

где G - производительность карьера по полезному ископаемому, млн.м³; $S(H)$ - площадь залежи, изменяющаяся с понижением горных работ в соответствии с увеличением глубины карьера, м².

Тогда

$$H_{\text{вв}} = (t_3 + t_n + t_{cn} + t_3 + t_o + t_{nc}) G / S(H), \text{ м.}$$

Определяя разность между $H_{\text{вв}}$ и H_n , устанавливаем эффективность принятой схемы вскрытия и возможности сроков на нее перехода.

На время перехода к очередной схеме вскрытия существенно влияет производительность карьера и скорость понижения горных работ.

ОЦІНКА ОБ'ЄМІВ ПОРОДНИХ ПОТОКІВ І ПІДЗЕМНИХ ПУСТОТ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ

¹Петльований М.В., к.т.н, доц., ¹Сай К.С., к.т.н, доц., ¹Зубко С.А к.т.н., с.н.с.
¹НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Анотація. Дослідження присвячені встановленню обсягів утворення потоків пустих порід і підземних пустот у технологічній системі вугільної шахти та визначенню їх балансу у взаємозв'язку із поточним розвитком гірничих робіт для оцінки можливостей залишення порід у підземному просторі. Отримані результати корисні для проектування нових просторово-планувальних рішень з оптимального розвитку гірничих робіт з максимально можливим розміщенням порід у підземному просторі шахт.

Вступ. Останнім часом у світі зростає актуальність розробки технологій, що дозволяють створити високоефективне, маловідходне та екологічно безпечне виробництво при розробці родовищ корисних копалин [1, 2]. Для вугледобувної галузі розробка таких технологій має першочергове значення, оскільки її виробнича діяльність негативно впливає на природне навколишнє середовище. Однією з найважливіших причин погіршення екологічного стану є накопичення породних відвалів у гірничих відводах вугільних шахт, що займають цінні земельні площі [3-5]. Для запобігання небезпечних деформацій земної поверхні використовують накопичені шахтні пусті породи з відвалів в якості закладного матеріалу [6, 7].

Особливо гостро проблема видобутку вугілля з тонких пластів стоїть на шахтах Західного Донбасу, що входять до складу ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», яке в даний час займає ключову роль у розвитку вугледобувної галузі України та економіки держави в цілому [8, 9]. Проведений аналіз геологічної бази показує, що більше 50% промислових запасів припадає на пласти з геологічною потужністю від 0,55 до 0,8 м і лише 3% або 23 млн т вугілля залягає в пластах потужністю понад 1,0 м, що істотно обмежує термін служби багатьом шахтам даного регіону.

Вимушене присікання пустих порід у процесі очисних робіт та породи від проведення виробок формують непродуктивний рух порід в технологічній схемі гірничого виробництва. Замість транспортування вугілля з вибою з мінімальною природною зольністю (10-15%) виникає технологічна потреба транспортувати ці породи конвеєрною системою вугільної шахти, додатково навантажувати шахтний скіповий підйом, транспортувати цю гірську масу на збагачувальну фабрику і після процесу збагачення доповнювати існуючі породні відвали шахт відокремленими крупнокускових породами, несучи при цьому знову витрати на автомобільний транспорт.

Технологічні та екологічні труднощі розробки тонких пластів піднімають актуальне питання щодо кардинального перегляду традиційних технологій та існуючих підходів до видобутку кам'яного вугілля з тонких пластів і створення нових, що мають більш високий рівень економічної й екологічної ефективності.

Метою дослідження є аналітична оцінка об'ємів породних потоків і підземних пустот за календарний рік, що утворюються при підземному видобутку та їх балансу на прикладі однієї з сучасних вугільних шахт для потенціальної можливості акумуляції порід у виробленому просторі.

Методика досліджень. Визначення обсягів руху породних потоків і формування підземного простору проводиться на підставі узагальнення та систематизації показників виробничої діяльності однієї з шахт ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Детальний аналіз технологічної схеми шахти дозволяє зробити висновок, що рух пустих порід з шахти на денну поверхню відбувається внаслідок функціонування виробничих процесів підземних очисних робіт, проведення гірничих виробок та їх ремонту.

Для встановлення виходу пустих порід у процесі ведення очисних робіт аналізувалися наступні параметри: кількість відпрацьованих лав; довжина лав; посування очисного вибою; структурна колонка пласта і порід кожної лави; геологічна потужність пласта; виймальна потужність пласта; пластова материнська зольність; потужність порід підшви, що присікаються; посування очисного вибою; щільність вугілля з урахуванням пластової зольності; щільність порід підшви, що присікаються; потужність несправжньої покрівлі; щільність порід покрівлі, що обвалюються.

Для встановлення виходу пустих порід у процесі проведення гірничих виробок аналізувалися наступні параметри: площа поперечного перерізу гірничої виробки в проходці; площа вугільного вибою; щільність порід покрівлі і підшви; довжина гірничої виробки. Для встановлення обсягів утвореного виробленого простору аналізувалися такі параметри: виймальна потужність пласта; шар порід несправжньої покрівлі, що обвалилися; довжина лав; річне посування лав.

Результати дослідження. Визначено, що найгірший питомий показник відношення видобутого вугілля до зольності досягнутий на шахті ім. Героїв Космосу. Після технологічного циклу збагачення вугілля на Павлоградській ЦЗФ до показника 25% (згідно з вимогами ТЕС), відокремлені 25% порід надходять в породні відвали і хвостосховища на денній поверхні.

Встановлено, що найбільше надходження всіх пустих порід на поверхню відбувається внаслідок виконання очисних робіт з присікання порід підпошви – 39% і проведенні підземних гірничих виробок для підготовки нових запасів вугілля до виймання – 33%, інші джерела в порівнянні мають малу питому вагу в межах 2-16%. Це свідчить про те, що в першу чергу необхідно вдосконалювати і модернізувати технологічні схеми очисних та прохідницьких робіт з розміщенням пустих порід у підземних пустотах.

За характером і труднощами виконання потенційних технічних рішень, пов'язаних із розміщенням порід у підземному просторі, усі пусті породи, що виходять з шахти, можна розділити на 2 категорії:

- породи, які важко утилізуються, до яких слід віднести пусті породи від обвалення порід покрівлі і породи пластової зольності. Їх розміщення у підземних пустотах тягне за собою технологічні складнощі та економічні витрати, пов'язані з проектуванням підземних вуглезбагачувальних комплексів тощо;

- перспективні до утилізації породи, до яких слід віднести породи присікання в очисних вибоях від проведення і підривання підпошви гірничих виробок, питома вага яких в загальному породному потоці становить 74% і їх утилізація має економічний та екологічний сенс.

У зв'язку з тим, що гірничі роботи в шахті інтенсивно змінюються у просторі та часі, був складений баланс одночасного утворення перспективних пустих порід і пустот за кожен календарний місяць в році (рис.1). Оскільки утворені породи, перспективні до залишення у підземному просторі шахт, мають різне джерело утворення (очисні та прохідницькі роботи), а їх розміщення передбачається в різні за типом підземні пустоти, то складені різні варіанти динаміки зміни балансу.

Аналіз рис. 1а показує те, що, з огляду на рівень утворення пустих порід від присікання порід підпошви пустоти виробленого простору лав мають істотний резерв для їх розміщення. При усередненій величині присікання порід підпошви 0,2 м за 8-ма лавами, що відпрацьовуються, обсяг утворення їх пустот перевищує вихід пустих порід у 3,8-10,0 рази. Це свідчить про те, що при удосконаленні селективної технології відпрацювання запасів із закладкою з'являється можливість залучення в експлуатацію вугільних пластів з меншою геологічною потужністю 0,5-0,8 м, при цьому навіть при величині присікання 0,5 м можна розмістити всі породи у пустотах виробленого простору.

Аналіз рис. 1б свідчить про те, що обсяг порід, утворений при проведенні нових 18-ти виїмкових виробок за календарний рік в 2,1-3,0 рази перевершує обсяг утворених пустот від погашення 14 виїмкових виробок слідом за посуванням лави. Зазначений дисбаланс викликаний істотним впливом коефіцієнта розпушення порід ($k_p = 1,5$) на збільшення їх обсягу у зруйнованому стані після руйнування вибою прохідницьким комбайном. З цього випливає, що пустоти виїмкових виробок, що погашаються, не дозволяють в повній мірі розмістити обсяг пустих порід, які виходять з прохідницьких вибоїв, що вимагає нових технічних рішень. Вирішенням цього питання може служити розробка технічного рішення з розміщення надлишку порід від прохідницьких робіт у

пустотах виробленого простору лав, разом із розміщеними пустими породами від присікання порід підшви.

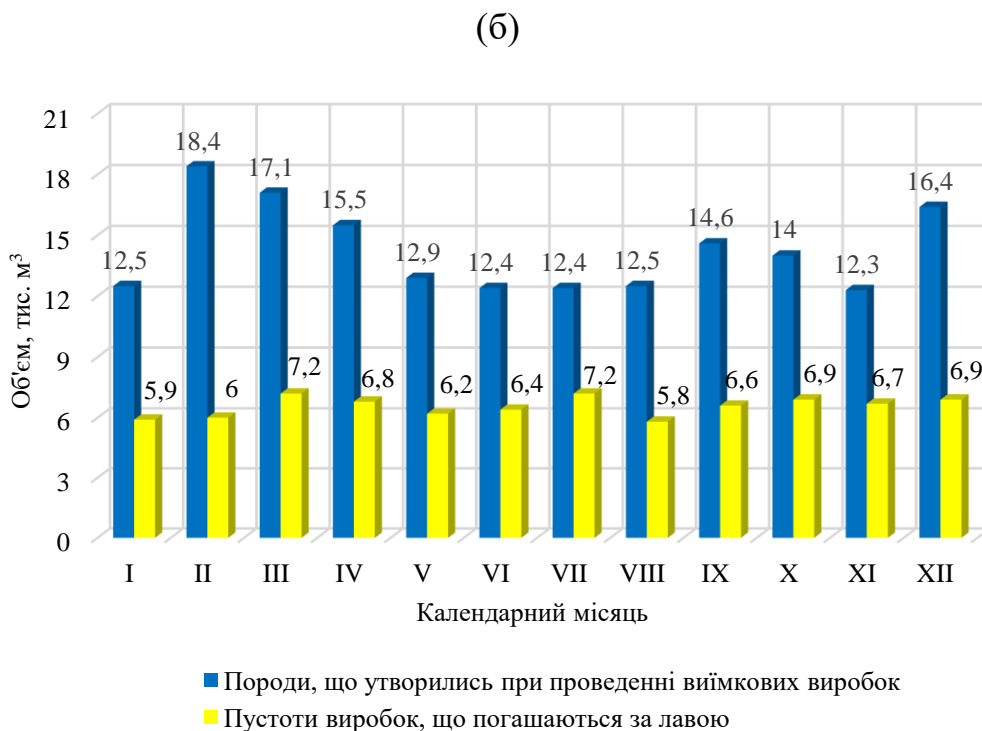
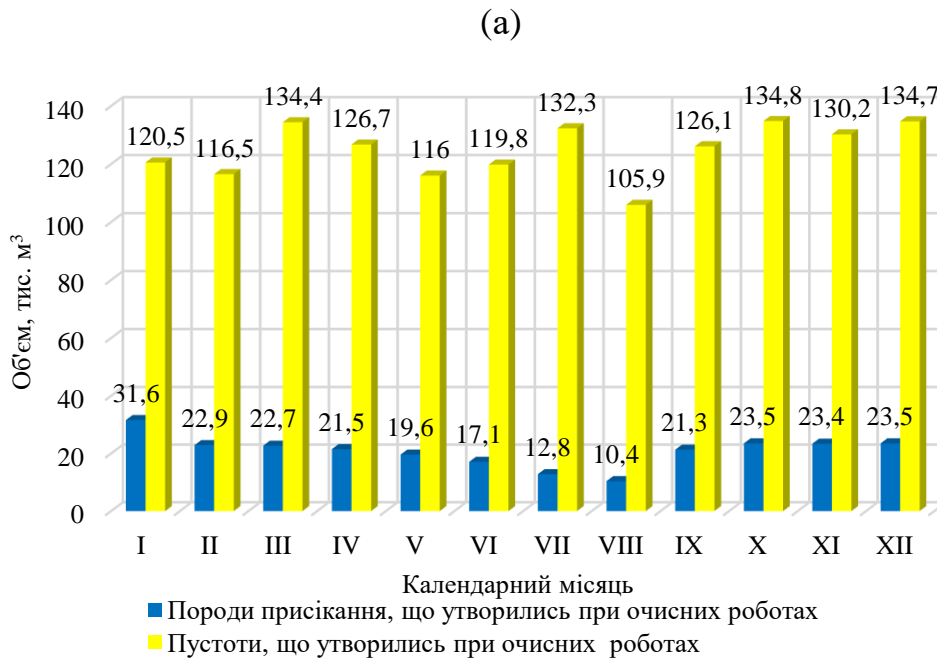


Рисунок 1 – Динаміка утворення обсягу порід присікання і пустот виробленого простору лав (а) та обсягу порід при проведенні виїмкових виробок і пустот погашення діючих виїмкових виробок за лавою (б)

Виявлено, що при існуючих схемах підготовки запасів і плануванні гірничих виробок навряд чи вдасться повне розміщення порід у виробленому просторі шахт, перспективно з усього потоку пустих порід на поверхню залишити в шахті лише 20-30%, а з оптимізацією схем підготовки і просторово-планувальних

рішень цей показник можна збільшити до 70%. Рекомендується для підвищення ефективності залишення порід у підземних пустотах збільшити частку повторно використовуваних виробок, яка в порівнянні з іншими шахтами найменша, на основі застосування надійних систем рамно-анкерного кріплення виробок.

Висновки. У даній статті за календарний рік роботи однієї з шахти Західного Донбасу детально досліджено рух всіх потоків пустих порід, виявлені джерела їх утворення, а також вивчений баланс утворених порід і підземних пустот у взаємозв'язку з поточним розвитком гірничих робіт у шахтному полі шахти ім. Героїв космосу. Запропоновано алгоритм аналітичних досліджень визначення виходу порід і перспективних обсягів підземних пустот для розміщення утворених пустих порід за календарний рік. Визначено джерела надходження пустих порід на поверхню. Запропоновано за характером і труднощами виконання потенційних технічних рішень, пов'язаних із розміщенням порід у підземному просторі, усі пусті породи, що виходять з шахти, розділити на 2 категорії: породи, які важко утилізуються, та породи, перспективні до утилізації. Встановлено, що підземні пустоти мають колосальний потенціал до розміщення пустих порід очисних, прохідницьких і ремонтних робіт, обсяг утворення яких в 2,8-4,8 рази перевершує обсяг утворення порід. Встановлено, що можливість ведення робіт з повноцінного розміщення порід обмежена особливостями календарного планування відпрацювання запасів по пластах, які складені під технологію видобутку вугілля з повним обваленням.

Список літератури

1. Zhang, L., & Xu, Z. (2018). A critical review of material flow, recycling technologies, challenges and future strategy for scattered metals from minerals to wastes. *Journal of Cleaner Production*, (202), 1001-1025. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.073>
2. Petlovanyi, M., Malashkevych, D., & Sai, K. (2020). The new approach to creating progressive and low-waste mining technology for thin coal seams. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(4), 765-775. <https://doi.org/10.15421/112069>
3. Pactwa, K., Woźniak, J., & Dudek, M. (2020). Coal mining waste in Poland in reference to circular economy principles. *Fuel*, (270), 117493. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117493>
4. Петлєваний, М.В. & Гайдай, А.А. (2017). Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки. *Геотехнічна механіка*, (136), 147-158.
5. Popovych, V., Malovanyu, M., Prydatko, O., Popovych, N., & Petlovanyi, M. (2021). Technogenic impact of acid tar storage ponds on the environment: a case study from Lviv, Ukraine. *Ecologia Balkanica*, 13(1), 35-44.
6. Wang, G., Xu, Y., & Ren, H. (2019). Intelligent and ecological coal mining as well as clean utilization technology in China: Review and prospects. *International Journal of Mining Science and Technology*, 29(2), 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.06.005>
7. Kuzmenko, O., & Petlovanyi, M. (2015). Substantiation the expediency of fine gridding of cementing material during backfill works. *Mining of Mineral Deposits*, 9(2), 183-190. <https://doi.org/10.15407/mining09.02.183>
8. Barabash, M., & Cherednichenko, Yu. (2015). Transformation SHC "Pavlogradvugillia" in the world class coal-mining company – PJSC "DTEK Pavlogradvugillia." *Mining of Mineral Deposits*, 9(1), 15-23. <https://doi.org/10.15407/mining09.01.015>
9. Petlovanyi, M., Malashkevych, D., Sai, K., & Zubko, S. (2020). Research into balance of rocks and underground cavities formation in the coal mine flowsheet when mining thin seams. *Mining of Mineral Deposits*, 14(4), 66-81. <https://doi.org/10.33271/mining14.04.066>