

УДК 622.271

© В.І. Симоненко, О.В. Черняєв, Л.С. Гриценко

**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ВІДПРАЦЮВАННЯ ПРИРОЩЕНИХ ЗАПАСІВ  
ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НЕРУДНИХ КАР'ЄРІВ**

© V. Symonenko, O. Cherniaiev, L. Hrytsenko

**TECHNOLOGICAL ASPECTS EKO- AND RESOURCE- SAVING  
TECHNOLOGIES DEVELOPMENT EXPLORED RESERVES AT  
LIQUIDATION NON-METALLIC QUARRIES**

Запропонована ресурсозберігаюча технологія відкритої розробки нерудних родовищ корисних копалин при доробці та ліквідації кар'єрів. Розглянута організація ведення гірничих робіт та надана методика розрахунку технологічних параметрів та їх величини для груп базових нерудних кар'єрів.

Предложена ресурсосберегающая технология открытой разработки нерудных месторождений полезных ископаемых при доработке и ликвидации карьеров. Рассмотрена организация ведения горных работ и предоставлена методика расчета технологических параметров и их величин для групп базовых нерудных карьеров.

**Вступ.** Нерудні родовища твердих (скельних) корисних копалин, які в Україні відробляються відкритим способом з мінерально-сировинною базою для металургійної (флюсові матеріали і доломіти), хімічної (виробництво соди), харчової (цукрове виробництво), будівельної (в'язучі і вогнетривкі матеріали, бутовий камінь, щебінь, пісок і ін.) галузей. Близько 52 % родовищ представлені породами (корисними копалинами) магматичного та метаморфічного походження, інші – осадового утворення. При розробці цих родовищ широко застосовують подрібнення порід буропідривним способом. Це призводить до суттєвого забруднення атмосфери пилогазовими викидами. Крім того, подібні викиди також утворюються при вийманні, навантажуванні, транспортуванні порід, їх переробці на готову продукцію та відвалоутворенні розкриву. Отже еколого-безпечна технологія видобутку й переробки зазначеної сировини повинна забезпечувати мінімізацію таких викидів при виконанні всіх виробничих процесів [1-4], та відповідає розвитку чистих високих технологій (Clean High Technologies) при відпрацюванні родовищ різного типу походження та технології їх відпрацювання [5].

При виконанні буропідривних робіт зменшення викидів забруднюючих речовин досягається шляхом використання емульсійних вибухових речовин, ініціювання зарядів неелектричними системами типу NONEL та застосуванням нових конструкцій зарядів з інертними та водяними набійками [1, 2, 4]. Під час екскавації, транспортуванні та відвалоутворенні захист екологічного середовища від забруднень здійснюють шляхом зрошування вибоїв, доріг, площадок і

укосів уступів, а також використанням обладнання з електричним приводом і газозуловлювачами продуктів переробки дизельного пального.

**Постановка проблеми.** В практиці проектування родовищ магматичних гірничих порід їх глибина розробки обмежувалась наступними параметрами і факторами: глибиною розвідки запасів корисної копалини, зростанням припливу підземних вод, зростанням радіоактивності корисної копалини з зростанням глибини їх залягання (граніти Дніпропетровської та Кіровоградської областей), невеликими поперечними розмірами покладу магматичних порід. З понад 300 родовищ скельних магматичних порід понад 60 % в теперішній час досягли проектної глибини, а реальних можливостей розширення границь кар'єрного поля не мається, це пов'язано з переносом шляхів, споруд, трубопроводів різного призначення, а також відводом нових площ вже приватизованих земель. В зв'язку з цим залишається другий напрямок розвитку гірничих робіт у глибину, приростив нижче розташовані запаси корисної копалини, та узявши їх на промисловий баланс підприємства.

Зазначені вище положення обумовили актуальність досліджень з обґрунтування ресурсозберігаючої технології відкритої розробки прирощених запасів при розробці нерудних родовищ.

**Метою роботи** є розробка ресурсозберігаючої технології відкритої розробки нерудних родовищ корисних копалин при їх доробці та ліквідації, а також організації ведення гірничих робіт та розробці методики розрахунку технологічних параметрів для груп базових нерудних кар'єрів.

**Виклад основного матеріалу.** Найбільш перспективними технологічними схемами є ті, що передбачають конвеєрну доставку гірничої маси з кар'єрів та часткову або повну її переробку в межах виробленого простору кар'єрів [6-9]. В таких схемах родовище розробляють поетапно з веденням гірничих робіт крутими виймальними шарами. Спочатку гірничі роботи зосереджуються в кар'єрі першої черги з інтенсивним пониженням фронту робіт до проектної глибини. Зазвичай ця глибина визначається з урахуванням розповсюдження геологорозвідувальних свердловин за глибиною (для родовищ магматичного походження), або ж до підосви пластоподібного покладу корисної копалини. Для нерудних родовищ твердих корисних копалин зазначена проектна глибина не перевищує 105 м на магматичних родовищах та досягає 200-220 м на окремих пластових родовищах вапняків і доломітів. На другому та наступних етапах відпрацювання кар'єрного поля проводиться з посуванням фронту гірничих робіт по борту в горизонтальному напрямку. Виймання порід на борту здійснюється в крутих виймальних шарах шириною 36-45 м від верхнього уступу до нижнього. Вибой формуються на 2-3 суміжних за висотою уступах. Породи розкриву з меж кар'єру першої черги (КПЧ) відпрацьовуються і складуються до тимчасового приконтурного відвалу за межами КПЧ, але в межах кар'єрного поля.

Після відпрацювання КПЧ в його виробленому просторі формуються внутрішні відвали, де окремо складуються скельний та м'який розкрив і супутні корисні копалини. По боковому борту КПЧ розміщують конвеєрний підіймач

(рис. 1, а) в напівтраншеї, під якою консервується відповідний об'єм корисної копалини.

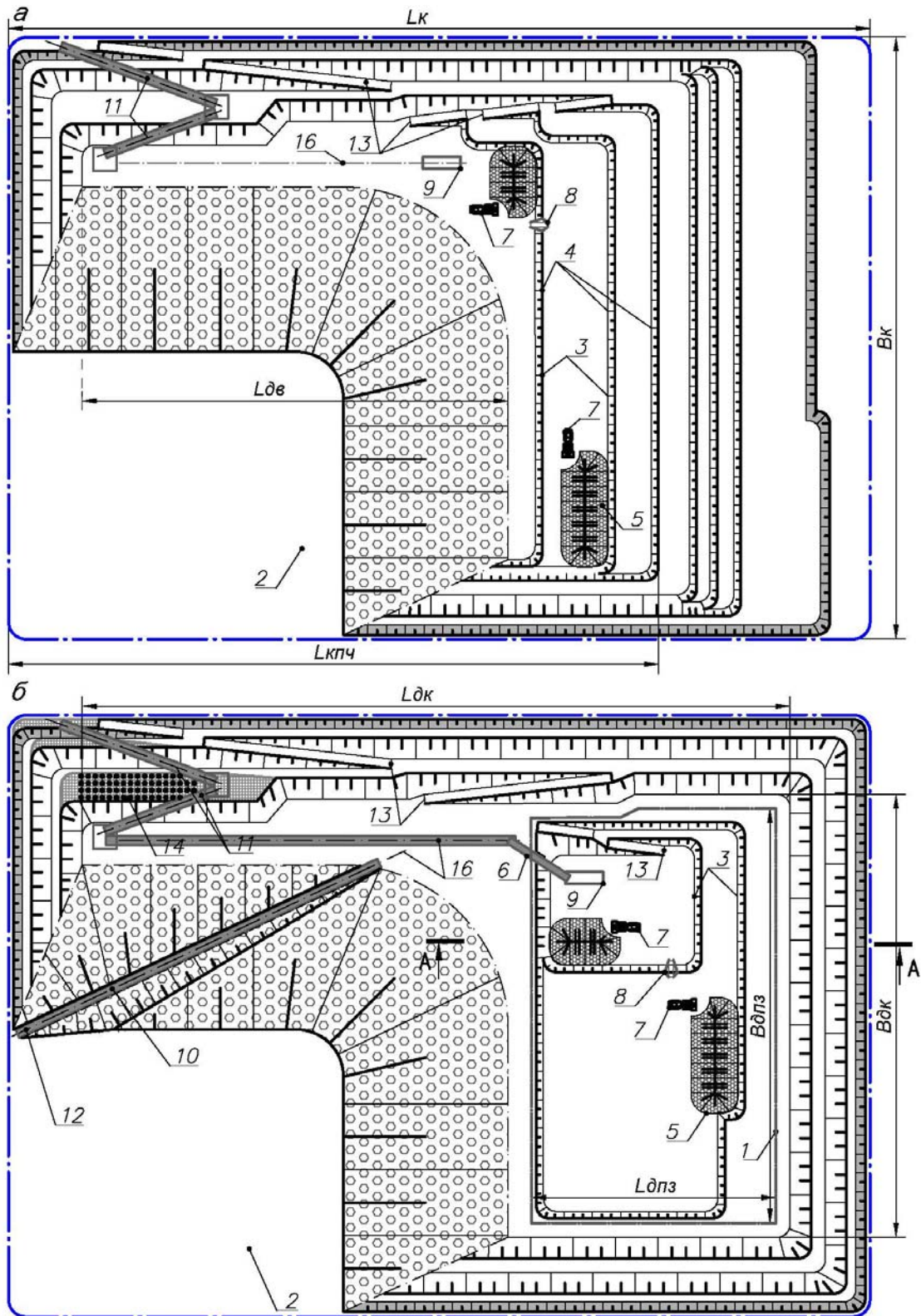


Рис. 1. Схема до пояснення технології поетапної розробки нерудних родовищ та відпрацювання залишкових запасів мінеральної сировини:

*a* – на кінець формування кар’єру першої черги; *б* – на початок відпрацювання природних запасів нижче дна КПЧ; 1 – природні запаси нижче дна КПЧ; 2 – внутрішній відвал; 3 – добувні горизонти; 4 – суміжні добувні уступи крутого виймального шару; 5 – розвал корисної копалини; 6 – пересувні конвеєрні перевантажувачі; 7 – фронтальний колісний навантажувач; 8 – породоскат; 9 – пересувний дробильний вузол; 10 – площадка конвеєрного підйомача на укосі відвалу; 11 – напівтраншеї конвеєрного підйомача на борту кар’єра; 12 – траса конвеєрного підйомача на відвалі; 13 – автомобільні з’їзди в кар’єр; 14 – свердловинні заряди; 15 – породний розвал при відпрацюванні законсервованих на борту запасів корисної копалини; 16 – траса з’єднувальних конвеєрних ліній

Підготовку гірничої маси до конвеєрного перевезення необхідно здійснювати на пересувному дробильному вузлі (ПДВ). Від нього підготовлена корисна копалина подається до конвеєрного підйомача за допомогою системи міжступінних конвеєрних перевантажувачів. Транспортування гірничої маси від вибою до ПДВ виконується фронтальними ковшовими навантажувачами на невелику відстань до 250 м, що забезпечує мінімум викидів шкідливих газів.

Після відпрацювання гірських порід до проектної глибини в межах кар’єрного поля необхідно провести роботи по дорозвідці і природженні запасів корисної копалини в межах залишкового дна кар’єра. Ця додаткова глибина може сягати 65-295 м [7] (рис. 1, *б*; рис. 2). Природженні запаси на кар’єрах малої та середньої площі становитимуть 600-6800 тис. м<sup>3</sup>, а на кар’єрах великої площі – до 80 млн. м<sup>3</sup>, в залежності від параметрів дна кар’єру.

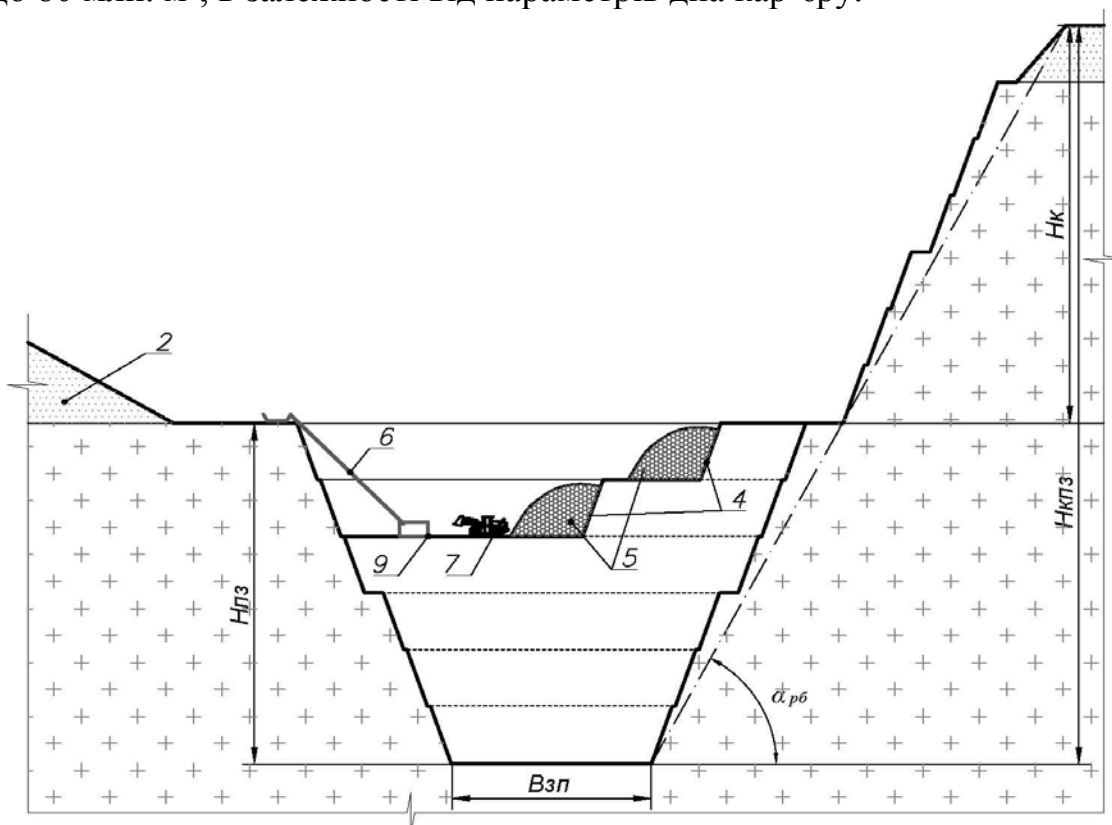


Рис. 2. Схема відпрацювання природних запасів корисної копалини (розріз А-А рис. 1, *б*): 2, 4-7, 9 – див. рис. 1

На момент розробки прирощених запасів мінеральної сировини усі породи розкриву будуть розміщені у внутрішніх відвалах [8]. Тому в подальшому в кар'єрі ведуться добувні роботи та рекультивація поверхні внутрішнього відвалу. На цей період доцільно конвеєрний підіймач перенести на боковий укіс внутрішнього відвалу (рис. 1, б). Трасу під конвеєрний підіймач можливо підсипати скельними породами розкриву такої ширини, щоб забезпечувалася можливість обслуговування підіймача та надійне відведення поверхневих вод. З'єднувальну конвеєрну лінію з'єднують з підіймачем на відвалі.

Одночасно з поглибленням гірничих робіт, для відпрацювання прирощених запасів, розробляються законсервовані запаси корисної копалини під напівтраншеєю конвеєрного підіймача на боковому борту КПЧ.

Відпрацювання законсервованих запасів корисної копалини на неробочому боковому борті здійснюється відповідно до технологічних рекомендацій, що описані раніше в роботі [8-9]. Розрахункові технологічні параметри, визначені за розробленою методикою наведені там же. Параметри довжини КПЧ по поверхні ( $L_{КПЧ}$ ) та довжина ділянки дна КПЧ, зайнята під внутрішні відвали ( $L_{дв}$ ) наведені на рисунку 3. Об'єми прирощених запасів (нижче дна КПЧ) до глибини  $H_{КПЗ}$  (рис. 4) визначено за формулами [8]:

$$V_{нз} = \frac{1}{2} H_{кпз} (L_{днз} + 60) \times (B_{днз} + 60), \text{ м}^3 \quad (1)$$

де  $L_{днз}$  – довжина ділянки кар'єру з видобутку прирощених запасів корисної копалини по верхній брівці, м;

$B_{днз}$  – ширина зазначеної ділянки по верхній брівці, м;

$$L_{днз} = L_{дк} - L_{дв} - B_{дм} - 12; \quad (2)$$

$L_{дк}$  – довжина кар'єра першої черги по дну, м;

$$B_{днз} = B_{дк} - 24; \quad (3)$$

$B_{дк}$  – ширина по дну в межах кар'єра першої черги, м;

$H_{кпз}$  – глибина кар'єра в межах прирощених запасів, м.

$$H_{кпз} = \frac{B_{дкз} - 60}{ctg\alpha_{\delta\delta} + ctg\alpha_{p\delta\delta}}, \text{ м} \quad (4)$$

де  $\alpha_{\delta\delta}$  - результуючий кут укосу групи неробочих добувних уступів, град;

$\alpha_{p\delta\delta}$  - результуючий кут укосу неробочого борту кар'єра в межах прирощених запасів, на якому не сформовані з'їзди, град ( $\alpha_{p\delta\delta} = 60^\circ$ ).

На гістограмі (рис. 4) наведено об'єми можливих прирощених запасів корисної копалини для базових кар'єрів визначений за виразом (1). Інші технологічні параметри відпрацювання прирощених запасів приведені в табл. 1.

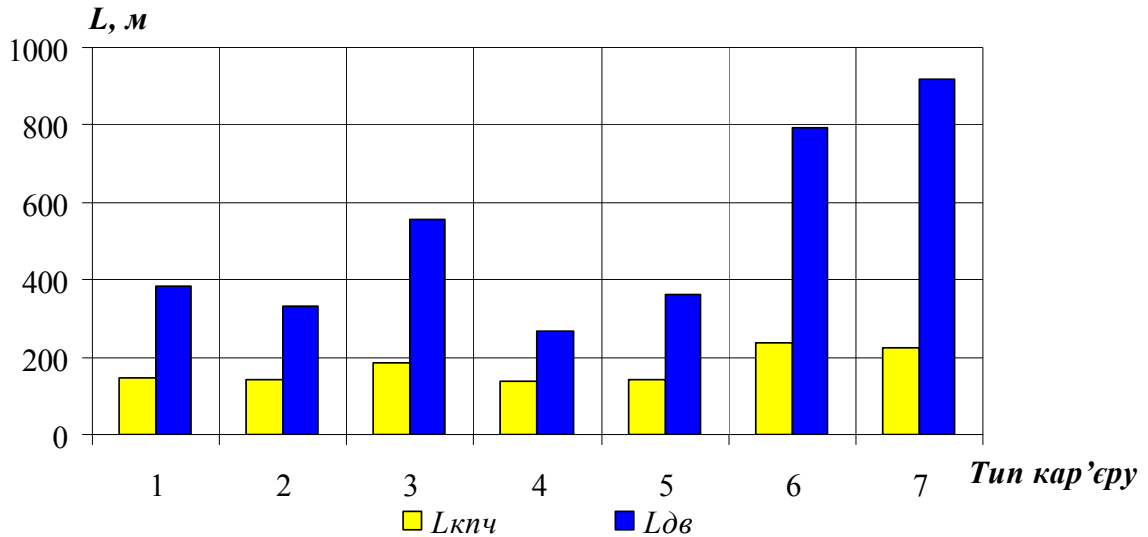


Рис. 3. Параметри довжини КПЧ по поверхні ( $L_{КПЧ}$ ) та довжина ділянки дна КПЧ, зайнята під внутрішні відвали ( $L_{ов}$ )

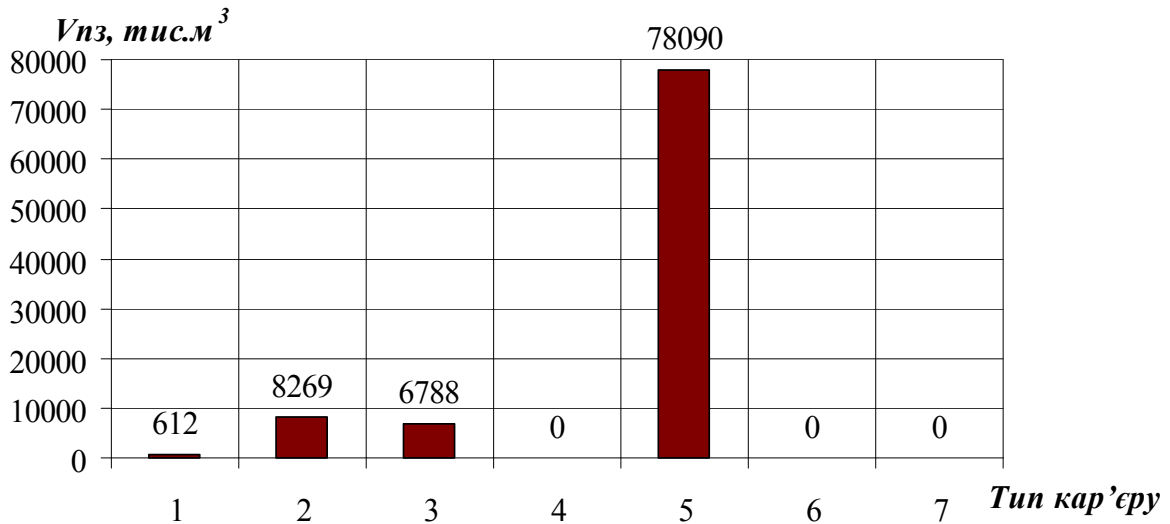


Рис. 4. Об'єм природжених запасів корисної копалини на базових кар'єрах (базові кар'єри 4, 6 і 7 типів з видобутку пластових родовищ флюсодоломітної сировини відпрацьовуються до проектної глибини КПЧ)

Відпрацювання природжених запасів мінеральної сировини, нижче дна КПЧ, здійснюється за наступною технологією. Так як всі породи розкрити переміщені у внутрішній відвал, виконуються лише добувні роботи з поступним відпрацюванням товщі природжених корисних копалин. У роботі будуть знаходитися 2-3 суміжні уступи (див. рис. 1-2) з переміщенням фронту робіт в горизонтальному напрямку до граничної межі природжених запасів. Коли верхній уступ досягне межі, нижні горизонти продовжують відпрацювання в горизонтальних шарах. Нижче них нарізується наступний добувний уступ, який відпрацьовується аналогічно. Транспортування добутої сировини здійснюється від вибоїв до ПДВ колісними навантажувачами. При цьому з верхнього уступу на нижній гірничу масу перепускають по породоскату. Від нього колісним наван-

тажувачем – до ПДВ. Така технологія забезпечує зменшення відстані транспортування на 230-250 м, а отже і зменшення викидів вихлопних газів.

Таблиця 1

Технологічні параметри відпрацювання прирощених запасів на базових нерудних кар'єрах

№ п/п	Параметри	Тип базових кар'єрів						
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Виробнича потужність, тис. м <sup>3</sup> /рік:							
	- корисна копалина	115	417	780	1015	1226	1323	1764
	- розкриті породи	51	135	310	363	463	1295	828
2.	Розміри кар'єрного поля, м:							
	- довжина	460	740	840	1800	1660	2240	2210
	- ширина	250	435	626	580	670	1250	930
	- глибина, $H_{кпч}$ ,	78	43	107	45	75	130	200
	- площа, га	11,5	32	53	104	112	280	206
3.	Довжина ділянки в кар'єрі з видобутку прирощених запасів, $L_{опз}$ , м	131	375	335	-	1045	-	-
4.	Ширина ділянки в кар'єрі з видобутку прирощених запасів, $B_{опз}$ , м	154	350	350	-	580	-	-
5.	Глибина кар'єра в межах прирощених запасів, $H_{кпз}$ , м	65	156	152	-	295	-	-

Примітка: базові кар'єри 4, 6 і 7-го типів відробляють пластові поклади до глибини  $H_{кпч}$ .

Від ПДВ до з'єднувальної конвеєрної лінії підйомача доставка ведеться пересувними конвеєрними подавачами (див. рис. 4, поз. 6). Зазначені подавачі встановлені по неробочому борту ділянки відробки прирощених запасів від одного уступу до іншого.

Описана технологія відпрацювання прирощених запасів корисних копалин була апробована при проектуванні доробки Любимівського та Чаплинського родовищ гранітів. При цьому, на кар'єрах «Чаплинський» та «Любимівський» планується відпрацювати нижче проектного дна понад 2,5 млн. м<sup>3</sup> високосортних гранітів.

Оцінка описаної технології доробки нерудних родовищ в порівнянні з традиційно застосовуємою (автомобільна доставка корисної копалини з кар'єру на його борт до ДСЗ) виконана по економічному та екологічному критеріям. За раніше розрахованим економічним критерієм було прийнята собівартість видобутку 1 м<sup>3</sup> корисної копалини [6]. Екологічними критеріями слугують обсяги викидів шкідливих газів (CO, CH, NO) та пилу.

Таблиця 2

Розрахункові величини екологічного критерію оцінки при застосуванні технологічних схем відпрацювання прирощених запасів сировина на нерудних родовищах.

Екологічні критерії; т/рік:	Технологічні схеми	Типи базових кар'єрів			
		1	2	3	5
а) Оксид вуглецю CO:	I	1,39	2,78	5,56	8,34
	II	1,19	1,39	2,1	2,78
б) Вуглеводень CH:	I	0,84	1,67	3,34	5,01
	II	0,79	0,834	1,3	1,7
в) Оксид азоту NO:	I	0,47	0,834	1,67	2,51
	II	0,31	0,42	0,63	0,83
г) Пилоутворення	I	3,94	4,37	5,44	6,71
	II	3,22	3,48	2,97	3,97

*Висновки.* З наведених результатів розрахунків видно, що запропонована технологія відпрацювання прирощених запасів корисної копалини в порівнянні з традиційною (існуючою) значно вигідніша. За економічним критерієм [6] має місце зниження собівартості видобутку 1 м<sup>3</sup> сировини на 7,6-8,8 %. По результатах оцінки екологічних критеріїв зменшення викидів забруднюючих речовин становить: оксид вуглецю CO – в 1,6-3 рази; вуглеводень CH – в 1,1-2,9 рази; оксид азоту NO – в 1,34-3,02 рази; пилоутворення – в 1,22-1,83 рази.

З урахуванням вищезазначених переваг можна стверджувати, що описана технологія відпрацювання запасів сировини, які доцільно прирощувати в межах незайнятого дна кар'єра до глибин від 65 до 295 м, при площі кар'єрного поля по поверхні від 11,5 до 205 га на нерудних родовищах магматичного і метаморфічного генезису, ефективна за економічними та екологічними чинниками. Рекомендується до впровадження на більшості типів вітчизняних гірничодобувних підприємств, що знаходяться на етапі доробки запасів і ліквідації нерудних кар'єрів при експлуатації зазначених родовищ.

#### Перелік посилань

1. Симоненко, В.І. (2011). Розробити технологічні основи еколого- й енергозберігаючого виробництва при видобутку твердої нерудної сировини в межах санітарно-захисних зон. Звіт НДР. Державний ВНЗ «НГУ». Керівник В.І. Симоненко. (ДР 011U000532), 315.
2. Мандрикевич, В.Н., Морозова, Т.В. (2014). Интенсификация разработки месторождений природного камня. Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. труд., (76), 158-161.
3. Dryzhenko A., Shustov A, Adamchuk A., (2016). Prospects for future mining of steep iron-ore deposits in the context of Kryvbas. Metallurgical and Mining Industry. Issue 10, 46-52.
4. Мандрикевич, В.Н., Морозова, Т.В., Усик, И.И., (2016). Разработка месторождений природного камня взрывным способом. Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. труд., (92), 78-82.



5. Saik, P.B., Dychkovskiy, R.O., Lozynskiy, V.G., Malanchuk, Z.R., & Malanchuk, Ye.Z. (2016). Revisiting the Underground Gasification of Coal Reserves from Contiguous Seams. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 60-66.
6. Симоненко, В.І., Гриценко, Л.С. (2014). Оцінка технології відпрацювання нерудних кар'єрів з підтриманням безпеки в зменшеній санітарно-захисній зоні. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, (1), 80-85.
7. Симоненко, В.И., Черняев, А.В. (2006). К установлению зависимости между параметрами системы разработки при отработке нерудных месторождений с внутренним отвалообразованием. *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. Ин-т геотехнической механики им. М.С. Полякова НАН Украины*. (62), 93-97.
8. Симоненко, В.І., Павличенко, А.В., Черняєв, О.В., Гриценко, Л.С. (2017). Технологічні аспекти екологізберігаючої доробки нерудних кар'єрів при їх ліквідації та консервації. *Вісник національного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. пр.*, (2), 148-158.
9. Симоненко, В.І., Павличенко, А.В., Черняєв, О.В., Гриценко, Л.С. (2015). Екологізберігаючі технології розробки родовищ в умовах зменшеної санітарно-захисної зони. *Розробка родовищ*, (9), 469-476.

#### ABSTRACT

**Purpose.** Development of resource-saving technologies open development of non-metallic mineral deposits at liquidation, as well as the organization of open mining and developing the methods of calculation of technological parameters for the non-metallic quarries.

**The methods of research.** The by doing graphic-analytical method used in research that will substantiate the development of resource-saving technology of open mining for non-metallic deposits.

**Findings.** The proposed resource-saving technology open development of non-metallic mineral deposits at liquidation of quarries. Considered the organization of open mining and given the method of calculation of technological parameters and their values for basic groups non-metal quarries.

**The originality.** Originality is created technological scheme of development of non-metallic deposits that provides eko- and resource- saving for their development.

**Practical implications.** The technology working explored mineral reserves approved in the design of mining resources explored reserves Lyubymivske and Chaplinsky granite deposits, which allowed increase reserves more than 2.5 million. m<sup>3</sup> high-grade granite below the bottom project of the quarry.

**Keywords:** *open pit, resource- saving technology, non-metallic quarry.*