

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. Г. Вітрик

ОСНОВИ НАФТОГАЗОВОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Підручник для студентів спеціальності 185
«Нафтогазова інженерія та технології»

«Новий Світ-2000»

Львів

2020

УДК 622

Б61

Рекомендовано до друку Вченою радою Навчально-наукового інституту хімічних технологій та інженерії НТУ «Харківський політехнічний інститут», (протокол № 1 від 21.09.2018)

Рекомендовано до друку кафедрою «Експлуатація газових і теплових систем» Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова (протокол № 8 від 30.08.2018)

Рецензенти:

Р. С. Яремійчук – доктор технічних наук, професор;

В. С. Бойко – доктор технічних наук, професор кафедри «Розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу;

Г. Ж. Горобець – доктор технічних наук, професор кафедри збагачення корисних копалин Національного гірничого університету

Б61 Основи нафтогазової інженерії [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів. / Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. - Львів: «Новий Світ- 2000», 2020 – 416 с.

ISBN 978-617-7519-38-5

У навчальному підручнику викладено комплекс питань нафтогазової інженерії і технологій, які передбачені програмою курсу «Основи нафтогазової інженерії», що вивчається студентами спеціальностей «Нафтогазова інженерія та технології», «Гірництво» й інших, нафтогазових інститутів та факультетів.

Навчальний підручник також буде корисний при підготовці робітничих кадрів для підприємств нафтогазової галузі.

УДК 622

ISBN 978-617-7519-38-5

© Білецький В. С., Орловський В. М.,
Вітрик В. Г., 2020

© «Новий Світ-2000, ФОП Піча С.В., 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	9
1.1. Джерела енергії й органогенна сировина	9
1.2. Загальна характеристика паливно-енергетичної сировини та її роль в енергетиці	20
РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ГЕОЛОГІЇ НАФТИ І ГАЗУ	31
2.1. Розвиток методів пошуку, видобутку та використання нафти і природного газу	31
2.2. Геологія земної кори	60
2.3. Характеристика нафтових та газових родовищ	73
2.4. Гідрогеологічні особливості родовищ нафти і газу	83
2.5. Походження, класифікація та фізико-хімічні властивості нафти	91
2.6. Природні й нафтові гази та їх властивості	107
2.7. Пошуки і розвідка родовищ нафти й газу	116
РОЗДІЛ 3. БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН	123
3.1. Розвиток техніки та технології буріння свердловин	123
3.2. Елементи свердловин і їх класифікація	129
3.3. Способи буріння свердловин	132
3.4. Режими буріння свердловин	138
3.5. Промивання та продування свердловин	139
3.6. Розмежування пластів і закінчування свердловин	142
3.7. Бурові долота	146
3.8. Бурильна колона	153
3.9. Вибійні двигуни	156
3.10. Бурові установки	158

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ	170
4.1. Розвиток технології та технічних засобів видобування нафти і газу	170
4.2. Пластова енергія та сили, що діють у покладах	176
4.3. Режими роботи нафтових покладів	176
4.4. Системи розроблення нафтових і газових родовищ	183
4.5. Методи підвищення нафтовіддачі пластів	186
4.6. Способи експлуатації нафтових і газових свердловин	189
4.7. Методи підвищення продуктивності свердловин	201
4.8. Ремонт свердловин	205
4.9. Обладнання, що застосовується при експлуатації свердловин	207
4.10. Обладнання, яке використовується при підземному ремонті свердловин	220
 РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА МОРСЬКИХ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ	 227
5.1. Розвиток техніки і технології розробки морських родовищ вуглеводнів	227
5.2. Морські бурові установки	235
5.3. Бурове обладнання	246
5.4. Типи свердловин на морських родовищах	249
 РОЗДІЛ 6. СИСТЕМИ ЗБОРУ НАФТИ І ГАЗУ НА ПРОМИСЛАХ ТА ЇХ ПРОМИСЛОВА ПІДГОТОВКА	 251
6.1. Збір і зберігання нафти на промислах	251
6.2. Промислова підготовка нафти	254
6.3. Збір природного газу на промислах	262
6.4. Промислова підготовка природного газу	268
 РОЗДІЛ 7. НЕТРАДИЦІЙНІ ВУГЛЕВОДНІ	 274
7.1. Видобування нетрадиційної нафти	274
7.2. Видобування нетрадиційного газу	284

РОЗДІЛ 8. ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ ТА ГАЗУ	318
8.1. Основні види транспорту нафти і нафтопродуктів.....	318
8.2. Розвиток методів транспортування нафти, газу і нафтопродуктів	318
8.3. Місце трубопровідного транспорту, його розвиток та структура на сучасному етапі	323
8.4. Транспортування нафти і нафтопродуктів трубопроводами	327
8.5. Транспортування природного газу трубопроводами.....	331
8.6. Підземні сховища природного газу.....	337
8.7. Залізничне транспортування нафти, нафтопродуктів та скрапленого газу	339
8.8. Водне транспортування нафти, нафтопродуктів і скрапленого газу	348
8.9. Автомобільне транспортування нафти, нафтопродуктів та скрапленого газу.....	360
8.10. Нафтобазове господарство.....	364
РОЗДІЛ 9. ПРОДУКТИ І ПРОЦЕСИ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ.....	369
9.1. Розвиток технології переробки нафти і газу	369
9.2. Продукти переробки нафти	376
9.3. Основні методи переробки нафти	378
9.4. Перегін нафти.....	379
9.5. Процеси переробки нафти	382
9.6. Переробка вуглеводневих газів	387
9.7. Хімічна переробка нафтової та газової сировини.....	395
9.8. Основні нафтохімічні виробництва	398
СЛОВНИК ВИКОРИСТАНИХ У ПІДРУЧНИКУ ТЕРМІНІВ.....	405
ЛІТЕРАТУРА.....	412

ВСТУП

Розвиток промисловості й сільського господарства країни практично неможливий без застосування нафти і природного газу, а також продуктів їх переробки.

Нафта – відмінне паливо. Однак спалювати нафту для одержання тепла недоцільно, тому що з неї можна отримати цілий ряд цінних продуктів, які використовуються майже в усіх галузях господарства. Бензин, дизельне паливо, гас, змащувальні мастила, парафін, мазут, бітум – ось далеко не повний перелік нафтопродуктів, які одержують при переробці нафти.

Природний газ також є чудовим паливом як для промисловості, так і для побутових потреб. Газ застосовується і як сировина для хімічної промисловості при виробництві синтетичного каучуку, пластмас, синтетичних волокон, спиртів, добрив, сажі та інших продуктів.

Отже, нафта, природний газ та продукти їх переробки істотно впливають на економіку країни, на підвищення матеріального добробуту народу. Тому темпам зростання нафтової і газової промисловості в Україні, як і в інших нафтогазовидобувних державах світу, постійно приділяється велика увага. Свідченням тому є історія нафтової і газової промисловості в Україні, яка нараховує більше 100 років, а також значні асигнування, які вкладає держава в розвідку і пошуки нафти і прородного газу.

Про важливу роль нафти і прородного газу в народному господарстві говорить і динаміка видобування нафти і газу на теренах України. У 1909 році на Прикарпатті видобування нафти досягало 2 млн т на рік. Перший газопровід Борислав – Дрогобич був збудований у 1912 році. Перші нафтопереробні заводи в Україні виникли в середині – другій половині XIX століття на Прикарпатті, що належало Австро-Угорщині, у Бориславі, Львові, Дрогобичі, Надвірній.

На початку ХХ століття на Прикарпатті почали застосовувати попутний нафтовий газ у промислових масштабах.

Початок масштабного видобутку та використання природного газу на теренах України пов'язаний з відкриттям у 1920 році Дашавського газового родовища, яке почали експлуатувати з 1924 року.

Сьогодні провідне місце за видобутком нафти і газу посідає Лівобережна Україна. Основні родовища нафти і природного газу знаходяться в Харківській, Сумській, Полтавській, Дніпропетровській і Чернігівській областях.

Найбільше з газових родовищ – Шебелинське (80% усіх запасів газу в Україні), на другому місці за запасами газу Західно-Хрестищенське газоконденсатне родовище, яке експлуатується з 1970 року, за ним йде Гнідинцівське нафтоконденсатне родовище – одне з найпродуктивніших в Україні, яке експлуатується з 1960 року.

У Прикарпатській нафтогазоносній провінції працюють нафтогазовидобувні управління в Бориславі й Долині.

У Причорноморсько-Кримській нафтогазоносній області станом на 2014 рік експлуатувалося 17 газових родовищ. Найбільші з них – Голіцинське, Джанкойське, Глібовське, Оленівське, Задорненське, Стрілковське.

Україна має великі потужності з нафтопереробки – це нафтопереробні заводи: Лисичанський, Кременчуцький, Херсонський, Бердянський, Дрогобицький, Львівський, Надвірнянський та газопереробні заводи: Бориславський, Глинсько-Розбишівський, Гнідинцівський, Долинський, Качанівський, Шебелинський, Яблунівський.

У 50 – 80-х роках ХХ ст. в Україні видобуток нафти, й особливо газу, поступово зростав. Найбільшого рівня видобутку нафти разом з газоконденсатом було досягнуто 1972 році – 14,4 млн т, а природного газу в 1975 році – 68,7 млрд м³.

Починаючи з другої половини 1970-х років видобуток нафти і природного газу в Україні стабільно скорочувався у зв'язку з виснаженням старих родовищ, які інтенсивно експлуатувалися під час входу України до СРСР. Унаслідок цього у 2013 році нафти і газового конденсату було видобуто лише 2,97 млн т, а природного газу – 19,34 млрд м³.

Через значне падіння видобутку нафти і газу в державі утворився дефіцит енергоносіїв. Тому на державному рівні здійснювалися за-

ходи по упровадженню ефективних способів збільшення обсягів видобутку нафти та природного газу.

У 2014 році видобуток нафти і газового конденсату продовжував падати, їх було видобуто 2,72 млн т, а видобуток природного газу вдалося стабілізувати і навіть дещо збільшити до 19,8 млрд м³.

У 2015 році в Україні було видобуто 2,46 млн т нафти й газоконденсату і 19,9 млрд м³ природного газу.

На 2020 рік передбачається досягти видобутку нафти та газоконденсату 5,3 млн т, а природного газу – 28 млрд м³.

У цьому навчальному підручнику викладено програмний матеріал курсу «Основи нафтогазової інженерії».

Курс передбачає вивчення основ геології нафти і газу, буріння свердловин, розробки й експлуатації нафтових і газових родовищ, збору та підготовки вуглеводневої сировини, а також транспорту, зберігання та первинної переробки нафти і газу.

Мета навчального підручника – полегшити вивчення даного курсу, підготувати студентів до наукового розуміння ведення основних робіт у нафтогазовій галузі.

За основу при підготовці підручника взято попередню роботу авторів – посібник «Основи нафтогазової справи» (Полтава-Київ, 2017).

Автори розглядають пропонований підручник «Основи нафтогазової інженерії» як базовий для студентів спеціальності 185 і будуть вдячні читачам за зауваження і поради, які будуть ураховані при підготовці наступних видань навчального підручника.