

502.1  
Б 63

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

О. В. Шестопапов, І. В. Пітак,  
Т. Б. Новожилова, Г. Ю. Бахарєва,  
О. Я. Пітак, Н. В. Крюкова, Б. Б. Кобилянський

# БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

О. В. Шестопапов, І. В. Пітак, Т. Б. Новожилова, Г. Ю. Бахарєва, О. Я. Пітак,  
Н. В. Крюкова, Б. Б. Кобилянський

БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА

Навчальний посібник

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

О. В. Шестопапов, І. В. Пітак, Т. Б. Новожилова, Г. Ю. Бахарєва, О. Я. Пітак,  
Н. В. Крюкова, Б. Б. Кобилянський

БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА

Навчальний посібник  
для студентів спеціальності  
«Екологія та охорона навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖЕНО  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2  
від 23.06.2016

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2016

УДК 502.1:602.64

ББК 20.18

Б 68

**Авторський колектив**

*Шестопалов О. В.*, к.т.н., доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХП»

*Пітак І. В.*, к.т.н., доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХП»

*Новожилова Т. Б.*, доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології НТУ «ХП».

*Бахарєва Г. Ю.*, к.т.н., доцент кафедри охорони праці та навколишнього середовища НТУ «ХП».

*Пітак О. Я.*, к.т.н., доцент кафедри охорони праці та навколишнього середовища НТУ «ХП».

*Крюкова Н. В.*, к.т.н., доцент кафедри загальної електротехніки НТУ «ХП»

*Кобилянський Б. Б.*, к.т.н., доцент кафедри охорони праці та екологічної безпеки Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту Української інженерно-педагогічної академії

**Рецензенти:**

*О. Б. Скородумова*, д-р. техн. наук, с.н.с., професор кафедри спеціальної хімії та хімічної технології Національного університету цивільного захисту України

*В. О. Панасенко*, д-р. техн. наук, проф., Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії

**Шестопалов О. В.**

**Б 68** Біотехнологічний захист та охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник /

О. В. Шестопалов, І. В. Пітак, Т. Б. Новожилова та ін – Харків: НТУ «ХП», 2016. – 218 с.

ISBN 978-617-7319-09-1

У посібнику розглянуто сучасні інноваційні методи біотехнологічного захисту та охорони навколишнього середовища. Проаналізовано існуючі методи очистки природних середовищ від забруднень антропогенного походження із використанням процесів біологічної деструкції органічних та неорганічних забруднюючих речовин у сучасних біотехнологіях. Наведено рекомендації щодо вибору устаткування із використанням біологічних методів.

Розраховано на студентів та аспірантів вищих навчальних закладів освіти, викладачів та наукових співробітників, а також спеціалістів, які займаються природоохоронною діяльністю.

Табл. 8. Іл 48 Бібліогр. 21

УДК 502.1:602.64

ББК 20.18

ISBN 978-617-7319-09-1

© О. В. Шестопалов, Г. Ю. Бахарєва, І. В. Пітак,  
Т. Б. Новожилова, Г. Ю. Бахарєва та ін., 2016 р.

© Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», 2016 р.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Вступ до біотехнології захисту навколишнього середовища.....	6
1.1 Історія розвитку та становлення біотехнології як науки та сфери виробництва.....	6
1.2 Застосування біотехнології для захисту навколишнього середовища.....	9
1.3 Напрямки розвитку сучасної біотехнології.....	12
Розділ 2. Теоретичні основи процесу біологічного деградації та детоксикації забруднюючих речовин.....	17
2.1 Механізм біотрансформації забруднюючих речовин.....	17
2.2 Чинники, що впливають на ефективність біологічного очищення.....	30
2.3 Загальна характеристика мікроорганізмів-деструкторів.....	37
2.4 Кінетичні основи зростання культур мікроорганізмів-деструкторів.....	45
2.5 Біотрансформація ксенобіотиків водоростями та рослинами.....	54
Розділ 3. Очищення стічних вод біологічними методами.....	58
3.1 Характеристика аеробних та анаеробних методів очищення стічних вод.....	59
3.2 Біологічне очищення стічних вод в природних умовах.....	62
3.3 Споруди для біологічного очищення стічних вод в штучно створених умовах.....	67
3.3.1 Очищення стічних вод в аеротенках.....	68
3.3.2 Очищення стічних вод в біофільтрах.....	77
3.4 Анаеробні методи очистки стічних вод.....	83
3.4.1 Сутність анаеробного процесу очищення.....	83
3.4.2 Очищення стічних вод в метантенках.....	85
3.4.3 Очищення стічних вод в анаеробних реакторах.....	86
Розділ 4. Характеристика процесів та апаратів біологічної очистки газових викидів.....	89
4.1 Класифікація мікробіологічних методів очищення і дезодорації викидів.....	89
4.2 Теоретичні основи процесу біофільтрації газових викидів.....	94
4.2.1 Грунтова дезодорація.....	98
4.2.2 Компостна дезодорація.....	100
4.3 Теоретичні основи процесу біоабсорбції газових викидів.....	105
4.3.1 Установки типу аеротенк.....	107
4.3.2 Установа типу скрубера.....	108
Розділ 5. Біологічна переробка відходів.....	113
5.1 Анаеробне зброджування і метаногенерація.....	113
5.2 Компостування.....	117

5.3 Вермикультивування і вермикомпостування.....	122
5.4 Силосування.....	136
Розділ 6. Система екобіотехнологічного моніторингу.....	141
6.1 Особливості застосування біологічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища.....	142
6.2 Особливості методів біотестування антропогенного забруднення.....	145
6.2.1 Біологічні методи моніторингу забруднення водоймищ.....	145
6.2.2 Біологічні методи моніторингу забруднення атмосферного повітря.....	149
6.2.3 Біологічні методи моніторингу забруднення ґрунтів.....	151
6.2.4 Біотестування відходів.....	154
6.2.5 Біотестування продуктів харчування, кормів, препаратів.....	155
Розділ 7. Біоремедіація забруднених водних і ґрунтових систем.....	157
7.1 Теоретичні основи біоремедіаційних робіт.....	158
7.2 Застосування біопрепаратів для біоремедіації екосистем.....	159
7.3 Інноваційні технології ремедіації водних об'єктів за допомогою вищих рослин та водоростей.....	162
Розділ 8. Біоенергетика і біоконверсія енергії.....	171
8.1 Технології біометаногенезу, біоетанолу, біодизелю.....	171
8.2 Біотехнології отримання рідких вуглеводнів та водню.....	178
8.3 Біопаливні елементи та біоелектроліз.....	180
Розділ 9. Бактеріальне вилуговування та переробка мінеральної сировини.....	183
9.1 Мікроорганізми і хімія бактерійного окислення сульфідних мінералів.....	183
9.2 Вилуговування мінералів і концентратів руд з використанням розчинників.....	186
9.3 Механізм адаптації мікроорганізмів до важких металів.....	191
9.4 Біосорбція та осадження важких металів мікроорганізмами.....	193
9.5 Біологічне осадження важких металів зі стічних вод.....	196
Розділ 10. Охорона праці та біобезпека застосування біотехнологій.....	201
10.1 Техніка безпеки біотехнологічних виробництв та лабораторних досліджень.....	201
10.2 Електробезпека при роботі очисних споруд.....	205
10.3 Система безпеки харчових продуктів.....	207
10.4 Генетично модифіковані продукти.....	209
10.5 Біотероризм.....	213
Список використаних джерел.....	217
Список рекомендованої літератури.....	218