

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.271

М.Т. Бакка, д.т.н., проф.

С.В. Кальчук, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИДОБУВАННЯ
ТА ПЕРЕРОБКИ ВАПНЯКІВ

Розглянуто існуючі технології переробки карбонатних порід, можливість застосування вузлів проміжного збагачення та засобів оперативного геоконтролю на родовищах вапняків.

В надрах України є значні поклади нерудних корисних копалин, широко використовувани як сировина для виробництва будівельних матеріалів.

Чільне місце серед них займають родовища карбонатної сировини, експлуатація яких ведеться для забезпечення потреб будівельної галузі, а також для багатьох інших галузей народного господарства, в тому числі цукровій, хімічній, лакофарбовій, комбікормовій тощо.

Характерною особливістю карбонатних порід є їх багатоцільове призначення завдяки пошук в тій чи іншій галузі на дану сировину певного хімічного складу. Інша причина широкого спектру використання карбонатних порід – досить велика неоднорідність їх за технологічними властивостями навіть в межах одного родовища, що при видобуванні потребує якнайповнішого використання видобутої сировини.

Звичайно, велика кількість покладів має карбонатні породи, однорідні за своїм складом та властивостями, разом з тим існує також значна кількість досить неоднорідних родовищ карбонатної сировини, потреба в розробці яких виникла в міру відпрацювання першого типу покладів, що мають найвищу кондиційність.

В галузі видобування вапнякової сировини існує подібна проблема, що полягає у досить відмінних характеристиках вапняків та їх залягання. Тому розробка таких родовищ характеризується великими у порівнянні з іншими видами нерудних будівельних матеріалів обсягами виходу відходів (до 40–60 %).

Причиною появи значних обсягів відходів слід вважати недостатній геоконтроль покладу при видобуванні, а також застарілий в технологічному відношенні спосіб виймання вапняків.

На даний час існує дві технології розробки неоднорідних вапняків. Перша технологія – валова, передбачає виймання всієї гірничої маси та транспортування її на дробарно-сортувальний завод (ДСЗ), де вона збагачується та сортується на готовий продукт і відходи. Інша технологія – селективна, вона передбачає розділення видобутого продукту на два вантажні потоки: корисна копалина та відходи. Блок-схема цих технологій представлена на рис. 1.

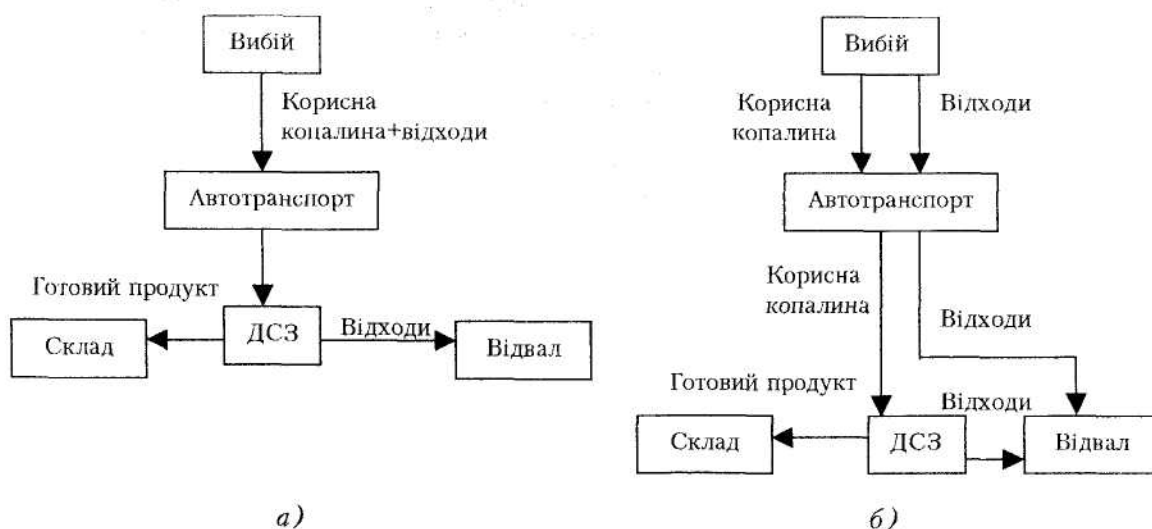


Рис. 1. Блок-схема: а) валового виймання; б) селективного виймання вапняків

Як видно з рис. 1, при селективній розробці основна частина відходів від вибою потрапляє відразу у відвали, а значно менша їх частина надходить з ДСЗ після збагачення. Таким чином, селективна технологія дозволяє підвищити ефективність роботи ДСЗ, що, в свою чергу, збільшує продуктивність, зменшує собівартість збагачення та скорочує відстань транспортування відходів.

Дослідницька робота з розробки технології селективного виймання проводилася рядом вчених [3], [5], [7], [8]. На увагу заслуговує технологія селективного виймання вапняків тонкими пластами з попереднім їх механічним рихленням, що була вперше розроблена та запропонована В.П. Бейем. Дана технологія знайшла своє застосування на вапняках та доломітах, досить неоднорідних за своїм складом та властивостями. Суть цієї технології полягає в тому, що масив підготовлюється до виймання вибухом на струс, при якому виникає додаткова тріщинуватість, кінцеве ж руйнування вапняків відбувається навісним механічним розрихлювальним обладнанням. На покрівлі уступу навісними розрихлювачами розпушується верхній прошарок вапняків, після чого здійснюється їх штабелювання під підшву уступу, де за допомогою екскаваторів або навантажувачів вони завантажуються в транспортні засоби (рис. 2).

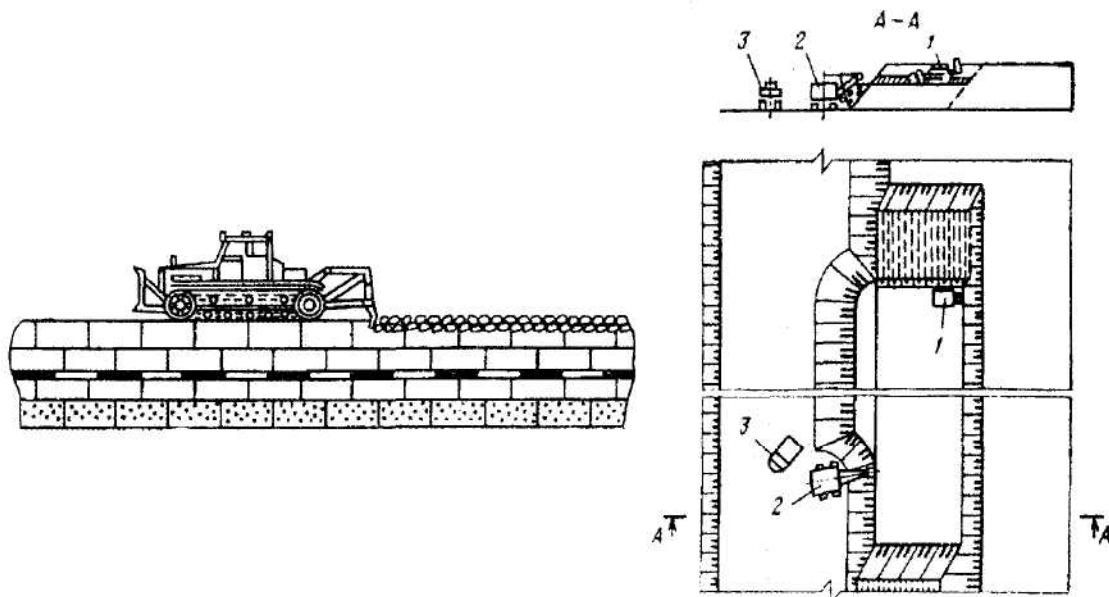


Рис. 2. Технологія селективного виймання вапняків тонкими пластами:
1 – розрихлювальне обладнання; 2 – екскаватор; 3 – автосамоскид

Перевага цієї технології полягає в тому, що за рахунок механічного рихлення зменшується у відсотковому відношенні кількість переподрібнених вапняків, тобто підвищується якість видобутої сировини. Виймання тонкими пластами дозволяє здійснювати розділення корисної копалини та некондиційних вапняків на різні вантажопотоки, що значно підвищить ефективність роботи збагачувального обладнання за рахунок зменшення енерговитрат на сепарацію та подрібнення некондиційного продукту.

Існують також і певні обмеження даної технології. Застосування попереднього механічного рихлення вапняків можливе лише за умови, що швидкість поширення поздовжніх ультразвукових хвиль в масиві не буде перевищувати 2000 м/с.

З міру відпрацювання уступу тонкими виймальними прошарками необхідно забезпечити транспортний доступ до цих проміжних горизонтів, що пов'язано з додатковими капітальними витратами та умовами, що накладаються розмірами та системою розробки певних родовищ. Так, усі кар'єри родовищ Товтровоного кряжу (Хмельницька область, Кам'янець-Подільський район) мають видовжену форму, довжина кар'єрного поля значно більша його ширини. Наприклад, Нігинсько-Вербецьке родовище вапняків являє собою гряди, витягнуту з Північного Заходу на Південний Схід на 2,9 км при ширині від 150–200 до 600 м. Тому в більшості випадків на існуючих кар'єрах застосування такої технології може бути дещо ускладнене.

Можливість застосування даної технології визначається також її економічною ефективністю. Селективна технологія з механічним рихленням економічніша валовою на 15–20 %. При селективній технології значну частину витрат становлять витрати на паливно-мастильні матеріали. За часів існування Радянського Союзу ціни на ці матеріали були досить низькими у порівнянні з

сьогоденням, і тому це деякою мірою обумовило більшу економічну ефективність такої технології. З метою визначення економічної ефективності застосування селективної технології в наш час потрібно провести додаткові розрахунки та техніко-економічний аналіз.

Головною умовою, що забезпечує можливість селективного виймання порід є достатня геологічна вивченість масиву. Детальну інформацію про масив вдається отримати завдяки оперативному геоконтролю. Геоконтроль має на меті виявлення властивостей та координат розташування пластів, зон та геометричних тіл в покладах однакових за характеристиками порід. Розташування та потужність пластів кондиційного вапняку, величина карстових пустот та глини дає змогу оцінити необхідність та технологічну послідовність ведення видобувних робіт, а також прогнози величини виходу корисного продукту.

Серед способів оперативного геоконтролю слід відзначити ультразвуковий каротаж свердловин та гамма-каротаж. Дані способи дозволяють оперативно отримувати інформацію про склад, міцність та щільність гірських порід. Найбільш доцільним та ефективним є імпульсний ультразвуковий метод [6]. Усі ці методи належать до неруйнівних. Відсутність руйнівних та пошкоджуючих дій на випробуваний об'єкт (інтенсивність використовуваних полів становить десятки долі Вт/м³), необмежена можливість повторення випробувань, що підвищує достовірність отриманих результатів, є основними перевагами цих методів.

Як правило, використовують одночасно декілька методів геоконтролю. Це дає змогу одержати найповнішу інформацію про характеристики та властивості гірських порід.

Експлуатаційний геоконтроль масиву проводиться в такому порядку:

- 1) замальовування та фотографування борта уступу;
- 2) огляд території контрольної ділянки з метою виявлення карстів, глинистих утворень з виходом на поверхню;
- 3) маркшейдерська зйомка ділянки з прив'язкою свердловин контролю до плану гірничих робіт;
- 4) комплексний каротаж (сейсмовимірювання та прозвучування масиву між свердловинами, гамма-каротаж);
- 5) обробка та оформлення результатів геоконтролю.

Слід зазначити, що деяку інформацію одержують під час виконання бурових робіт. Так, різка зміна швидкості буріння або провали вказують на наявність карстів або проварків глинистого та неміцного матеріалу. Інформація, отримана при бурінні вибухових свердловин, має наближений характер і тому вказує лише на наявність зміни властивостей порід не несучи точних даних про величину цих змін з глибиною.

Даний метод контролю якості порід масиву занований на залежності механічної швидкості буріння від механічної міцності вапняків, а також залежності цієї міцності від їх хімічної чистоти та складу.

Усі шарошкові верстати вітчизняного виробництва обладнані засобами оперативного вимірювання механічної швидкості буріння, але відсутніми є засоби вимірювання поточної глибини буріння та документування цієї інформації. При наявності приладу, що дозволить вимірювати та фіксувати значення швидкості буріння при кожному значенні поточної глибини буріння, можливим є оперативне одержання інформації про характеристику масиву. У порівнянні з іншими методами цей метод найбільш швидкісний. Однак він потребує додаткового опробування та дослідження з розробкою методики його проведення, а також обробки результатів.

Дані, одержані за результатами експлуатаційного геоконтролю, можуть також вказувати на непридатність застосування технології селективного виймання на певних ділянках одного родовища. В такому випадку результати геоконтролю можуть бути з успіхом використані при оптимізації вибухових робіт. В результаті цього можна досягти економії використання вибухових речовин, а також деякою мірою здійснювати регулювання ступеня подрібнення та кусковатості гірської маси з можливістю зменшення відсоткового вмісту переподрібнених вапняків.

Відмінність і основна перевага селективного виймання у порівнянні з валовим полягає у тому, що розділення некондиційного та кондиційного матеріалу здійснюється безпосередньо у вибої (рис. 1, б). При валовому вийманні вапняків ефективність видобування можна деякою мірою підвищити за рахунок виконання первинного сортування або навіть подрібнення у вибої. Тоді в комплексі з екскаватором потрібно встановлювати вузол первинного збагачення, в якості якого можуть слугувати грохоти, напівстаціонарні дробарки або самохідні дробильні агрегати (СДА).

Технологію з первинним збагаченням корисної копалини в кар'єрі можна представити в такому вигляді (рис. 3).

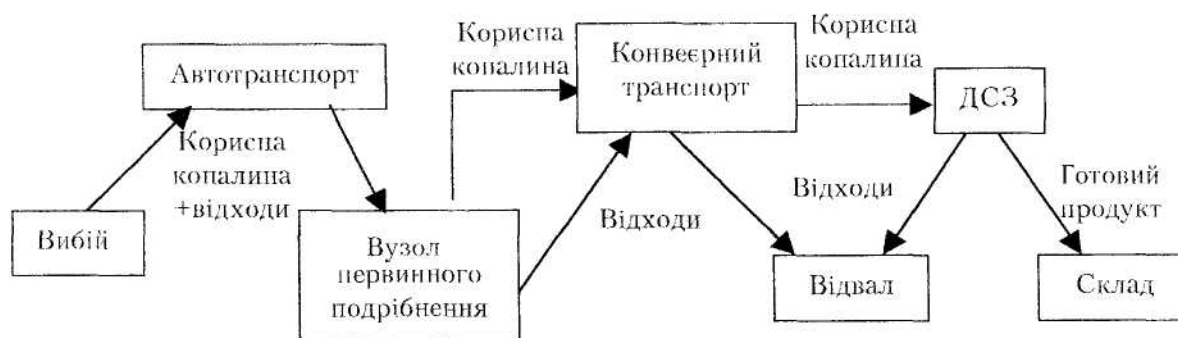


Рис. 3. Блок-схема організації роботи гірничого підприємства при використанні вузла первинного подрібнення

При застосуванні напівстаціонарних дробарно-сортувальних установок на кар'єрі екскаватор завантажує гірську масу в автотранспорт, який на коротку відстань транспортує з наступним відвантаженням її в приймальний бункер вузла первинного подрібнення. Подрібнена та розділена гірнича маса транспортується далі конвеєрами на ДСЗ та у відвали. При такому способі, як і при селективному, продукт поділяється на корисну копалину, що надходить на ДСЗ та відходи, що надходять у відвали.

Роторні, щоківі та конусні великорозмірні дробарки придатні для використання в напівстаціонарних установках. Роторні дробарки призначені для подрібнення малоабразивних порід з коефіцієнтом міцності до 15 за шкалою Протод'яконова.

Щоківі дробарки призначені для подрібнення міцних та високоабразивних порід, але для порід зі значним вмістом глини (до 30 %) вони мало придатні. Тому перед щоківими дробарками встановлюють грохоти, що відсіюють дрібні фракції головним чином неміцної глини. З метою збільшення продуктивності на 30–50 % перед роторними та щоківими дробарками встановлюють грохоти, що відсівають дрібні фракції.

Найменша енергоемність процесу подрібнення спостерігається в конусних дробарках. Цей показник свідчить про високу економічність подрібнення порід в конусних дробарках та про відсутність в них переподрібнення матеріалу, що спостерігається в роторних дробарках.

За шитою продуктивністю (на 1 т маси) найкращі показники мають місце в роторних дробарках, які завдяки меншій масі знаходять найбільше застосування в самохідних агрегатах, а найменше – в щоківих.

Важливим параметром дробарок є їх будівельна висота, тобто відстань від приймального отвору до випусного. Від цього параметру залежить вартість спорудження та розширення площадки під перевантажувальний вузол.

Найменшу будівельну висоту мають роторні дробарки, і навпаки, найбільша висота властива конусним дробаркам.

Окрім продуктивності та крупності максимальних шматків породи при виборі типу дробарки необхідно враховувати й інші умови: порівняно з конусними, роторні та щоківі дробарки простіші в конструктивному відношенні, займають менше місця по висоті, менш схильні до забивання при подрібненні вологих та вміщуючих глину порід. З іншого боку роторні та щоківі дробарки потребують рівномірного живлення, вони не можуть працювати "під завалом".

На деяких кар'єрах країн СНД є багаторічний досвід використання роторних дробарок великого подрібнення: на кар'єрі "Дальній" Комсомольського рудоуправління в Донецькій області, на Пятівському кар'єрі в Калузькій області РФ та на Турчоянському кар'єрі Челябінської області РФ. Цей досвід вказує на те, що зі зменшенням швидкості обертання ротора підвищується вихід крупних класів подрібнення в продукті. До такого ж висновку прийшли в Німеччині при подрібненні свинцевої руди в роторних дробарках фірми "Хаземаг" [11, 12].

На Пятівському кар'єрі переподрібнення вапняків в роторних дробарках у порівнянні зі щоківими та конусними вище лише на 2–4 %, однак вміст слабких лежачих зерен в готовому продукті значно менший, що має велике значення в будівельній індустрії.

Роторні дробарки іноді засмічуються глиною, але це трапляється рідше ніж в конусних дробарках, коли вони працюють в однакових умовах. Переподрібнення глинистих часток в роторних дробарках в теплу пору року дозволяє одержати після відсіву дріб'язку більш якісний щебінь ніж при використанні щоківих дробарок.

Окрім напівстаціонарних установок, на кар'єрах з видобування вапняків інколи застосовують самохідні дробильні агрегати. Відмінність від попереднього типу обладнання полягає в тому, що вони можуть переміщуватися, завантаження в приймальний бункер цих агрегатів може здійснюватися безпосередньо екскаватором. Транспортування продукту на виході СДА може бути реалізоване як автомобільним, так і конвеєрним транспортом. Застосування циклічно-поточної технології з СДА дає економічний ефект навіть тоді, коли за технічними умовами необхідно одержати товарний вапняк різноманітних фракцій та вапнякове борошно, тобто у випадку з досить складною схемою переробки вапняку.

При використанні цих установок перевагу надають саме конвеєрному транспорту. На відміну від автомобільного конвеєрний транспорт є більш дешевим, але й має певні обмеження за вимогами розмірів транспортованих шматків породи.

Виходячи з вищенаведеного, зробимо такі висновки:

1. Технологія селективного виймання вапняків з механічним рихленням має ряд відмінностей, які обмежують її застосування, а тому потребує розробки нових технологічних заходів з удосконалення існуючого селективного та валового виймання.

2. Серед способів та засобів геоконтролю приділяється не достатньо уваги режимним параметрам буріння, за якими можна визначити характеристику та особливості залягання неоднорідних порід при умові розробки необхідного вимірювального обладнання, а також методики обробки одержаних результатів.

3. Доцільність використання вузла проміжного збагачення на вапнякових кар'єрах підтверджена на практиці, однак залишається недослідженим питання ефективності застосування напівстаціонарних дробарних установок, пересувних дробарних агрегатів та грохотів, а також умов використання кожного з типів цього обладнання, та обмеження, що можуть накладатися умовами розробки.

4. Оперативна інформація, одержана при веденні геоконтролю, потребує також оперативної обробки, що неможливо здійснити без використання ЕОМ, тому актуальним є питання розробки алгоритму та комп'ютерної програми, призначеної для обробки одержаної інформації, побудови геологічної моделі масиву з можливістю проєктування параметрів БВР та послідовності виконання виймальних робіт.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Фадеев Б.В., Чапурин Н.А.* Дробильные установки на карьерах. – М.: Недра. – 1990.
2. *Стрельский А.В., Варламов С.И.* Грохотовщик. – М.: Госгеолиздат, 1988.
3. *Бей В.П.* Технологические основы комплексного использования пород при разработке карбонатных месторождений: Дис. ... док. тех. наук. – 1991. – 218 с.
4. *Удайя Г.С.* Обоснование горнотехнических параметров карьера по добыче карбонатных пород с учетом требований промышленности к качеству сырья: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – 1990. – 18 с.
5. *Терещенко О.П.* Исследование технологии добычи и переработки карбонатных пород из отвалов с целью их комплексного использования: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 1974.
6. *Безденежный В.М.* Разработка метода сейсмоакустического контроля на карьерах строительных материалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГИ, 1975.
7. *Мальшева Н.А., Сиренко В.Н.* Технология разработки месторождений нерудных строительных материалов. – М.: Недра, 1977.
8. *Шлаин И.Б.* Разработка месторождений карбонатных пород. – М.: Недра, 1968.

БАККА Микола Терентійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- екологія.

КАЛЬЧУК Сергій Володимирович – аспірант кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- нерудні будівельні матеріали.