

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИХ ВОД ДЛЯ ЗАДОВОЛЬНЯННЯ ПОТРЕБ УКРАЇНИ У КРИТИЧНІЙ СИРОВИНІ

Єлатонцев Д.О.

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН, Україна, м. Дніпро,
sauron11652@gmail.com*

У технологічних процесах видобутку, підготовки та транспортування нафти та газу утворюється значна кількість нафтовидобувних і газопромислових відходів, які являють собою екологічно небезпечні утворення. Проблема знешкодження таких відходів до теперішнього часу не має комплексного вирішення. Утилітарний підхід (наприклад, спалювання, біорозкладання або захоронення) передбачає одночасне фізичне знищення корисних компонентів, що містяться в нафтовидобувних відходах у вигляді органічних та неорганічних сполук. Унаслідок цього виникають безповоротні втрати вже видобутої мінеральної сировини, а самі процеси екологічного знешкодження відходів здебільшого не є завершеними – вони лише частково знижують екологічне навантаження. Проте у більшості випадків подібна практика пояснюється відсутністю економічних технологій із безвідходним циклом перетворення небезпечних для довкілля утворень у технологічно корисний і екологічно безпечний продукт. Це свідчить про те, що проблему забезпечення комплексності та екологічної безпеки при утилізації нафтовидобувних відходів із додатковим вилученням мінеральної сировини слід розглядати як один із пріоритетних напрямів розвитку технологій XXI століття [1].

У межах цього підходу вирішуються наступні завдання, що забезпечують:

- комплексність утилізаційного процесу, яка передбачає створення безвідходних виробничих систем із замкненим або оборотним технологічним циклом;
- екологічну безпеку, що полягає у переведенні всіх складових нафтовидобувних відходів у екологічно безпечні або інертні сполуки;
- додаткове вилучення критичної мінеральної сировини, яке забезпечує розширення мінерально-сировинної бази за рахунок трансформації нафтовидобувних і газопромислових відходів у корисний товарний продукт.

Пластові води Східного нафтогазового басейну України являють собою розсоли хлоридно-кальцієвого типу з мінералізацією від 250 до 400 г/дм³, які містять значні кількості бромиду (до 1000 мг/дм³), йодиду (20–600 мг/дм³), а також стронцію (100–300 мг/дм³), бору (5–100 мг/дм³), літію (2–20 мг/дм³), магнію (150–5500 мг/дм³) та інших елементів [2]. Варто зазначити, що пластові води Західного регіону (зокрема, Львівської області) мають подібний хімічний склад, а вміст літію в них навіть вищий. У зв'язку з цим пластові води, що піднімаються на поверхню під час видобутку нафти й газу, доцільно розглядати як додаткове джерело критичної мінеральної сировини.

Наявні методи утилізації нафтовидобувних і газопромислових відходів здебільшого орієнтовані на вирішення окремих технологічних завдань: підготовку та закачування попутних вод у пласт, спалювання агресивних газів або їх дегазацію, складування чи захоронення нафтовмісних відходів тощо. Ці заходи частково знижують екологічну небезпеку для природних об'єктів, однак проблема в цілому не розглядається у комплексному екологічно-технологічному аспекті. Водночас на сьогодні існують усі необхідні технологічні передумови для реалізації комплексної переробки нафтовидобувних і газопромислових відходів із одночасним вилученням мінеральної сировини для отримання додаткової товарної продукції. Це дозволяє зменшити техногенний негатив, розширити мінерально-сировинну базу та частково компенсувати витрати на видобуток некондиційних запасів із надр.

Перспективний підхід ґрунтується на принципі комплексної утилізації нафтовидобувних відходів, структурна схема якої була запропонована на основі аналізу сучасного промислового й наукового досвіду в галузі екологічних технологій знешкодження. Комплексна технологія вилучення йоду, брому, літію, стронцію та бору передбачає попереднє очищення вод від органічних домішок і нафтопродуктів, подальше окиснення та екстракцію галогенів, концентрацію залишкового розсолу, а також селективне виділення лужних і лужноземельних металів. Такий підхід забезпечує раціональне використання ресурсів пластових вод та підвищує економічну ефективність їх утилізації.

На першому етапі здійснюється попередня підготовка розсолу, що включає дегазацію, відстоювання, коагуляцію та фільтрування для видалення нафти, завислих речовин і органічних домішок. Після цього проводиться стадія окиснення, під час якої бромід-іони переводяться у вільний бром із подальшою його конденсацією або екстракцією. Вилучення йоду здійснюється за допомогою аніонообмінних смол, що сорбують іодид-іони, після чого проводиться десорбція та окиснення до молекулярного йоду.

Залишковий розсіл концентрують методами нанофільтрації, зворотного осмосу або випарювання, що дозволяє зменшити об'єм і частково видалити іони кальцію та магнію, які заважають подальшому виділенню літію. Для вилучення літію застосовуються іон-ситові сорбенти, оксидно-марганцеві та титанові адсорбенти або електрохімічні методи селективної екстракції. Стронцій видаляється шляхом осадження у вигляді карбонату SrCO_3 або сульфату SrSO_4 , а також за допомогою катіонообмінних матеріалів. Бор вилучається переважно за допомогою спеціалізованих сорбентів, іонообмінних матеріалів або шляхом мембранної обробки при підвищеному рН, що сприяє переходу бору у форму боратів і підвищує ефективність його видалення.

Схема процесу включає послідовні стадії: очищення і дегазацію, окиснення бромиду, сорбцію йоду, концентрацію розсолу, селективне вилучення літію, осадження стронцію та фінальну стадію вилучення бору. Для реалізації процесу використовуються типові промислові апарати: сепаратори, флотаційні установки, реактори окиснення, колони іонного обміну, установки мембранної фільтрації та випарювальні системи.

Літературні дані свідчать, що ефективність вилучення бромиду перевищує 90 %, йоду – 40–80 %, літію – 50–90 % (залежно від співвідношення Mg/Li), стронцію – понад 80 %, бору – до 95 % при застосуванні комбінованих методів. Основними технологічними ризиками є висока енергоємність випарних процесів, чутливість сорбентів до органічних домішок, необхідність безпечного поводження з реагентами (Cl_2 , HCl , NaOH) і потреба в утилізації концентратів і регенераційних розчинів.

Розроблювана в ІГТМ НАН України технологічна схема [3] дозволяє комплексно використовувати ресурси супутньо-пластових вод, знижуючи їх екологічну небезпеку та забезпечуючи отримання хімічних продуктів, які мають критичне значення для розвитку вітчизняної промисловості – йоду, бромиду, бору, сполук літію та стронцію. Її впровадження може стати перспективним напрямом раціонального природокористування та розвитку технологій «зеленої хімії» у нафтовидобувній галузі України.

Перелік посилань

1. Логвин, М.С., Скляр, К.С., & Єлатонцев, Д.О. (2023). Комплексна утилізація супутньо-пластових вод: сучасні виклики і перспективи України. *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти»*. Київ, Україна, с. 98-99.
2. Мухачев, А.П., Шевченко, В.Г., Єлатонцев, Д.О., Голуб, П.С., & Політучий, О.І. (2023). Гідромінеральні ресурси Полтавщини – перспективне джерело цінних хімічних елементів.

Збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Академічна й університетська наука: результати та перспективи». Полтава, Україна, с. 309-311.

3. Єлатонцев, Д.О., Мухачев, А.П., & Шевченко, В.Г. (2024). Перспективні технології видобутку літію в Україні. *Матеріали XXII міжнародної конференції молодих вчених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ»*. Дніпро, Україна, с. 21-26.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО ПАЛИГОРСЬКІТУ, ЩО МІСТЯТЬ ІОНИ Cr(VI) ТА Co (II) Жданюк Н.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського, Україна, Київ, zhdanyukn.,kpi@gmail.com

У дослідженні використовували відпрацьований сорбент на основі глинистого мінералу – палигорськіту Черкаського родовища, с. Дашуківка. Палигорськіт є магnezіальним алюмосилікатом з хімічною формулою – $Mg_{2,5}Al_2 [Si_8O_{20}](OH)_2 \cdot 8H_2O$. Кристалічна структура мінералу є проміжним типом між ланцюговими і шаруватими силікатами.

Катіонно-обмінна ємність палигорськіту складає 50–300 ммоль-екв/кг. Мінерал характеризується високим значеннями питомої поверхні, яка може сягати 800–900 м²/г. Таким чином, розвинена питома поверхня і здатність до катіонного обміну, робить доцільним його використання у сорбційних технологіях очищення водних середовищ від катіонів важких металів. З метою підвищення сорбційних властивостей мінералу, синтезували композит у якого поверхню палигорськіту модифікували катіонними ПАР та наносили шар нанорозмірного нуль-валентного заліза (nZVI). Такі сорбенти використовували для вилучення як катіонів так і аніонів важких металів. Очищення водних середовищ проводили від іонів хром(VI) та кобальту(II).

Для утилізації відпрацьованих сорбентів використано високотемпературну обробку із використанням керамічної технології. Відпрацьовані сорбенти були піддані термічній обробці за температур 300, 500, 700, 800, 900, 950, 1000, 1050 та 1100°C (рис. 1) та вивчено їх структуру, міцнісні характеристики та хімічну стійкість.



Рис. 1. Термооброблені зразки відпрацьованого сорбенту:
1- 950 °C; 2 - 1000 °C; 3- 1050 °C; 4 - 1100°C

Термогравіметричні дослідження сорбентів проводили на приладі Derivatograph Q-1500 (Угорщина) системи «Паулік-Паулік-Ердей» (рис. 1). Було підтверджено, що за температури вище 700 °C спостерігається руйнування кристалічної решітки мінералу і залишається тільки деяка впорядкованість в розміщенні іонів. В температурному інтервалі