

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Саранчук В.І., Ільяшов М.О.,
Ошовський В.В., Білецький В.С.

Основи хімії і фізики горючих копалин

Затверджено Міністерством освіти і
науки України як підручник для студентів
напряму "Хімічна технологія та інженерія"
вищих навчальних закладів

Львів
«Новий Світ-2000»
2020

УДК 662.73+662.74

Гриф наданий Міністерством освіти і науки України

Рецензенти:

- Й. О. Опейда, д.х.н., професор Донецького національного технічного університету,
заступник директора Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії
ім. Л. М. Литвиненка НАН України;
Ю. О. Тарасенко, д.х.н., професор, провідний науковий співробітник Інституту хімії
поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України
Є. І. Збиковський, к.т.н., доцент Донецького національного технічного
університету

Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В., Білецький В.С.

О 75 Основи хімії і фізики горючих копалин: підручник для студентів вищих навчальних закладів/ Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В., Білецький В.С. -- Львів: «Новий Світ-2000», 2020. – 366 с.

ISBN 978-617-7519-36-1

У книзі розглядаються фізико-хімічні властивості природних і синте-тичних форм вуглецю, а також палив, їх походження, класифікація, склад, фізичні і хімічні властивості, молекулярна структура твердих горючих копалин, нафти, природних газів, викладені принципи переробки горючих копалин і сучасні уявлення про сутність і механізм їхнього перетворення в різних умовах, дана характеристика продуктів, що утворюються.

Для студентів, магістрантів і аспірантів вузів, що навчаються за на-прямом «Хімічна технологія та інженерія», науковців, співробітників проект-них організацій та інженерно-технічних працівників заводів.

ISBN 978-617-7519-36-1

© Саранчук В.І., Ільяшов М.О.,
Ошовський В.В., Білецький В.С., 2020
© «Новий Світ-2000»,
ФОП Піча С.В., 2020

ЗМІСТ

ВСТУПНЕ СЛОВО	6
ВІД АВТОРІВ	8
ЧАСТИНА I. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ	9
1. Джерела енергії й органогенна сировина	9
1.1. Загальна характеристика паливно-енергетичної сировини та її роль в енергетиці	15
2. Вуглець і вуглецеві матеріали	23
2.1. Характеристика вуглецю	24
2.2. Алотропні форми вуглецю	26
2.2.1. Алмаз	26
2.2.2. Лонсдейліт	28
2.2.3. Карбін	29
2.2.4. Графіт та графен	30
2.3. Вуглецеві каркасні структури	36
2.3.1. Фулерени	36
2.3.2. Вуглецеві нанотрубки	40
2.4. Органічні сполуки	45
2.5. Неорганічні сполуки вуглецю	57
2.5.1. Хімічні властивості вуглецю	57
2.5.2. Оксид вуглецю (II), або чадний газ	57
2.5.3. Оксид вуглецю (IV), або вуглекислий газ	59
2.5.4. Вугільна кислота H_2CO_3	60
2.5.5. Сполуки вуглецю з сіркою і азотом	64
2.6. Вуглець у природі	65
3. Види горючих копалин і їхня роль у господарстві України	71
4. Умови залягання і способи видобутку горючих копалин	73
5. Головні родовища горючих копалин	81
5.1. Тверді горючі копалини	81
5.2. Нафта та горючий газ	88
ЧАСТИНА II. ТВЕРДІ ГОРЮЧІ КОПАЛИНИ	94
6. Походження твердих горючих копалин	94
6.1. Вихідний матеріал й умови утворення твердих горючих копалин	94
6.2. Процеси утворення твердих горючих копалин	99
6.3. Різні теорії походження копалин	102
6.4. Умови утворення твердих горючих копалин	108
7. Систематизація і класифікація твердих горючих копалин	111
8. Торф і вугілля	114

9. Петрографія вугілля.....	130
10. Технічний аналіз вугілля	154
10.1. Відбір і приготування проб для аналізу	155
10.1.1. Випробування палива	155
10.1.2. Види проб	156
10.1.3. Відбір проб	157
10.1.4. Обробка проб	159
10.1.5. Приготування аналітичних проб	160
10.1.6. Підготовка проби до проведення аналізу. Загальні прийоми роботи при аналізі вугілля	164
10.2. Волога	166
10.3. Мінеральні компоненти і зольність вугілля	168
10.4. Вихід летких речовин	170
10.5. Сірка у вугіллі	172
10.6. Загальне поняття про груповий аналіз вугілля	173
11. Елементний склад ТГК.....	174
12. Фізичні властивості вугілля	177
12.1. Густина ТГК.....	178
12.2. Фізико-механічні властивості	179
12.3. Теплофізичні властивості.....	182
12.4. Електромагнітні властивості	186
13. Хімічна будова твердих горючих копалин.....	188
14. Гумінові кислоти, бітуми, гірський віск.....	191
15. Збагачення твердих горючих копалин.....	195
15.1. Методи збагачення вугілля	205
15.1.1. Збагачення у важких середовищах	205
15.1.2. Мокра відсадка	206
15.1.3. Збагачення в гвинтових сепараторах	207
15.1.4. Пневматичне збагачення	208
15.1.5. Флотація вугільного пилу та шламу	209
16. Брикетування вугілля.....	209
17. Термічна деструкція. Механізм перетворення вугілля	213
18. Піроліз ТГК	224
18.1. Методи оцінки спікливості і коксівності вугілля	232
18.2. Визначення пластометричних показників методом Л. М. Сапожникова.....	233
18.3. Визначення показника спікливості методом Рога	239
18.4. Метод визначення показника вільного спучування (індекс вільного спучування)..	240
18.5. Визначення типу коксу за Грей-Кінгом	241
18.6. Визначення дилатометричних показників за методом Одібера–Арну.....	243
18.7. Прискорений метод визначення дилатометричних показників у приладі ІГК–ДМетІ	245
18.8. Прискорений метод визначення спікливості	246

18.9. Визначення виходу рідиннорухливих продуктів з пластичної маси вугілля	247
18.10. Визначення показників текучості в пластометрі Гізелера	247
18.11. Визначення коксівності методом лабораторного коксування	248
18.12. Коксування в напівзаводських печах і ящичне коксування	249
19. Коксування вугілля	249
19.1. Визначення міцності коксу в малому і великому барабанах	263
19.2. Дійсна густина коксу	265
19.3. Уявна густина і пористість коксу	265
19.4. Визначення насипної маси коксу	267
19.5. Визначення питомого електричного опору коксу	267
19.6. Визначення реакційної здатності коксу	269
20. Пек кам'яновугільний і пековий кокс	273
21. Окиснення вугілля	280
22. Спалення горючих копалин	284
23. Газифікація вугілля	289
24. Гідрогенізація і розчинення вугілля	298
25. Енерготехнологічна переробка твердих горючих копалин	307
ЧАСТИНА III. РІДКЕ ПАЛИВО	311
26. Походження нафти і газу	311
26.1. Гіпотези неорганічного походження	311
26.2. Гіпотеза органічного осадово-міграційного походження нафти	312
26.3. Осадово-неорганічна гіпотеза формування нафтових і газових родовищ	314
27. Груповий хімічний склад нафт і нафтопродуктів	317
28. Характеристика нафт і нафтових фракцій	321
29. Способи переробки нафти	327
30. Термічний крекінг нафти	334
31. Каталітичні процеси переробки нафти	338
32. Нафтові палива й мастила	340
32.1. Двигуни внутрішнього згоряння	341
32.2. Авіаційні реактивні і газотурбінні двигуни	343
32.3. Палива на основі нафтопродуктів	345
33. Очищення нафтопродуктів	351
ЧАСТИНА IV. ГАЗОПОДІБНЕ ПАЛИВО	353
34. Природні горючі гази	353
35. Зріджений газ	360
36. Гази вугільних родовищ	363

ВСТУПНЕ СЛОВО

Горючі корисні копалини відіграють значущу, непересічну роль в розвитку цивілізації, зокрема становленні сучасної науки, промисловості, транспорту, культури людства в цілому. Разом з тим, історія їх промислового використання налічує всього півтора століття, а пік сукупного видобутку вугілля, нафти, природного газу очікується вже найближчим часом. У історичному масштабі ми дуже швидко вичерпуємо поклади горючих копалин, які накопичувалися на планеті мільйони років.

Прогнозуючи майбутнє фахівцями під егідою ООН розроблено концепцію сталого розвитку, що передбачає тривалий розвиток людства, який задовольняє потреби сучасності без завдання шкоди спроможності майбутніх поколінь у задоволенні їхніх потреб. У цьому контексті наступний період використання традиційних для сучасної економіки викопних вуглеводнів, який протриває ще максимум 200-250 років, буде мати декілька характерних рис. По-перше, це період спаду видобутку, що вимагає економії ресурсів, розробки і впровадження ресурсозберігаючих технологій, комплексності переробки вуглеводневої сировини, безвідходних виробництв. По-друге, відбуватиметься залучення до паливно-енергетичного балансу все бідніших природних родовищ, а також техногенних родовищ, які містять горючі корисні копалини. По-третє, будуть розроблятися нетрадиційні поклади вуглеводнів, зокрема розшириться видобуток нафти з нафтоносних пісків, розпочнеться і набуде розвою видобуток кристалогідратного метану.

Все це вимагатиме надзвичайних зусиль науки і техніки, на які покладається вишукування, дослідження і розробка новітніх та удосконалення існуючих технологій розвідки, видобування та переробки природних викопних вуглеводнів. При цьому все жорсткіше стоятиме проблема оптимізації та екологізації цих процесів, зокрема процесів переробки нафти, природного газу і вугілля. Основні напрямки наукових пошуків включають збільшення глибини переробки рідких вуглеводнів, активне використання техніки скраплення газу, розробку ефективних технологій зрідження та газифікації вугілля (як у видобуто-

му стані так і у пласті), одержання, транспорт та використання висококонцентрованих водовугільних суспензій.

Описана перспектива вимагає сьогодні від нас досконалої підготовки цілого ряду фахівців з урахуванням вказаних спеціалізацій.

У створеному авторами курсі «Основи хімії і фізики горючих копалин» розглядаються фізико-хімічні властивості природних і синтетичних форм вуглецю, а також палив, їх походження, класифікація, склад, фізичні і хімічні властивості, молекулярна структура твердих горючих копалин (вугілля, торфу, горючих сланців), нафти, природних газів, викладені принципи переробки горючих копалин і сучасні уявлення про сутність і механізм їхнього перетворення в різних умовах, подана характеристика продуктів, що утворюються. Найбільше уваги приділено твердим горючим копалинам, що справедливо з точки зору їх більших сукупних запасів і специфіки паливно-енергетичного балансу нашої країни. Безсумнівним позитивом посібника є виклад як теоретичного, так і прикладного матеріалу на сучасному рівні уявлень про такі складні і багатогранні системи як вуглець, вугілля, нафта. Автори часто викладають різні підходи до проблем, заохочуючи студентів і аспірантів, що навчаються за фахом «Хімічна технологія палива», а також науковців до компаративного аналізу. Крім того, велику увагу приділено термінологічній проблемі, - у додатку поміщено фахово підготовлений енциклопедичний словник, який включає новітню українську термінологію з твердих горючих копалин з одночасним приведенням російських, англійських та німецьких термінів-відповідників.

В цілому сучасний парк підручників і посібників з хімії і фізики горючих копалин збагачується ще одним сучасним виданням, яке претендує на інтегративну базисну роль. Серед видань-аналогів воно вирізняється своєю універсальністю, так як виконує одночасно навчальну, наукову і нормативно-термінологічну функцію.

Директор інституту вугільних енерготехнологій
Національної академії наук України,
академік Ю.П. Корчевий

ВІД АВТОРІВ

Підручник «Основи хімії і фізики горючих копалин» - по суті перше вітчизняне фундаментальне навчальне видання, яке системно висвітлює питання походження, складу, молекулярної структури, фізико-хімічних властивостей твердих, рідких та газоподібних горючих копалин. Висвітлені питання класифікації горючих копалин, опису форм існування вуглецю та їх властивостей.

Особлива увага приділена вугіллю, як основі паливно-енергетичного балансу нашої країни. Подані сучасні дані про петрографію вугілля, технічний аналіз і елементний склад, фізичні, зокрема фізико-механічні, теплофізичні, електромагнітні властивості, хімічну будову твердих горючих копалин та їх складових.

Окремі розділи роботи знайомлять з сучасною технологією і технікою збагачення та брикетування вугілля, технологіями його термічної деструкції, зокрема піролізу, коксування, газифікації, гідрогенізації, розчинення вугілля, методами оцінки спікливості та коксівності вугілля та методами оцінки якості коксу.

У розділі «Рідке паливо» автори-укладачі викладають сучасні гіпотези неорганічного та органічного походження нафти і природного газу, описують груповий хімічний склад нафт та нафтопродуктів їх фізичні, техніко-технологічні характеристики, а також способи переробки нафти, зокрема очищення нафти, термічний крекінг, каталітичні процеси переробки нафти. Окремий розділ присвячений нафтовим паливам та мастилам.

У розділі «Газоподібне паливо» акцент зроблено на описі природних горючих газів, зокрема метану вугільних родовищ. У окремий розділ винесено інформацію про перспективний напрямок газової промисловості – скраплення природних газів.

Підручник доповнено енциклопедичним словником «Тверді горючі копалини», який містить понад 1700 статей і суттєво доповнює основний матеріал видання.

У написанні окремих розділів та статей Енциклопедичного словника брали участь д.т.н. В.С.Бойко, к.т.н. О.А.Золотко, д.т.н. Р.С.Яремійчук, к.е.н. І.М. Лашенко, Н. В. Лобачова.