

### Список літератури

1. Bulat, A.F., Davydov, S.L., Kholiyavchenko, L.T., Oparin S.A. (2019). Paroplazmenny`e tekhnologii v proizvodstve sintez-gaza i motornogo topliva iz uglya, effektivnost` i perspektivy. *Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie gornogo proizvodstva*. (89). 259-269.
2. Koshlak, Г.В., Pavlenko, A.M. (2021). Perspektivy vykorystannia zoly tes dlia vyhotovlennia budivelnikh materialiv. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*. (1(23)). 92-101.
3. Oparin, S. (2022). Methods for calculating the technological parameters of the gasification of carboncontaining substances, *Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph* (Boston: Primedia eLaunch.) 307-316.
4. Oparin, S.A., Kholiyavchenko, L.T., Davydov, S.L. (2016). Kriterii otsenki i metodika rascheta tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley plazmennoy gazifikatsii uglerodsoderzhashchikh sred. *Questions of chemistry and chemical technology*. (3). 70-76.

## ВИВЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІД ПРИСІКАННЯ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА ЯК ЗАКЛАДНОГО МАТЕРІАЛУ ВИРОБЛЕНОГО ПРОСТОРУ

<sup>1</sup>Петльований М.В., канд.техн.наук, доц., <sup>1</sup>Малашкевич Д.С., канд.техн.наук,  
доц., <sup>1</sup>Сай К.С., канд.техн.наук, доц.

<sup>1</sup>НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

**Анотація.** Дослідження присвячені визначенню фізико-механічних властивостей шахтних порід присікання вугільного пласта як закладного матеріалу виробленого очисного простору. Отримані результати корисні для визначення технологічних параметрів закладного масиву та оцінки ефективності його формування.

**Вступ.** Для попередження деформацій земної поверхні під інфраструктурними об'єктами у світовій практиці підземної розробки вугільних родовищ успішно застосовуються технології закладання виробленого простору [1, 2]. Значний досвід закладання накопичено у Китаї, де функціонує майже 1000 вугільних шахт. Вугільні пласти Китаю за відомою класифікацією є потужними, що спонукає, враховуючи високу щільність розташування місць та інфраструктурних об'єктів, здійснювати закладання вироблених пустот. Внаслідок виймання потужних пластів деформації поверхні без закладання сягнуть критичних значень, тому застосовується як класична породна закладка, так і твердіюче закладання [3, 4]. Закладання пустот попереджає утворення відходів на поверхні [5, 6]. В Україні 80 % вугільних пластів мають потужність менше 1,0 м, а застосування технологій закладання протягом десятиріч визнано економічно недоцільним. Попередня розробка закладання виробленого простору базувалась на технологічних рішеннях безпосередньо при видобуванні вугілля, за допомогою пневмозакладного комплексу, що розташовується на виїмковому штреку [7]. Суттєвим недоліком способу є утворення пилу при подрібненні порід та складність ведення технологічних процесів безпосередньо у виїмковому штреку при розташуванні закладного комплексу.

Авторами роботи розроблено новий спосіб закладання виробленого простору пустот [8, 9], де можливе формування закладного масиву різної будови з

шахтних порід присікання вугільного пласта, а процеси закладання здійснюються за лавою і не перешкоджають функціонуванню виїмкових виробок.

Проте залишається актуальним питання дослідження фізико-механічних властивостей закладного матеріалу з шахтних порід присікання підосви пласта сучасними очисними комбайнами. Це є необхідним для проектування технології закладання виробленого простору новим запропонованим способом і оцінки його ефективності.

**Метою дослідження** є визначення фізико-механічних властивостей шахтних порід присікання вугільного пласта на основі комплексного підходу, що складається з обробки геологічних даних, шахтних інструментальних і лабораторних досліджень.

**Методика досліджень.** Для досліджень властивостей шахтних порід присікання як закладного матеріалу обрано виїмковий стовп 912 лави ш. Героїв Космосу ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» та проаналізовано гірничо-геологічні умови вуглепородної товщі, її фізико-механічні властивості безпосередньо в масиві. В шахтних умовах виконано фотофіксацію зруйнованих порід підосви пласта. Відбір проб шахтних порід для проведення лабораторних досліджень здійснювався на поверхневому технологічному комплексі сортування рядового вугілля, який потім розсіювався ситами до реальної гранулометричної характеристики, попередньо визначеної спеціальним програмним пакетом на основі шахтних фотографій. Далі проводили дослідження коефіцієнта розпушення та пустотності порід кожної фракції й вихідної суміші порід за допомогою лабораторних ємностей і вагів. Дослідження усадки суміші шахтних порід проводили на лабораторному пресі в НТУ «Дніпровська політехніка».

**Результати дослідження.** Згідно з гірничо-геологічним прогнозом 912 лави в підосві пласта залягає аргіліт темно-сірий, хвилясто-шаруватий, слабослюдистий. Усереднені властивості аргіліту в масиві наступні: міцність на стиск – 12,0 МПа, міцність на розтяг – 0,9 МПа, щільність – 2,32 г/см<sup>3</sup>, кут внутрішнього тертя – 39°, модуль пружності – 8300 МПа, коефіцієнт Пуасона – 0,32. Проте, закладний матеріал, що представлений породами підосви пласта, є зруйнованим очисним комбайном і його фізико-механічні властивості потребують дослідження.

Фотофіксація зруйнованих порід з очисного вибою 912 лави на стрічковому конвеєрі дозволила за допомогою спеціалізованого програмного пакету після обробки діаграми визначити гранулометричну характеристику. Розподіл вмісту фракцій у зруйнованій породі зведено у Таблиці 1.

Таблиця 1 – Гранулометричний склад зруйнованих порід підосви пласта очисним комбайном КА-200

Фракція, мм	0 – 5	5 – 10	10 – 35	35 – 50	50 – 60	60 – 100	100 – 140
Вміст, %	3,95	13,3	42,75	14,9	5,5	13,1	6,5

Аналіз даних Таблиці 1 показує, що у зруйнованій породі у кількості 75 % містяться фракції розміром до 50 мм, які можуть бути придатні як закладний матеріал при можливому механічному та вібраційному закладанні і не вимагають попередньої стадії дроблення як у разі використання пневмозакладання.

Досліджено у спеціальних лабораторних ємностях насипну щільність різних груп фракцій шахтних порід. На підставі експериментальних даних отримано залежність зміни коефіцієнта розпушення шахтних порід залежно від їх фракційного складу, яка показує, що коефіцієнт розпушення шахтних порід, зруйнованих в очисному вибої очисним комбайном КА-200, змінюється за логарифмічною залежністю виду від їхнього гранулометричного складу, при цьому величина достовірності апроксимації становить 0,99.

Встановлено, що коефіцієнт розпушення у межах фракцій 0 – 50 мм зростає на 33 %, а фракцій 50 – 140 мм – на 8 %. Оперуючи даними коефіцієнта розпушення, можна управляти гранулометричними характеристиками закладного матеріалу для досягнення максимальної щільності закладного масиву та повноти заповнення виробленого простору. Визначено, що насипна щільність зруйнованих порід (0 – 140 мм) комбайном КА-200 становить 1,28 г/см<sup>3</sup>, коефіцієнт розпушення – 1,7, а пустотність та максимальний запас на ущільнення закладного масиву зі зруйнованих порід – 41,9%.

На підставі проведених лабораторних досліджень встановлено, що величина усадки закладного масиву з шахтних пустих порід збільшується за поліноміальною залежністю з підвищенням прикладеного навантаження. Так, при максимальному навантаженні 5,5 МПа величина усадки складе 43 %, що досить високо корелює зі значенням пустотності та максимального запасу шахтних порід фракції 0 – 140 мм на ущільнення, яке становить 41,9 %.

**Висновки.** На підставі комплексу досліджень визначено важливі фізико-механічні властивості шахтних порід присікання вугільного пласта, такі як насипна щільність, коефіцієнт розпушення, пустотність та усадка.

### Список літератури

1. Zhang, J., Li, M., Taheri, A., Zhang, W., Wu, Z., & Song, W. (2019). Properties and application of backfill materials in coal mines in China. *Minerals*, 9(1), 53. <https://doi.org/10.3390/min9010053>
2. 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>
3. Guo, Y., Ran, H., Feng, G., Du, X., Zhao, Y., & Xie, W. (2021). Deformation and instability properties of cemented gangue backfill column under step-by-step load in constructional backfill mining. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 2325-2341. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15638-z>
4. Liu, D., Yang, J., & Dong, B. (2022). Discrete element analysis of the influence of compaction quality on mechanical properties of rockfill materials. *Computers and Geotechnics*, (151), 104958. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2022.104958>
5. Петльований, М.В., & Гайдай, О.А. (2017). Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки. *Геотехнічна механіка*, (136), 147-158.
6. 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>

7. Бузило, В.И., Сулаев, В.И., Кошка, А.Г., & Яворский, А.В. (2013). Технология обработки тонких пластов с закладкой выработанного пространства. Днепропетровск, Украина: Национальный горный университет.

8. 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>

9. Малашкевич, Д.С., Петльований, М.В., & Пойманов, С.М. (2021). *Спосіб закладки виробленого простору*. Патент на корисну модель UA №147810. Опубліковано 17.06.2021.

## ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

<sup>1</sup>*Остапенко Н.С., кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник,*  
<sup>1</sup>*Крючкова С.В., провідний інженер, <sup>1</sup>Кириченко В.А., провідний інженер,*  
<sup>1</sup>*Бондаренко Л.В., провідний інженер*

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна*

**Анотація.** В цілях ефективного досягнення прогнозованих орієнтирів гірничодобувними підприємствами необхідно застосування дієвого інструменту забезпечення прийняття обґрунтованих рішень. Для формалізації процедури їхнього прийняття запропоновано використання доступної оцінки, що охоплює визначення таких аспектів, як ризики/збитки екологічні (в перспективі – ще й економічні та соціальні) та інтегровані показники негативного впливу видобутку твердих корисних копалин.

**Вступ.** Сучасна техногенна діяльність настільки масштабно впливає на екологічну ситуацію, що змінює не тільки просторово-часові, але й кількісні та якісні характеристики природних процесів. Безліч шкідливих виробництв та комунікацій представляють зони підвищеного ризику, серед яких інтенсивний видобуток корисних копалин спричинює найбільші такі небезпеки: в першу чергу, порушення і знищення родючого шару ґрунтів; цілу низку ендемічних геологічних загроз; забруднення гідросфери й ґрунтів через утворення великих обсягів стічних вод з вмістом важких металів, токсичність яких дуже негативно впливає на усі ланки екосистемного ланцюга «водойма–ґрунт–рослина–тварина–людина». Зафіксовано, що з відвалів шахт Західного Донбасу важкі метали вимиваються дощами в мг на кг породи: Fe - 2,7; Pb - 0,45; Zn і Mn по 0,23; Co - 0,17; Cr - 0,12; Ni - 0,11; Cu - 0,07; Cd - 0,03; Ag - 0,02. Також важкі метали утруднюють біологічне очищення стічних вод. Видобуток однієї тонни руди в Криворізькому залізорудному басейні супроводжується зменшенням площі земельних ресурсів на 0,03-0,04 м<sup>2</sup>, збільшенням площі підтоплених територій на 0,03-0,05 м<sup>2</sup>, скиданням у відкриті водойми 1 м<sup>3</sup> шахтних вод (з мінералізацією 20 кг/т) і 0,1 м<sup>3</sup> кар'єрних вод (з мінералізацією 0,7 кг/т), викидами 2-2,5 кг пилу, 1,4-1,8 кг отруйних газів в атмосферу [1]. Річні обсяги складування розкривних порід гірничодобувних підприємств України досягають 70 млн м<sup>3</sup>, маса відходів збагачення і порожніх порід - майже 52 млн тонн; порушено понад 33 тис. га земель, з яких рекультивуються тільки близько 100 га на рік. За результатами сучасної промислової діяльності гірничорудних