

ТЕХНОЛОГІЯ  
ФОСФОРОВМІСНИХ  
ДОБРИВ,  
КИСЛОТ І СОЛЕЙ

За редакцією  
д-ра техн. наук, проф. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО

Підручник

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«Харківський політехнічний інститут»

# **ТЕХНОЛОГІЯ ФОСФОРОВМІСНИХ ДОБРИВ, КИСЛОТ І СОЛЕЙ**

Підручник  
для студентів вищих навчальних закладів,  
які навчаються за спеціальністю  
«Хімічна технологія неорганічних речовин»

**За редакцією д-ра техн. наук, проф. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО**

Затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Харків  
Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ»  
2011

ББК 35.32я 73  
Т38  
УДК 661.632 (075.8)

Рецензенти:

*В. Т. Яворський*, д-р техн. наук, проф., НТУ «Львівська політехніка», м. Львів,  
*М. Д. Волошин*, д-р техн. наук, проф., Державний технічний університет  
м. Дніпродзержинськ,  
*Г. С. Столяренко*, д-р техн. наук, проф., Черкаський державний технологічний  
університет

Автори:

*І. М. Астрелін, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я. ЛОБОЙКО,  
Г. І. ГРИНЬ, М. В. КОШОВЕЦЬ, І. Г. ЗЕЗЕКАЛО*

Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України  
лист № 1/11-3702 від 16.05.2011 р.

**Технологія** фосфоровмісних добрив, кислот і солей : підручник/  
Т38 І. М. Астрелін, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я. ЛОБОЙКО [та ін.] ;  
за ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО. — Харків : Вид-во «Підручник НТУ  
«ХП»», 2011.-288 с.

ISBN 978-966-2426-18-2

У підручнику розглянуто фізико-хімічні основи, властивості та застосування фосфору і його сполук. Наведені технологічні процеси одержання елементарного фосфору, фосфорної кислоти і мінеральних добрив на їх основі.

Підручник призначений для студентів хіміко-технологічних вузів та факультетів. Він також може бути корисним викладачам вузів, аспірантам та інженерно-технічним працівникам науково-дослідних, проектних організацій та хімічних підприємств.

Лл. 84. Табл. 14. Бібліогр.: 37 назв.

**ББК 35.32я 73**  
**УДК 661.632 (075.8)**

ISBN 978-966-2426-18-2

© І. М. Астрелін, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ,  
О. Я. ЛОБОЙКО, Г. І. ГРИНЬ, М. В. КОШОВЕЦЬ,  
І. Г. ЗЕЗЕКАЛО, 2011  
© Вид-во «Підручник НТУ «ХП»», 2011

## ЗМІСТ

Передмова.....	5
Вступ.....	8
<b>Глава 1. Властивості фосфору та його сполук.....</b>	<b>17</b>
1.1. Властивості фосфору.....	17
1.2. Оксиди фосфору.....	23
1.3. Кисневмісні кислоти фосфору.....	28
<b>Глава 2. Застосування, класифікація і фосфатна сировина.....</b>	<b>35</b>
2.1. Застосування фосфатів.....	35
2.2. Агрохімічне значення фосфоровмісних добрив.....	36
2.3. Класифікація добрив.....	43
2.4. Природна фосфатна сировина.....	47
2.5. Закордонні родовища фосфатної сировини.....	52
2.6. Ресурси фосфатної сировини в Україні.....	53
<b>Глава 3. Кондиціювання, збагачення та використання низькоконцентрованих за P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> («бідних») природних фосфатів.....</b>	<b>62</b>
3.1. Збагачення «бідних» фосфатів.....	63
3.1.1. Механічні та термічні методи збагачення.....	64
3.1.2. Хімічні методи збагачення природних фосфатів.....	76
<b>Глава 4. Технологія елементарного фосфору і термічної фосфатної кислоти.....</b>	<b>80</b>
4.1. Фізико-хімічні основи одержання елементарного фосфору.....	80
4.2. Технологія елементарного фосфору.....	83
4.3. Термічний спосіб одержання фосфатної кислоти.....	90
<b>Глава 5. Сульфатокислотне розкладання природних фосфатів.....</b>	<b>94</b>
5.1. Загальні фізико-хімічні засади.....	94
5.2. Виробництво екстракційної фосфатної кислоти.....	99
5.3. Концентрування екстракційної фосфатної кислоти.....	115
5.4. Виробництво суперфосфатів.....	118
5.5. Фізико-хімічні засади одержання простого суперфосфату.....	120
5.6. Гранульований і амонізований суперфосфати.....	133
5.7. Магнієвмісний суперфосфат.....	147
5.8. Гранфос.....	150
<b>Глава 6. Подвійний суперфосфат.....</b>	<b>154</b>
6.1. Фізико-хімічні засади одержання подвійного суперфосфату.....	154
6.2. Виробництво подвійного суперфосфату.....	158

<b>Глава 7. Суперфос і преципітат</b> .....	170
7.1. Фізико-хімічні властивості та застосування.....	171
7.2. Фізико-хімічні засади одержання преципітату.....	174
7.3. Виробництво преципітату.....	177
<b>Глава 8. Дигідрофосфат кальцію і термічні фосфати</b> .....	180
8.1. Термофосфати, топлєні фосфати, металургійні шлаки, метафосфати кальцію.....	181
8.2. Знефторєні фосфати.....	186
<b>Глава 9. Складні фосфоровмісні добрива</b> .....	192
9.1. Орто- метафосфати калію.....	192
9.2. Фосфати амонію, Фізико-хімічні властивості ортофосфатів амонію, застосування.....	194
9.3. Фізико-хімічні особливості одержання фосфатів амонію і амофосу.....	198
9.4. Технологічні засади одержання дигідроортофосфату і гідроортофосфату амонію.....	200
9.5. Виробництво амофосу.....	204
9.6. Гранульований діамофос.....	214
9.7. Амофосфат.....	215
9.8. Полі- і метафосфати амонію.....	216
9.8.1. Нітроамофосфати і карбоамофосфати.....	217
9.8.1.1. Загальні відомості.....	217
9.8.1.2. Способи виробництва нітроамонофосфатів і карбоамонофосфатів.....	219
9.8.2. Нітрофосфати.....	233
9.8.2.1. Фізико-хімічні засади розкладання природних фосфатів нітратною кислотою.....	234
9.8.2.2. Способи переробки нітратно-кислотної «витяжки».....	241
9.8.2.2.1. Особливості карбонатного способу.....	247
9.8.2.2.2. Особливості сульфатних способів.....	249
9.8.2.2.3. Особливості фосфатнокислотного способу.....	256
9.8.2.2.4. Особливості одержання амофоски виморожуванням нітрату кальцію.....	257
<b>Глава 10. Змішані і рідкі фосфоровмісні добрива</b> .....	263
10.1. Загальні відомості.....	263
10.2. Антагонізм і синергізм добрив.....	266
10.3. Виробництво змішаних добрив.....	268
10.4. Алгоритм розрахунку складів тукоsumішей.....	269
10.5. Рідкі комплексні фосфоровмісні добрива.....	274
Питання для самоконтролю.....	280
Література.....	284