2012

Негосударственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Центросоюза Российской Федерации

СИБИРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ

## БИОХИМИЯ

Программа, методические указания и задания контрольной  
и самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения  
направления 260800.62 *Технология продукции и организация  
общественного питания*

Новосибирск 2012

Кафедра технологии переработки сельскохозяйственной  
продукции и управления качеством

Биохимия: программа, методические указания и задания контрольной и самостоятельной работы для студентов / [сост.: Е.И. Терах, канд. хим. наук, доцент]. – Новосибирск: СибУПК, 2012. – 57 с.

© Сибирский университет  
потребительской кооперации, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения.....	4
1. Объем дисциплины и виды учебной работы по срокам обучения.....	5
2. Содержание дисциплины.....	6
2.1. Тематический план.....	6
2.2. Темы и их краткое содержание.....	7
3. Методические рекомендации к выполнению и оформлению контрольной работы.....	11
4. Задания контрольной работы .....	15
4.1. Белки.....	15
4.2. Нуклеиновые кислоты.....	18
4.3. Ферменты.....	21
4.4. Углеводы.....	24
4.5. Липиды.....	27
4.6. Витамины.....	31
4.7. Гормоны.....	32
4.8. Основы биоэнергетики. Биологическое окисление.....	34
4.9. Метаболизм углеводов, липидов и белков.....	36
4.10. Водный и минеральный обмен.....	43
4.11. Взаимосвязь и регуляция обмена углеводов, липидов и белков.....	45
5. Тестовые вопросы для самостоятельной работы студентов.....	47
6. Список рекомендуемой литературы.....	51
Приложения.....	52

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

*Биохимия* – это одна из областей знаний современной биологической науки. Она является базовой дисциплиной для изучения микробиологии, физиологии питания, основ здорового питания и др. Биохимия закладывает основу фундаментальных научных знаний по вопросам рационального питания, по технологии переработки и экспертизе качества продуктов питания, необходимых для профессионального формирования инженера-технолога.

*Целью* изучения дисциплины «Биохимия» является подготовка высококвалифицированных бакалавров, обладающих системой фундаментальных знаний о строении и функциях макромолекул, входящих в состав живой материи, их участии в обменных процессах, а также превращениях, протекающих при переработке и хранении пищевых продуктов.

Согласно программе дисциплины «Биохимия» студент должен:

*знать* – химический состав и строение соединений, входящих в состав живых организмов; функции основных биомолекул – белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов; основы биоэнергетики; основные биохимические цепи и циклы; роль основных пищевых веществ в обменных процессах организма; химическую природу процессов, идущих при переработке и хранении пищевых продуктов.

*уметь* – использовать в практической деятельности знания и экспериментальные навыки по биохимии для идентификации белков, углеводов, липидов, витаминов и ферментов; использовать знания по биохимии для проведения экспертизы качества продуктов питания, для обоснования технологии хранения и переработки пищевых продуктов без потери их качества.

Настоящее пособие предназначено для студентов заочной формы обучения направления 260800.62 *Технология продукции и организация общественного питания*. Оно включает программу дисциплины «Биохимия», составленную в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта, методические рекомендации к выполнению и оформлению контрольной работы, задания контрольной работы, тестовые вопросы для самостоятельной работы студентов, список рекомендуемой литературы и приложения.

# 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ ПО ФОРМАМ И СРОКАМ ОБУЧЕНИЯ (ЧАС)

## 1.1. Заочная форма обучения – 4 года 6 мес.

Вид занятий	2 курс
Аудиторные занятия:	20
лекции	6
лабораторные	14
Самостоятельная работа	124
Контрольная работа	+
Зачетные единицы: всего, <i>в том числе без экзамена</i>	5
	4
<i>Общая трудоемкость</i>	144
Вид итогового контроля	Экзамен

## 1.2. Заочная форма обучения – 3 года 6 мес.

Вид занятий	2 курс
Аудиторные занятия:	10
лекции	4
лабораторные	6
Самостоятельная работа	134
Контрольная работа	+
Зачетные единицы: всего, <i>в том числе без экзамена</i>	5
	4
<i>Общая трудоемкость</i>	144
Вид итогового контроля	Экзамен

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Тематический план дисциплины

Наименование темы дисциплины	Срок обучения						
	4,6 лет				3,6 лет		
	Количество часов на изучение						
	всего	в том числе			в том числе		
лекции		лабораторные	СРС	лекции	лабораторные	СРС	
Введение в биохимию	8	–	–	8	–	–	8
Азотсодержащие органические биомолекулы	26	2	4	20	2	2	24
Ферменты	12	2	2	10		2	10
Углеводы	12		2	9		2	10
Липиды	12		2	9	2	10	
Витамины	10	–	2	8	–	–	10
Гормоны	10	–	–	10	–	–	10
Основы биоэнергетики. Биологическое окисление	10	–	–	10	–	–	10
Метаболизм углеводов, липидов и белков	28	2	2	26	2	–	27
Взаимосвязь и регуляция обмена углеводов, липидов и белков	8			6		–	7
Водный и минеральный обмен	8	–	–	8	–	–	8
<b>Всего</b>	<b>144</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>124</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>134</b>

## ***2.2. Темы и их краткое содержание***

### *Тема 1. Введение в биохимию.*

#### *Биологические структуры живых систем*

Определение биохимии как науки. Значение биохимии для биологии, медицины, сельского хозяйства и пищевой промышленности. Роль биохимии в организации рационального питания, разработке технологии хранения и переработке продуктов питания, экспертизе качества продуктов питания.

Химический состав живых систем. Основные классы природных биомолекул и их главные функции. Клетка – структурная единица живых систем, органеллы клетки и их функции.

### *Тема 2. Азотсодержащие органические биомолекулы*

Общие представления о белках. Распространение белков в природе и их функции. Методы выделения, очистки и анализа белков. Аминокислотный состав белков, общие свойства  $\alpha$ -аминокислот. Уровни структурной организации белковых молекул: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры. Природа и типы связей, участвующих в формировании структуры белка.

Физико-химические свойства белков: молекулярная масса, набухаемость и растворимость, кислотно-основные свойства, денатурация и деструкция белков. Факторы устойчивости коллоидных белковых систем. Качественные реакции идентификации белков.

Классификация белковых молекул. Простые белки (альбумины, глобулины, проламины, протамины, глютелины, гистоны) и сложные белки (хромопротеины, нуклеопротеины, липопротеины, фосфопротеины, гликопротеины, металлопротеины). Фибриллярные и глобулярные белки.

Роль белков в питании человека. Азотный баланс в организме и его значение. Биологическая ценность белков. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Содержание белков в продуктах питания.

Нуклеиновые кислоты и их роль в биохимических процессах. Химический состав и строение нуклеиновых кислот. Основные биологические функции нуклеиновых кислот. Биосинтез ДНК (репликация), биосинтез РНК (транскрипция), биосинтез белка (трансляция). Генетический код. Генная инженерия.



### *Тема 3. Ферменты*

Общая характеристика ферментов. Химическая природа ферментов. Строение ферментов. Простые и сложные ферменты. Активный и аллостерический центры ферментов. Кофакторы и коферменты. Механизм действия ферментов.

Специфичность действия ферментов. Абсолютная, относительная и стереохимическая специфичность. Обратимость действия ферментов. Факторы, оказывающие влияние на активность ферментов: температура, рН среды, активаторы и ингибиторы.

Классификация и номенклатура ферментов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы и лигазы (синтетазы). Роль ферментов в биокатализе определенных химических реакций в организме, а также в технологических процессах переработки пищевых продуктов и их хранении.

### *Тема 4. Углеводы*

Общие представления об углеводах. Распространение в природе и функции углеводов. Классификация углеводов. Моносахариды, олигосахариды, полисахариды: строение, свойства, биологическая роль, содержание в продуктах питания, использование в пищевой промышленности.

Преобразования углеводов при хранении и переработке пищевого сырья. Гидролиз и брожение углеводов. Реакции образования коричневых продуктов: карамелизация и меланоидинообразование. Методы анализа содержания углеводов в продуктах питания.

### *Тема 5. Липиды*

Общая характеристика липидов. Распространение в природе и функции липидов. Классификация липидов. Особенности природных жирных кислот. Триацилглицеролы, воски, фосфолипиды, гликолипиды, стеролы: строение, свойства, биологическая роль, распространение в природе, содержание в продуктах питания.

Пищевая ценность липидов. Химические процессы, протекающие при хранении и переработке жиров и жиросодержащих продуктов: гидролиз и окислительное прогоркание. Гидрогенизация и переэтерификация жиров и масел. Методы анализа содержания липидов в продуктах питания.

## *Тема 6. Витамины*

Общие представления о витаминах. Авитаминозы и гипоавитаминозы. Гиперавитаминозы. Классификация витаминов.

Жирорастворимые (А, D, Е, К) и водорастворимые (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub> или РР, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub> или фолиевая кислота, В<sub>12</sub>, С, Н, Р) витамины: строение, физико-химические свойства, биологическая роль, авитаминоз, распространение в природе и суточная потребность, изменения при кулинарной обработке продуктов питания и хранении.

Витаминоподобные соединения. Антивитамины. Витаминизация продуктов питания. Факторы, препятствующие усвоению витаминов.

## *Тема 7. Гормоны*

Общее понятие о гормонах и их биологическая роль. Особенности биологического действия гормонов. Номенклатура и классификация гормонов. Механизм действия гормонов.

Гормоны основных эндокринных желез (гипоталамуса, гипофиза, надпочечников, щитовидной, поджелудочной и половые желез): строение, биохимические функции, применение в медицинской практике. Заболевания, развивающиеся при нарушении секреции гормонов. Гормоны растений (фитогормоны) и их практическое использование.

## *Тема 8. Основы биоэнергетики. Биологическое окисление*

Метаболизм – основа функционирования живых организмов. Роль АТФ и других высокоэнергетических соединений в биоэнергетике и в процессах улавливания энергии.

Общие представления о процессах биологического окисления. Реакции свободного биологического окисления и их роль в метаболизме ксенобиотиков. Биологическое окисление, сопряженное с фосфорилированием АДФ в АТФ: фотосинтетическое, субстратное и окислительное фосфорилирование.

Дыхательная цепь митохондрий и ее участие в окислительном фосфорилировании. Биохимические комплексы, входящие в состав дыхательной цепи, и их функционирование. Энергетика процесса окислительного фосфорилирования.

## *Тема 9. Метаболизм углеводов, липидов и белков*

Метаболизм углеводов. Переваривание и всасывание углеводов. Синтез (гликогенез) и распад (гликогенолиз) гликогена. Аэробное и анаэробное окисление углеводов. Гликолиз, окислительное декарбоксилирование пирувата, цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Биосинтез углеводов.

Метаболизм липидов. Переваривание и всасывание липидов. Жировая ткань и ее участие в обмене липидов. Окисление и биосинтез жирных кислот. Биосинтез триацилглицеролов, фосфолипидов, холестерина.

Метаболизм белков. Общая характеристика белкового обмена. Катаболические превращения аминокислот: окислительное дезаминирование, трансаминирование, декарбоксилирование. Пути обезвреживания аммиака в организме. Цикл мочевины. Биосинтез аминокислот. Обмен нуклеопротеинов.

## *Тема 10. Взаимосвязь и регуляция обмена углеводов, липидов и белков*

Центральные пути и ключевые метаболиты обменных процессов. Превращения белков, углеводов и липидов на основных этапах обмена веществ. Цикл трикарбоновых кислот – связывающее звено и конечный этап обмена белков, углеводов и липидов. Взаимопревращения белков, углеводов и липидов в процессе метаболизма.

Регуляция обмена веществ. Многоуровневая система регуляции обмена веществ. Механизмы регуляции метаболических процессов: ферментативный, гормональный и нервный. Регуляция обмена белков, углеводов и липидов.

## *Тема 11. Водный и минеральный обмен*

Водный обмен. Содержание воды в организме. Состояние воды в клетке. Роль воды в процессах жизнедеятельности. Обмен воды и его регуляция.

Минеральный обмен. Содержание минеральных веществ в организме. Макро- и микроэлементы. Общие функции минеральных веществ и их участие в химических процессах организма. Обмен минеральных веществ и его регуляция.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с учебным планом, студенты при изучении дисциплины «Биохимия» выполняет одну контрольную работу.

Приступая к выполнению контрольной работы, необходимо ознакомиться с содержанием программы, освоить соответствующие ее темы, внимательно прочитать вопросы заданий и методические рекомендации к ним. После этого можно приступать к выполнению контрольной работы, соблюдая следующие правила:

- задания контрольной работы определяются двумя последними цифрами личного дела (шифра) студента; если шифр студента ТХ-01-132Д, то ему соответствуют номера заданий: 28, 38, 47, 61, 70, 88, 94, 101 (табл. 1);
- для качественного выполнения контрольной работы рекомендуется приступить к изучению учебного материала и оформлению контрольной работы в начале межсессионного периода, сдать работу на проверку следует до начала экзаменационной сессии;
- контрольную работу студенты выполняют самостоятельно, в отдельной тетради, с нумерацией страниц и соблюдением полей для замечаний рецензента; текст работы *рукописный*, почерк разборчивый, сокращения слов не допускаются;
- задания контрольной работы выполняются в порядке их нумерации с указанием номера и темы задания, текст задания переписывается полностью, ответы приводятся сразу после текста.
- в конце работы обязательно приводится список использованной литературы, после чего указывается дата выполнения работы и ставится подпись автора;
- выполненная работа направляется на проверку и рецензирование; работа без серьезных недочетов подписывается рецензентом с пометкой «к собеседованию», которое проводится в межсессионный период или во время сессии после исправления всех замечаний рецензента; после собеседования рецензент выставляет зачет по контрольной работе и заносит его в ведомость;
- контрольная работа, выполненная по неправильно выбранному варианту, не рецензируется; студенты, имеющие академическую задолженность по данной дисциплине за прошлые годы, выполняют задания по варианту текущего года;

- консультации по выполнению контрольных работ можно получить в межсессионный период, обратившись непосредственно на кафедру технологии переработки сельскохозяйственной и продукции и управления качеством;
- студенты, прослушавшие лекции, выполнившие лабораторные работы и получившие зачет по контрольной работе, допускаются к экзамену по курсу «Биохимия».

Таблица 1.

Таблица определения номеров заданий контрольной работы

<i>Последняя цифра шифра</i>												
		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
<i>Предпоследняя цифра шифра</i>	<b>0</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		11	15	16	12	14	13	17	25	34	3	
		21	18	23	22	19	24	20	32	37	36	
		27	28	29	30	26	33	31	38	49	50	
		41	39	35	43	40	36	42	48	59	60	
		44	56	45	57	46	58	47	66	68	91	
		69	76	71	67	73	74	70	75	87	95	
		89	94	98	77	82	80	76	88	97	100	
		<b>1</b>	1	5	6	7	4	18	2	23	8	9
			21	11	12	13	22	28	19	33	14	24
39	37		26	27	34	38	44	40	41	32		
61	51		52	53	54	55	58	45	46	47		
72	62		63	64	65	66	70	59	60	61		
90	67		68	69	81	84	79	71	81	75		
96	92		87	83	78	88	85	86	92	91		
99	101		102	103	93	95	96	98	99	100		
<b>2</b>	10	11	4	1	2	5	6	7	8	9		
	18	15	16	12	13	14	15	16	17	24		
	36	19	20	17	20	25	29	30	23	35		
	43	42	45	21	22	51	52	53	31	55		
	44	57	48	49	50	65	72	73	54	84		
	56	58	62	63	64	67	83	86	74	87		
	76	77	78	79	80	82	97	89	85	96		
	101	103	102	93	94	94	98	95	90	97		

<i>Последняя цифра шифра</i>											
<i>Предпоследняя цифра шифра</i>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
	<b>3</b>	10	26	28	29	3	4	5	6	3	2
		25	37	38	39	30	31	32	11	12	13
		27	46	47	48	40	41	42	33	18	19
		35	60	61	65	55	54	53	43	34	49
		59	69	70	74	62	64	56	52	51	56
		68	89	88	75	71	72	73	57	67	68
		85	93	94	86	76	77	78	66	80	81
		103	100	101	95	99	102	97	79	96	93
	<b>4</b>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	10
		11	16	12	17	13	11	14	12	15	13
		26	27	18	29	22	23	24	25	20	28
44		45	28	47	30	31	32	33	34	53	
66		56	46	62	48	36	37	51	52	60	
81		67	68	69	70	49	50	73	74	71	
90		82	83	84	85	71	72	88	89	90	
93		94	95	96	97	98	99	100	101	102	
<b>5</b>	1	6	2	7	3	8	4	9	5	10	
	22	20	11	12	23	13	21	14	19	15	
	43	42	25	24	39	22	37	20	28	18	
	54	55	41	40	58	38	60	27	35	30	
	64	65	56	57	69	59	70	36	62	43	
	67	76	68	78	79	80	78	61	71	63	
	75	93	77	86	89	92	91	79	76	75	
	103	98	94	95	96	97	98	99	100	101	
<b>6</b>	1	2	7	3	4	8	5	6	9	10	
	11	12	16	13	14	12	15	16	11	17	
	34	33	18	31	19	29	28	27	25	24	
	41	42	32	43	30	47	37	38	26	29	
	64	65	44	45	46	73	48	49	50	51	
	66	71	67	72	68	80	69	74	70	74	
	91	92	81	82	83	84	85	86	87	88	
	102	103	100	93	94	95	96	97	98	99	

<i>Последняя цифра шифра</i>											
<i>Предпоследняя цифра шифра</i>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
	<b>7</b>	10	1	9	2	8	3	7	2	6	1
		17	16	20	21	22	23	24	25	20	19
		18	19	31	32	33	42	38	43	39	36
		35	40	36	41	37	57	58	44	45	46
		52	53	54	55	56	72	73	59	60	61
		67	68	69	70	71	79	78	74	71	70
		75	76	78	79	80	81	87	76	77	77
		100	101	102	103	101	94	95	98	99	100
	<b>8</b>	8	9	1	2	3	4	5	6	7	10
25		18	20	19	21	20	21	22	23	12	
26		27	28	29	30	31	32	33	34	24	
50		44	45	48	49	55	54	53	52	51	
63		64	65	56	57	58	59	60	61	62	
74		66	74	67	68	69	70	71	72	73	
75		76	77	78	79	80	81	82	83	84	
86		82	83	85	85	95	96	93	98	99	
<b>9</b>	6	5	10	9	8	7	4	3	2	1	
	19	18	25	24	11	19	20	21	22	14	
	35	36	37	38	18	40	41	42	43	23	
	44	45	46	47	39	49	50	51	52	53	
	58	59	56	57	48	61	62	63	64	65	
	80	86	78	77	60	73	70	69	68	67	
	85	87	87	88	89	90	91	92	75	79	
	94	97	98	99	100	101	102	103	98	100	

## 4. ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 4.1. Белки

*Белки* (или *протеины*) – это высокомолекулярные азотсодержащие органические соединения, молекулы которых построены из остатков  $\alpha$ -аминокислот.

Белки выполняют многочисленные биологические *функции* – каталитическую, транспортную, защитную, сократительную, структурную, гормональную и питательную.

В состав белков входят 20  $\alpha$ -аминокислот: R-CH(NH<sub>2</sub>)-COOH. В зависимости от строения радикала R аминокислоты делятся на 5 групп (приложение 1): аминокислоты с неполярными радикалами (изолейцин, лейцин, валин, аланин, пролин, глицин); аминокислоты с незаряженными полярными радикалами (глутамин, аспарагин, треонин, метионин, цистеин, серин); аминокислоты с отрицательно заряженными радикалами (глутаминовая и аспарагиновая кислоты); аминокислоты с положительно заряженными радикалами (гистидин, аргинин, лизин); аминокислоты с ароматическими радикалами (триптофан, тирозин, фенилаланин). Из 20  $\alpha$ -аминокислот 10 являются заменимыми, 2 – полузаменимыми, 8 – незаменимыми.

Незаменимые аминокислоты не могут синтезироваться в организме человека и обязательно должны поступать с пищей. Полноценный белок характеризуется необходимым балансом заменимых и незаменимых аминокислот.

Выделяют 4 уровня структурной организации белковых молекул. *Первичная структура белка* – это определенная последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи. *Вторичная структура белка* – это упорядоченное расположение в пространстве полипептидной цепи за счет водородных связей между группами CO и NH ( $\alpha$ -спираль,  $\beta$ -структура). *Третичная структура белка* – это трехмерная конфигурация закрученной  $\alpha$ -спирали или  $\beta$ -структуры в пространстве. *Четвертичная структура белка* образуется за счет взаимодействия между разными полипептидными цепями.

Различают простые и сложные белки. *Простые белки* состоят только из остатков аминокислот, а в молекулах *сложных белков* помимо белковой части имеются соединения небелковой природы. К простым белкам относятся альбумины и глобулины, проламины и глютелины, протамины и гистоны. Представителями сложных белков



являются хромопротеины, нуклеопротеины, липопротеины, фосфопротеины, гликопротеины, металлопротеины.

В зависимости от пространственного расположения полипептидной цепи форма молекул белков может быть различной. Если полипептидная цепь образует молекулу нитевидной формы, то белок называется *фибрилярным*, если она уложена в виде клубка – *глобулярным*.

Белки являются *амфотерными соединениями*, т.е. обладают кислотными и основными свойствами. Кислотные или основные свойства белков обусловлены соотношением в их молекулах остатков аминокислот с кислотными свойствами (аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты) и аминокислот с основными свойствами (лизин, аргинин, гистидин). Суммарный заряд белковой молекулы зависит от количества остатков кислых и основных аминокислот, а также от рН среды. Значение рН среды, при котором суммарный заряд белковой молекулы равен нулю, называется *изоэлектрической точкой*. В этой точке белок не обладает подвижностью в электрическом поле и отличается наименьшей растворимостью.

Белки обладают большой молекулярной массой (от нескольких тысяч до нескольких миллионов). Вследствие большого размера молекул белков их водные растворы представляют коллоидную систему. Устойчивость коллоидных систем обусловлена наличием на поверхности частиц электрического заряда и гидратной оболочки.

Естественная конформация белка, обладая высокой лабильностью, подвержена изменениям под действием жестких физико-химических факторов окружающей среды.

*Денатурация* – это нарушение пространственной структуры белка (вторичной, третичной и четвертичной), сопровождающееся изменением физико-химических свойств белка и потерей биологической активности.

Денатурация может происходить при повышении температуры, изменении рН среды, воздействии каких-либо излучений, добавлении некоторых растворителей и растворов солей. Она может иметь обратимый и необратимый характер в зависимости от природы белка и интенсивности внешнего воздействия.

Термическая обработка белков при 100°C и выше приводит к *деструкции* белковых молекул, что сопровождается расщеплением пептидных связей и отщеплением функциональных групп.

## Задания

1. Распространение белков в природе и их основные функции (рассмотрите на конкретных примерах).

Вычислите длину (в нм) полипептидной цепи лизоцима куриного яйца, содержащего 129 аминокислотных остатков и имеющего долю  $\alpha$ -спиральной конфигурации 35% (расстояние между аминокислотными остатками в  $\alpha$ -спирали составляет 0,15 нм, а в вытянутой цепи – 0,35 нм).

2. Какие аминокислоты входят в состав природных белков? Напишите их формулы и охарактеризуйте свойства. Каким образом классифицируют аминокислоты?

Напишите уравнения реакций взаимодействия с соляной кислотой и гидроксидом натрия валина, лизина и аспарагиновой кислоты.

3. Рассмотрите строение первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуры белковых молекул.

Покажите все типы связей, поддерживающих третичную структуру молекулы белка за счет параллельно идущих фрагментов *глу-вал-лей-цис-тир* и *арг-фен-вал-цис-гис* полипептидных цепей.

4. Растворимость белков в воде. Денатурация белков.

Какое значение рН имеют растворы следующих пептидов: *вал-сер-асп*, *лей-лиз-фен*, *гли-мет-тре-фен*? Напишите структурные формулы пептидов и укажите, в какой среде находится их изоэлектрическая точка.

5. Кислотно-основные свойства  $\alpha$ -аминокислот и белков.

Какую простейшую аминокислоту можно получить из этилена? Приведите схему синтеза.

6. Приведите уравнения качественных реакций на белки.

В трех пробирках находятся водные растворы аланина, лизина и аспарагиновой кислоты. Каким образом можно отличить данные аминокислоты?

7. Дайте общую характеристику простым белкам.

Напишите структурные формулы следующих пептидов: *ала-гли*, *лиз-фен-тир*, *асп-глу-ала-гли*. Укажите в них характерные функциональные группы.

8. Чем отличаются сложные белки от простых? Приведите примеры сложных белков и охарактеризуйте их.

Фосфопротеины содержат в качестве небелковой части остаток фосфорной кислоты, которая образует сложноэфирные группировки за счет гидроксильных групп серина, треонина и тирозина, входящих в состав полипептидов. Напишите схемы присоединения фосфорной кислоты к следующим фрагментам полипептидной цепи: *сер-гли-ала-цис*, *тир-лиз-сер-глин-вал*.

9. Какое значение имеют белки в питании человека? Что такое азотный баланс?

Напишите уравнения реакций последовательного гидролиза пептидов *глу-ала-фен-гли* и *фен-лей-глин-цис* до соответствующих  $\alpha$ -аминокислот.

10. Биологическая ценность белков. Заменяемые и незаменимые аминокислоты.

Дайте биологическую оценку следующим гексапептидам: *глу-асп-ала-цис-гли-асн*, *глу-асп-про-ала-вал-цис*, *вал-про-лиз-тир-ала-фен*, *вал-лей-мет-тир-тре-лиз*.

## 4.2. Нуклеиновые кислоты

*Нуклеиновые кислоты* – это высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Нуклеотиды построены из остатков фосфорной кислоты, моносахаридов (рибозы или дезоксирибозы) и азотистых оснований (пуриновых или пиримидиновых).

Различают два типа нуклеиновых кислот – *дезоксирибонуклеиновые кислоты* (ДНК) и *рибонуклеиновые кислоты* (РНК). В состав молекул РНК входят остатки азотистых оснований аденина, гуанина, цитозина и урацила, а в состав молекул ДНК – аденина, гуанина, цитозина и тимина. Углеводная часть в РНК представлена рибозой, а в ДНК – дезоксирибозой. В молекулах ДНК и РНК нуклеотиды связаны в полимерную цепь за счет образования сложноэфирных связей между остатками фосфорной кислоты и спиртовыми гидроксилами моносахаридов. Нуклеиновые кислоты имеют первичную структуру, а также более сложную вторичную и третичную структуры.

*Первичная структура нуклеиновых кислот* представляет собой последовательность расположения нуклеотидов в полинуклеотидной цепи ДНК и РНК. Стабилизация полинуклеотидной цепи достигается за счет сложноэфирных связей.

*Вторичная структура ДНК* – это двухцепочечная правозакрученная спираль, состоящая из антипараллельных полинуклеотидных нитей и удерживаемая за счет водородных связей. Водородные связи образуются между азотистыми основаниями разных цепей: аденином и тиминном (2 связи), гуанином и цитозином (3 связи). Данные пары азотистых оснований называются *комплементарными*. Таким образом, две полинуклеотидные цепи в молекуле ДНК комплементарны друг другу, т.е. последовательность оснований в одной цепи определяет последовательность оснований в другой цепи.

*Третичная структура ДНК* существует в виде линейных и кольцевых форм. Она образуется в результате спирализации и суперспирализации двухцепочечной молекулы.

Молекулы РНК существуют в виде одной цепи, в которой отдельные участки образуют двуспиральные сегменты (*вторичная структура*). Дополнительные элементы упорядоченности цепи РНК обуславливают *третичную структуру* молекулы.

*Биологическая роль ДНК*: хранение, воспроизведение и передача наследственной информации.

В процессе деления клетки происходит удвоение ДНК (*репликация*), поэтому каждая новая клетка получает такую же генетическую информацию, какая имела в исходной клетке.

В молекулах ДНК закодирована информация об аминокислотной последовательности белка. Каждому из остатков 20  $\alpha$ -аминокислот, входящих в состав белка, соответствует *генетический код* – последовательность трех нуклеотидов в цепи ДНК.

*Биологическая роль РНК*: участие в биосинтезе белка.

В клетке содержатся три основных вида РНК – информационные или матричные (*иРНК*), рибосомные (*рРНК*) и транспортные (*тРНК*). *иРНК* считывают генетическую информацию с ДНК (*транскрипция*) и переносят ее к рибосомам, где происходит биосинтез белка (*трансляция*). *тРНК* в процессе биосинтеза белка осуществляют перенос аминокислот из цитоплазмы клетки в рибосомы. *рРНК* выполняют роль структурных компонентов рибосом, а также обеспечивают взаимодействие рибосом с *тРНК*.

## Задания

11. Химический состав нуклеиновых кислот. Каковы различия в химическом составе РНК и ДНК?  
Напишите структурные формулы цитидин-3'-монофосфата, дезоксиаденозин-5'-монофосфата, тимидина.
12. Рассмотрите строение молекулы ДНК. Поясните, в чем заключается принцип комплементарности.  
Рассчитайте среднюю длину (в миллиметрах) двухцепочечных молекул ДНК, находящихся в одной клетке, если количество нуклеотидных пар в составе клеточной ДНК следующее (млн): млекопитающие – 5500, птицы – 2000, бактерии – 2 (расстояние между азотистыми основаниями в молекуле ДНК составляет 0.34 нм).
13. Приведите классификацию молекул РНК. Какие функции выполняют молекулы РНК в клетке?  
При кислотном гидролизе нуклеозидов аденозина, гуанозина и уридина образуются азотистые основания и рибоза. Напишите уравнения этих реакций.
14. Какое биологическое значение имеют нуклеиновые кислоты?  
Напишите структурную формулу динуклеотида, входящего в состав ДНК, в котором в качестве азотистых оснований выступают аденин и гуанин.
15. Биосинтез ДНК (репликация).  
Одна из цепей фрагмента молекулы ДНК имеет последовательность нуклеотидов: Ц Г Т Г А Т Т Г Г Т Т Ц Т А.... Какова будет структура фрагмента ДНК после репликации?
16. Биосинтез РНК (транскрипция).  
Фрагмент ДНК имеет состав Т А Ц Г Г А А Ц Т Т Т.... Определите структуру синтезируемого фрагмента иРНК.
17. Биосинтез белка (трансляция). Генетический код.  
Часть молекулы белка имеет следующую последовательность аминокислот *ала-тре-лиз-асн-сер-гln-глу-асп*.... Пользуясь таблицей кодонов белкового синтеза (приложение 2), определите один из вариантов последовательности нуклеотидов в молекуле иРНК.

### 4.3. Ферменты

*Ферменты* – это биологические катализаторы белковой природы, способные во много раз ускорять химические реакции, протекающие в живом организме, но сами не входящие в состав конечных продуктов.

Ферменты по строению делятся на простые (однокомпонентные) и сложные (двухкомпонентные). *Простые ферменты* состоят из полипептидных цепей и при гидролизе распадаются только на аминокислоты. *Сложные ферменты* состоят из белковой части (апофермента) и небелковой части (кофактора). Небелковая часть может быть представлена неорганическими ионами ( $Zn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и др.) или органическими веществами (производными витаминов, нуклеотидами, фосфорными эфирами некоторых моносахаридов и др.).

У каждого фермента есть *активный центр*, т.е. часть молекулы фермента, обеспечивающая его непосредственное связывание с молекулой субстрата и участвующая в процессе катализа. В молекуле фермента может присутствовать также *аллостерический центр*, с которым связываются активаторы или ингибиторы, вызывая изменение каталитической активности фермента.

Важным свойством ферментов является их *специфичность*, т.е. способность катализировать строго определенные реакции. Выделяют несколько типов специфичности: *абсолютная специфичность* – фермент катализирует превращение только одного субстрата; *относительная специфичность* – фермент действует на несколько субстратов, относящихся к одному или нескольким классам органических соединений; *стереохимическая специфичность* – фермент катализирует превращение только одной стереохимической формы субстрата (стереоизомера).

Для каждого фермента характерна определенная температура и узкая область значений pH, при которой он проявляет максимальную активность. Температурный оптимум для большинства ферментов находится при 40-60°C, а оптимум pH среды – поблизости от нейтральной точки. Однако есть ферменты, которые проявляют максимальную активность в других условиях. Например, у папаина температурный оптимум находится при 80°C, а пепсин имеет оптимум pH, равный 2.0.

Активность ферментов в значительной степени определяется присутствием в среде активаторов и ингибиторов. *Активаторы* – это

вещества, которые повышают активность ферментов, а *ингибиторы*, напротив, ее снижают. Например, соляная кислота активирует действие пепсина желудочного сока; цианиды подавляют активность цитохромов, отвечающих за тканевое дыхание. Механизм действия ингибиторов и активаторов основан на их взаимодействии с молекулой фермента, сопровождающемся изменением пространственной конфигурации фермента, что приводит к снижению или повышению его каталитической активности.

Согласно классификации, разработанной комиссией по ферментам Международного биохимического союза, все ферменты делятся на 6 основных классов. В каждый класс включены ферменты, катализирующие общий тип реакции: *оксидоредуктазы* катализируют окислительно-восстановительные реакции; *трансферазы* – реакции переноса групп атомов с одного соединения на другое, *гидролазы* – реакции гидролиза, т.е. расщепления сложных органических молекул на более простые; *лиазы* – реакции негидролитического отщепления каких-либо групп от субстрата с образованием двойной связи или присоединением группировок по месту разрыва двойной связи; *изомеразы* – реакции изомеризации, т.е. внутримолекулярного переноса химических группировок и образование изомерных форм различных органических соединений; *лигазы (синтетазы)* – реакции присоединения двух молекул друг к другу за счет энергии АТФ.

В настоящее время многие отрасли пищевой промышленности основаны на использовании ферментов. В формировании цвета, вкуса и аромата пищевых продуктов большая роль принадлежит оксидоредуктазам – глюкозооксидазе, полифенолоксидазе, липоксигеназе. Препараты глюкозооксидазы применяются для удаления следов глюкозы и кислорода при производстве яичного порошка, майонеза, вина, пива. Полифенолоксидазе принадлежит важная роль в технологии производства черного чая, а липоксигеназе – в процессах созревания пшеничной муки. Среди ферментов гидролаз широкое применение находят амилазы, инвертаза, протеазы. Амилазы имеют большое значение при получении различных патоки и глюкозы из крахмала, в производстве кондитерских изделий, спиртных напитков и в пивоварении. Инвертаза применяется в производстве конфет. Животные протеазы (пепсин и реннин) осуществляют свертывание казеина молока и растворяют белковую муть в пиве, а растительные протеазы (папаин и бромелаин) способствуют умягчению мяса.

## Задания

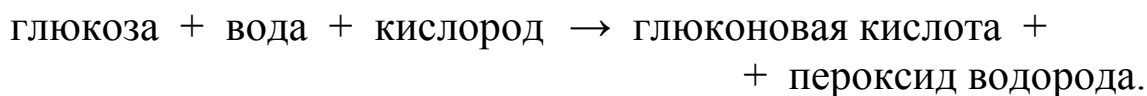
18. Общее понятие о ферментах. Механизм действия ферментов.  
Напишите структурную формулу кофермента никотинамидадениндинуклеотида (НАД<sup>+</sup>) и покажите фрагмент, участвующий в реакции.
19. Строение ферментов. Активный и аллостерический центры ферментов. Кофакторы и коферменты.  
Кофермент флавиновых ферментов флавинадениндинуклеотид (ФАД) образуется в результате взаимодействия флавиномононуклеотида (ФМН) с аденозинтрифосфатом (АТФ). Напишите уравнение реакции образования ФАД.
20. Что такое специфичность действия ферментов? Приведите примеры абсолютной, относительной и стереохимической специфичности.  
Напишите уравнение реакции гидролиза мочевины под действием фермента уреазы и укажите тип специфичности действия фермента.
21. Каким образом влияет на активность ферментов температура, рН среды, присутствие активаторов и ингибиторов?  
В качестве ингибиторов ферментов выступают ионы тяжелых металлов (например, Hg<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>). На чем основан механизм их ингибирующего действия?
22. Классификация ферментов и их участие в биохимических процессах в организме.  
Фермент тромбин, образующийся из протромбина кровяной плазмы, гидролизует пептиды, амиды и сложные эфиры орнитина. Напишите формулу этилового эфира орнитина и уравнение реакции его гидролиза.
23. Ферменты оксидоредуктазы: участие в биохимических реакциях и использование в пищевых технологиях.  
Фермент липоксигеназа катализирует окисление полиненасыщенных жирных кислот кислородом воздуха с образованием гидропероксидов. Напишите уравнение реакции окисления линолевой кислоты.
24. Ферменты гидролазы: участие в биохимических реакциях и использование в пищевых технологиях.



В организме при действии фермента липазы происходит ступенчатый гидролиз триацилглицеролов на глицерол и жирные кислоты. Напишите уравнения реакций последовательного расщепления диолеоилстеароилглицерола.

25. Какую роль играют ферменты в технологических процессах переработки пищевых продуктов и их хранения?

Препараты фермента глюкозооксидазы нашли применение в пищевой промышленности для удаления следов глюкозы и кислорода. Напишите уравнение реакции, протекающей под влиянием глюкозооксидазы, в соответствии со схемой:



#### 4.4. Углеводы

*Углеводы* – это органические соединения, содержащие альдегидную или кетонную группы и несколько спиртовых гидроксильных групп.

Углеводы выполняют следующие важные функции: энергетическую, структурную, регуляторную, защитную, резервную. В зависимости от строения выделяют 3 класса углеводов (приложение 3).

*Моносахариды* – это полигидроксиальдегиды или полигидроксикетоны с числом атомов углерода от 3 до 10.

По характеру функциональных групп моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза и др.) могут быть альдоспиртами (альдозами) и кетоспиртами (кетозами), а по числу атомов углерода – триозами, тетрозам, пентозам, гексозам и др. Начиная с пентоз, моносахариды в водном растворе образуют равновесные системы, состоящие из молекул с развернутой цепью и молекул с циклической структурой. Для моносахаридов характерны реакции окисления, восстановления, алкилирования, ацилирования и др.

*Олигосахариды* – это углеводы, которые содержат в своем составе от 2 до 10 остатков моносахаридов, соединенных гликозидными связями.

По числу остатков моносахаридов, входящих в состав олигосахаридов, различают ди-, три-, тетрасахариды и др. Наиболее широко распространены дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза). Сахароза образована остатками глюкозы и фруктозы, лактоза – глюкозы и галактозы, а мальтоза состоит из двух остатков глюкозы. Лактоза и

мальтоза содержат свободные гликозидные гидроксилы, которые определяют их восстановительные свойства и все реакции, свойственные моносахаридам. Сахароза не содержит гликозидные гидроксилы и не проявляет характерных реакций альдегидной группы.

*Полисахариды* – это высокомолекулярные углеводы, содержащие от нескольких десятков до нескольких тысяч остатков моносахаридов, связанных гликозидными связями.

С точки зрения функционального назначения полисахариды могут быть резервными (крахмал, гликоген) и структурными (целлюлоза, гемицеллюлозы). Полисахариды, в отличие от моно- и олигосахаридов, не имеют сладкого вкуса, почти не растворяются в воде и не кристаллизуются. Полисахариды не проявляют восстановительные свойства, за счет спиртовых ОН-групп алкилируются и ацилируются, под действием минеральных кислот и ферментов гидролизуются.

Углеводы в процессе переработки и хранения пищевого сырья претерпевают разнообразные превращения, наиболее важные из которых гидролиз олиго- и полисахаридов, брожение, образование коричневых продуктов (меланоидинообразование и карамелизация).

*Гидролиз олиго- и полисахаридов* – это процесс взаимодействия олиго- и полисахаридов с водой в присутствии кислот или ферментов, который сопровождается разрывом гликозидных связей.

В пищевой промышленности используются процессы гидролиза сахарозы, крахмала и крахмалосодержащего сырья, целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ.

*Брожение углеводов* – это процесс расщепления углеводов под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами, и приводящий к образованию различных продуктов.

Наиболее легко подвергаются брожению глюкоза и фруктоза, из дисахаридов хорошим субстратом для брожения являются сахароза и мальтоза. Различают спиртовое, молочнокислое, маслянокислое брожение и др. Название вида брожения определяется названием образующихся продуктов. Брожение углеводов используется при изготовлении хлеба, в производстве пива, кваса, спирта, вина и др.

*Меланоидинообразование* – это окислительно-восстановительный процесс взаимодействия углеводов с аминокислотами и белками, который приводит к образованию темно-окрашенных пигментов – меланоидинов.

В качестве промежуточных веществ в ходе меланоидинообразования образуются карбонильные и ароматические соединения (фурфурол, мальтол, изомальтол), которые влияют на вкус и аромат пищевых продуктов. Процесс меланоидинообразования используют в пищевой промышленности для того, чтобы получить продукты с заданным ароматом, например, при выпечке хлеба, обжарке кофейных зерен, изготовлении шоколада, сушке овощей и фруктов и др.

*Карамелизация* – это процесс нагревания углеводов при температуре 100°C и выше, приводящий к образованию продуктов с карамельным цветом и ароматом – карамельных пигментов.

В промышленности особое значение имеет карамелизация сахарозы, глюкозы и фруктозы. Процесс карамелизации используют в производстве хлеба, кондитерских изделий, карамели, пива и др.

### *Задания*

26. Распространение углеводов в природе и их функции. Классификация углеводов.

Составьте уравнения реакций гидролиза сахарозы, мальтозы и лактозы.

27. Глюкоза и фруктоза: строение, свойства, содержание в продуктах питания и использование в пищевой промышленности.

Какую массу шестиатомного спирта сорбита можно получить при восстановлении 1 кг глюкозы, если выход продукта составляет 80% от теоретического?

28. Основные виды брожения углеводов. Приведите схемы реакций. Где в природе и кулинарии встречаются эти процессы?

Какая масса молочной кислоты образуется при брожении 300 г глюкозы, содержащей 5% примесей?

29. Крахмал: строение, свойства, содержание в продуктах питания и применение в пищевой промышленности.

Сколько необходимо взять картофеля, чтобы получить 100 г крахмала? Содержание крахмала в картофеле составляет 20%, а потери при получении крахмала не превышают 10%.

30. Сахароза: строение, свойства, содержание в продуктах питания и использование в кулинарии.

Из 200 г корнеплодов сахарной свеклы извлечена сахароза и подвергнута кислотному гидролизу, в результате получено по

- 0,1 моль глюкозы и фруктозы. Рассчитайте содержание сахарозы (в %) в сахарной свекле.
31. Пектиновые вещества: строение, свойства, распространение в природе и применение в кулинарии.  
Напишите уравнения реакций гидролиза полигалактуроновой кислоты и этерификации карбоксильных групп в полигалактуроновой кислоте метиловым спиртом.
32. Целлюлоза: строение, свойства, распространение в природе и использование в пищевой промышленности.  
Какое общее химическое свойство характерно для сахарозы, крахмала и целлюлозы? Составьте уравнения реакций.
33. Превращения углеводов при хранении и переработке пищевого сырья.  
Напишите структурные формулы веществ, которые образуются в процессе меланоидинообразования. Каким образом они влияют на вкус, аромат и биологическую ценность продуктов? Какое промышленное значение имеет процесс карамелизации?
34. Содержание углеводов в пищевых продуктах и их практическое использование. Биологическая роль пищевых волокон.  
Сок зеленого яблока дает реакцию с йодом. Сок спелого яблока восстанавливает аммиачный раствор оксида серебра. Каким образом можно объяснить эти явления?

#### 4.5. Липиды

*Липиды* – это природные органические соединения, не растворимые в воде, но растворимые в неполярных растворителях (бензол, хлороформ, серный эфир и др.), являющиеся производными высших жирных кислот и способные утилизироваться живыми организмами.

Роль липидов в процессах жизнедеятельности организма велика и разнообразна. К основным функциям липидов относятся структурная, энергетическая, резервная, защитная и регуляторная.

В зависимости от строения липиды делятся на 2 класса: *простые липиды* – это сложные эфиры жирных кислот со спиртами (ацилглицеролы, воски); *сложные липиды* – это сложные эфиры жирных кислот со спиртами, дополнительно содержащие и другие группы (фосфолипиды, гликолипиды, стеролы).

*Ацилглицеролы* – это сложные эфиры трехатомного спирта глицерола и одной, двух или трех высших жирных кислот.

Триацилглицеролы составляют основную массу животных жиров и растительных масел. Животные жиры обычно содержат значительное количество насыщенных (пальмитиновой, стеариновой) жирных кислот, поэтому являются твердыми веществами. В состав растительных масел входят много ненасыщенных (олеиновой, линолевой) жирных кислот, благодаря чему они имеют жидкую консистенцию. В организме человека триацилглицеролы жировой ткани являются формой хранения энергии, они также выполняют в подкожном слое роль физической защиты, термо- и электроизоляторов.

*Воски* – это сложные эфиры высших жирных кислот и высших одноатомных или двухатомных спиртов.

Воски выполняют, главным образом, защитную функцию. Они входят в состав жира, покрывающего кожу, перья, шерсть. У растений около 80% от всех липидов, образующих пленку на поверхности листьев, составляют воски.

*Фосфолипиды* – это сложные эфиры, построенные из остатков спиртов (глицерола, сфингозина), жирных кислот, фосфорной кислоты, а также азотсодержащих компонентов (азотистых оснований – холина, этаноламина; аминокислот) или некоторых других веществ.

Вместе с белками и углеводами фосфолипиды участвуют в построении клеточных мембран. В пищевой промышленности фосфолипиды используются в качестве эмульгаторов.

*Гликолипиды* – это сложные эфиры, построенные из остатков спиртов (глицерола, сфингозина), жирных кислот и углевода (глюкозы, галактозы, маннозы и др.).

Гликолипиды выполняют структурную функцию, участвуя в построении мембран клеток. Особенно велико содержание гликолипидов в мембранах нервных клеток.

*Стероиды* – это одноатомные спирты, являющиеся производными циклопентанпергидрофенантрена, который содержит три конденсированных циклогексановых и одно циклопентановое кольцо.

Наиболее известным животным стеролом является холестерол, а растительными стеролами – стигмастерол и ситостерол. Стероиды входят в состав клеточных мембран и регулируют обмен веществ в клетке. Например, холестерол служит предшественником для синтеза витамина D, гормонов, участвует в обмене желчных кислот.

В процессе переработки и хранения пищевого сырья липиды претерпевают разнообразные превращения. Одним из главных направлений превращений липидов является их *окислительное прогоркание*. Окисление липидов пищи представляет собой цепной свободно-радикальный процесс, который приводит к появлению в жирах пероксидных соединений, а на более поздних стадиях – альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот. Это способствует появлению у жиросодержащих продуктов неприятного запаха и вкуса. Скорость окисления липидов возрастает при увеличении неопределенности остатков жирных кислот, входящих в состав жиров и масел, повышении температуры, воздействии света, в присутствии ионов металлов.

Для удовлетворения потребностей пищевой промышленности в маргаринах и кулинарных жирах осуществляют гидрогенизацию и переэтерификацию масел и жиров. При *гидрогенизации* происходит присоединение водорода к двойным связям остатков ненасыщенных жирных кислот в молекулах ацилглицеролов, а при *переэтерификации* – обмен остатков жирных кислот в пределах одной молекулы или между молекулами ацилглицеролов. В результате протекания данных процессов меняется жирнокислотный состав исходных продуктов и их свойства, что открывает возможности для получения жиров с заданными физико-химическими характеристиками.

### Задания

35. Распространение липидов в природе и их функции. Классификация липидов.

Рассчитайте молярное соотношение между липидом и белком в мембране, содержащей 40% липида и 60% белка, если средняя молярная масса липидов равна 800, а белка – 50 000.

36. Рассмотрите строение и свойства жирных кислот, входящих в состав липидов.

Напишите формулы 1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерола и 1-линолеоил-2-олеоил-3-пальмитоилглицерола. Какой триацилглицерол имеет более высокую температуру плавления? Почему?

37. Триацилглицеролы: строение, биологическая роль и свойства.

Какие вещества образуются в результате щелочного гидролиза трипальмитоилглицерола и диолеоилстеароилглицерола? Составьте схемы реакций.

38. Воски: строение, биологическая роль и распространение в природе.

В состав пчелиного воска входит эфир пальмитиновой кислоты и мирицилового спирта ( $C_{31}H_{63}OH$ ), а в состав спермацета – эфир пальмитиновой кислоты и цетилового спирта ( $C_{16}H_{33}OH$ ). Напишите формулы эфиров.

39. Фосфолипиды: строение, свойства, содержание в продуктах питания и использование в пищевой промышленности.

Гидролиз лецитина протекает в три стадии – отщепление жирных кислот, отщепление холина и отщепление фосфорной кислоты. Напишите уравнения реакций последовательного гидролиза лецитина.

40. Стеролы: строение, биологическая роль и содержание в продуктах питания.

В каких продуктах в наибольшем количестве содержится холестерин? Приведите количественные данные. Почему холестерин не содержится в растительных продуктах?

41. Окислительное прогоркание липидов. Какие факторы оказывают влияние на скорость окисления липидов?

Напишите структурную формулу и назовите вещество, входящее в состав «кухонного чада». Приведите схемы последовательных реакций его образования из жира.

42. Какое значение имеют липиды в питании человека? Пищевая ценность липидов.

Запасы жира в организме составляют 15% от массы тела. В течение скольких дней голодания запасы жира могут обеспечить энергозатраты организма при условии, что суточный расход энергии при голодании равен  $\sim 11\ 000$  кДж, а распад 1 г жира дает около 45 кДж?

43. Гидрогенизация и переэтерификация липидов. Какую роль играют данные процессы в промышленной переработке жиров и масел?

Напишите уравнения реакций гидрирования 1-олеоил-2-пальмитоил-3-стеароилглицерола и 1-линолеоил-2-олеоил-3-пальмитоилглицерола. Укажите условия протекания реакций.

## 4.6. Витамины

*Витамины* – это сложные вещества, которые присутствуют в небольших количествах в пище, обеспечивая нормальное протекание биохимических и физиологических процессов.

Действие витаминов основано на том, что, поступая в организм, они превращаются в свои активные формы, которые, как правило, являются коферментами, входящими в состав важнейших ферментов. Витамины в составе ферментов регулируют обмен веществ живых организмов.

Витамины классифицируются на две группы: растворимые в жирах (А, D, К, Е) и растворимые в воде (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, РР, Н, фолиевая кислота, С, Р).

Суточная потребность в витаминах зависит от разных факторов, в том числе от возраста, массы тела, пола, физической нагрузки, состояния здоровья и др. Недостаточное потребление того или иного витамина с пищей ведет к его дефициту в организме и развитию витаминной недостаточности. Обычно различают две степени витаминной недостаточности – гипоавитаминоз и авитаминоз.

*Авитаминоз* – это состояние глубокого дефицита данного витамина, приводящее к развитию тяжелого заболевания (цинга, бери-бери и др.).

*Гипоавитаминоз* – это состояние умеренного дефицита витамина с небольшими отклонениями в состоянии организма (потеря аппетита, утомляемость, раздражительность).

При приеме витаминов в количестве, значительно превышающем физиологические нормы, могут развиваться *гиперавитаминозы*. Это особенно характерно для жирорастворимых витаминов.

### Задания

Строение витаминов, их физико-химические свойства, биологическая роль, авитаминоз, распространение в природе, суточная потребность и изменения при кулинарной обработке продуктов питания и хранении:

44. витамин А;
45. витамин D;
46. витамин Е;
47. витамин К;



48. витамин В<sub>1</sub>;
49. витамин В<sub>2</sub>
50. витамин В<sub>6</sub>;
51. витамин В<sub>12</sub>;
52. витамин РР;
53. витамин Н;
54. фолиевая кислота;
55. витамины С и Р.

#### 4.7. Гормоны

*Гормоны* – это вещества органической природы, вырабатываемые в специализированных клетках желез внутренней секреции, поступающие в кровь и оказывающие регулирующее влияние на обмен веществ и физиологические функции.

Для гормонов характерны следующие специфические особенности биологического действия:

- гормоны проявляют свое биологическое действие в ничтожно малых концентрациях ( $10^{-6}$ - $10^{-12}$  моль/л);
- гормональный эффект реализуется через белковые рецепторы и внутриклеточные посредники (мессенджеры);
- не являясь ни ферментами, ни коферментами, гормоны в то же время осуществляют свое действие путем увеличения скорости синтеза ферментов или изменения скорости ферментативного катализа;
- действие гормонов в целостном организме определяется в известной степени контролирующим влиянием центральной нервной системы;
- железы внутренней секреции и продуцируемые ими гормоны составляют единую систему, тесно связанную при помощи механизмов прямой и обратной связи.

В зависимости от места синтеза различают гормоны гипоталамуса, гипофиза, надпочечников, щитовидной, поджелудочной, половые желез и др. По своему химическому строению гормоны подразделяются на 3 группы. *Пептидные и белковые гормоны* содержат в своем составе от 3 до 250 и более аминокислотных остатков. Это гормоны гипоталамуса, гипофиза, а также гормоны поджелудочной

железы (инсулин, глюкагон). *Гормоны – производные аминокислот* в основном представлены производными аминокислоты тирозина. К ним относятся гормоны мозгового вещества надпочечников (адреналин, норадреналин) и гормоны щитовидной железы (тироксин и его производные). *Гормоны стероидной природы* – это гормоны коркового вещества надпочечников (кортикостероиды) и половые гормоны (эстрогены, андрогены).

Координирующие и регулирующие функции в процессах роста и развития растений выполняют растительные гормоны (фитогормоны). Различают 5 групп фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота и этилен. В отличие от гормонов животных, фитогормоны менее специфичны, что проявляется в однотипном действии на одни и те же метаболические процессы различных фитогормонов.

### *Задания*

56. Общее понятие о гормонах и их физиологическая роль. Особенности биологического действия гормонов. Классификация гормонов.
57. Гормоны растений (фитогормоны), их биологическая роль и практическое значение.

Строение гормонов, биохимические функции, применение в медицинской практике и заболевания, развивающиеся при нарушении их секреции:

58. гормоны гипоталамуса;
59. гормоны гипофиза;
60. гормоны мозгового вещества надпочечников;
61. гормоны коркового вещества надпочечников;
62. гормоны щитовидной железы;
63. гормоны поджелудочной железы;
64. женские половые гормоны;
65. мужские половые гормоны.

#### 4.8. Основы биоэнергетики. Биологическое окисление

Одной из главных особенностей живых организмов является то, что они представляют собой открытые системы, способные извлекать, преобразовывать и использовать энергию окружающей среды либо в форме питательных веществ, либо в форме солнечного излучения. Совокупность процессов превращения веществ и энергии в живой клетке, а также между клеткой и окружающей средой, называется *метаболизмом*.

Живые организмы непосредственно не используют энергию, содержащуюся в молекулах питательных веществ. Для них характерно ступенчатое освобождение свободной энергии с одновременным ее преобразованием в химическую энергию *высокоэнергетических (макроэргических) соединений*. К числу высокоэнергетических соединений относятся аденозин-5'-трифосфат (АТФ), ацетил-КоА, фосфоенолпируват, 1,3-дифосфоглицерат и др. Химические реакции с участием данных веществ сопровождаются освобождением большого количества энергии, которая затем расходуется на различные процессы жизнедеятельности.

Различные клетки и ткани способны потреблять кислород и выделять углекислый газ, т.е. способны дышать. При дыхании органические вещества подвергаются окислению с образованием конечных, полностью окисленных, продуктов – воды и углекислого газа.

*Биологическое окисление* – это совокупность окислительных реакций, происходящих в биологических объектах и обеспечивающих их энергией и метаболитами для осуществления процессов жизнедеятельности. Обычно различают два типа биологического окисления – свободное окисление и окисление, сопряженное с фосфорилированием АДФ в АТФ.

Под *свободным окислением* понимают реакции, энергия которых не трансформируется в энергию АТФ. Высвобождающаяся при распаде химических связей энергия переходит в тепловую и рассеивается. Реакции свободного окисления протекают при участии кислорода и катализируются ферментами оксидазами.

Вторым типом биологического окисления является *окисление, сопряженное с фосфорилированием АДФ в АТФ*. Существуют три основных пути фосфорилирования АДФ: фотосинтетическое фосфорилирование – образование АТФ из АДФ и фосфата за счет энергии света в процессе фотосинтеза; субстратное фосфорилирование – об-

разование АТФ за счет переноса фосфатной группы от высокоэнергетического соединения на АДФ; окислительное фосфорилирование – образование АТФ из АДФ и фосфата за счет энергии, освобождающейся при окислении питательных веществ.

Главная масса АТФ у аэробных организмов синтезируется путем окислительного фосфорилирования в митохондриях. При окислительном фосфорилировании происходит перенос атомов водорода с различных субстратов, образующихся в ходе окисления углеводов, липидов и белков, на *дыхательную цепь митохондрий*, где происходит восстановление молекулярного кислорода и образование АТФ. В процессе переноса атомов водорода от восстановленных субстратов к молекулярному кислороду принимают участие такие биохимические системы, как пиридинзависимые дегидрогеназы, флавинзависимые дегидрогеназы (флавиновые ферменты), цитохромы, убихинон (коэнзим Q), железосерные белки.

### Задания

66. Вычислите калорийность стакана молока (250 г), считая, что в молоке массовая доля белка 3.2%, жира 2.5% и углеводов 5.6%. Калорийность белков и углеводов принять равной 17.2 кДж /г, а калорийность жиров – 38.9 кДж /г.
67. Какие соединения называются макроэнергетическими? Приведите примеры высокоэнергетических соединений нуклеотидной и нуклеотидной природы.
68. Чем отличается окисление, сопряженное с фосфорилированием АДФ, от свободного окисления? Приведите примеры реакций свободного окисления.
69. Какое значение имеют для организмов реакции субстратного фосфорилирования? Приведите примеры реакций субстратного фосфорилирования.
70. Какие соединения являются поставщиками протонов и электронов **на** дыхательную цепь митохондрий? Напишите их формулы и рассмотрите механизм действия.
71. Рассмотрите строение дыхательной цепи митохондрий. Укажите участки, где происходит сопряжение окисления с фосфорилированием АДФ.

72. Охарактеризуйте строение, расположение и роль убихинона в дыхательной цепи митохондрий.
73. Охарактеризуйте строение, механизм действия и расположение цитохромов в дыхательной цепи митохондрий.
74. Рассчитайте и сравните энергетический эффект (в молекулах АТФ) полного окисления одной молекулы глюкозы и одной молекулы стеариновой кислоты.

#### **4.9. Метаболизм углеводов, липидов и белков**

*Метаболизм углеводов.* Углеводы составляют 60-70% общей суммы калорий пищи человека, их основная масса представлена олиго- и полисахаридами (сахароза, крахмал, гликоген). Углеводы пищи расщепляются в пищеварительном тракте до моносахаридов под действием амилолитических ферментов.

Главным энергетическим углеводом клетки, обеспечивающим ее потребности в энергии и пластических веществах, является глюкоза (рис. 1). В процессе *гликолиза* в аэробных условиях глюкоза расщепляется до пирувата, который затем превращается в ацетил-КоА. Дальнейшие окислительные превращения ацетил-КоА связаны с прохождением через цикл Кребса и генерированием энергии в форме АТФ за счет восстановительных эквивалентов НАДН и ФАДН<sub>2</sub>. Кроме этого, образующиеся молекулы пирувата и ацетил-КоА включаются в процессы биосинтеза аминокислот и жирных кислот. Альтернативным гликолизу путем катаболизма глюкозы является *пентозофосфатный путь*, в ходе которого образуются сахарофосфаты, используемые для биосинтеза аминокислот и нуклеотидов.

Избыток глюкозы, который не включился в окисление, в результате протекания процесса *гликогенеза* может резервироваться в виде гликогена в печени и мышцах. При длительном голодании, когда концентрация глюкозы в крови падает, происходит расщепление гликогена (*гликогенолиз*) и снабжение организма глюкозой за счет запасов гликогена. Если получаемое с пищей количество углеводов недостаточно и запасы гликогена истощены, то для поддержания необходимой концентрации глюкозы в крови в печени запускается биосинтез глюкозы – *глюконеогенез*.

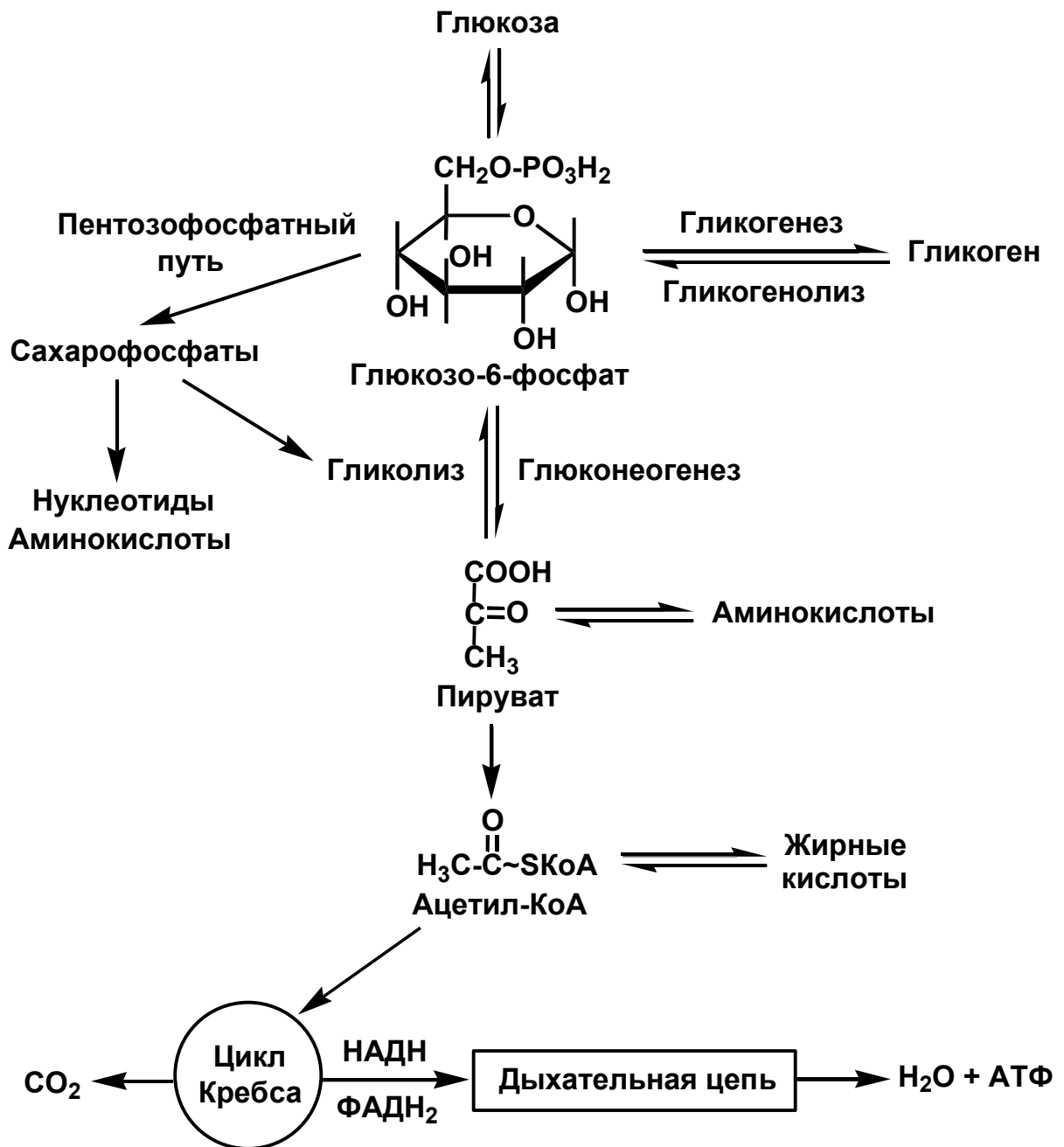


Рис. 1. *Метаболические превращения глюкозы*

*Метаболизм липидов.* Основная масса липидов пищи представлена триацилглицеролами, гидролиз которых у человека преимущественно протекает в тонком кишечнике под действием панкреатической липазы и липазы тонкого кишечника в присутствии солей желчных кислот, выступающих в качестве эмульгаторов. Основными продуктами гидролиза триацилглицеролов являются жирные кислоты, глицерол и 2-ацилглицеролы. После всасывания продуктов расщепления липидов, в эпителиальных клетках кишечника из моноа-

цилглицеролов и жирных кислот вновь синтезируются триацилглицеролы. Ресинтезированные триацилглицеролы транспортируются в кровь, а затем в различные ткани и органы.

Часть триацилглицеролов депонируется в жировой ткани, а другая часть – вновь гидролизуется до жирных кислот и глицерола. При физической работе и других состояниях организма, требующих повышенных энергозатрат, потребление триацилглицеролов жировой ткани как энергетического резерва увеличивается.

Глицерол поступает в печень или почки, где через ряд последовательных стадий превращается в пируват (рис. 2). Свободные жирные кислоты подвергаются активации и окислению с образованием ацетил-КоА. Образовавшийся ацетил-КоА окисляется в цикле Кребса, а в ходе окислительного фосфорилирования образуются молекулы АТФ. Биосинтетические процессы с участием продуктов окисления липидов связаны с синтезом аминокислот и глюкозы из пирувата; холестерина, желчных и высших жирных кислот из ацетил-КоА.

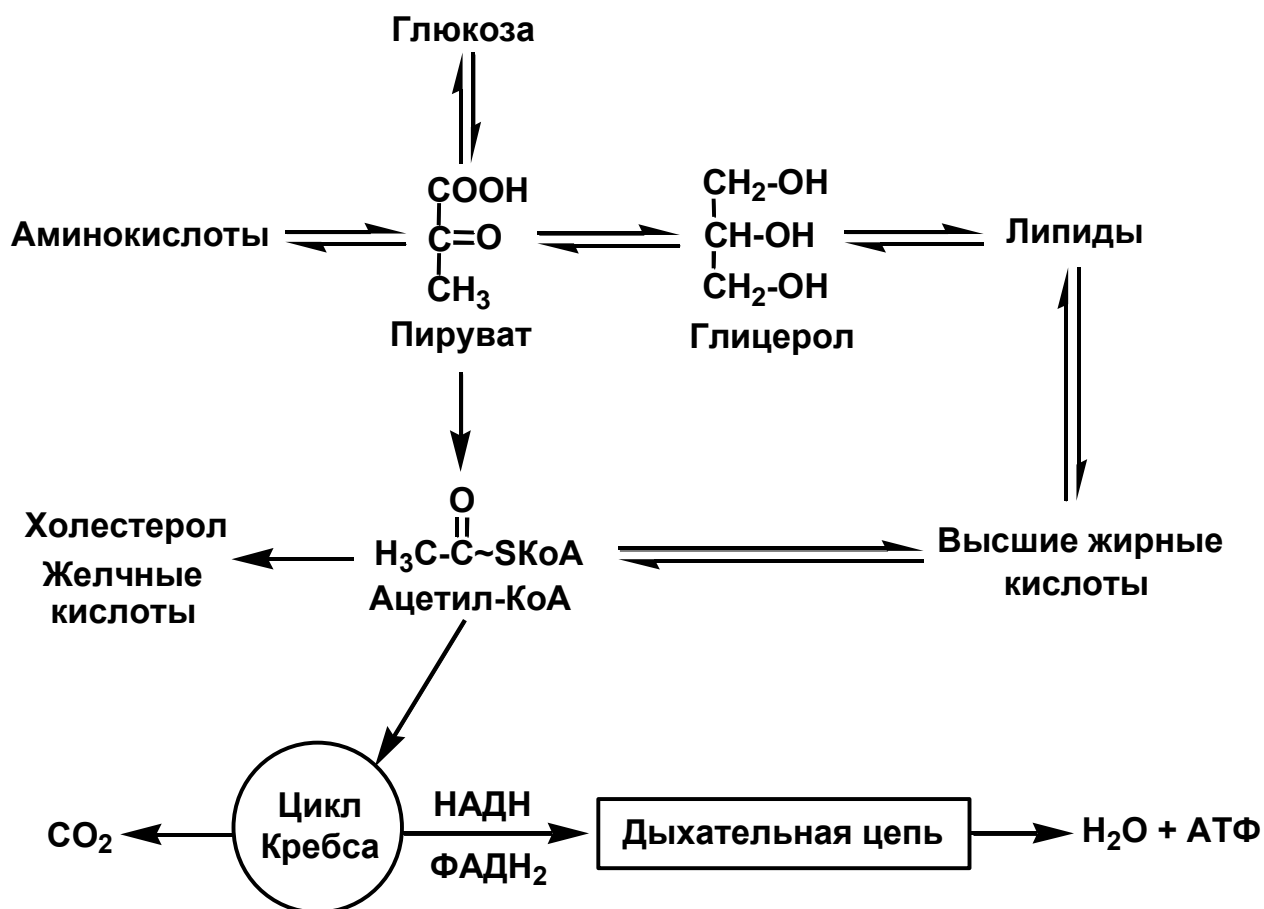


Рис. 2. Метаболические превращения липидов

**Метаболизм белков.** Белки являются главными функциональными молекулами всех видов живых организмов. Ежедневно в организм человека с пищей поступает 60-100 г белка. В желудочно-кишечном тракте белки расщепляются до аминокислот под действием протеолитических ферментов – *протеаз*, катализирующих гидролиз пептидных связей. Основным органом метаболизма аминокислот является печень. В печени из аминокислот происходит синтезе белков и других азотсодержащих соединений, а также протекают процессы катаболических превращений аминокислот (рис. 3).

Чаще всего катаболизм аминокислот начинается с *отщепления от молекул аминокислот аминогруппы*, в результате чего образуются пируват и ацетил-КоА. Ацетил-КоА далее включается в цикл Кребса, в ходе которого образуются углекислый газ и восстановительные эквиваленты – НАДН и ФАДН<sub>2</sub>. Последние поступают в дыхательную цепь, где происходит синтез АТФ. Ацетил-КоА может также вовлекаться в биосинтез жирных кислот, а пируват – в биосинтез глюкозы.

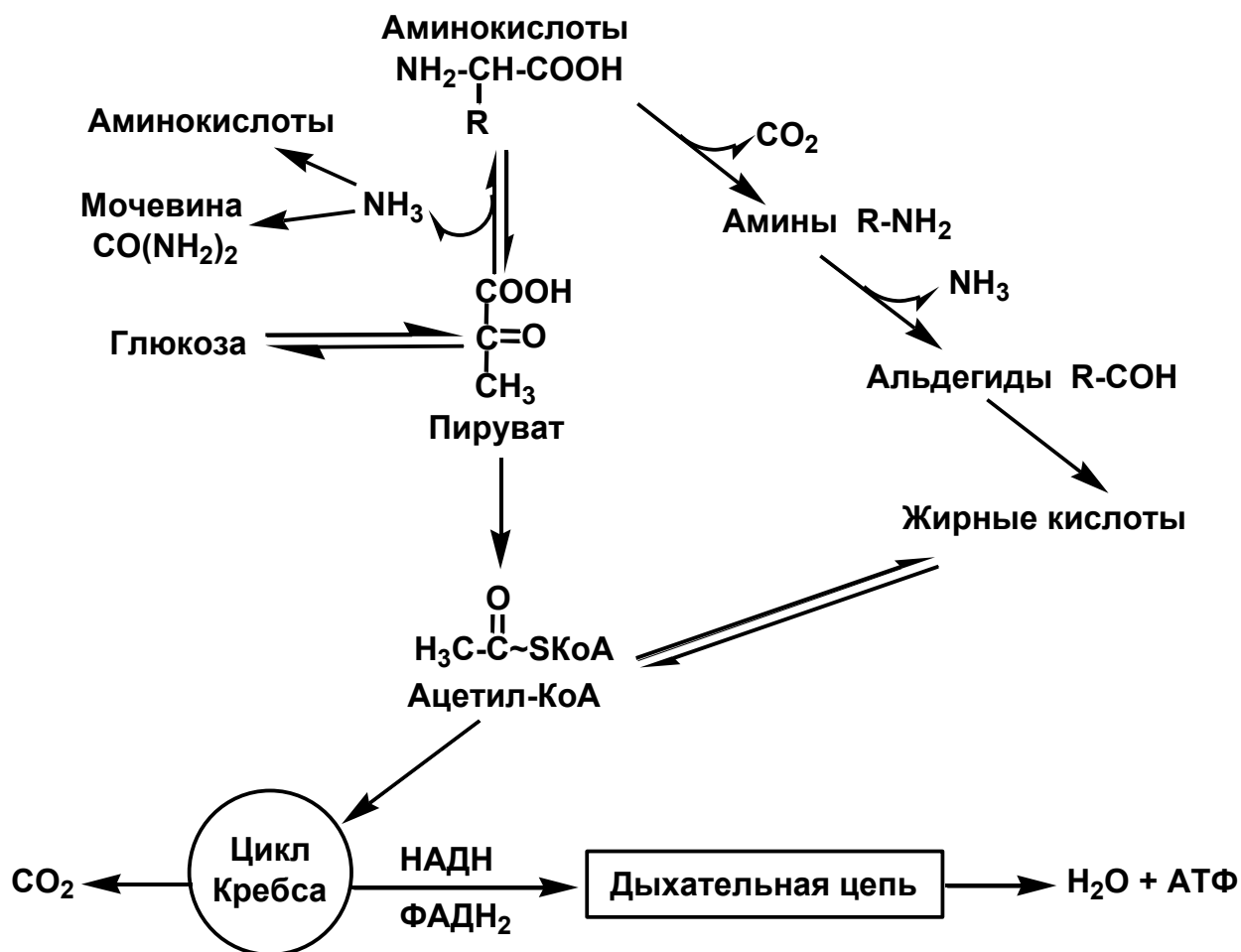


Рис. 3. *Метаболические превращения аминокислот*



Распад аминокислот может происходить с отщеплением от аминокислот карбоксильной группы в виде углекислого газа, что приводит к образованию аминов. Амины далее подвергаются дезаминированию с образованием альдегидов, которые, в свою очередь, окисляются до органических кислот. Образовавшиеся органические кислоты могут вовлекаться в процессы биосинтеза липидов.

Обезвреживание аммиака, который образуется на начальных стадиях катаболизма аминокислот, происходит путем биосинтеза мочевины в ходе орнитинового цикла, образования глутамина и аспарагина, а также превращения аммиака в ион аммония.

Животные и человек могут синтезировать только часть из 20 аминокислот, которые входят в состав белков. К ним относятся 10 заменимых аминокислот (аланин, глицин, пролин, серин, цистеин, аспарагин, глутамин, тирозин, аспарагиновая кислота и глутаминовая кислоты), синтезируемых в организме в достаточном количестве, и 2 полузаменимые аминокислоты (аргинин, гистидин), которые образуются в организме в недостаточном количестве. Пути биосинтеза аминокислот разнообразны, но при этом они обладают одним свойством: углеродный скелет аминокислот образуется из промежуточных метаболитов гликолиза, пентозофосфатного пути и цикла Кребса.

### Задания

75. Переваривание и всасывание углеводов в организме человека.  
Напишите уравнения реакций последовательного расщепления крахмала в желудочно-кишечном тракте человека. Укажите ферменты, осуществляющие эти превращения
76. Синтез и распад гликогена: суммарные реакции и биологическая роль данных процессов.  
Синтез гликогена в организме протекает с участием УДФ-глюкозы. Напишите уравнения реакций образования УДФ-глюкозы, обозначив названия веществ их полными формулами:  
$$\text{АТФ} + \text{УДФ} \rightarrow \text{АДФ} + \text{УТФ}$$
$$\text{УТФ} + \text{глюкозо-1-фосфат} \rightarrow \text{УДФ-глюкоза} + \text{H}_3\text{PO}_4$$
77. Рассмотрите основные этапы аэробного и анаэробного окисления глюкозы. Составьте суммарные уравнения реакций. Укажите конечные продукты окисления.

78. Рассчитайте энергетический эффект (в молекулах АТФ) полного окисления одной молекулы мальтозы в аэробных условиях.
79. Гликолиз углеводов: биологическое значение, основные реакции и энергетический баланс. На каких стадиях гликолиза происходит синтез молекул АТФ?
80. Какое значение имеет цикл Кребса для метаболизма углеводов, липидов и белков? Напишите основные реакции цикла Кребса.  
Рассчитайте число молекул АТФ, которое образуется из одной молекулы ацетил-КоА в цикле Кребса, сопряженным с окислительным фосфорилированием.
81. Какие неуглеводные предшественники используются для биосинтеза глюкозы? Напишите их формулы и объясните, каким образом они вовлекаются в процесс биосинтеза глюкозы.  
Сахароза в растениях и у высших организмов синтезируется в соответствии со следующей схемой:  

$$\text{УДФ-глюкоза} + \beta\text{-фруктоза} \rightarrow \text{сахароза} + \text{УДФ}$$
Напишите уравнение реакции, обозначив названия веществ их полными формулами.
82. Какую роль играют желчные кислоты в переваривании и всасывании липидов в желудочно-кишечном тракте?  
В организме человека при действии фермента липазы происходит ступенчатое расщепление триацилглицеролов на глицерол и жирные кислоты. Напишите уравнения реакций расщепления диолеоилстеароилглицерола.
83. Перечислите основные стадии процесса окисления жирных кислот. Составьте общую схему и напишите суммарное уравнение реакции  $\beta$ -окисления пальмитоил-КоА. Рассчитайте энергетический эффект (в молекулах АТФ) окисления одной молекулы пальмитиновой кислоты до углекислого газа и воды.
84. Напишите общую схему и суммарное уравнение реакции биосинтеза пальмитиновой кислоты. Укажите основные стадии протекания данного процесса. Какую роль в биосинтезе жирных кислот играет мультиферментный комплекс синтетаза жирных кислот?
85. Напишите уравнения реакций биосинтеза трипальмитоилглицерола из глицерола и пальмитиновой кислоты. Сколько молекул АТФ необходимо для протекания данного процесса?

86. Напишите уравнения реакций биосинтеза дипальмитоилфосфатидилэтаноламина. Сколько высокоэнергетических фосфатных связей необходимо для биосинтеза дипальмитоилфосфатидилэтаноламина?
87. Какую роль играет холестерол в обмене веществ в организме? Каким образом он синтезируется в организме человека? Перечислите основные этапы биосинтеза холестерола.
88. Каким образом происходит переваривание белков в желудочно-кишечном тракте человека? Какие ферменты участвуют в этом процессе?
- Фермент аминопептидаза гидролизует дипептиды и трипептиды, отщепляя N-концевой остаток. Напишите формулу любого трипептида и реакцию его гидролиза с помощью аминопептидазы.
89. Напишите уравнения реакций окислительного дезаминирования аминокислот – аланина, валина, серина и лейцина. Укажите ферменты, катализирующие данные реакции? В какие дальнейшие метаболические процессы могут вовлекаться продукты окислительного дезаминирования аминокислот.
90. Напишите уравнение реакций трансаминирования между пировиноградной и глутаминовой кислотами, оксалоацетатом и глутаминовой кислотой серином и  $\alpha$ -кетоглутаровой кислотой. Укажите ферменты, катализирующие данные реакции? В какие дальнейшие метаболические процессы могут вовлекаться продукты трансаминирования аминокислот?
91. Биогенные амины и их биологическая роль.
- Напишите уравнения реакций образования аминов из аминокислот: агматина из аргинина, изоамиламин из лейцина, кадаверина из лизина, путресцин из орнитина. К какому типу относятся данные реакции?
92. Каким образом происходит обезвреживание аммиака в организме человека? Составьте схему образования мочевины в процессе орнитинового цикла.
93. Незаменимые аминокислоты. Какие предшественники используются для биосинтеза незаменимых аминокислот? Напишите

их формулы и укажите аминокислоты, которые из них синтезируются.

Напишите уравнения реакций восстановительного аминирования пировиноградной кислоты до аланина, оксалоацетата до аспарагиновой кислоты,  $\alpha$ -кетоглутаровой кислотой до глутаминовой кислоты. Какие ферменты катализируют данные реакции?

#### **4.10. Водный и минеральный обмен**

В состав живых организмов, кроме сложных органических соединений, входят различные неорганические вещества, которые играют важную роль в построении их макро- и микроструктур, а также принимают активное участие в обмене веществ.

Вода – это важная составная часть всех живых организмов. Общее количество воды в организме взрослого человека составляет около 60-65% от массы тела, у высших животных оно колеблется в пределах 60-75%. Большая часть воды локализована в организме в его клетках. Эту воду называют *внутриклеточной*. Вода, сосредоточенная в межклеточном пространстве или входящая в состав биологических жидкостей, называется *внеклеточной*.

Вода – это основная среда живого организма. Большинство биохимических реакций протекает в водных растворах или на границе раздела диспергированных в воде веществ. Во многих случаях вода сама является непосредственным участником химических реакций. С водой удаляются из тканей и выводятся из организма конечные продукты обмена. Вода используется растениями и животными для регуляции и выравнивания температуры тела. Она активно участвует в поддержании осмотического давления в клетке.

Суточная потребность в воде у взрослого человека составляет приблизительно 40 г на каждый килограмм веса (при весе 70 кг это составляет 2,6-2,8 л), а у детей – в 2-4 раза больше, чем у взрослых. Потребность в воде изменяется в зависимости от температуры окружающей среды, характера деятельности, состава потребляемой пищи. Потеря 20% воды опасна для жизни.

Большое влияние на баланс воды в организме оказывает гормон вазопрессин, выделяемый задней долей гипофиза. Он уменьшает выделение воды из организма с мочой. Гормоны коры надпочечников – минералокортикоиды – тоже влияют на водный обмен, способствуя

удержанию ионов натрия и потери ионов калия и кальция. Ионы натрия вызывают накопление воды в клетках и тканях, тогда как ионы калия и кальция содействуют ее выведению.

В состав живых организмов входят различные химические элементы, которые в зависимости от их содержания можно разделить на три группы: *макроэлементы* – содержание в организме выше 0,01% (O, C, H, N, P, S, Ca, Mg, Na, Cl); *микроэлементы* – содержание в организме находится в пределах  $10^{-3}$ - $10^{-5}$ % (I, Cu, F, Br, Co, Mo, Zn и др.); *ультрамикроэлементы* – содержание в организме менее  $10^{-5}$ % (Ag, Au, Pb, Be и др.).

Минеральные вещества выполняют опорную функцию, играют большую роль в поддержании пространственной структуры биополимеров, участвуют в регуляции активности ферментов. Велика роль ионов в поддержании осмотического равновесия в жидкостях организма и постоянства внутренней среды организма. Многие ионы выполняют специфические функции, определяемые их химическими свойствами.

Потребность человека в минеральных веществах, как и потребность в воде, зависит от возраста, пола, мышечной активности и условий окружающей среды. Минеральные вещества, поступающие с пищей, всасываются через слизистую оболочку кишечника и доставляются в печень. В печени происходит задержка части ионов, необходимых для ее функционирования, остальные ионы разносятся и распределяются между различными органами и тканям.

В регуляции ионного обмена большую роль играют гормоны коры надпочечников, щитовидной и паращитовидных желез. Гормоны щитовидной и паращитовидных желез (кальцитонин и паратгормон) совместно с витамином D воздействуют на обмен кальция и фосфора. Гормон коры надпочечников альдостерон усиливает в почечных канальцах обратное всасывание ионов натрия, хлора, бикарбонат-ионов и выведение с мочой ионов калия и водорода.

### Задания

94. Содержание воды в организме и ее участие в процессах жизнедеятельности.
95. Обмен воды и его регуляция.
96. Макроэлементы и их биологическое значение.

97. Микроэлементы и их биологическое значение.
98. Обмен минеральных веществ и его регуляция.

#### ***4.11. Взаимосвязь и регуляция обмена углеводов, липидов и белков***

Все процессы обмена веществ в организме взаимосвязаны во времени и пространстве, то есть существует единая система метаболических процессов. Среди многочисленных биохимических реакций, протекающих в процессе метаболизма биомолекул, можно выделить одни и те же реакций характерные для всех групп соединений. Такие единые реакции объединяют в одно понятие – *центральные пути обмена*, а образующиеся при этом метаболиты получили название *ключевых метаболитов*.

Превращения углеводов, липидов и белков в процессе метаболизма протекает в несколько этапов (рис. 1-3).

На *первом этапе* молекулы углеводов, липидов и белков распадаются на мономеры – гексозы (в частности глюкозу), глицерол и жирные кислоты, аминокислоты. Данный этап является специфичным для каждого класса соединений.

На *втором этапе* происходит превращение мономерных молекул с образованием общих для всех групп соединений – пирувата или ацетил-КоА. Эти метаболиты являются ключевыми, так как именно через них осуществляется взаимосвязь между обменом различных веществ в организме. Метаболические превращения второго этапа сопровождаются генерацией энергии в форме АТФ, а также образованием восстановительных эквивалентов НАДН и ФАДН<sub>2</sub>.

*Третий этап* – это реакции цикла Кребса. Это основной метаболический путь, обеспечивающий с одной стороны, полное окисление ацетил-КоА, образовавшегося при распаде биомолекул до углекислого газа и воды, и, с другой стороны – поставляющий исходные вещества для биосинтеза различных соединений. В ходе цикла Кребса образуются молекулы НАДН и ФАДН<sub>2</sub>, которые поступают в дыхательную цепь митохондрий, где происходит синтез АТФ.

В живых организмах не существует самостоятельного обмена углеводов, липидов и белков. Все процессы синтеза и распада биомолекул взаимосвязаны между собой и четко скоординированы. Между отдельными классами биомолекул возможны различные вза-

имопревращения, в процессе которых осуществляется переход одних веществ в другие. Четкая слаженность биохимических превращений обеспечивается благодаря наличию механизмов регуляции метаболических процессов – ферментативного, гормонального и нервного.

Все многообразие биохимических реакций, протекающих в живых организмах, катализируется ферментами. Именно за счет ферментов осуществляется согласованная последовательность метаболических процессов. Регуляция обмена веществ осуществляется также с помощью гормонов, вырабатываемых эндокринными железами. Гормоны поступают в кровь и переносятся к клеткам-мишеням, расположенным в различных тканях и органах. При взаимодействии гормонов с клетками-мишенями стимулируются специфические биохимические реакции клеточного метаболизма. Нервные клетки могут управлять функциями организма с помощью вырабатываемых ими сигнальных веществ, которые называются медиаторами. Медиаторы через кровь поступают в органы и ткани и регулируют их жизнедеятельность.

### *Задания*

99. Центральные пути и ключевые метаболиты обменных процессов. Основные этапы превращения белков, углеводов и липидов в процессе метаболизма.
100. Взаимопревращения белков, углеводов и липидов в процессе метаболизма.
101. Механизмы регуляции метаболических процессов: ферментативный, гормональный и нервный.
102. Регуляция обмена углеводов.
103. Регуляция обмена липидов.
104. Регуляция обмена белков.

## 5. ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

- Соответствие между формулой аминокислоты и классом, к которому она относится:
  - $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  А) положительно заряженные аминокислоты
  - $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$  В) неполярные аминокислоты
  - С) отрицательно заряженные аминокислоты
  - Д) ароматические аминокислоты
- Остатки аминокислот в полипептидной цепи соединены связью:
  - водородной
  - ионной
  - пептидной
  - дисульфидной
- К денатурации белка приводит:
  - нагревание
  - добавление воды
  - фильтрация
  - добавление этилового спирта
  - кристаллизация
- Соответствие между нуклеиновыми кислотами и их функциями:
  - ДНК А) перенос аминокислот в процессе биосинтеза белка
  - транспортные РНК В) хранение наследственной информации
  - рибосомные РНК С) считывание информации с ДНК
  - Д) структурный компонент рибосом
- Основным местом локализации ДНК в эукариотической клетке является ...
- К ферментам гидролазам относится:
  - каталаза
  - лактаза
  - глюкоизомераза
  - полифенолоксидаза



7. Последовательность этапов ферментативного катализа:
- 1) непосредственная ферментативная реакция
  - 2) связывание фермента с субстратом
  - 3) отделение продуктов превращения субстрата от фермента
  - 4) образование активированного комплекса
8. На активность ферментов оказывают влияние:
- a) растворимость фермента
  - b) pH среды
  - c) молекулярная масса фермента
  - d) форма молекулы фермента
  - e) температура
9. Соответствие между названием углевода и классом, к которому он относится:
- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| 1) гликоген | A) моносахариды |
| 2) мальтоза | B) гликолипиды  |
| 3) фруктоза | C) полисахариды |
|             | D) дисахариды   |
|             | F) полипептиды  |
10. Продуктом полного гидролиза крахмала является ...
11. Обладая выраженными теплоизоляционными свойствами, липиды выполняют в организме функцию:
- a) энергетическую
  - b) регуляторную
  - c) защитную
  - d) каталитическую
12. Сложными эфирами глицерола и жирных кислот являются:
- a) трипептиды
  - b) ацилглицеролы
  - c) воски
  - d) стеролы
13. Температура плавления жирных кислот увеличивается в ряду:
- 1)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOH}$
  - 2)  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_7\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOH}$
  - 3)  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_{16}\text{-COOH}$
  - 4)  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_4\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOH}$

14. ... – заболевание, которое развивается у детей при недостатке витамина D.
15. К жирорастворимым относятся витамины:
- С
  - А
  - Н
  - Е
  - В<sub>1</sub>
16. Основная функция гормонов:
- энергетическая
  - регуляторная
  - питательная
  - структурная
17. Соответствие между эндокринными железами и секретируемыми ими гормонами:
- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1) поджелудочная | А) фенилаланин |
| 2) щитовидная    | В) инсулин     |
| 3) гипофиз       | С) тироксин    |
|                  | Д) холин       |
|                  | Е) пролактин   |
18. В молекуле АТФ макроэргические связи являются:
- пептидными
  - фосфоэфирными
  - дисульфидными
  - гликозидными
19. Образование АТФ путем переноса фосфатной группы от высокоэнергетического соединения на АДФ называется:
- свободным окислением
  - восстановительным дезаминированием
  - субстратным фосфорилированием
  - окислительным декарбоксилированием
20. При декарбоксилировании аминокислот образуется:
- аммиак
  - нитрозоамин
  - амин
  - нитросоединение

21. Основным веществом, в виде которого азот выводится из организма человека, является ...
22. Расщепление крахмала в ротовой полости катализируется ферментом:
- a) липазой
  - b) амилазой
  - c) пепсином
  - d) рибонуклеазой
23. Соответствие между метаболическим процессом и его биологическим значением:
- |                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| 1) гликолиз      | A) биосинтез холестерина   |
| 2) глюконеогенез | B) окисление глюкозы       |
|                  | C) окисление жирных кислот |
|                  | D) биосинтез глюкозы       |
24. Основной путь катаболизма высших жирных кислот:
- a) гликолиз
  - b) орнитинный цикл
  - c)  $\beta$ -окисление
  - d) глюконеогенез
25. Удержанию воды в клетках и тканях способствуют ионы:
- a) железа (III)
  - b) йода
  - c) натрия
  - d) цинка
26. К общим путям катаболизма относится:
- a) гликолиз
  - b) цикл мочевины
  - c) цикл трикарбоновых кислот
  - d) пентозофосфатный путь
27. Недостаточное поступление углеводов с пищей может быть компенсировано за счет:
- a) белков
  - b) витаминов
  - c) нуклеиновых кислот
  - d) гормонов

## 6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### 6.1. Основная литература

1. Березов Т.Т. Биологическая химия: учебник / Т.Т. Березов, В.Ф. Коровин. – М.: Медицина, 2008.
2. Комов В.П. Биохимия: учебник / В.П. Комов, В.Н. Шведова. – М.: Дрофа, 2008.
3. Щербаков В.Г. Биохимия: учебник / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудникова, А.Д. Минакова. – СПб.: ГИОРД, 2009.

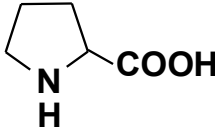
### 6.2. Дополнительная литература

4. Биохимия: учебник для вузов / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011.
5. Николаев А.Я. Биологическая химия: учебник / А.Я. Николаев. – М.: Медицинское информационное агентство, 2007.
6. Румянцев Е.В. Химические основы жизни: учебное пособие / Е.В. Румянцев, Е.В. Антипа, Ю.В. Чистяков. – М.: Химия, КолосС, 2007.
7. Биологическая химия: учебное пособие / Ю.Б. Филиппович, Н.И. Ковалевская, Г.А. Севастьянова и др.; под ред. Н.И. Ковалевской. – М.: Академия, 2009.
8. Рогожин В.В. Биохимия растений: учебник / В.В. Рогожин. – СПб.: ГИОРД, 2011.
9. Рогожин В.В. Биохимия животных: учебник / В.В. Рогожин. – СПб.: ГИОРД, 2009.
10. Терах Е.И. Биохимия. Метаболизм веществ и энергии в клетке: учебное пособие / Е.И. Терах. – Новосибирск: СибУПК, 2010.
11. Власов В.М. Биохимия. Углеводы и их биологическая роль: курс лекций / В.М. Власов. – Новосибирск: СибУПК, 2006.
12. Чернова Н.Н. Биохимия. Руководство к практическим занятиям: учебное пособие / Н.Н. Чернова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
13. Пищевая химия: учебник / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова; под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2007.
14. Химический состав российских продуктов питания / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002.

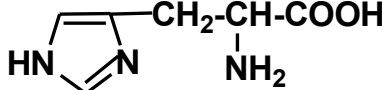
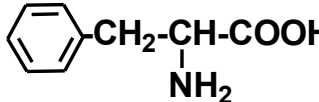
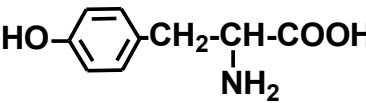
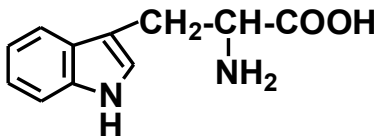
## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

*Аминокислоты, входящие в состав белков*

Название аминокислоты	Формула
<i>1</i>	<i>2</i>
Глицин (гли)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Пролин (про)	
Аланин (ала)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Валин (вал)*	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Лейцин (лей)*	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Изолейцин (иле)*	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Серин (сер)	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Цистеин (цис)	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Метионин (мет)*	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Треонин (тре)*	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Аспарагин (асн)	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{NH}_2 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Глутамин (гln)	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{NH}_2 \quad \text{NH}_2 \end{array}$

Продолжение приложения 1.

1	2
Аспарагиновая кислота (асп)	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH-COOH}$ $\quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \text{NH}_2$
Глутаминовая кислота (глу)	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH-COOH}$ $\quad \quad \quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2$
Лизин (лиз)*	$\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-CH-COOH}$ $\quad \quad \quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2$
Аргинин (арг)**	$\begin{array}{c} \text{HN} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H}_2\text{N} \end{array} \text{-NH-(CH}_2\text{)}_3\text{-CH-COOH}$ $\quad \quad \quad \quad \quad  $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2$
Гистидин (гис)**	
Фенилаланин (фен)*	
Тирозин (тир)	
Триптофан (трп)*	

\* – Незаменимые аминокислоты; \*\* – полузаменимые аминокислоты.

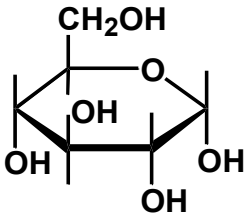
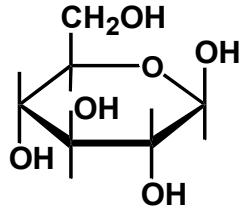
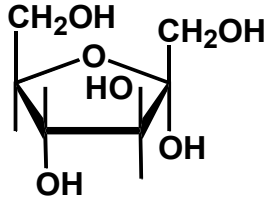
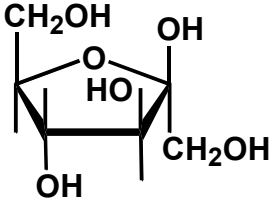
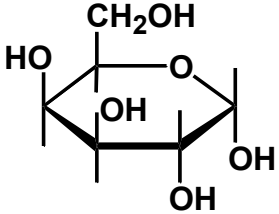
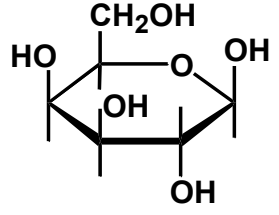
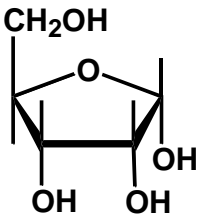
## Соответствие кодонов иРНК аминокислотам

Основания кодонов					
Первый	Второй	Третий			
		У	Ц	А	Г
У	У	фен	фен	лей	лей
	Ц	сер	сер	сер	сер
	А	тир	тир	–	–
	Г	цис	цис	–	трп
Ц	У	лей	лей	лей	лей
	Ц	про	про	про	про
	А	гис	гис	гли	гли
	Г	арг	арг	арг	арг
А	У	иле	иле	иле	мет
	Ц	тре	тре	тре	тре
	А	асн	асн	лиз	лиз
	Г	сер	сер	арг	арг
Г	У	вал	вал	вал	вал
	Ц	ала	ала	ала	ала
	А	асп	асп	глу	глу
	Г	гли	гли	гли	гли

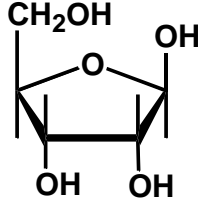
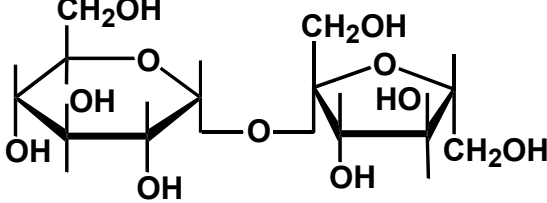
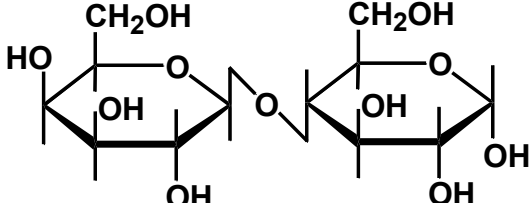
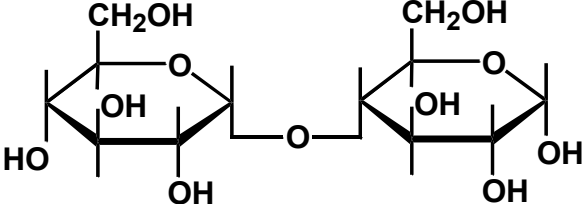
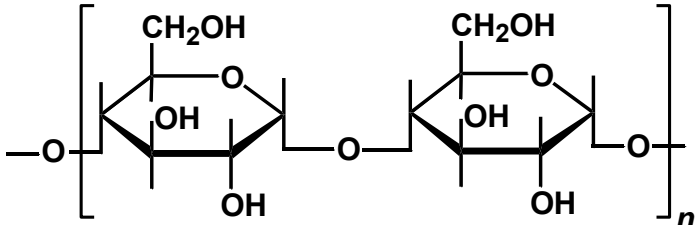
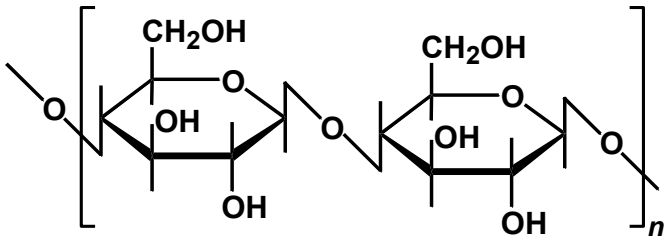
*Примечание:* У – урацил, Ц – цитозин, А – аденин, Г – гуанин.

Первый нуклеотид кодона расположен в 1-й колонке, второй – во 2-й колонке, третий – в верхней строке; например УУУ и УУЦ соответствуют аминокислоте фенилаланину.

*Важнейшие моносахарида, дисахариды и полисахариды*

Название углевода	Формула
1	2
<p><math>\alpha</math>-D-Глюкоза (<math>\alpha</math>-D-глюкопираноза)</p>	
<p><math>\beta</math>-D-Глюкоза (<math>\beta</math>-D-глюкопираноза)</p>	
<p><math>\alpha</math>-D-Фруктоза (<math>\alpha</math>-D-фруктофураноза)</p>	
<p><math>\beta</math>-D-Фруктоза (<math>\beta</math>-D-фруктофураноза)</p>	
<p><math>\alpha</math>-D-Галактоза (<math>\alpha</math>-D-галактопираноза)</p>	
<p><math>\beta</math>-D-Галактоза (<math>\beta</math>-D-галактопираноза)</p>	
<p><math>\alpha</math>-D-Рибоза (<math>\alpha</math>-D-рибофураноза)</p>	



1	2
<p><math>\beta</math>-D-Рибоза (<math>\beta</math>-D-рибофураноза)</p>	 <p>The structure shows a five-membered furanose ring with an oxygen atom at the top vertex. The C1 position is bonded to a CH<sub>2</sub>OH group pointing up. The C2 and C3 positions are bonded to OH groups pointing down. The C4 position is bonded to a CH<sub>2</sub>OH group pointing up.</p>
<p>Сахароза (<math>\alpha</math>-D-глюкопиранозил-<math>\beta</math>-D-фруктофуранозид)</p>	 <p>The structure shows two pyranose rings linked by an oxygen atom. The left ring is an alpha-D-glucopyranose unit with its C1-OH group pointing down. The right ring is a beta-D-fructofuranose unit with its C2-OH group pointing down. Both rings have their respective CH<sub>2</sub>OH groups pointing up.</p>
<p>Лактоза (<math>\beta</math>-D-галактопиранозил-<math>\alpha</math>-D-глюкопираноза)</p>	 <p>The structure shows two pyranose rings linked by an oxygen atom. The left ring is a beta-D-galactopyranose unit with its C1-OH group pointing up. The right ring is an alpha-D-glucopyranose unit with its C1-OH group pointing down. Both rings have their respective CH<sub>2</sub>OH groups pointing up.</p>
<p>Мальтоза (<math>\alpha</math>-D-глюкопиранозил-<math>\alpha</math>-D-глюкопираноза)</p>	 <p>The structure shows two alpha-D-glucopyranose units linked by an oxygen atom. Both units have their C1-OH groups pointing down and their CH<sub>2</sub>OH groups pointing up.</p>
<p>Крахмал</p>	 <p>The structure shows a repeating unit of starch, consisting of two alpha-D-glucopyranose units linked by an oxygen atom. The units are enclosed in large square brackets with a subscript 'n'. The left unit has its C1-OH group pointing down, and the right unit has its C1-OH group pointing up.</p>
<p>Целлюлоза</p>	 <p>The structure shows a repeating unit of cellulose, consisting of two beta-D-glucopyranose units linked by an oxygen atom. The units are enclosed in large square brackets with a subscript 'n'. The left unit has its C1-OH group pointing up, and the right unit has its C1-OH group pointing down.</p>

*Жирные кислоты, входящие в состав природных жиров и масел*

Кислота	Общая формула	Структурная формула
<i>Насыщенные кислоты</i>		
Лауриновая	$C_{12}H_{24}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$
Миристиновая	$C_{14}H_{28}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$
Пальмитиновая	$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
Стеариновая	$C_{18}H_{36}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
Арахидиновая	$C_{20}H_{40}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{18}-COOH$
Бегеновая	$C_{22}H_{44}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{20}-COOH$
<i>Мононенасыщенные кислоты</i>		
Олеиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$
Петрозелиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{10}-CH=CH-(CH_2)_4-COOH$
Эруковая	$C_{22}H_{42}O_2$	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_{11}-COOH$
Нервоновая	$C_{24}H_{46}O_2$	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_{13}-COOH$
<i>Полиненасыщенные кислоты</i>		
Линолевая	$C_{18}H_{32}O_2$	$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-$ $-(CH_2)_7-COOH$
Линоленовая	$C_{18}H_{30}O_2$	$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-$ $-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$
Арахидононовая	$C_{20}H_{32}O_2$	$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-$ $-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_3-COOH$