

Сай К.С., к.т.н., доцент, доцент кафедри гірничої інженерії та освіти
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОГІДРАТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД

На сьогодні вугільна промисловість є стратегічною галуззю держави, що забезпечує її енергонезалежність. Донецький вугільний басейн є найважливішим вугільним басейном України. Частина його припадає на Дніпропетровську область, де в значних обсягах видобувається кам'яне вугілля шахтами ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Постійне збільшення глибини ведення гірничих робіт, погіршення гірничо-геологічних умов відпрацювання вугільних пластів призводять до збільшення об'ємів шахтних вод, що відкачуються на поверхню, їх мінералізації та забруднення різними попутними речовинами. Присутність у шахтних водах значної кількості солей обмежує їх застосування як для власних потреб підприємства, так і для населення. До того ж, скиди шахтних вод призводять до підвищення рівня екологічної небезпеки водних об'єктів, водойми навіть втрачають здатність до самоочищення [1, 2].

У зв'язку з постійно наростаючим дефіцитом питної води та збільшенням кількості скидних шахтних вод у Західному Донбасі суттєвого значення набуває питання опріснення та використання їх для власних цілей у ланцюгу водопостачання. Одним з перспективних та інноваційних способів демінералізації шахтних вод може бути використання газогідратних технологій, які дозволять отримати додаткове джерело очищених водних ресурсів.

Газові гідрати являють собою тверді льодоподібні кристалічні сполуки, утворені молекулами води та природного газу, в яких молекули води зв'язуються між собою водневими зв'язками і формують каркаси з обширними порожнинами усередині. Здатність води утворювати газові гідрати пояснюється наявністю у ній водневих зв'язків. Між молекулами газу та води хімічних зв'язків не утворюється. Молекули-гості (гідратоутворювачі), розміщені у клітинах решітки, стабілізують систему, тому що сама по собі кристалічна решітка «господаря» (молекули води), якщо вона не заповнена міні-мальною кількістю молекул газу, термодинамічно метастабільна [3-5].

Газогідрати утворюються при низьких температурах і високому тиску за умови достатньої кількості гідратоутворюючого газу і води. Формування газових гідратів відбувається за наступних умов [6, 7]:

- правильна комбінація температури і тиску: як правило, формування гідратів обумовлюється досить низькою температурою і досить високим тиском;
- повинен бути присутнім газ-гідратоутворювач: метан, етан, пропан, вуглекислий газ або будь-який інший газ, здатний до гідратоутворення;
- достатня кількість води, необхідна для початку процесу гідратоутворення.

Оскільки процес гідратоутворення потребує наявності і гідратоутворюючого газу, не виключається можливість комплексного використання метану дегазаційних систем вугільних шахт у процесі формування кристалогідратів. До того ж слід відмітити, що на сьогодні, проекти максимально повного використання ресурсів метану, що вилучається з надр вугільних шахт системами вентиляції та дегазації, не впроваджуються.

Аналіз досвіду роботи очисних споруд, що застосовуються на шахтах, вказує на їх низьку екологічну ефективність. При цьому протягом останніх років має місце тенденція зростання скиду недостатньо очищених вод і забруднених скидів. Зниження концентрації як суспензій, так і солей відбувається переважно лише в результаті розведення шахтних вод більш чистою водою в водоприймачах або атмосферними

опадами. Що стосується проблеми демінералізації шахтних вод, то багато років вона не знаходить свого практичного вирішення і залишається найважливішою екологічною проблемою вугільної промисловості.

Розробка інноваційного способу демінералізації шахтних вод на основі застосування газогідратних технологій є радикальним напрямком повернення шахтних вод в господарський обіг регіону, надасть додаткове джерело водопостачання промисловості та населенню і сприятиме захисту природних водних об'єктів від забруднення.

Для розробки способу демінералізації шахтних вод передбачається їх попереднє відкачування, змішування з газом-гідратоутворювачем (метан, пропан, бутан, фреон, азот та інші) у реакторі при певних термобаричних параметрах та формування газових гідратів як твердого кристалічного тіла. Наступним етапом має бути створення відповідних умов для дисоціації отриманих кристалогідратів у технологічному ланцюгу для отримання демінералізованої води, яка може бути не просто скинута у водні об'єкти як очищена, але й бути використана на потреби промисловості або населення.

Розробка інноваційної технології демінералізації шахтних вод з метою їх опріснення дозволить отримати вагомий для вугледобувного регіону економічний, соціальний та екологічний ефекти.

Перелік посилань

1. Кулікова, Д.В. (2016). Визначення рівня екологічної безпеки поверхневих водойм вугледобувного регіону за комплексом гідрохімічних показників якості води. *Екологічна Безпека та Природокористування*, (3-4), 70-80.

2. Бурдзиева, О.Г., Заалишвили, В.Б., Бериев, О.Г., Кануков, А.С., & Майсурадзе, М.В. (2014). Влияние горнодобывающей деятельности на загрязнение окружающей среды. *Геология и Геофизика Юга России*, 4(2), 8-13.

3. Мах, М.Д., & Johnson, А.Н. (2016). Commercial potential of natural gas hydrate. *Exploration and Production of Oceanic Natural Gas Hydrate*, 355-394. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43385-1_11

4. Ганушевич, К.А., & Сай, Е.С. (2011). Термодинамические особенности газовых гидратов. В Матеріалах V міжнародної науково-практичної конференції «Школа підземної розробки» (с. 190-195). Дніпропетровськ, Україна: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет».

5. Bondarenko, V., Maksymova, E., Ganushevych, K., & Sai, K. (2013). Gas hydrate deposits of the Black Sea's trough: currency and features of development. In *Materials of the International Conference «Szkoła Eksploatacji Podziemnej»* (pp. 66-69). Krakow, Poland: Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Akademia Górniczo-Hutnicza.

6. Bondarenko, V., Sai, K., Ganushevych, K., & Ovchynnikov, M. (2015). The results of gas hydrates process research in porous media. *New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*, 123-127. <https://doi.org/10.1201/b19901-23>

7. Sai, K., Petlovanyi, M., & Prokopenko, K. (2019). Kinetic features of the dissociation process of gas hydrate deposits. *Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology»*, (1), 10-16. Warsaw, Poland: RS Global S. z O.O.