



# БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

*Для иностранных студентов*

Учебное пособие



# Биологическая химия

Под редакцией А.Д. Тагановича

Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для иностранных студентов  
учреждений высшего образования по специальностям  
«Лечебное дело», «Стоматология», «Фармация»

УДК 577.1(075.8)

ББК 28.072я73

Б63

Авторы:

проф. А.Д. Таганович; доц. А.В. Колб; доц. Н.Н. Ковганко; доц. Ж.А. Рутковская;  
доц. Т.В. Рябцева; доц. А.Г. Кадушкин; доц. Е.А. Девина; доц. Е.А. Хотько;  
ст. преподаватель Д.И. Мурашко

Рецензенты:

кафедра биологической химии Гомельского государственного медицинского университета;  
д-р мед. наук, проф. кафедры общей и клинической биохимии с курсом ФПК  
и ПК Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского  
университета Н.Ю. Коневалова.

*При оформлении обложки использованы материалы shutterstock.com по лицензии.*

Б63 **Биологическая химия** : учеб. пособие / А.Д. Таганович, А.В. Колб,  
Н.Н. Ковганко [и др.] ; под ред. А.Д. Тагановича. — Минск : Новое  
знание, 2026. — 400 с. : ил.

ISBN 978-985-24-0810-3.

Включает важнейшие разделы примерной программы по дисциплине «Биологическая химия»: химический состав живых организмов, строение макромолекул, молекулярные основы метаболизма, регуляция молекулярных процессов жизнедеятельности, биохимия отдельных тканей и органов, биохимия питания, интеграция метаболизма. Материал изложен лаконично и понятно, что делает его доступным для иностранных студентов. Для облегчения понимания каждая глава дополнена схемами и иллюстрациями. Структурированный подход к изучению биологической химии позволяет систематизировать знания и применять их на практике.

Для иностранных студентов I–III курсов медицинских вузов, обучающихся на русском языке.

УДК 577.1(075.8)  
ББК 28.072я73

ISBN 978-985-24-0810-3

© Оформление. ООО «Новое знание», 2026

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	13
Вся биохимия в нескольких страницах .....	14
<b>1. Белки: структура и функции</b>	<b>19</b>
1.1. Биологические функции белков.....	19
1.2. Аминокислоты .....	21
Классификация аминокислот.....	22
Свойства аминокислот.....	25
1.3. Пептиды .....	26
1.4. Структурная организация и свойства белков.....	27
Первичная структура.....	27
Вторичная структура .....	28
Третичная структура.....	30
Четвертичная структура.....	32
1.5. Классификация белков .....	35
1.6. Разделение и очистка белков .....	37
Диализ.....	37
Гель-фильтрация (гель-хроматография) .....	39
Осаждение сульфатом аммония (высаливание).....	41
Электрофорез в полиакриламидном геле (ПААГ) .....	41
Вестерн-блоттинг (иммуноэлектрофорез, иммуноблоттинг) .....	42
1.7. Клинические аспекты.....	44
Применение аминокислот в качестве лекарственных препаратов .....	44
Применение пептидов в качестве лекарственных средств.....	44
Нарушения фолдинга белков.....	45

Медицинское применение явления денатурации белков .....	45
<hr/>	
<b>2. Ферменты</b>	<b>46</b>
2.1. История .....	46
2.2. Общие свойства ферментов.....	47
2.3. Классификация ферментов .....	50
2.4. Коферменты.....	52
2.5. Кинетика ферментативного катализа.....	54
2.6. Регуляция процессов, катализируемых ферментами.....	56
2.7. Изоферменты .....	62
2.8. Медицинские аспекты энзимологии .....	64
Ферменты в патологии.....	64
Ферменты в диагностике.....	65
Ферменты в терапии .....	65
<hr/>	
<b>3. Введение в метаболизм и биоэнергетику</b>	<b>67</b>
3.1. Адениловая система клетки.....	71
3.2. Окислительное фосфорилирование и тканевое дыхание .....	72
3.3. Механизм тканевого дыхания .....	75
Разобщители тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования .....	81
3.4. Фотофосфорилирование. Фотосинтез.....	82
3.5. Центральные метаболические пути.....	91
3.6. Окислительное декарбоксилирование пирувата .....	91
Регуляция реакции окислительного декарбоксилирования.....	93
3.7. Цикл трикарбоновых кислот .....	94
Регуляция цикла трикарбоновых кислот .....	96
3.8. Пути использования $O_2$ клетками.....	96
<hr/>	
<b>4. Обмен углеводов</b>	<b>98</b>
4.1. Структура и функции основных углеводов .....	98
Классификация углеводов.....	98
4.2. Переваривание и всасывание углеводов .....	101
4.3. Метаболизм гликогена.....	103
Биосинтез гликогена (гликогенез) .....	103

Регуляция синтеза гликогена .....	105
Распад гликогена (гликогенолиз) .....	105
Регуляция распада гликогена .....	106
<b>4.4. Гликолиз.....</b>	<b>107</b>
Вовлечение фруктозы и галактозы в гликолиз.....	111
Регуляция гликолиза.....	113
<b>4.5. Аэробное окисление глюкозы.....</b>	<b>116</b>
Челночные механизмы переноса восстановительных эквивалентов через митохондриальные мембрany.....	117
<b>4.6. Глюконеогенез.....</b>	<b>118</b>
Энергетический баланс глюконеогенеза из пирувата .....	120
Регуляция глюконеогенеза.....	121
<b>4.7. Пентозофосфатный путь окисления глюкозы.....</b>	<b>123</b>
Регуляция пентозофосфатного пути.....	127
<b>4.8. Глюкуроновый путь окисления глюкозы.....</b>	<b>127</b>
<b>4.9. Спиртовое брожение глюкозы. Метаболизм этанола.....</b>	<b>129</b>
<b>4.10. Восстановительный путь обмена глюкозы.....</b>	<b>130</b>
<b>4.11. Регуляция уровня глюкозы в крови .....</b>	<b>131</b>
<b>4.12. Клинические аспекты.....</b>	<b>132</b>
Дефицит лактазы .....	132
Болезни накопления гликогена (гликогенозы).....	132
Сахарный диабет .....	133
Эссенциальная пентозурия .....	133
Сахара и кариес зубов.....	133
<b>5. Метаболизм липидов</b>	<b>134</b>
<b>5.1. Молекулярная структура и свойства липидов.....</b>	<b>135</b>
<b>5.2. Переваривание липидов .....</b>	<b>139</b>
<b>5.3. Транспорт липидов в крови .....</b>	<b>143</b>
<b>5.4. Метаболизм жирных кислот .....</b>	<b>146</b>
Депонирование и мобилизация липидов в жировой ткани .....	146
$\beta$ -Окисление жирных кислот .....	150
$\beta$ -Окисление жирных кислот с нечётным числом атомов углерода.....	152
$\beta$ -Окисление ненасыщенных жирных кислот .....	153
Регуляция $\beta$ -окисления .....	153
<b>5.5. Биосинтез жирных кислот .....</b>	<b>153</b>
Регуляция биосинтеза жирных кислот.....	160
<b>5.6. Эйкозаноиды .....</b>	<b>160</b>

5.7. Биосинтез холестерола .....	162
Регуляция биосинтеза холестерола .....	164
5.8. Кетоновые тела .....	164
5.9. Другие клинические аспекты нарушения обмена липидов .....	168
Нарушение всасывания жиров .....	168
Жировая дистрофия печени .....	168
Желчнокаменная болезнь .....	169
Наследственная гиперхолестерolemия .....	169
Факторы, способствующие атеросклерозу, и стратегии лечения .....	169
Противовоспалительные препараты .....	170
<b>6. Обмен белков и аминокислот</b>	<b>171</b>
<hr/>	
6.1. Азотистый баланс .....	171
6.2. Переваривание белков .....	174
6.3. Аминокислотный фонд .....	178
6.4. Общие реакции метаболизма аминокислот .....	181
Трансаминирование .....	181
Дезаминирование .....	182
Декарбоксилирование .....	184
6.5. Синтез аминокислот .....	187
6.6. Обезвреживание аммиака .....	187
Регуляция цикла мочевины .....	191
6.7. Гипераммониемия .....	191
6.8. Остаточный азот крови .....	192
6.9. Клинические аспекты .....	192
Ингибиторы протеаз в лечении заболеваний поджелудочной железы .....	192
Сывороточные аминотрансферазы .....	193
Врождённые нарушения обмена аминокислот .....	193
Мочевина в крови является диагностическим маркёром .....	194
<b>7. Химия нуклеиновых кислот</b>	<b>195</b>
<hr/>	
7.1. Структура ДНК .....	198
7.2. Структура РНК .....	202
7.3. Метаболизм нуклеопротеинов .....	204
7.4. Биосинтез нуклеотидов .....	207

Пути повторного использования азотистых оснований и нуклеозидов.....	207
Синтез пуриновых нуклеотидов <i>de novo</i> .....	208
Регуляция синтеза пуриновых нуклеотидов .....	210
Синтез пиримидиновых нуклеотидов <i>de novo</i> .....	212
Регуляция синтеза пиримидиновых нуклеотидов .....	214
7.5. Образование дезоксирибонуклеотидов .....	214
Регуляция синтеза дезоксирибонуклеотидов .....	215
7.6. Биосинтез ДНК, РНК и белков.....	215
Биосинтез ДНК .....	216
Биосинтез РНК.....	220
Биосинтез белка .....	222
Регуляция синтеза белка в клетке .....	226
Ингибиторы биосинтеза белка.....	228
7.7. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) .....	229
 8. Гормоны	 232
8.1. Классификация гормонов по химической структуре .....	232
8.2. Синтез гормонов, транспорт в крови, катаболизм. Основные особенности действия гормонов .....	233
Синтез гормонов.....	233
Транспорт гормонов .....	234
Инактивация гормонов (катаболизм) .....	234
Основные особенности действия гормонов .....	234
8.3. Классификация гормонов по механизму действия .....	235
8.4. Рецепторы и их классификация. Механизмы передачи гормональных сигналов.....	235
Механизм передачи сигнала через 7-ТМС рецепторы.....	236
Механизм передачи сигнала через 1-ТМС рецептор .....	240
Механизм передачи сигнала через внутриклеточные рецепторы .....	245
8.5. Гормоны гипоталамуса .....	246
8.6. Гормоны аденогипофиза.....	247
8.7. Йодсодержащие гормоны щитовидной железы .....	249
8.8. Гормоны поджелудочной железы .....	250
8.9. Стероидные гормоны.....	257

<b>9.</b>	<b>Биохимия печени</b>	<b>259</b>
9.1.	Биологическая роль печени.....	259
9.2.	Функциональные печёночные тесты .....	270
<b>10.</b>	<b>Интеграция метаболизма</b>	<b>273</b>
10.1.	Основные составляющие интеграции метаболизма .....	273
10.2.	Основные особенности обмена веществ в печени после приёма пищи .....	281
10.3.	Особенности метаболизма внепечёночных тканей в состоянии после приёма пищи .....	285
10.4.	Межорганный метаболизм натощак.....	286
10.5.	Метаболическая специализация органов натощак .....	286
10.6.	Межорганный обмен веществ после 12-часового голодания.....	287
10.7.	Межорганный метаболизм после трёхдневного голодания .....	289
10.8.	Межорганный метаболизм после трёхнедельного голодания.....	290
<b>11.</b>	<b>Биохимия крови</b>	<b>292</b>
11.1.	Основные функции крови.....	292
11.2.	Химический состав плазмы крови .....	293
11.3.	Метаболизм эритроцитов крови.....	293
11.4.	Дыхательная функция крови.....	296
	Структура и типы гемоглобина.....	296
	Синтез гемоглобина .....	299
	Регуляция синтеза гема.....	301
	Транспорт кислорода .....	303
	Транспорт углекислого газа.....	306
11.5.	Белки плазмы крови.....	308
	Альбумины.....	308
	Глобулины .....	309
11.6.	Ферменты сыворотки крови .....	316
<b>12.</b>	<b>Гемостаз</b>	<b>317</b>
12.1.	Белки системы гемостаза .....	317
12.2.	Система коагуляционного гемостаза .....	322

12.3. Роль витамина К в процессе свёртывания.....	326
12.4. Предотвращение свёртывания крови в кровеносных сосудах.....	328
12.5. Фибринолиз.....	331
12.6. Патологии свёртывания крови.....	336
12.7. Показатели свёртывания крови.....	337
<b>13. Биохимия питания</b>	<b>338</b>
13.1. Незаменимые факторы питания.....	338
13.2. Витамины .....	342
Водорастворимые витамины.....	343
Витамин В <sub>1</sub> (тиамин), антиневритный витамин.....	343
Витамин В <sub>2</sub> (рибофлавин) .....	344
Пантотеновая кислота .....	344
Никотиновая кислота (ниацин, витамин PP).....	345
Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин), антидерматитный витамин .....	346
Фолиевая кислота (фолат, витамин В <sub>9</sub> ) .....	347
Витамин В <sub>12</sub> (кобаламин), антианемический витамин .....	348
Биотин (витамин Н), антисеборейный витамин .....	349
Витамин С (аскорбиновая кислота), антискорбутный витамин.....	350
Жирорастворимые витамины.....	350
Витамин А (ретинол), антиксерофталмический витамин, витамин роста .....	351
Витамин Е (токоферол), витамин размножения .....	353
Витамин D (кальциферол), антирахитический витамин .....	354
Витамин К (нафтохиноны), антигеморрагический витамин.....	357
13.3. Витаминоподобные вещества.....	359
13.4. Синдром недостаточного питания .....	360
<b>14. Биохимия питания. Водно-минеральный обмен</b>	<b>363</b>
14.1. Вода в организме .....	363
14.2. Регуляция баланса жидкости в организме .....	365
14.3. Антидиуретический гормон .....	365
14.4. Ренин-альдостерон-ангиотензиновая система (РААС).....	366
14.5. Минеральные вещества .....	368

Макроэлементы .....	368
Натрий.....	369
Калий .....	369
Хлор .....	370
Регуляция электролитного и водного баланса .....	370
Натрийуретические пептиды .....	372
Кальций .....	372
Фосфор .....	373
Регуляция обмена кальция и фосфора.....	374
Кальцитонин .....	375
Паратгормон.....	375
Витамин D (кальциферол), <i>антирахитический витамин</i> .....	375
Магний .....	376
Сера .....	377
Микроэлементы .....	377
Железо.....	377
Медь .....	379
Цинк .....	380
Селен.....	380
Йод.....	381
Марганец .....	381
Кобальт.....	381
<b>15. Биохимия мочи</b>	<b>382</b>
15.1. Физико-химические свойства мочи .....	383
Объём.....	383
Цвет .....	383
Прозрачность (чистота) .....	384
Плотность (удельный вес).....	385
рН.....	385
Запах .....	385
15.2. Химический состав мочи в нормальных условиях .....	386
Органические компоненты.....	386
Мочевина.....	386
Мочевая кислота.....	386
Креатинин и креатин .....	386
Аминокислоты.....	387
Органические кислоты .....	387
Неорганические компоненты .....	387

15.3. Патологические компоненты мочи.....	388
15.4. Клинические аспекты.....	390
Сбор и подготовка образца мочи для анализа .....	390
«Трёхстаканная проба мочи» на гематурию.....	390
Ортостатическая протеинурия.....	391
Количественная оценка протеинурии .....	392
<b>16. Биохимия соединительной ткани</b>	<b>393</b>
16.1. Типы клеток .....	394
16.2. Внеклеточный матрикс .....	395
16.3. Протеогликаны.....	396
Гликозаминогликаны (ГАГ) .....	396
Строение протеогликанов.....	400
Биосинтез протеогликанов с О-гликозидной связью.....	402
Биосинтез протеогликанов с N-гликозидной связью .....	404
Типы протеогликанов.....	405
Интерстициальные протеогликаны .....	406
Протеогликаны базальной мембранны .....	407
Протеогликаны секреторных гранул .....	407
Мембранные протеогликаны .....	407
Функции протеогликанов.....	408
16.4. Мукопротеины.....	408
16.5. Гликопротеины .....	409
16.6. Распад белково-углеводных комплексов.....	409
16.7. Коллагены .....	410
Структурная организация коллагена.....	411
Синтез коллагена .....	411
Клиническое значение .....	414
16.8. Эластин.....	415
Синтез эластина.....	416
16.9. Адгезивные белки внеклеточного матрикса .....	417
<b>17. Биохимия зубов и ротовой полости</b>	<b>421</b>
17.1. Зубы.....	421
Минерализация твёрдых тканей зуба .....	423
Ткани зуба.....	423
Эмаль .....	424

Дентин.....	425
Цемент.....	425
Пульпа.....	425
<b>17.2. Ротовая жидкость .....</b>	<b>426</b>
Белки ротовой жидкости и их роль.....	427
Ферменты ротовой жидкости и их роль.....	428
<b>17.3. Поверхностные образования на эмали .....</b>	<b>429</b>
<b>17.4. Фтор и его биологическая роль .....</b>	<b>432</b>