

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ НЕРУДНИХ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Симоненко В. І., Павличенко А. В., Черняєв О. В.

1. Вступ

В Україні понад 40 % родовищ нерудних твердих корисних копалин розміщені поблизу населених пунктів, об'єктів промислових і громадських господарств, уздовж меж територій природно-культурних заповідників та інших громадських об'єктів [1, 2]. На поточний період зареєстровано близько 3000 родовищ такої мінеральної сировини, як вапняки, доломіти, граніти, мігматити, гнейси, амфіболіти, сієніти, пісковики й інші. Тому виникає потреба в їх освоєнні, нині і в майбутньому, навіть при розташуванні в межах нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ). Зазначені корисні копалини розробляють з застосуванням буровибухового подрібнення гірських порід [3, 4]. Тому розміри СЗЗ установлені величиною понад 1000 м [5]. Більша частина природної мінеральної сировини, що використовується для виробництва будівельних матеріалів, хімічної сировини, сільськогосподарських добрив видобувається і переробляється в умовах зменшеної СЗЗ [6–8]. До гірничодобувних підприємств в цих умовах висуваються вимоги відносно зменшення ступеня забруднення повітряного, водного середовищ, ґрунтів і інших компонентів довкілля до рівня гранично допустимих концентрацій (ГДК), тобто безпечних для здоров'я населення [9–11].

Основними технічними і технологічними заходами щодо зниження шкідливого впливу виробничих процесів гірничодобувних підприємств на навколишнє середовище визначені наступні [5, 10, 11]:

- провадження вибухового подрібнення гірських порід екологічнобезпечними методами з застосуванням емульсійних вибухових речовин (ВР), які в результаті хімічного перетворення в процесі підривання порід утворюють водяну пару. А також ініціюванням зарядів ВР спеціальної конструкції з допомогою безпечних по сейсмічній і ударній діям систем «Імпульс» (Шосткинський казенний завод «Імпульс», Україна), «Нонель» (Nitro Nobel, Швеція) і інші;

- виконання виймально-навантажувальних робіт у вибоях кар'єрів з попереднім зрошуванням гірської маси водними розчинами для пилопогашення і аналогічне зрошення транспортних шляхів кар'єру;

- перевезення порід колісним транспортом, який обладнаний надійними пристроями для уловлювання і нейтралізації вихлопних газів спалювання дизельного палива на невеликі відстані або ж електрифікованими видами транспорту (стрічковими конвеєрами);

- переробка гірських порід в готову продукцію на мобільних і пересувних дробильно-сортувальних установках (МДСУ, ПДСУ), які розміщують в кар'єрі безпосередньо у вибоях або на робочих площадках. Це

дозволяє локалізувати шкідливі пило-газові викиди в атмосферу на території виробленого простору;

- складування відходів гірничого виробництва (порід розкриву, відходів переробки – відсівів) у внутрішніх відвалах (виробленому просторі);

- повна відробка усіх балансових і забалансових запасів нерудної мінеральної сировини до економічно- і екологічно доцільної глибини в межах існуючих границь кар'єрного поля;

- рекультивация порушених земель в сільсько- та лісогосподарському напрямках, їх рекреація і ревіталізація.

Одним з новітніх та малодосліджених серед вище зазначених заходів при видобуванні й переробці нерудної мінеральної сировини слід вважати впровадження і реалізацію технології з застосуванням МДСУ, ПДСУ. На нинішньому етапі освоєння цієї технології комплекси МДСУ, ПДСУ розміщують в кар'єрі на тимчасово неробочих площадках або біля вибою. Готову продукцію від них доставляють автосамоскидами до накопичувального поверхневого перевантажувального складу кар'єра (ПСК). На даному ПСК здійснюють відвантаження фракцій готової продукції в магістральні види транспорту (залізничні потяги, великовантажні автомобілі) для доставки споживачам. Прикладом можуть слугувати кар'єри з видобутку вапняків, що розробляють Тягінське (Херсонська обл.) та Тернопільське родовища. Проте, з літературних джерел [5, 10] відомо, що готову або частково перероблену продукцію від площадки з МДСУ, ПДСУ можна видавати екологічно безпечним стрічковим конвеєром на поверхню кар'єра, де здійснюється завантаження засобів магістрального транспорту. Подібні технологічні схеми розроблені для потужних рудних кар'єрів, на яких вони успішно застосовуються.

Для умов розробки твердих нерудних корисних копалин, які відрізняються потужністю кар'єрів і типажем гірничотранспортного обладнання зазначенні технологічні рішення не досліджувались. Крім того, переважна більшість гірничих підприємств функціонують на незначних відстанях від населених пунктів і їх діяльність призводить до погіршення екологічного стану гірничопромислових регіонів.

Враховуючи, що доцільність застосування МДСУ, ПДСУ на досліджуємих кар'єрах доведена в роботах [5, 10], актуальною задачею є обґрунтування екологічнобезпечних технологічних схем доставки готової продукції з кар'єру та відвантаження її в засоби магістрального транспорту. Саме тому актуальним є екологічне обґрунтування оптимальних для підприємств та навколишнього середовища технологічних схем розробки мінеральних ресурсів.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є екологічна безпека функціонування гірничих підприємств. Рівень екологічної небезпеки видобутку корисних копалин залежить від ресурсоємності технологій, що на них застосовуються, а також ефективності застосовуваних природоохоронних заходів. Видобуток корисних копалин супроводжується комплексним негативним впливом на компоненти довкілля – утворення значних обсягів відходів, забруднення атмосферного

повітря, водних об'єктів, а також ґрунтів.

Одним з найбільш проблемних місць є значні відмінності гірничо-геологічних умов та геометричних параметрів кар'єрів, тип та технічний стан гірничо-транспортного обладнання, що застосовується на гірничих підприємствах, а також потреба доробки запасів в умовах зменшеної СЗЗ. Зміни процедури оцінки впливу на довкілля планованої діяльності гірничими підприємствами повинні передбачати розробку та впровадження додаткових технологічних рішень, що сприятимуть зменшенню забруднення прилеглих територій. Тому виникає необхідність в розробці уніфікованих підходів, використання яких дозволить аналізувати технологічні процеси гірничих підприємств та виявляти більш небезпечні з екологічної точки зору, на яких утворюється значні обсяги викидів забруднюючих речовин. Це дозволить обґрунтувати технологічні схеми видобутку та транспортування гірської маси та корисних копалин з мінімальним утворенням забруднюючих речовин і відповідно сприятиме покращенню екологічного іміджу гірничого підприємства.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є обґрунтування екологічно безпечних технологічних схеми доставки, перевантаження, накопичення і відвантаження готової продукції в засоби магістрального транспорту при розробці родовищ нерудних корисних копалин з застосуванням МДСУ, ПДСУ.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Визначити особливості застосування МДСУ, ПДСУ на типових нерудних кар'єрах за екологічними показниками.
2. Обґрунтувати типові технологічні схеми розробки родовищ скельних будівельних матеріалів, застосування яких з мінімальними витратами забезпечить високу продуктивність виробництва та зменшить забруднення прилеглих територій.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Тривале функціонування гірничих підприємств на території України супроводжується формуванням багатофакторних впливів на компоненти довкілля і виникненням екологічних ризиків на різних етапах відкритої розробки родовищ.

Авторами робіт [12, 13] досліджувались особливості управління процесами подрібнення гірських порід за рахунок вибору параметрів конструкції свердловин та їх заряджання. Визначено оптимальні параметри вибухових робіт, що дозволяють визначити економічно обґрунтовані технологічні схеми транспортування корисної копалини на земну поверхню. В роботі не враховувались екологічні особливості застосування запропонованої гірничо-транспортної системи.

На думку авторів роботи [14], найбільш ефективну розробку корисної копалини можна забезпечити драглайнами. Але цей підхід не має технічних та економічних перспектив для використання на кар'єрах з видобутку нерудної мінеральної сировини.

В роботі [15] описуються особливості створення системи еколого-економічного управління технологічними процесами відновлення порушених кар'єрами територій. Запропоновані авторами рішення потребують значних змін технологічного устаткування та фінансових витрат.

В роботах [16, 17] обґрунтовано технологічні схеми транспортування гірської маси за допомогою конвеєрів, але запропоновані рішення дуже складно реалізувати на робочих бортах кар'єрів.

В дослідженнях авторів роботи [18] розглянуті критерії комплексної оцінки екологічної небезпеки промислових підприємств при проведенні процедури оцінки впливу на навколишнє середовище. Запропоновані підходи необхідно адаптувати до нових вимог законодавства у сфері проведення процедури оцінки впливу на довкілля планованої діяльності.

В роботах [19, 20] розглянуті методологічні підходи до комплексної оцінки екологічної безпеки природно-техногенних комплексів. Розроблені підходи потребують врахування масштабу та наслідків негативного впливу гірничодобувних підприємств на екологічний стан гірничопромислових регіонів.

Авторами роботи [21] обґрунтовується доцільність використання інформаційно-аналітичних систем для прогнозування екологічних ризиків функціонування промислових об'єктів. Запропоновані рішення потребують врахування особливостей гірничо-транспортних систем та технологічних схем розробки родовищ, у тому числі за екологічними критеріями.

Більшість розглянутих робіт дозволяють визначити та вирішити певні проблеми управління екологічною безпекою технологічних процесів розробки родовищ корисних копалин. Але необхідно враховувати, що для розробки оптимальних екологобезпечних технологій доставки, перевантаження, накопичення і відвантаження готової продукції необхідно враховувати умови розташування кар'єру, наявність фінансових ресурсів, а також зміни в природоохоронному законодавстві.

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок про те, що для зменшення впливу гірничих підприємств на довкілля необхідно обґрунтовувати вимоги до технологічних схем розробки корисних копалин з урахуванням екологічних критеріїв.

5. Методи досліджень

При виконанні досліджень використовувалися наступні методи:

- аналітичний – для оцінки ефективних варіантів і рішень, визначення рівня раціональної гірничотранспортної системи;
- статистичний – для узагальнення і прогнозування обсягів виймання порід на систематизованих нерудних родовищах;
- графоаналітичний – для конструювання досліджуваних і рекомендованих технологічних схем;
- техніко-екологічний аналіз і прогнозування при обґрунтуванні доцільних технологічних і організаційних рішень.

Застосування сучасних методів дослідження, методів картографічного моделювання і наукового прогнозування, а також статистичної обробки даних з

використанням комп'ютерних програм дозволяє розробити оптимальні екологічнобезпечні технології розробки родовищ.

6. Результати дослідження

Дослідженнями [5, 10] доведена доцільність поетапної розробки родовищ нерудних твердих корисних копалин з відпрацюванням порід крупними виймальними шарами. Комплекси МДСУ, ПДСУ розміщують на концентраційних горизонтах, як правило на нижньому з 2–3-х відпрацьовуваних в крутому шарі, добувному уступі. МДСУ, ПДСУ розташовують таким чином, щоб відстань перевезення гірської маси від вибою цього уступу колісним навантажувачем була мінімальною, або ж біля вибою при вийманні порід з вибою екскаватором (рис. 1).

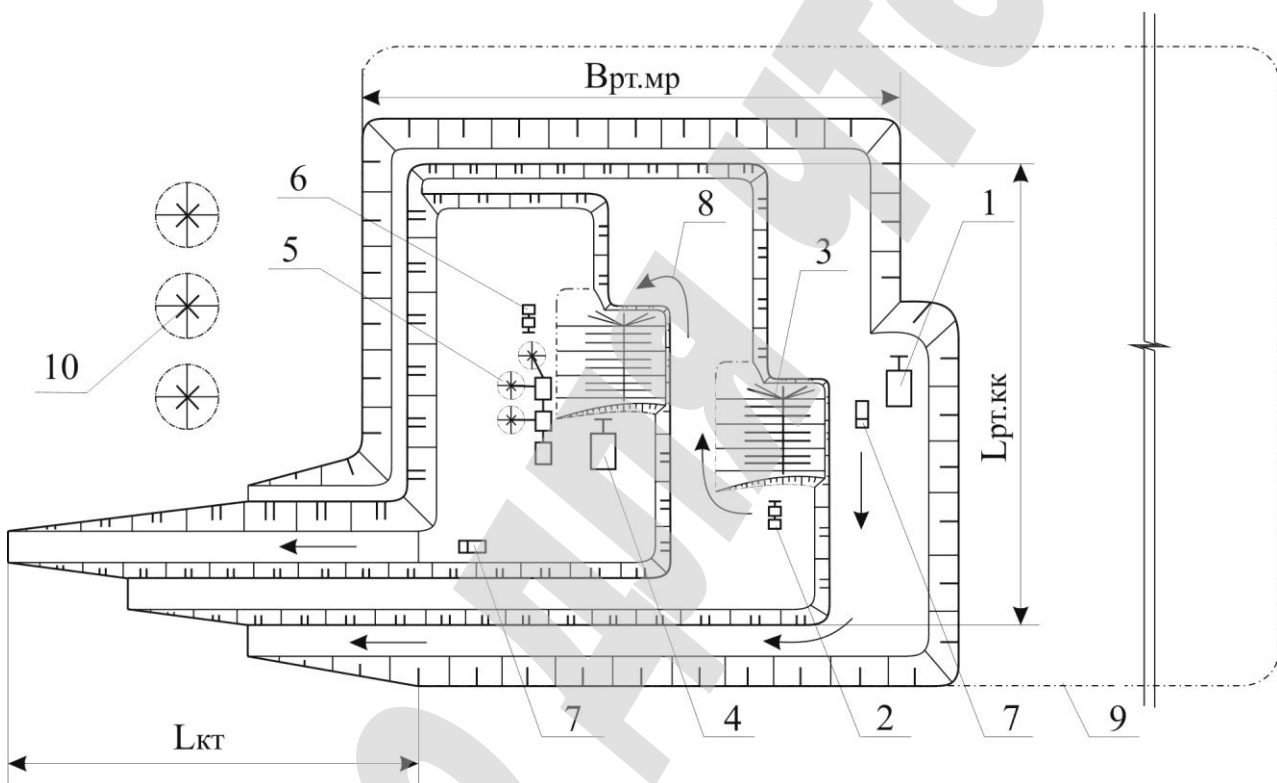


Рис. 1. Технологічна схема кар'єра з транспортуванням готової продукції від мобільних і пересувних дробильно-сортувальних установок (МДСУ, ПДСУ) автосамоскидами: 1 – екскаватор на розкривних роботах; 2 – колісний навантажувач на видобувних роботах; 3 – розвал корисної копалини після її подрібнення вибухом; 4 – видобувний екскаватор; 5 – ПДСУ (МДСУ) на робочій площадці видобувного уступу; 6 – навантажувач готової продукції в автосамоскиди; 7 – автосамоскид; 8 – напрямок грузопотоку видобутої корисної копалини на верхньому уступі; 9 – граничний контур кар'єрного поля; 10 – поверхневі фракційні склади (штабеля)

Корисна копалина з верхніх інших уступів доставляється до МДСУ, ПДСУ через породоскати на укосах горизонтів та по транспортним бермам і з'їздам.

Після переробки на МДСУ, ПДСУ готова продукція пофракційно накопичується в конусних штабелях біля установки, на площадці уступу. З цих

штабелів фракції продукції відвантажуються для подальшого перевезення на денну поверхню. Розглядаються такі технологічні схеми:

Схема А – фракції на МДСУ (ПДСУ) колісним навантажувачем навантажують в кар'єрні автосамоскиди. Автосамоскиди доставляють щебінь і піщану фракцію до поверхневого ПСК штабельного типу з підштабелевими конвеєрами в галереї, на які продукція подається вібротехнікою: віброживильниками з активними боковими платформами. Продукція зазначеним конвеєром завантажується в засоби магістрального транспорту (існуюча нині технологічна схема).

Схема Б – на боковому неробочому борті кар'єра установлений (в напівтраншеї чи на пілонах) підймальний конвеєр (рис. 2).

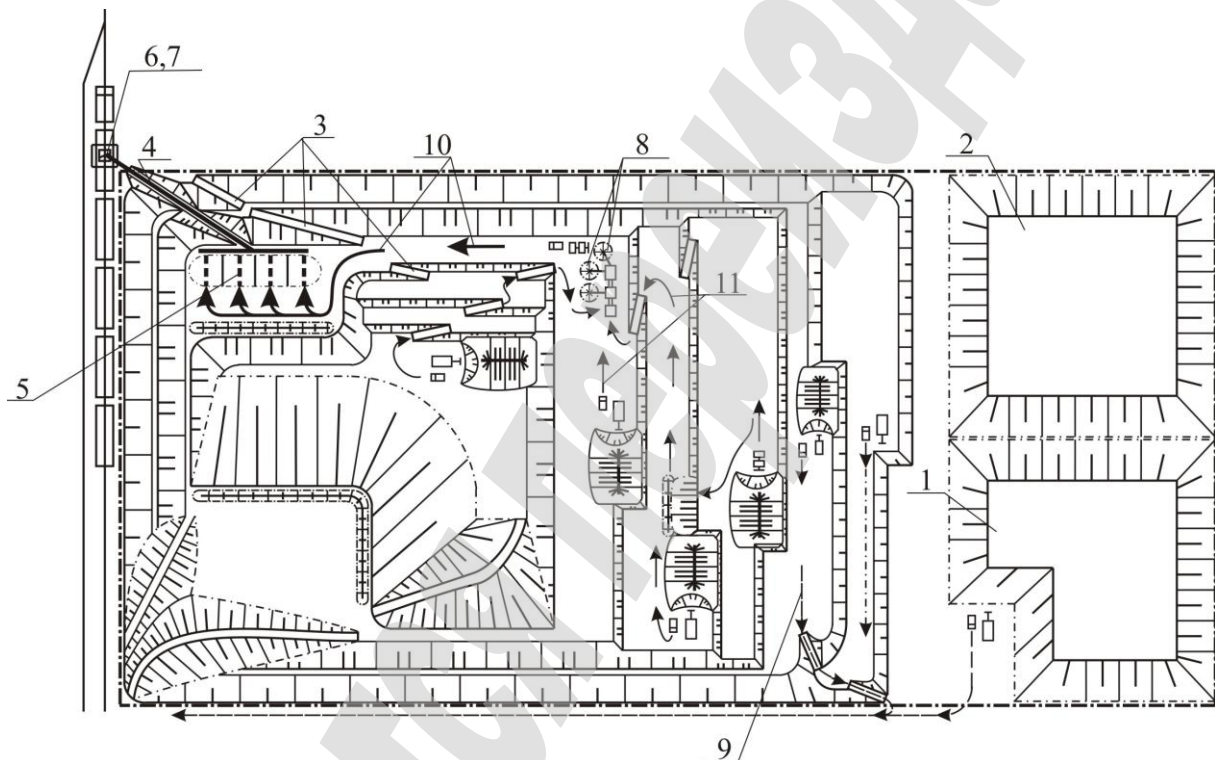


Рис. 2. Технологічна схема кар'єра при використанні мобільної дробильно-сортувальної установки в кар'єрі і внутрішньокар'єрним складом готової продукції: 1 – приконтурний відвал розкривних порід; 2 – тимчасове техногенне родовище попутних корисних копалин; 3 – внутрішні полу траншеї-з'їзди; 4 – конвеєрний підйомник; 5 – майданчик прийому готової продукції навантажувального складського комплексу (ПСК); 6, 7 – навантажувальний бункер в залізничний транспорт; 8 – мобільна дробильно-сортувальна установка (МДСУ); 9 – напрямок переміщення порід розкриву і відходів у вироблений простір; 10 – напрямок переміщення готової продукції від МДСУ до майданчика ПСК; 11 – напрямок доставки корисної копалини від вибоїв до МДСУ

Підймальний конвеєр з'єднаний з розвантажувальним підштабелевим конвеєром внутрішньокар'єрного ПСК. Штабель ПСК розділений секціями для накопичування фракцій готової продукції, кожна секція обладнана віброподавачем для випуску продукції на розвантажувальний конвеєр.

Відвантажувана продукція подається на поверхню в засоби магістрального транспорту підймальним конвеєром. До ПСК фракції доставляють автосамоскидами, які завантажують на МДСУ колісними навантажувачами.

Схема В – МДСУ, ПДСУ установлений біля вибою концентраційного горизонту. В безпосередній близькості від нього розміщують бункерну пересувну секцію з'єднану з пересувним конвеєрним перевантажувачем (ПКП). ПКП має можливість передавати фракцію готової продукції на верхню площадку уступу з нижньої, також на вибійний конвеєр чи на інший ПКП. Система стрічкових конвеєрів в робочій зоні кар'єра доставляє готову продукцію на прибортовий ПСК, аналогічний за конструктивною компоновкою, як і в схемі Б. Від ПСК фракції готової продукції відвантажуються підштабелевим конвеєром на підймальний конвеєр (рис. 2), який безпосередньо задіяний на завантаженні магістральних видів транспорту на поверхні. Згідно результатів дослідження [10] в робочій зоні нерудних кар'єрів доцільно застосовувати декілька ПКП для передачі готової продукції від МДСУ, ПДСУ до прибортового ПСК. Бункерна пересувна секція ПКП, який розташований біля МДСУ, ПДСУ завантажувється колісними навантажувачами. Подача готової продукції від конусних штабелів МДСУ, ПДСУ до прибортового ПСК здійснюється пофракційно.

Досліджувані технологічні схеми Б і В комплектуються прибортовим ПСК штабельно-хребтового типу. В схемі Б секції ПСК завантажуються (формується) колісними навантажувачами (рис. 1) шляхом розвантаження ковшів з маневрової площадки, яка розташована на рівні хребту штабеля (рис. 3). При реалізації схеми В аналогічний за конструктивною компоновкою ПСК формують надштабелевим конвеєром (рис. 3).

ПСК описаного типу в перший період експлуатації кар'єру розміщують під неробочим боковим бортом, залишаючи для цього відповідний майданчик – площадку, отже консервуються деякі об'єми корисної копалини під цією площадкою. Після формування внутрішнього відвалу порід розкриття та інших відходів виробництва у виробленому просторі кар'єру першої черги, зазначений майданчик-площадку ПСК обладнують на цьому відвалі. Одночасно і підймальний конвеєр переносять на укіс внутрішнього відвалу, де попередньо формують його трасу згідно рекомендацій [10]. По завершенні цих робіт настає можливість відпрацювати законсервовані запаси сировини під напівтраншею підймального конвеєра і майданчиком ПСК під боковим бортом.

Таким чином, в схемах Б і В усі процеси видобутку корисної копалини, її переробки і перевантаження готової продукції, а також перевезення порід і продукції виконуються в межах кар'єрного поля. Виключення складає лише процес завантаження фракцій готової продукції в засоби магістрального транспорту. В схемі А додатково на денній поверхні також здійснюється накопичування (акумуляція) готової продукції і її перевантаження на ПСК. При цьому, в схемах Б і В більша частина перевезень здійснюється екологічно чистим (прийнятним) конвеєрним транспортом. Виконуючи ж всі виробничі процеси в кар'єрному просторі з дотриманням зазначених вище технічних і

технологічних заходів по зниженню шкідливого їх впливу на довкілля, можна максимально його мінімізувати.

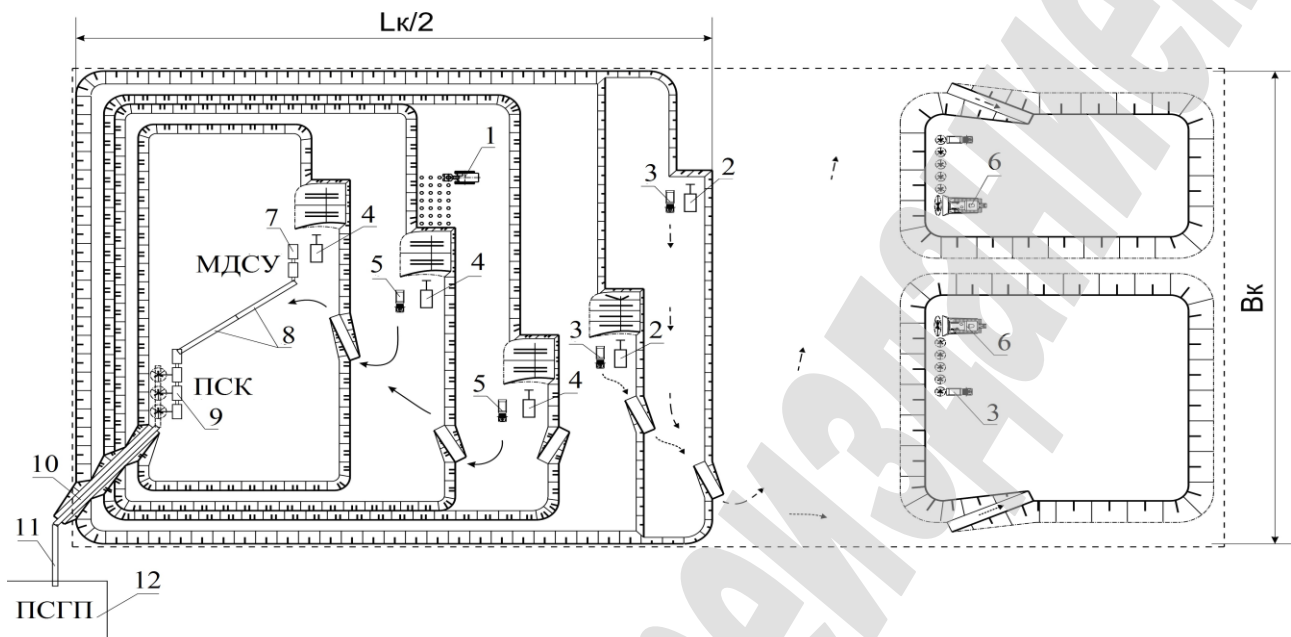


Рис. 3. Технологічна схема кар'єра з конвеєрною доставкою готової продукції від мобільної дробильно-сортувальної установки до поверхневого складу: 1 – буровий верстат; 2 – екскаватор на розкритті; 3 – автосамоскид транспортування порід розкриття; 4 – екскаватор на видобутку корисної копалини; 5 – автосамоскид транспортування корисної копалини; 6 – бульдозер на відвалі, що формується; 7 – мобільна дробильно-сортувальна установка; 8 – внутрішньокар'єрний тракт пересувних конвеєрних перевантажувачів; 9 – перевантажувальний склад кар'єру (ПСК); 10 – похилий (підіймальний) конвеєр; 11 – поверхневий горизонтальний конвеєр, 12 – поверхневий склад готової продукції (ПСГП) для відвантаження в магістральний транспорт

Беззаперечно, що основним критерієм для вибору розглядаємих технологічних схем при застосуванні їх на представлених нерудних кар'єрах повинен прийматися екологічний критерій. Таким критерієм може виступати концентрація основних забруднюючих речовин (згідно [10]) в атмосфері в межах зменшеної до 300–400 м СЗЗ від границь кар'єру. Немаловажним також є рівень шумів від провадження виробничих процесів в зазначених межах (табл. 1).

Вибрані технологічні схеми повинні відповідати вимогам екологічної безпеки. Тому їх оцінку доцільно виконувати за екологічними критеріями. Ці критерії можна розглядати з урахуванням мінімуму обсягів викидів шкідливих речовин (пилу, газу) в атмосферу. При виконанні розрахунків показників екологічних критеріїв до уваги бралися викиди газу, шкідливих речовин та пилоутворення при виконанні транспортних робіт.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найкращі показники виробничих, економічних та екологічних критеріїв мають технологічні схеми Б і В. це можна пояснити тим, що більша частина перевезень здійснюється екологічно чистим (прийнятним) конвеєрним транспортом.

Таблиця 1

Показники перевантажувального складу кар'єра (ПСК) штабельного типу

№ п/п	Найменування показників	Показники для розглядаємих схем		
		Схема А	Схема Б	Схема В
1	Ємність секцій штабеля ПСК, м ³	6000	3900	3900
2	Довжина штабеля ПСК по низу, м	44	28	28
3	Число віброподавачів в галереї ПСК, од.	6	6	6
4	Приведена потужність приводних електродвигунів на ПСК, кВт	148	55	55
5	Питомі витрати ресурсів на ПСК: – електроенергія, кВт. год/м ³ – дизпаливо/ПММ, кг/м ³	0,45 0,57/0,03	0,18 0,21/0,012	0,18 0,21/0,012
6	Проектна глибина кар'єру, м	130	130	130
7	Глибина розташування конвеєра в кар'єрі, м	–	80	80
8	Продуктивність по корисній копалині, тис. м ³ /рік	1350		
9	Довжина конвеєрних ліній, м	72	450	610
10	Довжина шляху перевезення порід і фракцій, км: – автосамоскиди/колісні навантажувачі	1,33/406	0,1	–/0,1
11	Кількість, одиниці: – автосамоскиди (40 т)/колісні навантажувачі (8 м ³)	4/2,5	3/3	–/3
12	Потужність двигунів механізмів, кВт/одиницю: – автосамоскиди/колісні навантажувачі	405/354	405/354	–/354
13	Пробіг транспорту, тис. км/рік: – автосамоскиди/колісні навантажувачі	282,04	186,08/20,32	–/20,32
14	Потужність електродвигунів конвеєрних ліній, кВт	148+(–)	122+(55)	175+(55)

Встановлено, що максимальні концентрації забруднюючих речовин на межі СЗЗ і житлової зони для досліджуваних технологічних схем Б і В не перевищують ГДК. Отже, перспективність впровадження на діючих українських нерудних кар'єрах твердих корисних копалин із зменшеними розмірами СЗЗ технологічних схем розробки за Варіантами Б і В з урахуванням екологічних чинників безсумнівна.

Таким чином, найбільш екологічно безпечною є розробка родовищ скельних будівельних матеріалів при застосуванні перших ланок ПДСУ (МДСУ) в кар'єрах,

видачею роздрібної гірничої маси на поверхню конвеєрним транспортом. Виготовлення сортової готової продукції відбувається на поверхні шляхом сортування її на стаціонарних чи напівстаціонарних грохотильних установках. Фракції готової продукції відвантажуються зі складів в інші транспортні засоби для доставки їх споживачам.

Удосконаленні технологічні схеми рекомендується застосовувати для забезпечення ефективного виробництва в межах щільної житлової забудови, або зменшених санітарно-захисних зон, із мінімально допустимим екологічним навантаженням на довкілля. Розроблені технологічні основи видобутку корисних копалин в техногенно-навантажених регіонах України забезпечують мінімальний вплив гірничих підприємств на довкілля. Крім того, використання комплексного підходу обумовлене необхідністю встановлення екологічних, технологічних та економічних критеріїв, що визначають напрямки подальшого використання гірничопромислових територій.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Запропонований у роботі підхід дозволяє оцінити різні схеми видобутку та транспортування гірської маси на поверхню за наслідками впливу певного технологічного процесу на довкілля. Обґрунтовані технологічні схеми дозволяють вирішити проблеми зменшення негативного впливу гірничодобувних підприємств на навколишнє природне середовище. Планування об'єктів гірничої розробки зменшить рівень його конфліктної складової в аспекті формування природоохоронних витрат та цільового використання техногенних ландшафтів.

Застосування конвеєрного транспорту сприятиме не лише зменшенню обсягів викидів забруднюючих речовин, але і забезпечить в подальшому оптимізацію процесів внутрішнього та зовнішнього відвалоутворення. Це, в свою чергу, не лише зменшить вилучення і втрату земельних ресурсів, а і дозволить своєчасно реалізувати заходи з ревіталізації постгірничопромислових територій.

Weaknesses. Екологічна небезпека технологій відкритої розробки нерудних мінеральних ресурсів залежить від багатьох факторів: параметрів кар'єрів, потужності та типу гірничотранспортного обладнання, особливостей розташування кар'єру по відношенню до селітебної зони тощо. Виробнича діяльність гірничого підприємства супроводжується негативними впливами на компоненти навколишнього середовища. Підвищенні рівні забруднення об'єктів навколишнього середовища можуть обумовлювати виникнення екологозалежних хвороб у населення, яке мешкає в районах видобутку корисних копалин.

Для вирішення проблеми зменшення негативного впливу гірничих підприємств на навколишнє середовище виникає задача оптимізації технологічних схем видобутку та транспортування корисних копалин. Для визначення оптимальних параметрів технологічної схеми видобутку корисних копалин необхідно залучати інженерно-технічний персонал гірничих підприємств, науковців, а також представників природоохоронних організацій. Це, в свою чергу, підвищує вартість виробництва, але забезпечить зменшення

негативного впливу на навколишнє середовище та покращить екологічний імідж підприємства.

Opportunities. Результати проведених досліджень формують методологічний підхід до вибору та обґрунтування технологічних схем розміщення гірничотранспортного обладнання в кар'єрах, що забезпечує мінімальний вплив на екологічний стан прилеглих територій. Отримані результати потребують періодичного коригування з урахуванням вимог змін законодавства про оцінку впливу на довкілля, стратегічну екологічну оцінку та інших нормативних документів.

Використання результатів досліджень дозволить підприємству своєчасно виявляти екологічно небезпечні технологічні процеси виробництва та зменшувати рівні забруднення прилеглих територій. Це, в свою чергу, дозволить покращити умови праці робітників підприємства, а також зменшить кількість екологозалежних хвороб населення гірничопромислових міст, що сприятиме підвищенню соціальної відповідальності підприємства і забезпеченню його сталого функціонування.

Це дозволяє підприємству оперативно виявляти критичні з екологічної точки зору технологічні процеси та своєчасно впроваджувати відповідні природоохоронні заходи. Такі підходи сприятимуть екологізації гірничопромислової галузі, вдалому проходженню екологічного аудиту гірничих підприємств, отриманню міжнародних екологічних сертифікатів і, відповідно, освоєнню нових ринків збуту продукції. Отримані результати також можуть використовуватися для вирішення екологічних проблем функціонування гірничих підприємств на території інших країн.

Threats. Для реалізації ефективних природоохоронних заходів у сфері розробки родовищ корисних копалин виникає потреба в залученні в штат підприємства фахівця-еколога. Фахівець-еколог буде забезпечувати своєчасний контроль за обсягами викидів забруднюючих речовин, обґрунтуванням напрямів їх мінімізації, а також розробкою способів зниження екологічної небезпеки гірничого підприємства. Реалізація більшості природоохоронних технологій на гірничих підприємствах обмежується необхідністю масштабної модернізації технологічних схем розробки родовищ, а також оновлення відповідного технологічного обладнання. Слід відмітити, що в більшості випадків підприємства не мають достатніх матеріальних та технічних можливостей для реалізації природоохоронних заходів. Саме тому, розроблені авторами технологічні схеми забезпечують досягнення відповідних екологічних показників з мінімальними простоями підприємства та фінансовими витратами.

8. Висновки

1. Доведено, що розміщення мобільних і пересувних дробильно-сортувальних установок в кар'єрі безпосередньо у вибоях або на робочих площадках дозволяє локалізувати шкідливі пилогазові викиди в атмосферу на території гірничого підприємства. Обґрунтовано доцільність застосування МДСУ, ПДСУ на типових нерудних кар'єрах за екологічними показниками.

2. Розроблено три типові технологічні схеми розробки родовищ скельних будівельних матеріалів, що відрізняються продуктивністю виробництва та обсягами викидів забруднюючих речовин на прилеглі території. Встановлено, що використання стрічкових конвеєрів (з розміщенням як на неробочих, так і робочих бортах кар'єра) дозволяє зменшити екологічні ризики функціонування гірничих підприємств. Максимальні концентрації забруднюючих речовин на межі СЗЗ і житлової зони для цих технологічних схем не перевищують ГДК. Це дозволить зменшити рівні забруднення навколишнього середовища та підвищити комфортність проживання населення на території гірничопромислових регіонів.

Використання на українських та закордонних нерудних кар'єрах твердих корисних копалин із зменшеними розмірами СЗЗ технологічних схем розробки за Варіантами Б і В є екологічно доцільним. Запропоновані типові технологічні схеми видобування й переробки нерудної мінеральної сировини можуть бути застосовані як на діючих гірничих підприємствах, так і на тих, що проектуються та плануються до запуску в обмежених умовах щільної забудови населених пунктів.

Література

1. Gumenik I., Lozhnikov O. Current condition of damaged lands by surface mining in Ukraine and its influence on environment // *New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*. CRC Press / Balkema, 2015. P. 139–143. doi: <http://doi.org/10.1201/b19901-26>
2. Mormul T. M., Terekhov Ye. V. Environmental and economic estimation of technological solutions in terms of land resource conservation in the process of open-cast mining // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2017. Issue 3. P. 122–128.
3. Yurchenko A., Litvinenko A., Morozova T. Study of dust cloud spraying parameters in terms of its suppression // *New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*. Balkema: CRC Press, 2015. P. 71–74. doi: <http://doi.org/10.1201/b19901-14>
4. Kozlovskaya T. F., Chebenko V. N. Ways of decline of y-level of ecological danger in districts mining by the opened method // *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. 2010. Issue 6 (65). P. 163–168. URL: [http://www.kdu.edu.ua/statti/2010-6-1\(65\)/163.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2010-6-1(65)/163.pdf) (Last accessed: 10.03.2018)
5. Symonenko V., Hrytsenko L., Cherniaiev O. Organization of non-metallic deposits development by steep excavation layers // *Mining of Mineral Deposits*. 2016. Vol. 10, Issue 4. P. 68–73. doi: <http://doi.org/10.15407/mining10.04.068>
6. Prokopenko V. I., Litvinov Yu. I. Environmental orientable imperative of developing the technology and excavation of horizontal fields // *Naukovyy visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2017. Issue 2. P. 51–57.
7. Berry P., Pistocchi A. A Multicriterial Geographical Approach for the Environmental Impact Assessment of Open-Pit Quarries // *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*. 2003. Vol. 17, Issue 4. P. 213–226. doi: <http://doi.org/10.1076/ijsm.17.4.213.17476>

8. Cyclical-and-Continuous Method and in-Pit Crushing Operation Experience in the World / Drebenstedt C. et. al. // Gornyi Zhurnal. 2015. Issue 11. P. 81–87. doi: <http://doi.org/10.17580/gzh.2015.11.17>
9. Increasing ecological safety during underground mining of iron-ore deposits / Khomenko O. Y. et. al. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2018. Issue 2. P. 29–38. doi: <http://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/3>
10. Technological aspects of ecological finalization of nonmetallic career during their liquidation and conservation / Symonenko V. I. et. al. // Bulletin of National University of Water Management and Nature Resources Use. 2016. Vol. 2. P. 148–158.
11. Technical, economic and environmental aspects of the use of emulsion explosives by ERA brand in underground and surface mining / Kholodenko T., Ustimenko Ye., Pidkamenna L., Pavlychenko A. // New Developments in Mining Engineering: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. Balkema: CRC Press, 2015. P. 211–219. doi: <http://doi.org/10.1201/b19901-38>
12. Rock fragmentation control in opencast blasting / Singh P. K. et. al. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2016. Vol. 8, Issue 2. P. 225–237. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.10.005>
13. Pyra J., Soltys A., Winzer J. Analysis of the blast-induced vibration structure in open-cast mines // Journal of Vibroengineering. 2017. Vol. 19, Issue 1. P. 409–418. doi: <http://doi.org/10.21595/jve.2016.17289>
14. Environmental noise management in the area of opencast mines / Lilic N. et. al. // Tehnika. 2017. Vol. 72, Issue 1. P. 47–52. doi: <http://doi.org/10.5937/tehnika17010471>
15. Neustupa Z. An information system for managing the reclamation of a landscape degraded by opencast mining // Acta Montanistica Slovaca. 2004. Vol. 9, Issue 1. P. 9–15. URL: <https://actamont.tuke.sk/pdf/2004/n1/3neustupa.pdf> (Last accessed: 10.03.2018)
16. The harmonization and optimization of diagnostic methods for a belt conveyor / Helebrant F. et. al. // Management Systems in Production Engineering. 2012. Issue 2 (6). P. 39–44.
17. Moni V., Klouda P., Skraban V. Comprehensive Check Measurement of Key Parameters on Model Belt Conveyor // Management Systems in Production Engineering. 2013. Issue 11 (3). P. 24–27.
18. To issue of ecological safety quantitative evaluation at EIA / Statiuha G. O. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2010. Vol. 6, Issue 6 (48). P. 44–46. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3347/3147>
19. Kozulia T. V., Emel'ianova D. I., Kozulia M. M. Complex ecological estimation of natural and manmade complexes which basis on MIPS- and risk analysis // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2014. Vol. 3, Issue 10 (69). P. 8–13. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24624>
20. Bugaieva L. M., Osmanov M. M., Statiuha G. O. Using system dynamics methods to study the sustainable development of regions of Ukraine // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2010. Vol. 2, Issue 10 (44). P. 22–25. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2772/2578>
21. Antonets A. V., Pliatsuk D. L. Analysis of information-analytical systems development of environmentally dangerous situation modeling // Technology Audit and Production Reserves. 2015. Vol. 6, Issue 2 (26). P. 8–12. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.56800>