

Б.С. ЗІМЕНКОВСЬКИЙ  
В.А. МУЗИЧЕНКО  
І.В. НІЖЕНКОВСЬКА  
Г.О. СИРОВА

# БІОЛОГІЧНА І БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

За редакцією чл.-кор. НАМН України,  
професора **Б.С. ЗІМЕНКОВСЬКОГО**,  
професора **І.В. НІЖЕНКОВСЬКОЇ**

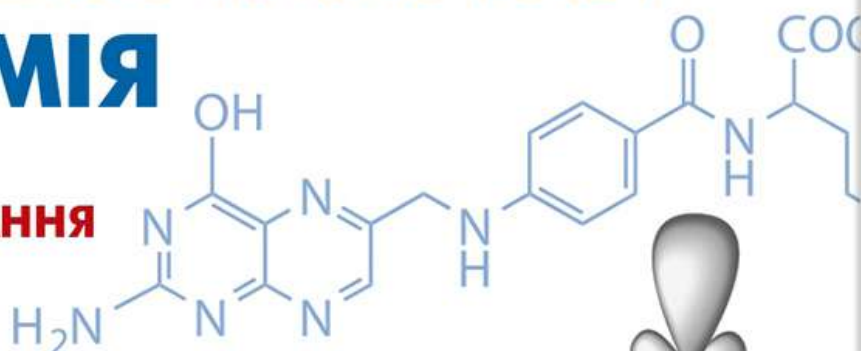
У 2 КНИГАХ

**1**

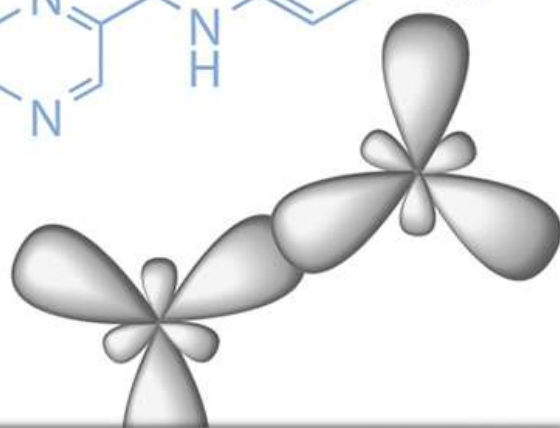
КНИГА

## БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

**ТРЕТЄ  
ВИДАННЯ**



**МЕДИЦИНА**  
[www.medpublish.com.ua](http://www.medpublish.com.ua)



**Б.С. ЗІМЕНКОВСЬКИЙ  
В.А. МУЗИЧЕНКО  
І.В. НІЖЕНКОВСЬКА  
Г.О. СИРОВА**

# **БІОЛОГІЧНА І БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ**

За редакцією чл.-кор. НАМН України,  
професора **Б.С. ЗІМЕНКОВСЬКОГО**,  
професора **І.В. НІЖЕНКОВСЬКОЇ**

У 2 КНИГАХ

**1**

КНИГА

## **БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ**

**Третє видання**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів  
медичних закладів вищої освіти

**ВИДАНО**

відповідно до Наказу Міністерства охорони здоров'я України  
№ 502 від 22.06.2010 як національний підручник для студентів  
медичних закладів вищої освіти

**РЕКОМЕНДОВАНО**

вченою радою Національного медичного університету імені  
О.О. Богомольця до видання як підручник для студентів  
медичних закладів вищої освіти

**КИЇВ  
ВСВ «МЕДИЦИНА»  
2022**

УДК 577.1я73  
ББК 547:57(075)  
Б63

*Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів  
медичних закладів вищої освіти  
(лист № 1/11-3466 від 18.03.2016)*

*Видано відповідно до Наказу Міністерства охорони здоров'я України № 502  
від 22.06.2010 як національний підручник для студентів  
медичних закладів вищої освіти*

*Рекомендовано вченою радою Національного медичного університету  
імені О.О. Богомольця до видання як підручник для студентів  
медичних закладів вищої освіти  
(протокол № 4 від 15.02.2013)*

**Рецензенти:**

В.П. ЧЕРНИХ, академік НАН України, доктор фармацевтичних наук, доктор хімічних наук, професор, почесний ректор Національного фармацевтичного університету;  
В.О. КАЛПАБЧУК, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри медичної та загальної хімії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця;  
В.П. НОВИКОВ, доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка»

**Біологічна і біоорганічна хімія : підручник : у 2 кн. Кн. 1. Біоорганічна хімія /**  
Б63 Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова ; за ред.  
Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. — 3-є вид. — К. : ВСВ «Медицина»,  
2022. — 272 с.

ISBN 978-617-505-849-7

У підручнику на основі сучасних засад теоретичної органічної хімії викладено будову, хімічні властивості та біологічну роль органічних сполук, які беруть участь у процесах метаболізму людини: низькомолекулярних біорегуляторів (вітамінів, гормонів, інших природних та синтетичних біологічно активних сполук, у тому числі деяких лікарських засобів і токсичних сполук) та біополімерів (вуглеводів, білків, нуклеїнових кислот).

Для студентів і викладачів медичних (фармацевтичних) закладів вищої освіти.

УДК 577.1я73  
ББК 547:57(075)

ISBN 978-617-505-849-7

© Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко,  
І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова, 2014, 2022  
© ВСВ «Медицина», оформлення, 2022



## ЗМІСТ

Передмова.....	9
Вступ. ПРЕДМЕТ, ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ ЯК НАУКИ .....	11
Частина I. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЧНОЇ ТА БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ. БУДОВА ОРГАНІЧНИХ І БІООРГАНІЧНИХ СПОЛУК .....	12
Розділ 1. КЛАСИФІКАЦІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....	12
<b>1.1. Класифікація органічних сполук.....</b>	12
1.1.1. Класифікація за способом побудови карбонового скелета.....	12
1.1.2. Класифікація за природою функціональної групи .....	13
<b>1.2. Номенклатура органічних сполук .....</b>	14
Тести для самоконтролю.....	17
Завдання для самоконтролю .....	17
Розділ 2. БУДОВА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.....	18
<b>2.1. Способи зображення будови органічних молекул.....</b>	18
<b>2.2. Ізомерія органічних сполук .....</b>	18
2.2.1. Структурна ізомерія.....	18
2.2.2. Просторова ізомерія (стереоізомерія).....	19
Тести для самоконтролю.....	23
Завдання для самоконтролю .....	23
Розділ 3. ЕЛЕКТРОННІ УЯВЛЕННЯ В ОРГАНІЧНІЙ ХІМІЇ.....	24
<b>3.1. Хімічний зв'язок у біоорганічних молекулах.....</b>	24
3.1.1. Будова ковалентних зв'язків .....	24
3.1.2. Характеристики ковалентних зв'язків .....	25
<b>3.2. Електронні ефекти. Взаємний вплив атомів у молекулах.....</b>	26
3.2.1. Індукційний ефект .....	26
3.2.2. Мезомерний ефект .....	27
<b>3.3. Класифікація хімічних реакцій і реагентів.</b>	
<b>Поняття про механізми хімічних реакцій.....</b>	28
3.3.1. Класифікація хімічних реакцій за їх напрямком .....	28
3.3.2. Класифікація хімічних реакцій за способом розриву зв'язку .....	28
3.3.3. Поняття про механізми хімічних реакцій.....	29
<b>3.4. Кислотність і основність органічних сполук.....</b>	29
3.4.1. Теорія Бренстеда.....	30
3.4.2. Теорія Льюїса .....	31
Тести для самоконтролю.....	31
Завдання для самоконтролю .....	32

## ЗМІСТ

Частина II. ВУГЛЕВОДНІ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ .....	33
<b>Розділ 4. АЦИКЛІЧНІ ВУГЛЕВОДНІ.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Алкани .....</b>	<b>33</b>
4.1.1. Будова, гомологія, номенклатура, ізомерія.....	33
4.1.2. Хімічні властивості .....	34
4.1.3. Промислове та медико-біологічне значення .....	35
<b>4.2. Алкени.....</b>	<b>35</b>
4.2.1. Будова, ізомерія, номенклатура .....	35
4.2.2. Хімічні властивості .....	36
<b>4.3. Алкіни .....</b>	<b>38</b>
<b>4.4. Алкадієни.....</b>	<b>38</b>
Тести для самоконтролю .....	39
Завдання для самоконтролю .....	40
<b>Розділ 5. КАРБОЦИКЛІЧНІ ВУГЛЕВОДНІ.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1. Аліциклічні вуглеводні.....</b>	<b>41</b>
5.1.1. Класифікація і номенклатура.....	41
5.1.2. Хімічні властивості .....	41
5.1.3. Медико-біологічне значення.....	42
<b>5.2. Арени.....</b>	<b>42</b>
5.2.1. Класифікація. Ароматичність .....	42
5.2.2. Номенклатура та ізомерія моноядерних аренів .....	43
5.2.3. Хімічні властивості моноядерних аренів .....	43
5.2.4. Багатоядерні арени .....	46
Тести для самоконтролю.....	49
Завдання для самоконтролю .....	49
<b>Розділ 6. ГАЛОГЕНОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ.....</b>	<b>50</b>
<b>6.1. Хімічні властивості .....</b>	<b>50</b>
6.1.1. Реакції нуклеофільного заміщення .....	50
6.1.2. Реакції відщеплення (елімінування) .....	51
<b>6.2. Медико-біологічне значення.....</b>	<b>51</b>
Тести для самоконтролю.....	52
Завдання для самоконтролю .....	52
<b>Розділ 7. ГІДРОКСИПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ЇХ ТІОАНАЛОГИ.....</b>	<b>53</b>
<b>7.1. Одноатомні спирти .....</b>	<b>53</b>
7.1.1. Будова, номенклатура та ізомерія.....	53
7.1.2. Хімічні властивості .....	54
7.1.3. Окремі представники .....	56
<b>7.2. Дво- і багатоатомні спирти.....</b>	<b>57</b>
7.2.1. Будова, ізомерія та номенклатура.....	57



7.2.2. Хімічні властивості .....	57
7.2.3. Окремі представники .....	59
<b>7.3. Тіоспирти і тіоетери.....</b>	<b>59</b>
7.3.1. Будова та номенклатура .....	59
7.3.2. Хімічні властивості .....	60
<b>7.4. Феноли .....</b>	<b>62</b>
7.4.1. Будова, класифікація та номенклатура .....	62
7.4.2. Хімічні властивості .....	63
7.4.3. Медичне застосування.....	65
Тести для самоконтролю.....	66
Завдання для самоконтролю .....	66
<b>Розділ 8. АМІНИ .....</b>	<b>67</b>
<b>8.1. Класифікація і номенклатура.....</b>	<b>67</b>
<b>8.2. Хімічні властивості .....</b>	<b>68</b>
<b>8.3. Біологічна активність і токсичність .....</b>	<b>71</b>
Тести для самоконтролю.....	72
Завдання для самоконтролю .....	72
<b>Розділ 9. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КАРБОНІЛЬНІ СПОЛУКИ .....</b>	<b>73</b>
<b>9.1. Будова і номенклатура .....</b>	<b>73</b>
<b>9.2. Хімічні властивості .....</b>	<b>74</b>
9.2.1. Реакції окиснення і відновлення .....	74
9.2.2. Реакції нуклеофільного приєднання .....	76
9.2.3. Реакції приєднання – відщеплення .....	78
9.2.4. Реакції конденсації .....	80
9.2.5. Реакції при $\alpha$ -карбонівому атомі .....	80
9.2.6. Реакції полімеризації.....	81
<b>9.3. Медико-біологічне значення.....</b>	<b>81</b>
Тести для самоконтролю.....	82
Завдання для самоконтролю .....	82
<b>Розділ 10. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ</b>	
<b>ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ .....</b>	<b>83</b>
<b>10.1. Монокарбоніві кислоти аліфатичного та ароматичного рядів .....</b>	<b>83</b>
10.1.1. Номенклатура.....	83
10.1.2. Хімічні властивості .....	84
<b>10.2. Похідні карбонатної кислоти .....</b>	<b>96</b>
<b>10.3. Дикарбоніві кислоти аліфатичного та ароматичного рядів .....</b>	<b>98</b>
10.3.1. Класифікація, номенклатура.....	98
10.3.2. Хімічні властивості .....	99
Тести для самоконтролю.....	101
Завдання для самоконтролю .....	101

## ЗМІСТ

<b>Розділ 11. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ ГЕТЕРОФУНКЦІОНАЛЬНІ СПОЛУКИ</b> .....	102
<b>11.1. Гідроксипохідні амінів</b> .....	102
11.1.1. Аміноспирти.....	102
11.1.2. Амінофеноли .....	104
<b>11.2. Гідроксикислоти</b> .....	104
11.2.1. Аліфатичні гідроксикислоти.....	105
11.2.2. Ароматичні гідроксикислоти.....	110
<b>11.3. Оксокислоти</b> .....	112
11.3.1. Окремі представники оксокислот .....	112
11.3.2. Біосинтез вищих жирних кислот.....	115
<b>11.4. Амінокислоти</b> .....	117
11.4.1. Будова амінокислот.....	117
11.4.2. Номенклатура та ізомерія амінокислот .....	117
11.4.3. Хімічні властивості.....	118
<b>11.5. Похідні пара-амінобензойної і сульфанілової кислот</b> .....	121
Тести для самоконтролю.....	123
Завдання для самоконтролю .....	123
<b>Частина III. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ</b> .....	124
<b>Розділ 12. ТРИ-, ЧОТИРИ- ТА П'ЯТИЧЛЕННІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ</b> .....	124
<b>12.1. Три- і чотиричленні гетероцикли</b> .....	124
<b>12.2. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом</b> .....	126
12.2.1. Хімічні властивості .....	126
12.2.2. Окремі представники, що мають медико-біологічне значення .....	128
<b>12.3. П'ятичленні гетероцикли з двома гетероатомами</b> .....	132
12.3.1. Оксазол та ізооксазол .....	132
12.3.2. Тіазол .....	133
12.3.3. Піразол.....	133
12.3.4. Найважливіші похідні піразолу.....	134
12.3.5. Імідазол .....	134
12.3.6. Найважливіші похідні імідазолу .....	135
Тести для самоконтролю.....	136
Завдання для самоконтролю .....	136
<b>Розділ 13. ШЕСТИ- І СЕМИЧЛЕННІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ</b> .....	137
<b>13.1. Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом</b> .....	137
13.1.1. Шестичленні гетероцикли з гетероатомом Нітрогену .....	137
13.1.2. Шестичленні гетероцикли з гетероатомом Оксигену .....	143



<b>13.2. Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами</b> .....	145
13.2.1. Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами Нітрогену .....	145
13.2.2. Шестичленні гетероцикли з гетероатомами Нітрогену і Сульфуру .....	148
<b>13.3. Семичленні гетероцикли</b> .....	149
Тести для самоконтролю.....	150
Завдання для самоконтролю .....	150
<b>Розділ 14. БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ КОНДЕНСОВАНІ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СИСТЕМИ. АЛКАЛОЇДИ</b> .....	151
<b>14.1. Похідні пурину</b> .....	151
14.1.1. Гідроксипохідні пурину .....	152
14.1.2. Амінопохідні пурину.....	153
<b>14.2. Похідні птеридину</b> .....	154
<b>14.3. Алкалоїди</b> .....	155
14.3.1. Алкалоїди групи піридину і піперидину .....	156
14.3.2. Алкалоїди групи хіноліну .....	156
14.3.3. Алкалоїди групи ізохіноліну та фенантренизохіноліну .....	156
14.3.4. Алкалоїди групи тропану.....	157
Тести для самоконтролю .....	158
Завдання для самоконтролю .....	158
<b>Частина IV. БІОПОЛІМЕРИ ТА БІОРЕГУЛЯТОРИ</b> .....	159
<b>Розділ 15. ВУГЛЕВОДИ (ЦУКРИ)</b> .....	159
<b>15.1. Моносахариди (монози)</b> .....	160
15.1.1. Ізомерія .....	160
15.1.2. Таутомерія .....	161
15.1.3. Хімічні властивості .....	164
15.1.4. Окремі представники .....	173
15.1.5. Похідні моносахаридів.....	175
<b>15.2. Дисахариди</b> .....	177
15.2.1. Відновні дисахариди .....	178
15.2.2. Невідновні дисахариди .....	183
<b>15.3. Вищі полісахариди</b> .....	184
15.3.1. Гомополісахариди.....	185
15.3.2. Гетерополісахариди .....	189
Тести для самоконтролю .....	192
Завдання для самоконтролю .....	193
<b>Розділ 16. ПРОТЕЇНОГЕННІ АМІНОКИСЛОТИ, ПЕПТИДИ ТА БІЛКИ</b> ...	194
<b>16.1. Протеїногенні амінокислоти та їх властивості</b> .....	194
16.1.1. Ізомерія і будова .....	194



## ЗМІСТ

16.1.2. Хімічні властивості .....	197
<b>16.2. Пептиди і білки.....</b>	<b>205</b>
16.2.1. Амінокислотний склад і амінокислотна послідовність .....	205
16.2.2. Структурна організація білків .....	209
16.2.3. Електрофорез амінокислот і білків .....	214
16.2.4. Класифікація білків .....	215
16.2.5. Якісні реакції на білки .....	216
Тести для самоконтролю.....	217
Завдання для самоконтролю .....	217
<b>Розділ 17. НУКЛЕЙНОВІ КИСЛОТИ. КОФЕРМЕНТИ.....</b>	<b>218</b>
<b>17.1. Нуклеозиди.....</b>	<b>220</b>
<b>17.2. Нуклеотиди .....</b>	<b>221</b>
<b>17.3. Структура нуклеїнових кислот .....</b>	<b>222</b>
17.3.1. Первинна структура.....	222
17.3.2. Вторинна структура ДНК.....	223
17.3.3. Будова та функції РНК .....	225
<b>17.4. Коферменти нуклеотидного походження.....</b>	<b>226</b>
Тести для самоконтролю.....	229
Завдання для самоконтролю .....	229
<b>Розділ 18. ЛІПІДИ.....</b>	<b>230</b>
<b>18.1. Омилювані ліпіди .....</b>	<b>230</b>
18.1.1. Прості омилювані ліпіди.....	230
18.1.2. Складні омилювані ліпіди.....	233
<b>18.2. Неомилювані ліпіди.....</b>	<b>237</b>
18.2.1. Терпени.....	238
18.2.2. Каротиноїди.....	240
18.2.3. Стероїди.....	241
18.2.4. Простагландини .....	246
Тести для самоконтролю.....	247
Завдання для самоконтролю .....	247
<b>Відповіді на тести для самоконтролю .....</b>	<b>248</b>
<b>Список рекомендованої літератури.....</b>	<b>249</b>
<b>Предметний покажчик.....</b>	<b>250</b>



**ЗІМЕНКОВСЬКИЙ БОРИС СЕМЕНОВИЧ**,  
член-кореспондент НАМН України, доктор  
фармацевтичних наук, професор кафедри  
фармацевтичної, органічної і біоорганічної  
хімії, ректор Львівського національного ме-  
дичного університету імені Данила Галицького



**МУЗИЧЕНКО ВОЛОДИМИР АФАНАСІЙОВИЧ**,  
доктор фармацевтичних наук, професор ка-  
федри фармацевтичної, органічної і біоорга-  
нічної хімії Львівського національного медич-  
ного університету імені Данила Галицького



**НІЖЕНКОВСЬКА ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА**,  
доктор медичних наук, професор, завіду-  
вач кафедри фармацевтичної, біологічної та  
токсикологічної хімії Національного медич-  
ного університету імені О.О. Богомольця,  
член Міжнародної Фармацевтичної Федерації  
(International Pharmaceutical Federation (FIP)),  
The Netherlands



**СИРОВА ГАННА ОЛЕГІВНА**,  
доктор фармацевтичних наук, професор, завіду-  
вач кафедри медичної та біоорганічної хімії  
Харківського національного медичного універ-  
ситету. Наукові дослідження автора присвячені  
хіміко-фармацевтичному обґрунтуванню ство-  
рення нових комбінованих лікарських засобів,  
квантовій хімії

ISBN 978-617-505-849-7



9 786175 058497



МЕДИЦИНА

[www.medpublish.com.ua](http://www.medpublish.com.ua)