



СУЧАСНИЙ УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ  
ПІДРУЧНИК

В. В. ЄФИМЕНКО

# ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ТВЕРДИХ ПРИРОДНИХ ЕНЕРГОНОСІЇВ



УДК 662.7 (075.8)

ББК Л 54-1я7

Є 911

*Рецензенти:*

*О. М. Шендрик* — д-р хім. наук, проф.  
(Донецький національний університет імені Василя Стуса);

*В. П. Олександренко* — д-р техн. наук, проф.  
(Хмельницький національний університет);

*О. Б. Гринишин* — д-р техн. наук, проф.  
(Національний університет «Львівська політехніка»)

*Рекомендовано вченою радою Національного авіаційного  
університету (протокол № 4 від 23.05.2018 р.).*

**Єфименко В. В.**

Є 911

Хімічна технологія твердих природних енергоносіїв:  
підручник / В. В. Єфименко. — К. : НАУ, 2019. — 516 с.

ISBN 978-966-932-111-4

У підручнику коротко викладено систематизований матеріал щодо походження та загальної характеристики твердих горючих копалин, підготовки їх до переробки; розглянуто процеси термічної переробки вугілля та сланцю, уловлювання летких речовин та подальшого їх використання, одержання синтетичного рідкого і газоподібного палива з вугілля та сланцю, технології вуглеграфітових матеріалів та питання охорони навколишнього середовища.

Для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічні технології палив та вуглецевих матеріалів»; може бути корисним для науковців, інженерно-технічних працівників та спеціалістів, які займаються технологією природних енергоносіїв та вуглецевих матеріалів.

УДК 662.7 (075.8)  
ББК Л 54-1я7

ISBN 978-966-932-111-4

© Єфименко В. В., 2019  
© НАУ, 2019

# ЗМІСТ

Передмова .....	7
ВСТУП .....	9
<b>Розділ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН ТА ПІДГОТОВКА ЇХ ДО ПЕРЕРОБКИ.....</b>	<b>14</b>
1.1. Походження і загальна характеристика твердих горючих копалин .....	14
1.2. Вугільні родовища України .....	19
1.3. Властивості вугілля .....	23
1.3.1. Петрографічний склад.....	23
1.3.2. Фізичні властивості.....	25
1.3.3. Хімічний склад .....	31
1.3.4. Неорганічні компоненти вугілля.....	35
1.4. Основні показники якості твердих горючих копалин .....	38
1.5. Класифікація вугілля .....	39
1.6. Прийом і складування твердих палив .....	45
1.7. Механічна обробка твердих горючих копалин .....	57
1.7.1. Грохочення .....	57
1.7.2. Дроблення.....	63
1.7.3. Шматкування.....	69
1.8. Збагачення твердих горючих копалин .....	77
<i>Контрольні запитання та завдання.....</i>	<i>97</i>
<b>Розділ 2. ОСНОВИ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН .....</b>	<b>98</b>
2.1. Термічна деструкція твердих горючих копалин.....	98
2.1.1. Вихід і властивості парогазових продуктів термічної деструкції твердих горючих копалин .....	105
2.1.2. Вплив умов нагрівання на вихід продуктів термічної деструкції твердих горючих копалин .....	109
2.1.3. Процеси спікання і коксоутворення .....	113
2.2. Вибір напрямку термічної переробки різних видів твердих палив .....	119
2.2.1. Класифікація процесів термічної переробки твердих горючих копалин.....	120
2.2.2. Теоретичні основи термічної переробки твердих горючих копалин у промислових печах.....	121
<i>Контрольні запитання та завдання.....</i>	<i>129</i>

<b>Розділ 3. ТЕРМІЧНА ПЕРЕРОБКА ТВЕРДИХ ПАЛИВ</b> .....	130
3.1. Характеристика і застосування продуктів процесу напівкоксування .....	130
3.1.1. Вплив факторів на вихід і якість продуктів напівкоксування .....	133
3.1.2. Типи печей напівкоксування .....	137
3.2. Енерготехнологічна переробка палив .....	151
3.3. Одержання коксу високотемпературним коксуванням .....	161
3.3.1. Підготовка вугілля до коксування .....	162
3.3.2. Вимоги до якості коксу .....	169
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	186
<b>Розділ 4. КОКСОВІ БАТАРЕЇ ТА ПЕЧІ ДЛЯ КОКСУВАННЯ ВУГІЛЛЯ</b> .....	187
4.1. Конструктивні елементи коксових батарей .....	187
4.1.1. Матеріали кладки коксових печей .....	191
4.1.2. Класифікація коксових печей .....	194
4.1.3. Конструкції коксових печей .....	198
4.1.4. Технологічне обладнання коксових печей .....	207
4.1.5. Машини коксових печей .....	213
4.2. Матеріальний та тепловий баланс коксування .....	217
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	221
<b>Розділ 5. ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ КОКСУВАННЯ ВУГІЛЛЯ</b> .....	222
5.1. Температурний і гідравлічний режим коксування .....	222
5.2. Завантаження та видача коксу з коксових печей .....	230
5.3. Гасіння та сортування коксу .....	236
5.4. Вдосконалення технології підготовки вугілля до коксування ...	240
5.5. Безперервні процеси одержання коксу .....	251
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	260
<b>Розділ 6. ЛЕТКІ ПРОДУКТИ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН</b> .....	261
6.1. Уловлювання летких продуктів термічної переробки твердих горючих копалин .....	261
6.1.1. Вуглеводневий склад летких продуктів термічної переробки твердих горючих копалин .....	265
6.1.2. Охолодження і транспортування летких продуктів .....	270
6.2. Очищення та розділення газу від смоли, води і фусів .....	279
6.3. Уловлювання аміаку і піридинових основ .....	282
6.3.1. Механізм уловлювання аміаку і піридинових основ .....	284
6.3.2. Способи уловлювання аміаку з газу .....	285
6.3.3. Вилучення піридинових основ з розчинів .....	293
6.3.4. Одержання фосфатів амонію при уловлюванні аміаку .....	296
6.3.5. Виробництво аміачної води або безводного аміаку з коксового та інших газів .....	297

6.4. Очищення газів від сірчистих сполук .....	302
6.4.1. Рідкофазні окиснювальні методи сіркоочищення .....	303
6.4.2. Кругові методи очищення газу від сірководню .....	308
6.4.3. Твердофазне очищення газів від сірководню .....	315
6.5. Уловлювання бензолу і газового бензину .....	316
6.5.1. Абсорбція бензолу з коксового газу .....	318
6.5.2. Десорбція сирого бензолу з поглинаючих олив .....	321
6.6. Вдосконалення цехів уловлювання летких продуктів .....	324
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	326
<b>Розділ 7. ТЕХНОЛОГІЯ СИРОГО БЕНЗОЛУ</b>	
<b>І ГАЗОВИХ БЕНЗИНІВ</b> .....	
7.1. Переробка сирого бензолу і газових бензинів .....	328
7.2. Технологія сирого бензолу .....	330
7.2.1. Попередня ректифікація сирого бензолу .....	332
7.2.2. Сірчаноокислотна очистка бензолу .....	334
7.2.3. Кінцева ректифікація фракції сирого бензолу .....	342
7.2.4. Переробка легкої та важкої фракцій сирого бензолу .....	346
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	348
<b>Розділ 8. ТЕХНОЛОГІЯ СМОЛ ТЕРМІЧНОЇ</b>	
<b>ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН</b>	
<b>ТА КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО ПЕКУ</b> .....	
8.1. Високо- і низькотемпературні смоли переробки	
твердих горючих копалин .....	349
8.1.1. Технологія розділення смол .....	353
8.1.2. Обладнання для розділення смол та їх переробка .....	359
8.1.3. Технологія смол, одержаних з інших процесів	
термічної переробки вугілля .....	369
8.2. Використання та переробка кам'яновугільного пеку .....	371
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	377
<b>Розділ 9. ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕТИЧНОГО</b>	
<b>ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА З ВУГІЛЛЯ І СЛАНЦЮ</b> .....	
9.1. Перспективи виробництва синтетичного палива .....	378
9.2. Газифікація твердих горючих копалин .....	381
9.2.1. Особливості процесу газифікації .....	381
9.2.2. Склад газів, одержаних при використанні	
різних видів дуття .....	385
9.2.3. Класифікація та основне обладнання процесів	
газифікації твердих горючих копалин .....	388
9.2.4. Виробництво водню та очищення продуктів газифікації .....	406
9.2.5. Підземна газифікація твердих горючих копалин .....	411
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	414

<b>Розділ 10. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ СИНТЕТИЧНИХ РІДКИХ ПАЛИВ ГІДРОГЕНІЗАЦІЄЮ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН</b> .....	415
10.1. Основи гідрогенізації горючих копалин .....	415
10.1.1. Гідрогенізаційні процеси.....	416
10.1.2. Підготовка сировини до гідрогенізації .....	420
10.1.3. Технологія рідкофазної гідрогенізації .....	422
10.1.4. Переробка середньої оливи і бензину рідкофазної гідрогенізації .....	429
10.1.5. Термічне розчинення вугілля і сланцю .....	435
10.2. Одержання синтетичних палив із CO і H <sub>2</sub> .....	438
10.2.1. Основи одержання синтетичних палив із CO і H <sub>2</sub> .....	439
10.2.2. Технологія газового синтезу із CO і H <sub>2</sub> .....	441
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	452
<b>Розділ 11. ВУГЛЕГРАФІТОВІ МАТЕРІАЛИ</b> .....	453
11.1. Властивості вуглецю та вуглеграфітових матеріалів .....	453
11.2. Діаграма агрегатного стану вуглецю .....	461
11.3. Застосування вуглеграфітових матеріалів .....	464
11.3.1. Сировинна база вуглеграфітових матеріалів .....	468
11.3.2. Зв'язуючі речовини.....	474
11.4. Технологія прокалювання вуглецевих матеріалів.....	475
11.5. Підготовка та пресування вуглецевої маси .....	481
11.6. Випалювання вуглеграфітових матеріалів.....	488
11.6.1. Вплив факторів на процес випалювання .....	489
11.6.2. Технологія випалювання вуглеграфітових матеріалів .....	491
11.7. Графітизація .....	496
11.7.1. Механізм процесу графітизації .....	496
11.7.2. Технологія процесу графітизації .....	499
11.8. Просочення і ущільнення вуглеграфітових матеріалів.....	501
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	503
<b>Розділ 12. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ КОПАЛИН</b> .....	504
12.1. Вплив технології твердих горючих копалин на навколишнє середовище .....	504
12.2. Очищення стічних вод у коксохімічному виробництві .....	506
12.3. Утилізація газових викидів переробки твердих горючих копалин .....	511
12.4. Утилізація твердих і смолистих відходів .....	512
<i>Контрольні запитання та завдання</i> .....	514
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	515