

Р.О. Дичковський
В.С. Фальштинський
М.М. Табаченко
Edgar Cáceres Cabana
А.О. Короткова

ЩОДО ПИТАННЯ ЗАХОРОНЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВІДХОДІВ У НАДРАХ ЗЕМЛІ

Розглянуті питання актуальності захоронення у надрах Землі шкідливих відходів, утворених в результаті гірничої, сунутньої гірничій, іншої промислової та комунальної діяльності людини. Запропоновано техніко-технологічне обґрунтування закладання робіт таких відходів у техногенні пустоти, що утворені під час видобування корисних копалин, а також їх перетворення у результаті термічної деструкції під час підземної газифікації із використанням вугілля у якості теплового носія. Причому, пропонується використовувати переробку згаданих відходів у екологічному замкнутому циклі. Проведено відповідне економічне обґрунтування запропонованих заходів із використанням загальноприйнятих методик, що застосовуються для оцінки середньо- та високобюджетних інвестиційних проектів.

Ключові слова: шкідливі відходи, закладка, підземна газифікація, теплове поле, вугілля, генераторний газ

Постановка проблеми. У нашій державі нагальним є вирішення питань екологічного навантаження від комунальної та промислової діяльності людей. Особливо це стосується достатньо депресивних гірничодобувних районів, чи тих теренів на яких шахти завершили свою виробничу діяльність. Разом із підвищенням ефективності виробництва та використання електроенергії важливим є розробка технологій, які дають можливість бережливого ставлення до оточуючої нас природи. Також прийнята розвинутими країнами концепція «сталого розвитку» має бути усесторонньо впровадження при роботі підприємств паливно-енергетичного комплексу України, як принципу відповідальності сучасності перед прийдешніми поколіннями.

Виходячи із суттєвої негативної дії гірничих, переробних та енергетичних підприємств на природне середовище необхідно максимально зменшувати їх вплив на зміни його стану. Варто усесторонньо зменшувати викиди забрудненої води, повітря; видачу пустої породи; та залишати незагосподарованими техногенні пустоти, які стають джерелами додаткової напруженості гірського масиву. Саме залишені порожнини у надрах землі, що залишилися від гірничодобувної діяльності людини призводять до неконтрольованого руху шарів породи

надвугільної товщі та деструктивного впливу на об'єкти поверхневої інфраструктури.

Видані на поверхню забруднені вода та повітря вимагають значних фінансових затрат на їх очищення та доведення до стандартів, які давали б можливість їх повторного використання чи внесення у природне середовище. Як показує практика, доведення води до норм питної чи формування такої її мінералізації, що дає можливість впровадження у водну екосистему територій сьогодні не відбувається.

Видана на поверхню пуста порода окрім шкідливого впливу від її природнього руйнування, вивітрювання чи вимивання водою займає значні площі у териконах. Це призводить до відчуження родючих земель, які можна було б використати для сільськогосподарського ужитку. Крім цього залишені горючі компоненти досить часто призводять до ендегенних пожеж.

При виведенні із експлуатації запасів та закритті шахт виникає багато проблемних питань, що пов'язані із соціальною переорієнтацією працівників, зниженням економічних надходжень до бюджету та необхідністю повернення екосистеми до незайманого стану територій. Крім цього під землею залишається значна кількість покинутих та забалансових запасів вугілля. Притому такі запаси можуть бути частково

або й повністю оконтурені підготовчими виробками, що використовувалися для підготовки уже видобутих промислових запасів твердого палива цієї енергетичної сировини.

Проте, отримані у результаті гірничодобувної діяльності пустоти можуть бути використані для закладання різного роду попередньо підготовленого поверхневого сміття. Особливо ефективним буде його переробка та утилізація методом деструкції термічної, причому тепловим джерелом слугуватиме спалюване вугілля. Світова практика має приклади раціонального видобування і переробляти згаданих не добутих запасів на місці їх залягання з отриманням енергетичного та хімічного продуктів за технологією свердловинної підземної газифікації вугілля (СПГВ) [1, 2, 3 та ін.]. Причому, пропонується розкриті вугільні пласти підготовлюються та відпрацьовувати шахтними газогенераторами із протипожежною ізоляцією робочого простору за допомогою спеціальних фосфогіпсових матеріалів.

Щодо запасів вугілля шахтного поля, що не були розкриті під час роботи шахти, то їх відпрацювання пропонується здійснювати підземними газогенераторами, що підготовлюються з денної поверхні. Причому, у залежності від особливостей будови поверхні, складності гіпсометрії та порушеності пласта для газифікації використовуються вертикальні, вертикально-похилі та вертикально-похило-горизонтальні свердловини. При застосуванні технології СПГВ промислова площадка шахти, відповідно, не ліквідується, а повторно використовується. Вона переоснащується у хімічно-енергетичний комплекс, метою якого є очищення, переробка продуктів газифікації, генерація та акумуляція електричної енергії [4].

При удосконаленні технологічної схеми газогенератора запропоновано утилізацію відходів гірничої, супутньої гірничої, промислової та комунальної діяльності людини [1, 5, 6]. Причому інгібізація чи активізація процесу газифікації здійснюється шляхом варіації складу дуттьових сумішей та застосування відповідних каталізаторів. Вона направлена на повторне використання отриманих

продуктів та генераторних газів, а пустоти утворені у результаті вилучення вугілля закладаються відповідними сумішами способом ін'єкційного вприску по спеціальній завчасно підготовленій свердловині.

Саме на вирішення питань захоронення та переробки шкідливих відходів у надрах землі при застосуванні технологій свердловинної підземної газифікації вугілля направлені основні викладки даної роботи. Вони відповідають основним науковим та практичним завданням, що закладені у проекті ГП-489, що виконується у Національному гірничому університеті на замовлення МОН України. Відповідно у матеріалах цієї статті містяться отримані результати досліджень за згаданим проектом.

Метою досліджень є переробка та захороненням шкідливих відходів у замкненому екологізованому циклі свердловинної підземної газифікації шляхом використання теплової енергії спалюваного вугілля та заповнення отриманих пустот у гірському масиві відповідно підготовленим різногенезисним сміттям.

Методика дослідження. Поставлені інженерні завдання виконувалися на основі усестороннього аналізу наявних практичних розробок, аналітичних літературних викладок, власних стендових і натурних досліджень, які у цілому дали змогу здійснити техніко-технологічне обґрунтування різного виконання газогенераторів газифікації вугілля з метою його використання для утилізації відходів шахтного, супутнього шахтного, іншого промислового та комунального походження.

Наукова новизна. Отримано залежності зміни температури при запуску газогенератора та її утримання у робочих режимах при різних геометричних параметрах газогенератора та варіації складу дуттьової суміші.

Практичне значення. Запропоновано технологічні схеми виконання свердловинної підземної газифікації, що забезпечують максимальну утилізацію теплової енергії спалюваного вугілля на місці його залягання з метою деструктивної дії на впровадженні у систему шкідливі відходи. Представлено схеми підготовки газогенератора із поверхні та безпосередньо із наявних підготовчих виробок.

Обґрунтовано технологічні схеми закладання кінцевих продуктів у утворені порожнини вигазованого вугілля.

Необхідність утилізації шкідливих відходів. Екологічне захоронення та переробка шкідливих відходів є нагальною проблемою в Україні. Насамперед це відходи від видобування, спалювання і збагачення вугілля, спалювання сміття і подрібнених комунальних відходів, а також відходів промисловості, для прикладу, відпрацьований пісок необхідно захоронити так, щоб це не впливало на навколишнє середовище. Для вугільної промисловості питання охорони навколишнього середовища має особливе значення, так як гірничі роботи збільшують негативні зміни у навколишньому середовищі. Вони у значній мірі проявляються через :

- відчуження земель;
- відсіпання відвалів породи;
- спорудження шламових відстійників;
- негативний вплив гірничих робіт на рельєф породи Землі.

При вуглезбагаченні не вдається повністю звільнитись від вмісту породи у концентраті. З іншого боку у відходах збагачення є багато флотохвостів, грубих кусків і породної дрібноти.

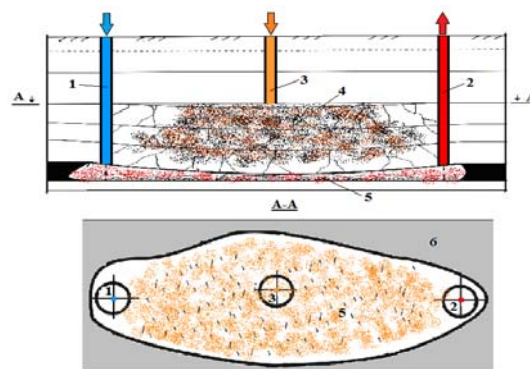
Спалювання вугілля у комунальних котельнях, ТЕС, ТЕЦ, породжують також проблеми з відходами: складування попелешлаків, відчуження землі під складування породи, спорудження відстійників тощо.

Технологічні схеми захоронення відходів. У Національному гірничому університеті розроблено новий метод захоронення усіх вищезгаданих відходів під землею у вигляді їх закладання у вигазований простір під час проведення газифікації вугільних пластів. Суть методу полягає у тому, що у рідкому стані відходи ін'єкційно нагнітають у порожнині розшарування породного масиву у надвугільній товщі [7, 8, 9].

Така технологія захоронення подрібнених відходів дозволяє розширити область застосування свердловинної підземної газифікації і дозволяє провадити експлуатацію підземних газогенераторів при високому тиску (0,5-6 МПа) з різним діапазоном глибин залягання горючих копалин і підвищення основних якісних і

кількісних показників самого процесу газифікації.

Осідання окремих шарів надвугільної товщі порід у вигазованому просторі відбувається нерівномірно під впливом різниці фізико-механічних властивостей масиву, а також від технологічних параметрів процесу газифікації вугілля. Вищележачі шари породи, які відрізняються міцністю від нижче розташованих, будуть відшаровуватись з меншою швидкістю і тому це призведе до утворення вільних порожнин [7, 9]. На основі результатів проведених експериментів на лабораторних і стендових установках у цій роботі запропоновано три технологічні схеми ін'єкційного захоронення в порожнині розташування породного масиву і вигазованого простору в залежності від конструктивних особливостей підземних газогенераторів. Перша технологічна схема передбачає використання вертикальних свердловин (рис.1). Закладальна суміш подається через середню вертикальну свердловину.



1 – дуттьова свердловина; 2 – газовідвідна свердловина; 3 – закладальна свердловина; 4 – закладальний масив; 5 – вигазований простір; 6 – вугільний пласт

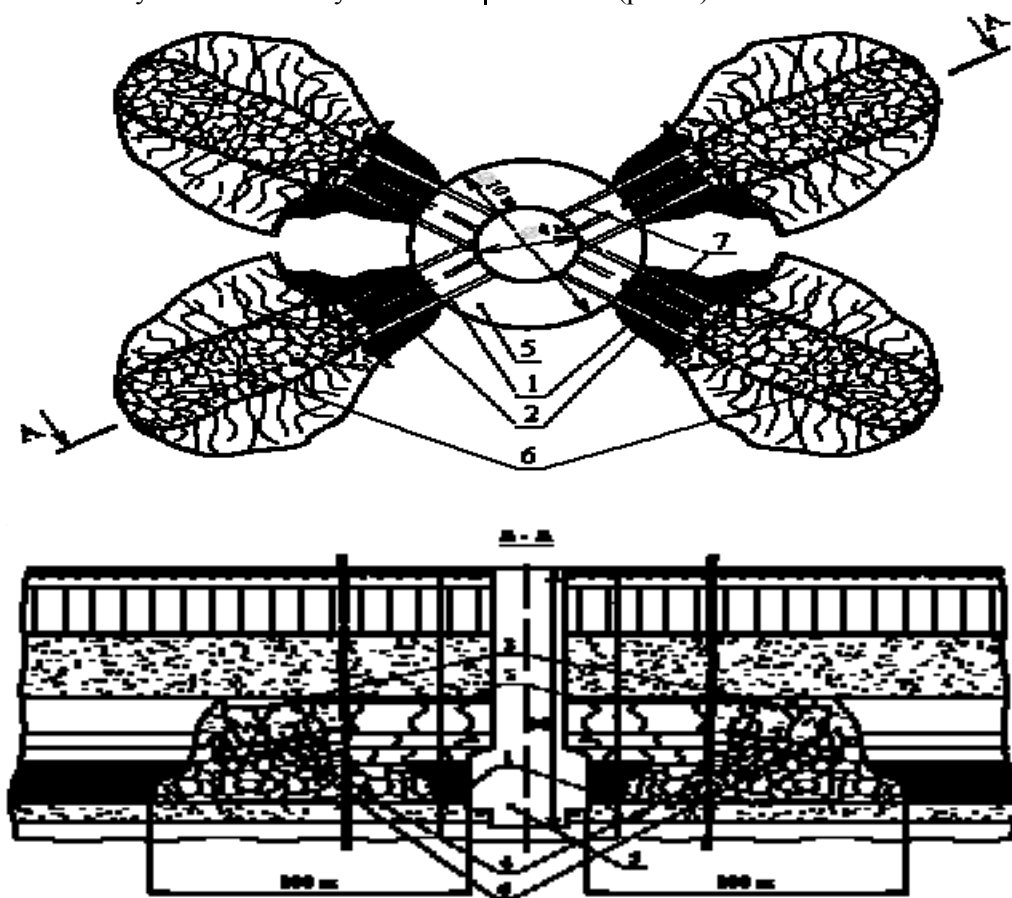
Рис. 1. Технологічна схема свердловинної підземної газифікації вугілля із закачуванням закладальної суміші через вертикальні свердловини з поверхні у пустоти між шарами порід.

Дана технологічна схема передбачає модульне формування підземних газогенераторів. За площею газифікації проводиться дві розкривні свердловини, між якими способом гідророзриву чи направленої буріння у вугільному пласті формується вибій газифікації. Відпрацювання запасів може відбуватися як

прямими так і зворотнім ходом. Середня свердловина слугує для ін'єкційного закладання підготовлених сумішей у розшарований масив. Закладання самих відходів виконується у вигазований простір вугільного пласта.

Інша технологічна схема призначається для шахтної газифікації вугілля. Розкриття пластів виконується із шахтних гірничих виробок вертикальними, похилими або горизонтальними свердловинами. Буріння горизонтальних свердловин виконується по вугільним

пластам на довжину від 100 до 400 м залежно від потужності пласта і конструктивних можливостей бурової установки. Усі свердловини (горизонтальні, похилі чи направлені) буряться з виробок білястовбурового двору, магістральних чи дільничних підготовчих гірничих виробок діючої шахти. Формування газогенератора виконується одним із відомих способів. Активізація чи затухання процесу газифікації здійснюється по спеціальним трубопроводах із так званої «керованої точки» (рис. 2).



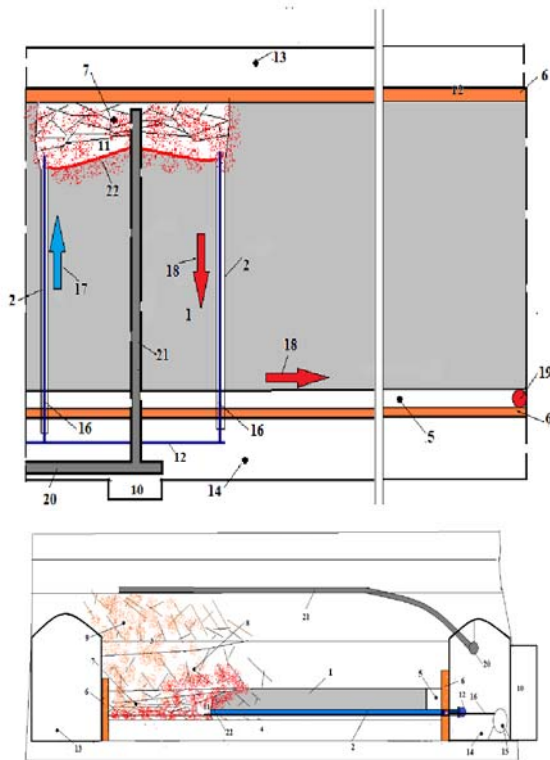
1 – дуттьова свердловина; 2 – закладальна свердловина; 3 – закладальний масив; 4 – вугільний пласт; 5 – вертикальний стовбур; 6 – вигазований простір; 7 – газовідвідна свердловина

Рис. 2. Технологічна схема СПГВ із закладанням виробленого простору та підготовкою газогенераторів із наявних гірничих виробок.

У даному випадку свердловини оснащують гнучкими сталевими трубопроводами із жаростійкими кадками для подачі чи видачі дуттьових сумішей. Таким же чином буряться закладні свердловини з орієнтацією на область розшарування порід і обладнуються закладними трубопроводами з перфорованою секцією у зоні закладання.

Технологія закладних робіт відповідає схемі, описаній на рис. 1. Особливістю їх виконання є те, що закладальна свердловина є горизонтальною.

Третя конструкція підземного захоронення відходів є найбільш перспективною для залишених запасів вугілля. Вона передбачає підготовку підземного газогенератора з дільничних підготовчих виробок (рис. 3).



- 1 – вугільний пласт; 2 – експлуатаційні свердловини; 3 – породи покрівлі; 4 – породи підшви;
 5 – газовідвідна берма; 6 – герметичні перемички; 7 – вигазований простір; 8, 9 – ін'єкційно закладений масив порід безпосередньої і основної покрівлі над вигазованим простором газогенератора; 10 – камера монтажу закладальної свердловини і трубопроводу; 11 – реакційний канал газогенератора;
 12 – центральний дуттьовий трубопровід; 13 – дільничний бортовий штрек; 14 – дільничний відкатний штрек; 15 – пристрій для подачі гнучкого трубопроводу; 16 – гнучкий трубопровід; 17 – напрямок подачі дуттьової суміші; 18 – напрямок видачі продуктів газифікації; 19 – вертикальна газовідвідна свердловина, з'єднана з поверхневим комплексом переробки та утилізації відходів; 20 – центральний закладальний трубопровід; 21 – перфорований закладний трубопровід; 22 – вогневий вибій шахтного газогенератора

Рис 3. Технологічна схема при закладанні деформованих порід покрівлі та вигазованого простору шахтного газогенератора при його підготовці з дільничних підготовчих виробок.

У запропонованій технологічній схемі заповнення порожнин і герметизація вигазованого простору дозволяє майже повністю перетворити тверде паливо у газоподібне і виключає прориви продуктів газифікації на денну поверхню. Така технологія захоронення відходів забезпечує також керуваність процесом газифікації і суттєво збільшує площу вигазування вугілля.

Застосування ін'єкційного заповнення відходів у вигазованому просторі дає можливість знизити екологічне навантаження на вугледобувні регіони за рахунок зниження деформацій денної поверхні, а також більш повного перетворення твердого палива у газоподібний стан і виключає витікання продуктів газифікації на поверхню.

Таке удосконалення конструкції підземного газогенератора забезпечує зниження собівартості генераторного газу у порівнянні зі старою конструкцією на 45%. Це забезпечується за рахунок збільшення площі згазифікованого вугілля у 2,2 рази, ступеню його вигазування на 7,1% і підвищення теплотворної здатності генераторного газу на 62%.

Разом з тим під час підземної газифікації вугілля мають місце дві перешкоди:

- інтерферентність газогенератора з підземними водоносними горизонтами;
- недостатня герметичність системи підземного газогенератора.

Тому, якщо газифікація відбувається без ін'єктування та закладання вигазованого простору, то відбувається збільшення площі розвантаження масиву, що приводить до хаотичного обвалення порід покрівлі, а також до розгерметизації самого підземного газогенератора. У таких умовах, втрати генераторного газу через утворені пустоти, тріщини і пори навколишніх порід зростають до 20 -25% [9].

Негативний вплив на процес СПГВ створює безконтрольний приплив підземних вод у канал газифікації і до порушень режиму утворення газу. Тому, ін'єкційне захоронення відходів у вигазованому просторі дозволяє вирішити ці проблеми.

Закладний масив формується із інертних матеріалів, який підбучує породи покрівлі, дозволяючи керувати породним масивом способом «плавного опускання»

без порушень суцільності порід над підземним газогенератором. У цих умовах зменшується динаміка зміщення породних шарів і утворення тріщин, що збільшує герметичність газогенератора і значно знижує водопритік. При цьому зменшення проникнення продуктів СПГВ у породний масив відбувається унаслідок сорбційних властивостей закладного матеріалу.

Застосування піску як додатку закладальної суміші дозволяє збільшити коефіцієнт заповнення вигазованого простору. Разом з тим його висока абразивність знижує строк служби пневмозакладного комплексу.

Як компоненти ін'єкційних сумішей застосовують пиловидні шлаки, глину, пісок і фосфогіпс. Золошлаки і піски розміром менше 50 мкм мають капілярний ефект [7], що дозволяє утримувати від насичення продуктів газифікації, які мігрують разом з підземними водами. Глини, особливо які вміщують каолін, також мають сорбційну властивість і при температурі 350-450⁰С швидко твердіють. Це дає можливість утворювати монолітний, герметичний масив із порушених порід покрівлі з коефіцієнтом розширюваності 1,46 – 1,72.

Практика застосування фосфогіпсу, показала його ефективність при зведенні протипожежних перемичок на діючих шахтах. Суміш фосфогіпсу з промисловими відходами здатний швидко набирати міцність від 0,7 до 2,4 МПа навіть при незначних температурах (250 – 300⁰С). Неведені компоненти мають високу транспортабельність, проникність у породи, відносно низьку вартість і інертність до продуктів газифікації.

Запуск системи. Розрахунок температури займання (запуску системи геореактора) можливий при встановленні коефіцієнта теплопередачі. Згідно з припущеннями Д.А. Франк-Каменецького, умовою займання (β) вугілля для циліндричної форми посудини нескінченної довжини, значення показника складе

$$\beta =$$

Використовуючи такі співвідношення, а також принципи наведені у [3,10] можна розрахувати температуру запалення різного складу речовин. При розкладі різних промислових, комунальних та органічних речовин у газовій фазі, то цей процес у системі підземного газогенератора

відбувається за реакціями першого порядку. Відповідно до попередньої форми, β буде знаходитися у межах 1,0 – 1,3. Відповідно, температура запалення T_0 не перевищуватиме 650 – 675 ⁰К. При утилізації відходів методом газифікації в підземних газогенераторах, за рахунок застосування дуттьових сумішей різного складу, різних способів підготовки їх та подачі у геореактор необхідна кількість підведеної теплоти (виділене тепло у результаті горіння вугілля та горючих складових підготовленої суміші відходів) не буде перевищувати 1800 кДж при зміні ентальпії до 2400 кДж. Відповідно, виведення газогенератора на робочу температуру у межах $T = 900 - 1100$ ⁰С і дія цих температур на згадані відходи дають можливість ефективно їх утилізувати чи переробляти для повторного використання корисних компонентів [1, 10]

Економічна оцінка запропонованих заходів. Для оцінки інвестиційної привабливості проекту та економічного обґрунтування запропонованих заходів авторами застосовано методіку UNIDO. Дана методіка є міжнародним стандартом оцінки інвестиційної привабливості середньобюджетних та висобюджетних проектів. Виходячи із проведених розрахунків, можна стверджувати, що даний проект є досить ефективним. Його окупність, у залежності від необхідних обсягів та якості утилізації продуктів гірничодобувної діяльності не перевищує 0,8 – 1,9 роки [1, 11, 12].

Отримані авторами результати показують, що при переробці згаданих відходів можливо отримання попутних вторинних корисних компонентів. Для орієнтації на кінцевий продукт важливо застосовувати відповідні каталізатори. Найбільш доцільним є формування сумішей, що містять два пальні гази – водень та чадний газ (синтез газ). Метан також варто залучати до процесу розкладу на згадані гази. Мішанина цих двох газів є основою для подальшого виготовлення рідких палив та різного роду мастил. Окремо необхідно звернути увагу на формування технічних газ з метою їх подальшого його використання у хімічній промисловості.

Висновки. Таким чином, можна констатувати, що ведення закладних робіт є важливою технологічною задачею. Для її

ефективного виконання необхідно враховувати ряд особливостей:

- закладні роботи необхідно виконувати одночасно з газифікацією не створюючи негативного впливу на процес горіння;

- свердловини для транспортування закладного матеріалу повинні бути розташовані у фоновому природному температурному полі породного масиву;

- створений закладним матеріалом штучний масив підбучує породи покрівлі і зменшує опускання породної товщі над підземним газогенератором;

- закладний матеріал заповнює пустоти, тріщини і пори породи покрівлі і повністю герметизує підземний газогенератор.

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати наступні вимоги до параметрів закладного масиву:

- гранулометричний склад не повинен перевищувати 30 – 35% діаметра закладного трубопроводу;

- вологість дрібної фракції не повинна перевищувати 18% для уникнення заляпання на стінках трубопроводу;

- дрібних і пилоподібних фракцій не повинно бути більше 12%. Перевищення цього чинника значно зменшує ККД процесу газифікації внаслідок зростання запилення генераторного газу і утворення фусів у середині труб газопроводу.

Застосування ін'єкційного захоронення у період газифікації вугільних пластів значно підвищує ступінь надійності, економічності і екологічності процесу СГВП, ліквідує просідання поверхні Землі, втрати дуття і газу у породи покрівлі, ізолює притік підземних вод із вищележачих горизонтів і відповідно, блакує міграцію продуктів газифікації у водоносні горизонти.

Процес газифікації можна вести при підвищеному тиску, тому що тампонаж ін'єкційними сумішами місць розшарування і тріщин породної товщі значно знижує витікання дуття і газу. Побічним результатом є зниження втрат вугілля, що дозволяє скоротити енерго – і капіталоемкість газогенераторного виробництва і підвищити продуктивність праці.

Список літератури

1. Дичковський Р.О., Фальштинський В.С., Cabana Edgar Cáceres (2017). Щодо можливості утилізації відходів гірничого виробництва у замкнутому циклі

підземного газогенератора. Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників - 2017», 38-46.

2. Дичковський Р.О. (2013). Наукові засади синтезу технологій видобування вугілля у слабометаморфизованих породах. Д.: Національний гірничий університет. 262 с.

3. Falshtyns'kyy, V., Dychkovs'kyy, R., Lozyns'kyy, V., & Saik, P. (2013). Justification of the gasification channel length in underground gas generator. *Mining of Mineral Deposits*, 125-132. (in English)

4. Doucet, D., Perkins, G., Ulbrich, A., du Toit, E. (2016). Production of power using underground coal gasification. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 38(24), p. 3653-3660 (in English).

5. Falshtynsky, V., Dychkovsky, R., Lozynsky, V., & Saik, P. (2012). New method for justification of the technological parameters of coal gasification in the test setting. *School of Underground Mining 2012*, 201-208. (in English) 6. Майпер Х, Зиль Ф. Заполнение пустот шахтного выработанного пространства мелкозернистыми отходами обогатительных фабрик и тепловых электростанций // Глюкауф.-1989.-№3/4.-С. 32-37.

7. Фальштинский В.С., Колоколов О.В., Табаченко Н.М., Котов Ю.В. Закладка выгазованного пространства при скважинной подземной газификации угольных пластов/Наук. вісник.- Дніпропетровськ: Горная академия Украины.-2001. - №2. - С. 18-20.

8. Фальштинський В.С., Дичковський Р.О., Станьчик К., Свядровські Є., Лозинський В.Г., Обґрунтування технологічних схем експериментального шахтного газогенератора. Науковий вісник Національного гірничого університету. (3).2010, С. 34-38.

9. Фальштинський В.С., Удосконалення технології свердловинної підземної газифікації вугілля. - Д.: Національний гірничий університет. 2009, 131 с.

10. Фальштинський, В.С., Дичковський, Р.О., Светкіна, О.Ю., Про можливість газифікації технічних та побутових відходів в підземних газогенераторах. Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників - 2010», 176-182.

11. Falsztinski, W.S., Dyczkowskij, R.O., Lozinski, W.G. Ekonomiczne uzasadnienie celowości doszczelniania skał stropowych nad obszarem podziemnego zgazowania węgla metodą otworów wiertniczych. *Prace naukowe GIG: Górnictwo i Środowisko, Kwartalnik*, 2010, - 51-59

References

1. Dychkovskyi, R.O., Falshtynskyi, V.S., Cabana, E.C. (2017). "The possibility of recycling mining waste in a closed cycle of underground gas generator", ["Shchodo mozlyvosti utylizatsii vidhodiv hirnychogo vyrobnytstva u zamknutomu tsykli pidzemnoho gazogeneratora"]. *Materials of the international conference "Miners Forum - 2017"*, pp. 38-46. (in Ukrainian)

2. Dychkovskyi, R.O. (2013). "Scientific principles of synthesis of technologies for the extraction of coal in weakly metamorphosed rocks", [Naukovi zasady syntezy tehnologii vydobuvannia vuhillia u slabometamorphozovanyh porodah] *Dnipro: National Mining University*. 262 p. (in Ukrainian)

3. Falshtyns'kyi, V., Dychkovs'kyi, R., Lozyns'kyi, V., & Saik, P. (2013). "Justification of the gasification channel length in underground gas generator. Mining of Mineral Deposits", 125-132. (in English)

4. Doucet, D., Perkins, G., Ulbrich, A., du Toit, E. (2016). "Production of power using underground coal gasification. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects", Vol. 38(24), pp. 3653-3660 (in English).

5. Falshtynskyy, V., Dychkovskyy, R., Lozynskyy, V., & Saik, P. (2012). "New method for justification the technological parameters of coal gasification in the test setting. School of Underground Mining", pp. 201-208. (in English)

6. Mayer, H, Zil, F, (1989). "Filling of emptiness of mined waste space with fine-grained waste from concentrating mills and thermal power plants". ["Zapolnieniie pustot shahtnogo vyrabotannogo prostranstva mielkoziernistymi othodami obogatitielnyh fabrik I teplyvyh elektrostotsii"] Glukauf (3/4). – pp.32 – 37 (in Russian)

7. Falshtynskiy, V.S., Kolokolov, O.V., Tabachenko, N.M., Kotov, Yu.V. (2001). "Fulfilling the goaf space for borehole underground gasification of coal seams". ["Zakladka vygazovannogo prostranstva pri skvazynnoi podzemnoi gazifikatsii ugolnyh plastov"] Naukovyi visnyk (2) pp. 18-20 (in Russian)

8. Falshtynskiy, V.S., Dychkovskiy, R.O, Stańczyk, K, Świadrowski, Je, Lozynskiy, V.G. (2010). "Justification of technological schemes of the experimental coal mine gas

generator". Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (3), pp. 34-38. (in Ukrainian)

9. Falshtynskiy, V.S. (2009). "Improving the technology of well underground gasification of coal", ["Udoskonalennia tehnologii sverdlovynnoi pidzemnoi gazyfikatsii vuhillia"]. Dnipropetrovsk: Natsionalnyi Hirnychiy Universytet. – 131 p.

10. Falshtynskiy, V.S., Dychkovskiy, R.O, Svetkina, O.Ju. (2010). "The possibility of gasification of technical and household wastes in underground gas generators", ["Pro mozlyvist gazyfikatsii tehnychnykh ta pobutovykh vidhodiv v pidzemnykh gazogeneratorah"]. Materials of the international conference "Miners Forum - 2010", pp. 176-182. (in Ukrainian)

11. Falshtynskiy, V.S., Dychkovskiy, R.O, Lozynskyy, V.G. (2010). "Economic justification for the purpose of caulking of roof rocks over underground coal gasification by drilling". Prace naukowe GIG: Górnictwo i Środowisko, Kwartalnik, pp. 51-59 (in Polish)

12. Dychkovskiy, R., Avdiushchenko, A., Lozynskiy V. (2017) Some Economic Indicators of Coal Mining from Thin Seams. Trans Tech Publication Ltd: Advanced Engineering Forum: Sustainable Development of Industrial Regions, 13-21. (in English)

Надійшла до редакції 27.11.2017

Рецензент д-р. техн. наук, проф. В.К. Костенко.

Дичковський Роман Омелянович – доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідної частини, професор кафедри підземної розробки родовищ, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, 29027, Україна)

E-mail: dichre@yahoo.com

Фальштинський Володимир Сергійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри підземної розробки родовищ, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, 29027, Україна)

E-mail: falshtynskiyiv@nmu.org.ua

Табаченко Микола Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри підземної розробки родовищ, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, 29027, Україна)

E-mail: tabachenkom@nmu.org.ua

Edgar Сбсерес Cabana – кандидат технічних наук, доцент, директор Науково-дослідного інституту Центру відновлювальної енергетики і енергоефективності, Університет Святого Августина (вул. Calle Santa Catalina, 117, Перу)

E-mail: ecaceresca@unsa.edu.pe

Короткова Анастасія – студентка, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (пр. Д. Яворницького, 19, Дніпро, 29027, Україна)

E-mail: korotkovaa@nmu.org.ua

К ВОПРОСУ ЗАХОРОНЕНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

Аннотация. Рассмотрены вопросы актуальности захоронения вредных отходов в недрах Земли, образованных в результате горной, сопутствующей горной, другой промышленной и коммунальной деятельности человека. Предложено технико-технологическое обоснование выполнения закладки таких отходов в техногенные пустоты, образованные при добыче полезных ископаемых, а также их преобразования в результате термической деструкции при подземной газификации с использованием угля в качестве теплового носителя. Причем, предлагается использовать переработку упомянутых

отходов в экологическом замкнутом цикле. Проведено соответствующее экономическое обоснование предложенных мероприятий с использованием общепринятых методик, применяемых для оценки средне- и высокобюджетных инвестиционных проектов.

Ключевые слова: вредные отходы, закладка, подземная газификация, тепловое поле, уголь, генераторный газ.

ISSUE OF HAZARDOUS WASTE DUMPING IN GROUND

Abstract. The issues of relevance of hazardous waste dumping occurred as a result of mining, concomitant mining, other industrial and communal human activities are considered. Technical and technological substantiation of the fulfilling of man-made voids with the waste which occur as a result of extraction of minerals, as well as their transformation as a result of thermal destruction during underground gasification with the use of coal as a heat source is proposed. The technological schemes of different gas generators are suggested. They are prepared by vertical wells from surface, horizontal, directional and horizontal boreholes from surface and from existing mining workings. For the mentioned waste recycling a closed ecological cycle is suggested to be used. A corresponding economic justification of the suggested measures was carried out by means of generally accepted methods used to evaluate medium and high-budget investment projects. This method was developed by UNIDO corporation, and it is proved that the returning term is nearly 0,8-1,9 years, depending on the quality characteristics of waste and coals, as well as on the used blowing mixtures.

Keywords: hazardous wastes, fulfilling of goafs, underground gasification, heat field, coal, gas generator.