

Ю. І. Губський  
І. В. Ніженковська  
М. М. Корда  
Г. М. Ерстенюк  
О. В. Кузнецова

# БІОЛОГІЧНА ХІМІЯ

---

Підручник для студентів  
закладів вищої медичної освіти

*За редакцією професора І. В. Ніженковської*



Вінниця  
НОВА КНИГА  
2021

УДК 577.1(075)

Б63

*Рекомендовано вченою радою Національного медичного університету імені О. О. Богомольця як підручник для студентів закладів вищої медичної освіти (протокол № 2 від 10 вересня 2020 року)*

*Рекомендовано вченою радою Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського як підручник для студентів закладів вищої медичної освіти (протокол № 7 від 25 червня 2020 року)*

#### **Автори:**

**Ю. І. Губський** – член-кореспондент НАМН України, заслужений діяч науки і техніки України, доктор медичних наук, професор.

**І. В. Ніженковська** – заслужений діяч науки і техніки України, доктор медичних наук, професор.

**М. М. Корда** – заслужений діяч науки і техніки України, доктор медичних наук, професор.

**Г. М. Ерстенюк** – заслужений діяч науки і техніки України, доктор медичних наук, професор.

**О. В. Кузнецова** – кандидат біологічних наук, доцент.

#### **Рецензенти:**

**Великий Микола Миколайович** – доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу біохімії вітамінів і коензимів Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України.

**Заїчко Наталія Валентинівна** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри біологічної та загальної хімії Вінницького національного медичного університету імені М. І. Пирогова.

#### **За редакцією професора І. В. Ніженковської**

**Біологічна хімія** : підручник / Губський Ю. І., Ніженковська І. В., Корда М. М. [та ін.] ; за ред. І. В. Ніженковської. – Вінниця : Нова Книга, 2021. – 648 с. : іл.

ISBN 978-966-382-914-2

Підручник містить систематизований виклад курсу біологічної хімії відповідно до програми навчальної дисципліни "Біологічна хімія", затвердженої для студентів закладів вищої медичної (фармацевтичної) освіти. В тексті підручника на основі новітніх досягнень біохімії розглянуто структуру та ферментативні реакції перетворення основних класів біомолекул – білків, нуклеїнових кислот (ДНК і РНК), амінокислот, вуглеводів, ліпідів, нуклеотидів, порфіринів; висвітлено засади молекулярної біології та генетики, біохімічні основи фізіологічних функцій організму людини та їх нейрогуморальної регуляції. Значну увагу приділено сучасним даним про молекулярні механізми функціонування клітин крові, печінки, м'язів, кісток, нирок, імунної й нервової систем. Розглянуто біохімічні основи патогенезу атеросклерозу, цукрового діабету, ожиріння, хвороб ендокринної, нервової систем, імунодефіцитних станів та спадкових захворювань людини. Кожен розділ підручника містить, крім інформаційного матеріалу, набір тестових завдань та питань для самоперевірки і контролю рівня засвоєння знань студентами. Видання може використовуватися спеціалістами, аспірантами та науковцями, що працюють у галузі загальної і медичної біохімії, фізіології, фармакології, імунології та інших біомедичних наук.

УДК 577.1(075)

*Охороняється законом про авторське право. Жодна частина даного видання не може бути відтворена в будь-якому вигляді без письмового дозволу автора та видавництва*

# ЗМІСТ

## РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНА ХІМІЯ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА БІОМЕДИЧНА НАУКА

Основні розділи біохімії .....	20
Медична та клінічна біохімія .....	21
Методи дослідження в біохімії .....	22

## РОЗДІЛ 2. БІОМОЛЕКУЛИ: ОСНОВНІ КЛАСИ

2.1. Білки і пептиди .....	28
2.1.1. Біологічні функції білків і пептидів .....	29
2.1.2. Будова й амінокислотний склад білків і пептидів .....	29
2.1.3. Рівні структурної організації білкових молекул .....	36
2.1.4. Фізико-хімічні властивості білків .....	45
2.1.5. Класифікація білків .....	46
2.2. Нуклеїнові кислоти. Нуклеотиди .....	47
2.2.1. Нуклеотиди: структура, біохімічні функції .....	48
2.2.2. Нуклеїнові кислоти: структура, властивості .....	52
2.2.3. Будова, властивості й біологічні функції РНК .....	58
2.3. Вуглеводи та їх похідні .....	63
2.3.1. Моносахариди та їх похідні .....	63
2.3.2. Складні вуглеводи. Олігосахариди. Полісахариди .....	67
2.3.3. Пептидоглікани клітинної стінки мікроорганізмів .....	74
2.4. Ліпіди .....	76
2.4.1. Загальна характеристика ліпідів. Вищі жирні кислоти (ВЖК) .....	76
2.4.2. Структура та функції ліпідів .....	77

## РОЗДІЛ 3. КЛІТИНИ. КОМПАРТМЕНТАЛІЗАЦІЯ МЕТАБОЛІЧНИХ ШЛЯХІВ

3.1. Біологічні мембрани .....	85
3.1.1. Молекулярні компоненти біомембран .....	86
3.2. Рідинно-мозаїчна модель будови біомембрани .....	89
3.3. Біофізичні властивості мембран .....	90
3.4. Компартменталізація метаболічних шляхів у клітині .....	91
3.5. Метаболізм: загальні уявлення, метаболічні шляхи .....	92

## РОЗДІЛ 4. ФЕРМЕНТИ

4.1. Властивості ферментів як біологічних каталізаторів .....	96
4.1.1. Одиниці виміру активності ферментів .....	97
4.2. Номенклатура та класифікація ферментів .....	97
4.3. Хімічна структура ферментів. Коферменти .....	100
4.3.1. Структура найбільш поширених коферментів .....	104
4.4. Механізми дії ферментів .....	108
4.4.1. Активні центри ферментів .....	109
4.4.2. Механізми перетворення субстрату при каталітичній дії ферменту .....	110
4.5. Кінетика ферментативних реакцій. Інгібітори ферментів .....	111
4.5.1. Залежність швидкості реакції від концентрації ферменту та субстрату .....	112
4.5.2. Залежність швидкості реакції від рН та температури .....	113
4.5.3. Інгібітори ферментів .....	114
4.6. Регуляція ферментативних процесів .....	116

4.6.1. Алостеричні ферменти . . . . .	117
4.6.2. Ковалентна модифікація ферментів. . . . .	120
4.6.3. Протеолітична активація ферментів. . . . .	121
4.6.4. Дія регуляторних білків . . . . .	122
4.6.5. Циклічні нуклеотиди в регуляції ферментативних процесів . . . . .	123
4.7. Порушення ферментативних процесів. Ензимопатії . . . . .	125
<b>РОЗДІЛ 5. ЗАГАЛЬНІ ШЛЯХИ МЕТАБОЛІЗМУ. ЦИКЛ ТРИКАРБОНОВИХ КИСЛОТ</b>	
5.1. Етапи обміну речовин в організмі людини . . . . .	127
5.1.1. Стадії катаболізму біомолекул . . . . .	128
5.2. Цикл трикарбонних кислот. . . . .	129
5.2.1. Загальна характеристика циклу трикарбонних кислот . . . . .	129
5.2.2. Ферментативні реакції циклу трикарбонних кислот . . . . .	130
5.3. Анаплеротичні й амфіболічні реакції . . . . .	134
<b>РОЗДІЛ 6. БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ: ТРАНСПОРТ ЕЛЕКТРОНІВ ТА ОКИСНЕ ФОСФОРИЛЮВАННЯ В МІТОХОНДРІЯХ</b>	
6.1. Макроергічні сполуки. . . . .	139
6.2. Реакції біологічного окиснення. . . . .	140
6.2.1. Типи реакцій біологічного окиснення . . . . .	142
6.2.2. Ферменти біологічного окиснення . . . . .	143
6.3. Молекулярна організація ланцюга біологічного окиснення в мітохондріях . . . . .	146
6.3.1. Компоненти електронно-транспортного ланцюга мітохондрій. . . . .	146
6.3.2. Шляхи включення відновлювальних еквівалентів в електронно-транспортний ланцюг мітохондрій . . . . .	148
6.4. Окисне фосфорилування та АТФ-синтаза мітохондрій. . . . .	149
6.4.1. Вивільнення хімічної енергії в електронно-транспортному ланцюгу та ділянки утворення АТФ . . . . .	150
6.4.2. Хеміосмотична теорія окисного фосфорилування. . . . .	151
6.4.3. Інгібітори транспорту електронів та окисного фосфорилування в мітохондріях. . . . .	153
<b>РОЗДІЛ 7. МЕТАБОЛІЗМ ВУГЛЕВОДІВ. АЕРОБНЕ ТА АНАЕРОБНЕ ОКИСНЕННЯ ГЛЮКОЗИ</b>	
7.1. Шляхи внутрішньоклітинного метаболізму моносахаридів. . . . .	158
7.2. Аеробне окиснення глюкози . . . . .	159
7.3. Гліколіз: реакції, регуляція, енергетика. . . . .	161
7.3.1. Загальна характеристика гліколізу . . . . .	161
7.3.2. Ферментативні реакції гліколізу . . . . .	162
7.3.3. Човникові механізми окиснення НАДН. . . . .	169
7.3.4. Регуляція гліколізу. . . . .	170
7.3.5. Енергетика гліколізу й аеробного окиснення глюкози . . . . .	171
7.4. Спиртове бродіння . . . . .	172
<b>РОЗДІЛ 8. МЕТАБОЛІЗМ ВУГЛЕВОДІВ. АЛЬТЕРНАТИВНІ ШЛЯХИ ОБМІНУ МОНОСАХАРИДІВ. РЕГУЛЯЦІЯ ОБМІНУ ГЛЮКОЗИ</b>	
8.1. Пентозофосфатний шлях метаболізму глюкози. . . . .	174
8.1.1. Загальна характеристика пентозофосфатного шляху . . . . .	174
8.1.2. Ферментативні реакції пентозофосфатного циклу . . . . .	175
8.1.3. Фізіологічне значення пентозофосфатного шляху. . . . .	179
8.2. Метаболізм фруктози та галактози. . . . .	181
8.2.1. Перетворення фруктози. . . . .	181
8.2.2. Особливості обміну фруктози в організмі людини . . . . .	182
8.2.3. Перетворення галактози . . . . .	183
8.2.4. Галактоземія . . . . .	185

<b>8.3. Глюконеогенез</b> .....	185
8.3.1. Фізіологічне значення глюконеогенезу .....	185
8.3.2. Метаболічний шлях глюконеогенезу .....	186
8.3.3. Сумарна реакція та енергетика глюконеогенезу .....	189
8.3.4. Субстрати глюконеогенезу .....	189
8.3.5. Регуляція глюконеогенезу .....	191
<b>8.4. Регуляція обміну глюкози. Цукровий діабет</b> .....	193
8.4.1. Цукровий діабет .....	194

## **РОЗДІЛ 9. МЕТАБОЛІЗМ ВУГЛЕВОДІВ. ОБМІН ГЛІКОГЕНУ ТА ГЛІКОКОН'ЮГАТІВ**

<b>9.1. Біосинтез та розщеплення глікогену</b> .....	197
9.1.1. Ферментативні реакції синтезу глікогену (глікогеногенезу) .....	198
9.1.2. Формування нерозгалужених ланцюгів глікогену .....	199
9.1.3. Формування розгалужень у молекулі глікогену .....	199
9.1.4. Ферментативні реакції розщеплення глікогену (глікогенолізу) .....	200
<b>9.2. Регуляція глікогенолізу та глікогенезу</b> .....	202
9.2.1. Регуляція активності глікогенфосфорилази .....	202
9.2.2. Регуляція активності глікогенсинтази .....	204
9.2.3. Гормональна регуляція метаболізму глікогену .....	206
<b>9.3. Генетичні порушення метаболізму глікогену</b> .....	207
9.3.1. Глікогенози .....	208
9.3.2. Аглікогенози .....	208
<b>9.4. Метаболізм вуглеводних компонентів глікокон'югатів</b> .....	208
9.4.1. Біосинтез глікокон'югатів .....	209
9.4.2. Катаболізм глікокон'югатів .....	211
<b>9.5. Глікозидози. Генетичні порушення метаболізму глікозаміногліканів</b> .....	213

## **РОЗДІЛ 10. МЕТАБОЛІЗМ ЛІПІДІВ КАТАБОЛІЗМ ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛІВ ТА ЖИРНИХ КИСЛОТ**

<b>10.1. Шляхи метаболізму ліпідів</b> .....	215
<b>10.2. Катаболізм триацилгліцеролів</b> .....	215
10.2.1. Реакції катаболізму триацилгліцеролів .....	217
10.2.2. Молекулярні механізми регуляції ліполізу .....	217
10.2.3. Нейрогуморальна регуляція ліполізу .....	218
<b>10.3. Окиснення жирних кислот та гліцеролу</b> .....	220
10.3.1. Окиснення жирних кислот .....	220
10.3.2. Окиснення жирних кислот з непарною кількістю атомів Карбону .....	225
10.3.3. Окиснення ненасичених жирних кислот .....	225
10.3.4. Окиснення гліцеролу .....	226
<b>10.4. Біосинтез та катаболізм кетонових тіл</b> .....	226
10.4.1. Ферментні реакції утворення кетонових тіл .....	227
10.4.2. Реакції утилізації кетонових тіл .....	228
10.4.3. Метаболізм кетонових тіл в умовах патології .....	229

## **РОЗДІЛ 11. МЕТАБОЛІЗМ ЛІПІДІВ. БІОСИНТЕЗ ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛІВ І СКЛАДНИХ ЛІПІДІВ**

<b>11.1. Біосинтез вищих жирних кислот</b> .....	232
11.1.1. Метаболічні джерела синтезу жирних кислот .....	232
11.1.2. Регуляція біосинтезу насичених жирних кислот .....	238
11.1.3. Елонгація насичених жирних кислот .....	239
11.1.4. Утворення ненасичених жирних кислот .....	240
<b>11.2. Біосинтез триацилгліцеролів</b> .....	241
11.2.1. Особливості біосинтезу триацилгліцеролів в адипоцитах .....	243

11.3. Біосинтез гліцерофосфоліпідів	244
11.4. Метаболізм сфінголіпідів. Сфінголіпідози	245
11.4.1. Біосинтез сфінголіпідів	247
11.4.2. Генетичні аномалії метаболізму сфінголіпідів	248

## РОЗДІЛ 12. МЕТАБОЛІЗМ ЛІПІДІВ. ОБМІН ХОЛЕСТЕРОЛУ. ПАТОЛОГІЯ ОБМІНУ ЛІПІДІВ

12.1. Біосинтез холестеролу	251
12.1.1. Ферментативні реакції синтезу холестеролу	251
12.1.2. Регуляція біосинтезу холестеролу	254
12.2. Біотрансформація холестеролу	255
12.2.1. Естерифікація холестеролу	255
12.2.2. Шляхи біотрансформації холестеролу	255
12.2.3. Екскреція холестеролу з організму	259
12.3. Транспорт та депонування ліпідів. Ліпопротеїни плазми. Гіперліпопротеїнемія	259
12.3.1. Ресинтез триацилгліцеролів в ентероцитах	260
12.3.2. Утворення хіломікронів	261
12.3.3. Ліпопротеїни плазми крові	261
12.3.4. Гіперліпопротеїнемія	265
12.4. Патологія ліпідного обміну: атеросклероз, ожиріння, цукровий діабет	266
12.4.1. Атеросклероз	266
12.4.2. Ожиріння	267
12.4.3. Цукровий діабет	269
12.4.4. Метаболічний синдром	269

## РОЗДІЛ 13. МЕТАБОЛІЗМ АМІНОКИСЛОТ. ЗАГАЛЬНІ ШЛЯХИ КАТАБОЛІЗМУ АМІНОКИСЛОТ

13.1. Дезамінування амінокислот	273
13.2. Трансамінування амінокислот	275
13.2.1. Біохімічне значення реакцій трансамінування	277
13.3. Непряме дезамінування амінокислот	278
13.4. Декарбоксілування амінокислот	279
13.5. Шляхи утворення і детоксикації амоніаку. Біосинтез сечовини	280

## РОЗДІЛ 14. МЕТАБОЛІЗМ АМІНОКИСЛОТ. СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ШЛЯХИ ОБМІНУ АМІНОКИСЛОТ. ПОРФІРИНИ

14.1. Шляхи метаболізму $\alpha$ -карбонового скелета амінокислот. Глюкогенні та кетогенні амінокислоти	289
14.2. Спеціалізовані шляхи обміну ациклічних амінокислот	290
14.2.1. Обмін аланіну	290
14.2.2. Обмін глутамінової кислоти і глутаміну	290
14.2.3. Обмін аспарагінової кислоти й аспарагіну	291
14.2.4. Обмін гліцину	292
14.2.5. Обмін серину	293
14.2.6. Обмін треоніну	294
14.2.7. Обмін лізину	295
14.2.8. Обмін аргініну	296
14.2.9. Обмін сульфуровмісних амінокислот (метіоніну і цистеїну)	297
14.2.10. Обмін амінокислот з розгалуженими карбоновим ланцюгами (валіну, лейцину та ізолейцину)	303
14.3. Спеціалізовані шляхи обміну циклічних амінокислот	304
14.3.1. Обмін фенілаланіну і тирозину	304
14.3.2. Обмін тирозину	306
14.3.3. Обмін триптофану	308
14.3.4. Обмін гістидину	310
14.3.5. Обмін проліну	312

14.4. Метаболізм порфіринів . . . . .	312
14.4.1. Синтез порфіринів . . . . .	314
14.4.2. Спадкові порушення обміну порфіринів. . . . .	318
14.4.3. Світлочутливість. . . . .	318
14.4.4. Неврологічні порушення. . . . .	318
<b>РОЗДІЛ 15. МЕТАБОЛІЗМ НУКЛЕОТИДІВ</b>	
15.1. Біосинтез пуринових нуклеотидів . . . . .	321
15.1.1. Регуляція синтезу пуринових нуклеотидів . . . . .	325
15.2. Біосинтез піримідинових нуклеотидів . . . . .	326
15.2.1. Оротацидурія . . . . .	328
15.3. Біосинтез дезоксирибонуклеотидів . . . . .	329
15.3.1. Механізм перетворення рибонуклеотидів на дезоксирибонуклеотиди. . . . .	329
15.3.2. Утворення дАТФ, дГТФ та дУТФ . . . . .	330
15.3.3. Утворення тимідилових нуклеотидів. . . . .	330
15.3.4. Інгібітори синтезу дТМФ – протипухлинні лікарські засоби . . . . .	331
15.4. Катаболізм пуринових нуклеотидів . . . . .	332
15.4.1. Синдром Леша – Ніхана . . . . .	336
15.5. Катаболізм піримідинових нуклеотидів . . . . .	336
<b>РОЗДІЛ 16. МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ РЕПЛІКАЦІЇ ДНК. ГЕНЕТИЧНІ РЕКОМБІНАЦІЇ</b>	
16.1. Біологічне значення реплікації ДНК. Напівконсервативний механізм реплікації . . . . .	340
16.2. Ферменти реплікації ДНК у прокаріотів та еукаріотів . . . . .	342
16.2.1. Відкриття ДНК-полімерази I (дослідження А. Корнберга) . . . . .	342
16.2.2. Ферменти біосинтезу ДНК у прокаріотів. . . . .	343
16.2.3. Ферменти біосинтезу ДНК в еукаріотів . . . . .	344
16.3. Молекулярні механізми реплікації ДНК. . . . .	345
16.3.1. Топологічні проблеми реплікації ДНК . . . . .	345
16.3.2. Значення антипаралельності ланцюгів ДНК. Фрагменти Оказаки. . . . .	346
16.3.3. Етапи синтезу дочірніх ланцюгів молекул ДНК . . . . .	347
16.4. Генетичні рекомбінації. . . . .	348
16.4.1. Рекомбінації у прокаріотів . . . . .	349
16.5. Молекулярні механізми мутацій. Репарація ДНК . . . . .	352
16.5.1. Агенти, що спричиняють мутації (мутагени) . . . . .	353
16.5.2. Механізми репарації ДНК. . . . .	354
16.6. Контроль вступу клітин до мітозу. Онкогенез. . . . .	356
16.6.1. Онкогенез: онкогени, онкобілки, апоптоз . . . . .	357
<b>РОЗДІЛ 17. ТРАНСКРИПЦІЯ РНК. РЕГУЛЯЦІЯ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ</b>	
17.1. Ферменти та механізми транскрипції у прокаріотів . . . . .	360
17.1.1. Етапи синтезу РНК у прокаріотів . . . . .	361
17.2. Ферменти та механізми транскрипції в еукаріотів . . . . .	365
17.3. Посттранскрипційна модифікація РНК. . . . .	366
17.4. Регуляція експресії генів . . . . .	367
17.4.1. Регуляція експресії генів у прокаріотів. . . . .	367
17.4.2. Особливості молекулярної організації та експресії геному в еукаріотів . . . . .	371
<b>РОЗДІЛ 18. БІОСИНТЕЗ БІЛКІВ НА РИБОСОМАХ</b>	
18.1. Генетичний код та його властивості . . . . .	376
18.2. Рибосомальна білоксинтезуюча система. . . . .	378

18.2.1. Рибосоми еукаріотів . . . . .	379
18.2.2. Транспортні РНК та активація амінокислот. . . . .	380
<b>18.3. Етапи та механізми трансляції . . . . .</b>	<b>381</b>
18.3.1. Ініціація трансляції в клітинах еукаріотів . . . . .	381
18.3.2. Елонгація поліпептидного ланцюга . . . . .	382
18.3.3. Термінація трансляції . . . . .	384
<b>18.4. Посттрансляційна модифікація пептидних ланцюгів. . . . .</b>	<b>384</b>
<b>18.5. Регуляція трансляції . . . . .</b>	<b>384</b>
18.5.1. Молекулярні механізми контролю трансляції. . . . .	384
18.5.2. Вплив лікарських засобів на процеси трансляції. . . . .	385
<b>РОЗДІЛ 19. ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ. РЕКОМБІНАНТНІ ДНК</b>	
19.1. Технологія трансплантації генів . . . . .	389
<b>РОЗДІЛ 20. БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОЇ ТРАНСДУКЦІЇ ГОРМОНАЛЬНИХ СИГНАЛІВ</b>	
20.1. Гормони та інші сигнальні молекули: визначення, класифікація . . . . .	395
20.1.1. Класи гормонів та інших сигнальних молекул . . . . .	395
20.1.2. Хімічна структура гормонів . . . . .	396
20.1.3. Мішені гормональної дії . . . . .	397
20.2. Молекулярно-клітинні механізми дії пептидних гормонів та біогенних амінів . . . . .	398
20.2.1. Рецептори білково-пептидних гормонів та нейротрансмітерів . . . . .	398
20.2.2. Білки-трансдуктори та вторинні месенджери . . . . .	399
20.2.3. Протеїнкінази та ефекторні системи клітини . . . . .	401
20.2.4. Роль іонів кальцію як внутрішньоклітинних месенджерів . . . . .	402
20.2.5. Фосфоінозитидна система та мобілізація $Ca^{2+}$ . . . . .	403
20.3. Молекулярно-клітинні механізми дії стероїдних і тиреоїдних гормонів . . . . .	407
20.3.1. Будова рецепторів стероїдних та тиреоїдних гормонів. . . . .	407
<b>РОЗДІЛ 21. ГОРМОНИ. БІЛКОВО-ПЕПТИДНІ ГОРМОНИ І ПОХІДНІ АМІНОКИСЛОТ</b>	
21.1. Гормони. . . . .	412
21.1.1. Білково-пептидні гормони і похідні амінокислот. . . . .	412
21.2. Гіпоталамо-гіпофізарна система регуляції. . . . .	412
21.2.1. Гормони гіпоталамуса . . . . .	412
21.2.2. Гормони передньої частки аденогіпофіза. . . . .	413
21.2.3. Гонадотропні гормони . . . . .	417
21.2.4. Гормони задньої частки гіпофіза (нейрогіпофіза) . . . . .	420
21.3. Гормони підшлункової залози і травного каналу . . . . .	421
21.3.1. Гормони підшлункової залози . . . . .	421
21.3.2. Молекулярні механізми дії інсуліну . . . . .	425
21.3.3. Гормони травного каналу . . . . .	428
21.4. Тиреоїдні гормони . . . . .	429
21.4.1. Патологія щитоподібної залози . . . . .	431
21.5. Катехоламіни та інші біогенні аміни . . . . .	432
21.5.1. Катехоламіни . . . . .	432
21.5.2. Індоламіни . . . . .	435
<b>РОЗДІЛ 22. СТЕРОЇДНІ ГОРМОНИ ТА ІНШІ БІОРЕГУЛЯТОРИ ЛІПІДНОГО ПОХОДЖЕННЯ</b>	
22.1. Стероїдні гормони кіркової речовини надниркових залоз . . . . .	440
22.1.1. Біологічні властивості кортикостероїдів . . . . .	441
22.2. Стероїдні гормони статевих залоз . . . . .	445



22.2.1. Жіночі статеві гормони . . . . .	445
22.2.2. Чоловічі статеві гормони . . . . .	447
22.3. Фізіологічно активні ейкозаноїди . . . . .	449
22.3.1. Номенклатура ейкозаноїдів . . . . .	450
22.4. Гормони – регулятори гомеостазу кальцію . . . . .	456
22.4.1. Розподіл кальцію в організмі . . . . .	456
22.4.2. Гомеостаз кальцію . . . . .	457

## РОЗДІЛ 23. БІОХІМІЯ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДИНИ. ВІТАМІНИ ЯК КОМПОНЕНТИ ХАРЧУВАННЯ

23.1. Компоненти нормального харчування людини . . . . .	464
23.1.1. Потреби організму людини в поживних сполуках . . . . .	465
23.1.2. Ліпіди (жири) . . . . .	467
23.1.3. Раціональне харчування . . . . .	469
23.2. Механізми травлення поживних речовин у травному каналі . . . . .	471
23.2.1. Травлення білків . . . . .	472
23.2.2. Травлення вуглеводів . . . . .	474
23.2.3. Травлення ліпідів . . . . .	476
23.3. Вітаміни як компоненти харчування людини; хвороби вітамінної недостатності . . . . .	478
23.3.1. Класифікація вітамінів . . . . .	479
23.3.2. Коферментні вітаміни . . . . .	480
23.3.3. Аскорбінова кислота та біофлавоноїди . . . . .	489
23.4. Жиророзчинні вітаміни. Біоантиоксиданти . . . . .	493

## РОЗДІЛ 24. БІОХІМІЯ І ПАТОБІОХІМІЯ КРОВІ

24.1. Фізіологічні та біохімічні функції крові . . . . .	503
24.2. Біохімія та патобіохімія гемоглобіну . . . . .	504
24.2.1. Гемоглобін: структура, властивості . . . . .	504
24.3. Кислотно-основна рівновага. Буферні системи крові . . . . .	508
24.3.1. Буферні системи крові . . . . .	508
24.4. Біохімічний склад крові у нормі та при патології . . . . .	510
24.4.1. Білки плазми крові . . . . .	511
24.4.2. Ферменти плазми крові . . . . .	514
24.4.3. Калікреїн-кінінова система . . . . .	514
24.4.4. Білки крові як пухлинні маркери . . . . .	515
24.4.5. Небілкові органічні сполуки плазми крові . . . . .	517

## РОЗДІЛ 25. БІОХІМІЯ ЗГОРТАЛЬНОЇ І ФІБРИНОЛІТИЧНОЇ СИСТЕМ КРОВІ

25.1. Функціональні та біохімічні властивості системи гемостазу . . . . .	520
25.2. Згортальна система крові: компоненти, механізми активації . . . . .	521
25.2.1. Механізми активації та функціонування каскадної системи згортання крові . . . . .	522
25.2.2. Сучасні аспекти гемостазу . . . . .	525
25.2.3. Роль вітаміну К у реакціях каскаду коагуляції . . . . .	529
25.2.4. Спадкові порушення процесу зсідання крові . . . . .	530
25.3. Антизгортальна система крові . . . . .	530
25.4. Фібринолітична система крові . . . . .	531

## РОЗДІЛ 26. БІОХІМІЯ ІМУННОЇ СИСТЕМИ

26.1. Клітинна та біохімічна організація імунної системи . . . . .	534
26.1.1. Поверхневі маркери лімфоцитів . . . . .	535
26.1.2. Гуморальні компоненти імунної системи . . . . .	536

26.2. Імуноглобуліни. Цитокіни .....	536
26.2.1. Імуноглобуліни: структура, біологічні функції .....	536
26.2.2. Класи імуноглобулінів людини .....	538
26.2.3. Цитокіни як регулятори та ефектори імунної системи .....	538
26.3. Біохімічні компоненти системи комплементу .....	542
26.4. Молекулярно-клітинні механізми реалізації імунної відповіді .....	544
26.4.1. Активація В-лімфоцитів .....	546
26.5. Біохімічні механізми імунодефіцитних станів .....	547

## РОЗДІЛ 27. БІОХІМІЯ ОБМІНУ ВОДИ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ. БІОХІМІЧНІ ФУНКЦІЇ НИРОК

27.1. Біохімічні та фізіологічні функції води в організмі людини .....	549
27.1.1. Молекулярна будова та біофізичні властивості води .....	549
27.2. Біохімічні функції мінеральних елементів та електролітів .....	551
27.2.1. Макроелементи й електроліти .....	551
27.2.2. Мікроелементи .....	553
27.3. Регуляція та порушення обміну води й електролітів в організмі людини .....	554
27.4. Біохімічні функції нирок, механізми сечоутворення .....	554
27.4.1. Нирковий кліренс .....	558
27.4.2. Регуляція утворення сечі .....	558
27.4.3. Роль нирок в регуляції кислотно-основної рівноваги (КОР) .....	559
27.4.4. Гормональна функція нирок .....	560
27.4.5. Патологія ниркової тканини .....	561
27.5. Біохімія сечі в нормі та при патології .....	561

## РОЗДІЛ 28. БІОХІМІЧНІ ФУНКЦІЇ ПЕЧІНКИ. КСЕНОБІОХІМІЯ ТА ПРОЦЕСИ ДЕТОКСИКАЦІЇ

28.1. Біохімічні функції гепатоцитів .....	565
28.1.1. Особливості морфологічної організації печінки .....	566
28.1.2. Біохімічні функції печінки в організмі .....	567
28.2. Біотрансформація ксенобіотиків та ендогенних токсинів. Мікросомальне окиснення .....	572
28.2.1. Типи реакцій біотрансформації ксенобіотиків та ендогенних токсинів .....	573
28.2.2. Типи реакцій мікросомального окиснення .....	574
28.3. Обмін жовчних пігментів. Клінічна біохімія жовтяниць .....	582
28.3.1. Катаболізм гемоглобіну та обмін жовчних пігментів .....	582

## РОЗДІЛ 29. БІОХІМІЯ М'ЯЗІВ І М'ЯЗОВОГО СКОРОЧЕННЯ

29.1. Ультраструктура і хімічний склад м'язів .....	591
29.1.1. Ультраструктурні компоненти міоцитів .....	591
29.1.2. Біохімічний склад м'язів .....	592
29.2. Молекулярні механізми м'язового скорочення .....	596
29.2.1. Регуляція скорочення скелетних м'язів .....	597
29.2.2. Скорочення гладеньких м'язів .....	599
29.3. Біоенергетика м'язової тканини .....	600
29.3.1. Джерела АТФ у м'язах .....	600
29.3.2. Червоні та білі м'язи .....	601
29.3.3. Особливості біоенергетичних процесів у міокарді .....	601

## РОЗДІЛ 30. БІОХІМІЯ ТА ПАТОБІОХІМІЯ СПЛУЧНОЇ ТКАНИНИ

30.1. Загальна характеристика будови та функцій сполучної тканини .....	604
30.2. Біохімія волокон сполучної тканини .....	605
30.2.1. Тропоколаген. Колагенові фібрили .....	605

30.2.2. Утворення колагенових волокон	606
30.2.3. Типи колагену	607
30.2.4. Біосинтез колагену	608
30.2.5. Деградація (розщеплення) колагену	610
<b>30.3. Біохімія основної аморфної речовини сполучної тканини</b>	<b>611</b>
30.3.1. Протеоглікани та глікозаміноглікани	611
<b>30.4. Молекулярна патологія сполучної тканини</b>	<b>612</b>
<b>30.5. Біохімія кісткової тканини</b>	<b>614</b>
30.5.1. Біохімічний склад та метаболізм кісткової тканини	615
<b>30.6. Біохімія зубів</b>	<b>618</b>
30.6.1. Органічні компоненти зуба	619
30.6.2. Вуглеводи органічного матриксу зуба	621
30.6.3. Характеристика мінерального матриксу зуба	622
30.6.4. Біохімічна характеристика окремих тканинних компонентів зуба	623
30.6.5. Процеси мінералізації-демінералізації – основа мінерального обміну тканин зуба	625
<b>РОЗДІЛ 31. БІОХІМІЯ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ</b>	
<b>31.1. Особливості біохімічного складу та метаболізму нервової тканини</b>	<b>629</b>
31.1.1. Біохімічний склад головного мозку	629
31.1.2. Метаболізм головного мозку	630
<b>31.2. Нейротрансмітери і їх рецептори</b>	<b>631</b>
31.2.1. Характеристика окремих нейротрансмітерів	632
<b>31.3. Нейрохімічні механізми дії психотропних засобів</b>	<b>639</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>644</b>

*Навчальне видання*

**Губський Юрій Іванович**  
**Ніженковська Ірина Володимирівна**  
**Корда Михайло Михайлович та ін.**

# **Біологічна хімія**

Підручник

*За редакцією І. В. Ніженковської*

Редактор *О. В. Марчук*  
Технічні редактори: *К. О. Маркиш, Ж. С. Швець*  
Коректор *Л. Я. Шутова*  
Комп'ютерна верстка та дизайн: *Г. А. Пешков*

Підписано до друку 28.10.21. Формат 84×108/16. Папір крейдований.  
Гарнітура Segoe UI. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 68,88. Зам. № 2139.

ПП «Нова Книга»  
21029, м. Вінниця, вул. М. Ващука, 20  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 2646 від 11.10.2006 р.  
(067) 6562650, (063) 5270178  
E-mail: [info@novaknyha.com.ua](mailto:info@novaknyha.com.ua)  
[www.nk.in.ua](http://www.nk.in.ua)