



В. І. Прокопенко /д. т. н./, А. Ю. Череп /к. т. н./,
Ю. І. Літвінов

Державний ВНЗ «Національний гірничий
університет», м. Дніпро, Україна

Теоретичне обґрунтування технології відкритого видобутку руд при змінному попиті на марганцеворудний концентрат

V. I. Prokopenko /Dr. Sci. (Tech.),

State University «National Mining University»,

A. Yu. Cherep /Cand. Sci. (Tech.), Yu. I. Litvinov

Dnipro, Ukraine

Theoretical substantiation technologies open-pit mining ore at a variable demand for manganese ore concentrate

Мета. Аналіз та узагальнення методичних підходів до реконструкції технологічних схем кар'єрів, що забезпечать підвищення конкурентних переваг гірничо-збагачувального комбінату.

Методика. Шляхом порівняння собівартості розробки марганцеворудного родовища встановлено напрям реконструкції технологічних схем.

Результат. Розроблено методичний підхід до прийняття рішення про доцільність реконструкції комплексу, яка забезпечує припустимі за ринковим попитом витрати на видобування руди й обсяг виробництва продукції.

Наукова новизна. Обґрунтовано методичний підхід до реконструкції технологічних схем розробки горизонтального родовища, який на відміну від вимог, дозволяє знизити собівартість видобутку при зниженні попиту на мінеральну сировину.

Практична значущість. Наведені результати дослідження можуть бути використані гірничодобувними підприємствами при відпрацюванні горизонтальних родовищ за для підтримання необхідного рівня конкурентоспроможності продукції. (Іл. 2. Табл. 1. Бібліогр.: 10 назв.)

Ключові слова: відкрита розробка родовища, технологія гірничих робіт, реконструкція кар'єру, комплекс розкривного устаткування, собівартість рудної сировини, ринковий попит на концентрат.

Ринкові умови економічної діяльності гірничо-збагачувальних комбінатів України обмежили можливість видобування рудної сировини в прийнятних раніше значних обсягах, що призвело до підвищення собівартості й зниження конкурентоспроможності їхньої продукції. Це потребувало пошуку можливості виведення з експлуатації частини основних фондів та вивільнення коштів підприємства, що спрямовувалися б на обслуговування цих фондів і додавалися до виробничих витрат. З метою усунення невідповідності високої потужності технологічних комплексів гірничих робіт значно зниженому ринковому попиту на рудний концентрат узагальнено методичний підхід до зміни й удосконалення технологічних схем розробки горизонтальних родовищ за умови забезпечення собівартості продукції на рівні конкурентних переваг.

Обґрунтовано вплив продуктивності активної частини основних фондів гірничодобувного підприємства на собівартість видобування рудної сировини за допомогою комплексу технологічного устаткування, виходячи із суми витрат на

обслуговування й утримання одиниць устаткування, що становлять цей комплекс.

Виконано аналіз зміни обсягу виробництва марганцевого концентрату на Покровському ГЗК: протягом 2008–2017 рр. річний обсяг знизився з 1,42 до 0,65 млн т. Враховуючи таку тенденцію, запропоновано технологічну схему перебудування комплексу гірничих робіт на базі устаткування, наявного на кар'єрах комбінату. Удосконалено схему розробки розкривного масиву на кар'єрі Чкаловський-2 за транспортно-відвальною та безтранспортною системами, що дозволяє суттєво знизити виробничі, зокрема транспортні, витрати на розкривні роботи, а в цілому собівартість марганцевої руди.

Постановка проблеми. Кризові явища в економіці країни визначили значне зниження обсягів випуску продукції машинобудування, а відповідно, і гірничо-металургійної галузі. Обсяги виробництва й пропозицій металургійної сировини за величиною суттєво вплинули на її ринкову вартість. Так, останнім часом на ринку спостерігалися значні коливання обсягів реаліза-

ції марганцевої руди та залежно від цих коливань змінювалась її ціна. За даними S&PGlobalPlatts (Китай) [1] ринкова вартість 44%-ї руди складала \$6,70, а 37%-ї руди знижувалася до \$5,30 за 1 т. Руду з Габону (із вмістом Mn 44 %) пропонували за ціною \$5,80. Україна в 2010 р. імпортувала марганцевий концентрат за ціною \$1320 за 1 т, ціна знизилася до \$910 [2]. За відпускнуою ціною формується прибуток підприємства від операційної діяльності, і якщо воно не в змозі конкурувати на ринку, то має скорочувати обсяг виробництва.

Основним вітчизняним постачальником марганцевого концентрату металургійним заводам в Україні є Покровський ГЗК (ПГЗК). Розглянуто, як буде змінюватися попит на металургійну сировину, що постачає комбінат, в наступні роки, виходячи з тих обсягів реалізації продукції, які склалися на 2018 р. Для задоволення попиту на комбінаті мають достатні промислові запаси рудної сировини та трудові ресурси. Протягом 1990–2001 рр. спостерігалось значне скорочення обсягів виробленого концентрату (рис. 1). Великою мірою знизилася ці обсяги в період з 1990 по 1994 р. (з 4020 до 1995 тис. т/рік). У подальшому ці обсяги стабілізувалися, хоча в цілому продуктивність ПГЗК з виробництва концентрату продовжувала знижуватися: 2002 р. вона склала 1660 тис. т/рік. Протягом 2003–2007 рр. попит на марганцевий концентрат на ринку металургійної сировини значно знизився, і це обумовило спад річного обсягу виробництва цієї продукції до 1500 тис. т.

Обсяг випуску концентрату вищих сортів зменшився на 10 %. На тепер комбінат також виробляє у великому обсязі продукцію 2-го сорту. Кар'єри постачають марганцеву сировину збагачувальним фабрикам за обсягами видобутку, що необхідні для задоволення попиту обсягом 650 тис. т концентрату на рік.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У зв'язку із підвищенням актуальності наукових і

практичних завдань щодо підтримки конкурентоспроможності продукції гірничих підприємств останнім часом усе більша увага приділяється обґрунтуванню організаційно-технічних рішень і стратегії реконструкції кар'єрів при зміні потреби в корисній копалині, яка видобувається [3], продуктивності гірничорудних підприємств для різних варіантів розвитку видобувних робіт, що забезпечує попит на мінеральну сировину [4]. За цим аспектом розглянуто сценарії зміни кон'юнктури ринку при проектуванні й поточному плануванні гірничих робіт [5], концептуальні положення для визначення потужності й строку доопрацювання кар'єрних полів [6]. Важливість управління обсягами виробленої продукції шляхом адаптації гірничо-добувного підприємства до її змінного попиту відзначає О. А. Темченко [7]. Запропонована функція витрат від обсягу продукції. Завдання планування обсягу видобутку передбачає такий порядок відпрацювання родовища шляхом поділу його на кілька невеликих сегментів або блоків, при якому чиста поточна вартість операції максимізується [8]. У статті [9] створена система моделювання, базована на визначенні ймовірних строків закриття кар'єрів і витрат. Система ґрунтується на оцінці часу й вартості закриття гірничого підприємства відповідно до обраної технології доопрацювання родовища.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Виходячи з вищенаведеного, невирішеним залишається питання з пошуку технологічного підходу до реконструкції марганцевих кар'єрів шляхом виключення із системи розробки конвеєрного транспорту та методичне обґрунтування параметрів взаємодії транспортно-відвального комплексу з екскаваторами-драглайнами за умови відповідності їх продуктивності зменшеному попиту на продукцію гірничо-збагачувального комбінату. Крім того, слід визначити стосовно діючого марганцевого кар'єра економічну доцільність такої реконструкції для забезпечення собівартості продукції на конкурентоспроможному рівні.

Мета дослідження. Параметри реконструкції кар'єру, технологія й організація гірничих робіт на окремій ділянці або в цілому по кар'єру впливають на виробничі й капітальні витрати, інтенсивність використання гірничо-транспортного устаткування, втрати корисної копалини, а в підсумку на собівартість її видобутку. Це потребує пошуку можливості виведення з експлуатації частини фондів та вивільнення коштів підприємства, що спрямовувалися на обслуговування цих фондів й додавалися до виробничих витрат. Тому метою дослідження є узагальнення методичних

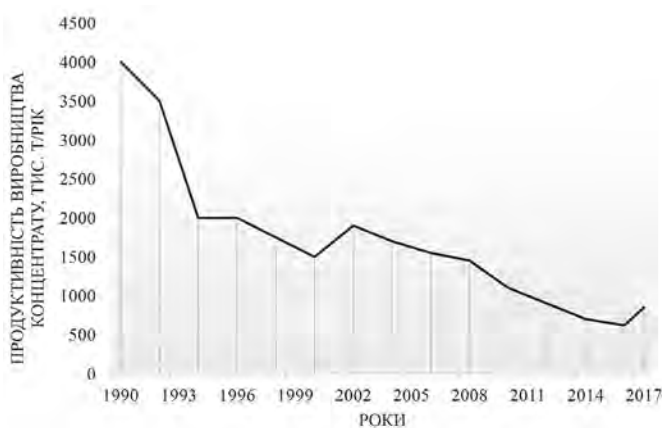


Рис. 1. Динаміка обсягів виробництва марганцевого концентрату на Покровському ГЗК

підходів до вдосконалення технологічних схем кар'єрів згідно зі знизеними обсягами видобування корисної копалини й удосконалення на основі цього шляхів забезпечення собівартості видобування корисної копалини на рівні конкурентних переваг.

Викладення основного матеріалу. Удосконалення технологічних схем видобутку руди здійснюватиметься успішно шляхом перебудування комплексу гірничих робіт на базі наявного устаткування, яке не експлуатується ефективно й може бути переведене з інших ділянок або суміжних кар'єрів. Через значне зниження попиту на продукцію й обсягів її реалізації така ситуація на українських підприємствах з видобутку рудної сировини трапляється досить часто.

На вдосконалення технологічних схем та їх ефективність впливають існуючі параметри системи розробки й робочі розміри встаткування, прийняті в діючому технологічному комплексі. Як основні параметри стосовно відпрацювання горизонтального родовища розглядають довжину фронту гірничих робіт, висоту й кути укосів масивів гірських порід, ширину робочих і транспортних площадок, обсяг гірничопідготовчих робіт. Висота розкривних уступів устанавлюється відповідно до продуктивності екскаваторів, призначених для їх відпрацювання таким чином, щоб уступи посувалися з однаковою швидкістю. Для цього може бути змінена організація виробничих процесів.

За зазначених вище обставин, пов'язаних зі зниженням попиту на рудну сировину, вдосконалення технологічних схем приводить до зниження інтенсивності видобувних робіт. Відповідно до цього зниження встановлюється обсяг розкривних робіт, для чого уточнюються межі кар'єрного поля, балансові запаси руди та її якість. За прийнятими параметрами формують розкривний борт, а також необхідну ємність відвального фронту, враховуючи зменшення обсягу відвалу для розміщення зменшеного обсягу розкривних порід, що будуть відпрацьовані. За необхідності для організації розкривних і видобувних робіт, наприклад при утворенні готового до виїмки запасу рудної сировини при відпрацюванні масиву розкривних порід трьома уступами, верхній уступ стосовно середнього й нижнього уступів відпрацьовують або в прискореному, або в уповільненому порядку. При цьому організаційні труднощі викликати формування виробленого простору потрібної ємності. У деяких випадках породи з верхніх уступів розміщують на суміжних ділянках (у внутрішніх або зовнішніх відвалах), для чого перебудовують технологічну схему й змінюють параметри системи розробки.

Зміна параметрів технологічної схеми гірничих робіт може викликати потребу в засто-

суванні додаткового устаткування, наприклад, драглайна для утворення стійких укосів уступів або перевантажувача для передачі породи від роторного екскаватора до прийомного бункера забійного конвеєра при зміні ширини робочої площадки.

Проекти відпрацювання кар'єрних полів на Нікопольському марганцеворудному родовищі передбачали досягнення високої продуктивності кар'єрів з видобутку сирової руди (1,2–1,6 млн т на рік на кожному кар'єрі). Тому масив розкривних порід поділяли на уступи таким чином, щоб забезпечити за допомогою потужніших роторних комплексів найбільше посування фронту видобувних робіт. У системі розробки виділяли передовий уступ, його розкривні породи переміщували в зовнішній або внутрішній відвал за допомогою конвеєрного транспорту. Використання стрічкових конвеєрів збільшує дальність транспортування розкривних порід у відвал (до 4–5 км), а отже, і транспортні витрати. Спосіб розкриття і система розробки кар'єрного поля, як фактор впливу на ступінь заповнення відвалу, не розглядалися.

Як показали раніше виконані дослідження, технологію гірничих робіт для зниження обсягу використаних природних ресурсів необхідно удосконалити шляхом найбільш повного розміщення розкривних порід у виробленому просторі кар'єру без застосування стрічкових конвеєрів. Таким способом досягається переміщення основного обсягу порід у відвал за найкоротшою відстанню, що суттєво знижує транспортні витрати, а також сприяє збільшенню площі відновлених земельних ресурсів.

З використанням наведених вище технологічних підходів, враховуючи невідповідність впровадженій на марганцевих кар'єрах ПГЗК потужності комплексів гірничих робіт обсягу ринкового попиту на марганцевий концентрат, удосконалено схему розробки розкривного масиву за комбінованою системою [10]. Це вдосконалення передбачає:

- поперечне переміщення розкривних порід верхнього уступу у відвал шляхом прямої перевалки без використання конвеєрів;
- заміну верхнього роторного комплексу драглайном, який буде скидати розкривні породи на проміжний уступ для їх подальшої екскавації роторним комплексом по транспортно-відвальної системі;
- ведення видобувних робіт на кар'єрі відокремленим уступом з використанням екскаватора – прямої мехлопати з подальшим транспортуванням руди на борт кар'єру автосамоскидами;
- розвантаження відвального масиву й створення в ньому ємності для розміщення обсягу розкривних порід, скинутих на основний уступ.

На основі відзначеного вище підходу авторами запропоновано технологічну схему відпрацювання розкривного масиву на кар'єрі Чкаловський-2 за транспортно-відвальною і безтранспортною системами (рис. 2). За цією схемою довжина фронту робіт як за видобувними, розкривними, так і за відвальними уступами, не змінюється, у той же час змінюються розкривне встаткування й технологія відпрацювання передового уступу.

Масив розкривних порід потужністю до 70 м розділений на три уступи: передовий – висотою 17 м; основний – 30 м; надрудний – 23 м. Передовий уступ драглайном ЭШ-15/90 переміщується під укис уступу роторного екскаватора ЭРШР-5250, для чого ширина його заходки збільшується на 25 м. У комплексі з перевантажувачем П-5250/120 консольний відвалоутворювач ОШР-5000/190 розташовується на передвідвалі, відсипаному поперед нього драглайном ЭШ-15/90, який розробляє надрудний уступ. Для розміщення розкривних порід у внутрішньому відвалі додатково застосовується крокуючий екскаватор ЭШ-10/70. Він створює траншейну

приймальну ємність, для чого виймає породу з конусного ярусу, відсипаного відвалоутворювачем, й переміщує її у верхній ярус відвала. За цією схемою утворюється відкрита видобувна заходка, що скорочує втрати рудної сировини в забої. У цілому за схемою коефіцієнт переєккавації – $0,85 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Потрібний обсяг видобутої руди $O_{p.c}$ обумовлений обсягом руди $O_{p.n}$ для виробництва концентрату згідно з ринковим попитом на цю продукцію. Загалом має виконуватися умова $O_{p.c} \geq O_{p.n}$. Попит на продукцію підприємства суттєво впливає на продуктивність його основних фондів, особливо активної частини, і тим самим визначає виробничу собівартість продукції. Визначальною складовою собівартості видобування марганцевої руди, урахувавши малу потужність рудного пласта (до 2 м), є витрати на розкривні роботи.

Собівартість розробки 1 м^3 порід комплексом технологічного устаткування (роторним комплексом, групою драглайнів або іншого устаткування, що об'єднані технологічно) може бути розрахо-

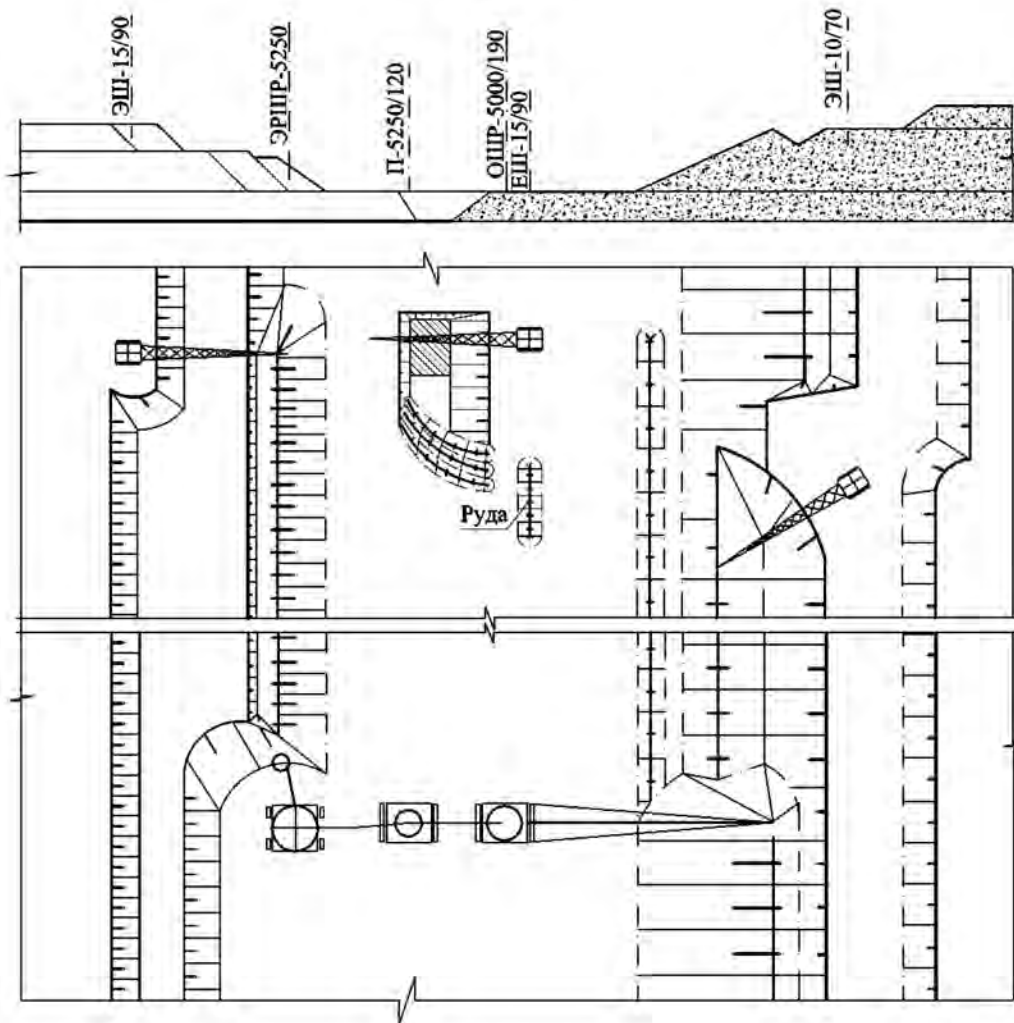


Рис. 2. Удосконалена технологічна схема реконструкції комплексу розкривних робіт на кар'єрі Чкаловський-2

вана за сумою змінних та постійних витрат на обслуговування й утримання одиниць устаткування, що становлять комплекс, за формулою:

$$C_{p,n} = \frac{C_a}{N_p n_3 Q_e} + \frac{C_{3,0}}{Q_{ef}} + \frac{C_{3,k} T_3}{Q_e} \text{ грн/м}^3, \quad (1)$$

де C_a – постійні витрати на амортизацію комплексу устаткування, оплату встановленої потужності, допоміжні матеріали тощо, грн/міс.; N_p , n_3 – кількість робочих днів у місяць і змін на добу; Q_e , Q_{ef} – відповідно експлуатаційна, м³/зміну; та ефективна, м³/год, продуктивність комплексу устаткування; $C_{3,0}$ – змінні витрати на 1 маш.-год роботи комплексу устаткування (оплата праці бригади основних робітників, витрати на запчастини, мастильні матеріали, електроенергію тощо), грн; $C_{3,k}$ – змінні витрати за 1 год календарного часу бригади обслуговуючих робітників, на канати, малоцінні предмети, спецодяг, інструменти, пристрої та інше, грн; T_3 – тривалість робочої зміни, год.

Загалом заданий ринковим попитом обсяг $O_{p,n}$ видобутку руди забезпечується посуванням $A_{ф,р}$ фронту робіт розкривного та видобувного (рудного) уступів, яке має задовольняти умову:

$$A_{ф,р} \geq \frac{O_{p,n}}{m_p \gamma_p L_{p,c} k_{\theta,3}}, \text{ м/рік}, \quad (2)$$

де m_p – потужність рудного пласта, м; γ_p – щільність марганцевої руди, т/м³; $L_{p,c}$ – довжина фронту робіт видобувного уступу, м; $k_{\theta,3}$ – коефіцієнт вилучення рудних запасів у забої, частка од.

Виходячи з посування фронту розкривних та видобувних робіт за формулою (2), продуктивність комплексу устаткування за кожним розкривним уступом має дорівнювати:

$$Q_{p,n} = A_{ф,р} H_{p,n} L_{p,n} \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (3)$$

де $H_{p,n}$, $L_{p,n}$ – відповідно висота та довжина фронту робіт розкривного уступу, що розглядається, м.

Розрахована за формулою (3) продуктивність устаткування на тому чи іншому уступі використовується при розрахунку собівартості розкривних робіт за формулою (1). Доцільність впровадження певної технології гірничих робіт оцінюється на рівні операційного циклу, виходячи з валового прибутку, який формується як різниця між виторгом від реалізації продукції та витратами на її виробництво. Тут слід зауважити, що нові капітальні вкладення на впровадження запропонованої технологічної схеми не потрібні, оскільки необхідне для цієї схеми устаткування є на кар'єрі Чкаловський-2 та на інших кар'єрах ПГЗК. У такому разі приріст прибутку за рахунок реконструкції технологічної схеми розкривних робіт за запропонованим варіантом буде розрахований за формулою:

$$\Delta P_p = P_{\theta,n} - P_{\theta,d} \text{ грн}, \quad (4)$$

де $P_{\theta,n}$, $P_{\theta,d}$ – валовий прибуток, який може бути отриманий відповідно при запропонованій та діючій на кар'єрі схемах гірничих робіт.

Отже, визначена вище система розробки марганцевого пласта може привести до зниження собівартості розкривних робіт, у результаті чого виробничі витрати можуть бути скорочені на величину:

$$\Delta P_p = (C_{p,d} - C_{p,n}) O_{p,n} \text{ грн/рік}, \quad (5)$$

де $C_{p,d}$, $C_{p,n}$ – собівартість розробки розкривних порід відповідно за діючою та запропонованою технологіями розкривних робіт, грн/м³; $O_{p,n}$ – обсяг розкривних робіт за запропонованою технологією, м³/рік.

Визначена ефективність удосконалення системи розробки розкривних уступів на діючому кар'єрі Чкаловський-2. Як було зазначено вище, тут пропонується верхній уступ поєднати з основним. На верхньому уступі повністю демонтують роторний комплекс, стрічкові конвеєри та відвалоутворювач, а для пересування розкривних порід із цього уступу використовують крокуючий екскаватор-драглайн. Весь поєднаний уступ переміщують у внутрішній відвал роторним екскаватором за транспортно-відвальною схемою. Оскільки вдосконалення технологічних схем здійснюється на кар'єрі, який сьогодні діє, то доцільність її проведення перевірена, виходячи з режимів роботи та вартісних оцінок обслуговування гірничотранспортного устаткування на кар'єрах ПГЗК.

Розрахунки за наведеними вище формулами (1)–(5) показують (табл. 1), що сумарні витрати на розкривні роботи за діючою технологічною схемою на кар'єрі Чкаловський-2 при його продуктивності 340–1030 тис. т на рік по руді складатимуть відповідно 97422,5–231267,6 тис. грн на рік, за запропованою – 82222,5–224139,6 тис. грн на рік. Отже, при проведенні реконструкції системи розкривних робіт витрати на їх виконання можуть бути скорочені на 7128–15200 тис. грн (на 3–18 %). У той же час у разі підвищення річного обсягу видобутку руди до 1030 тис. т економічний ефект від поєднання передового й основного уступів і переміщення їх у внутрішній відвал за транспортно-відвальною схемою в обсязі 7128 тис. грн не є суттєвим порівняно з попереднім ефектом, щоб стверджувати обґрунтовано доцільність такої реконструкції.

Насамкінець, слід зауважити, що виробничу потужність кар'єру слід зменшувати не шляхом зниження продуктивності комплексів, а шляхом виводу з експлуатації одиниць його устаткування. Зниження продуктивності на 20...25 % дозволяє вивести із кар'єрів та фабрик застаріле обладнан-

Показники запропонованої технологічної схеми розкривних робіт на кар'єрі Чкаловський-2

Показники	Надрудний уступ	Основний уступ	Передовий уступ
<i>При продуктивності кар'єру по руді 340 тис. т на рік</i>			
3. Продуктивність кар'єру за розкривними породами, тис. м ³ /рік	1725	2250 + 1275	1275
4. Собівартість розкривних робіт, грн/м ³	10,1	22,0	12
5. Середньозважена собівартість розкривних порід, грн/м ³	15,66		
6. Витрати на розробку уступу, тис. грн/рік	17422,5	49500	15300
7. Річні витрати на розкривні роботи, тис. грн	17422,5	64800	
8. Економічний ефект, тис. грн/рік	15200		
<i>При продуктивності кар'єру по руді 1030 тис. т на рік</i>			
9. Продуктивність кар'єру за розкривними породами, тис. м ³ /рік	5221	6810 + 3859	3859
10. Собівартість розкривних робіт, грн/м ³	9,6	20	9,8
11. Середньозважена собівартість розкривних порід, грн/м ³	14,1		
12. Витрати на розробку уступу, тис. грн/рік	50121,6	136200	37818
13. Річні витрати на розкривні роботи, тис. грн	50121,6	174018	
14. Економічний ефект, тис. грн/рік	7128		

ня, здійснити поступове вивільнення робочих та утворити резерв потужності, необхідний для сталої роботи гірничо-збагачувального комбінату в умовах ринкової економіки.

Обґрунтування режиму роботи в умовах змінного попиту на продукцію комбінатів є важливим і актуальним питанням, оскільки визначає можливість прийняття своєчасних й ефективних рішень щодо тимчасового призупинення окремих технологічних цехів підприємства.

Висновки

1. Удосконалення технологічних схем відпрацювання родовища з метою скорочення витрат на видобування рудної сировини має ґрунтуватися на зниженні виробничої потужності комплексу, що не потрібна через знижений попит на сировину. Розроблений методичний підхід до прийняття рішення про доцільність удосконалення комплексу, що забезпечує допустимі за ринковим попитом витрати на видобування руди й обсяг виробництва продукції.

2. За умови малої потужності марганцеворудного пласта (до 2 м) доцільність реконструкції діючого на марганцевому кар'єрі комплексу гірничих робіт визначається, виходячи із собівартості розробки 1 м³ розкривних порід за сумою змінних та постійних витрат на обслуговування й утримання одиниць устаткування, що утворюють комплекс. Таким чином, для кожного розкривного уступу враховується вплив продуктивності екскаваторів на собівартість розкривних робіт.

3. Стосовно масиву розкривних порід у марганцевому кар'єрі слід запобігати відпрацюванню верхнього (передового) уступу за допомогою конвеєрного транспорту. З цією метою запропоновано перевалку передового уступу драглайном під

укіс проміжного (основного) уступу та розкривних порід з обох поєднаних уступів у внутрішній відвал роторним комплексом за транспортно-відвальною схемою. Розміщення розкривних порід у траншейній ємності, утвореній драглайном на внутрішньому відвалі, дозволяє скоротити обсяг переєкспавації. Так знижується потужність технологічного комплексу, завдяки чому знижується собівартість видобутої руди.

Бібліографічний список / References

1. Новости рынка металлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metaltorg.ru/n/9A9446>

Novosti rynka metallov. Available at: <https://www.metaltorg.ru/n/9A9446>

2. Металл Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ukrmet.dp.ua/2016/11/18/ukraina-v-yanvare-oktyabre-2016-goda-import-margancevoj-rudy-sostavil-8895-mln.html>

Metall Ukrainy. Available at: <https://ukrmet.dp.ua/2016/11/18/ukraina-v-yanvare-oktyabre-2016-goda-import-margancevoj-rudy-sostavil-8895-mln.html>

3. Садыков А. А. Обоснование организационно-технических решений и стратегии реконструкции карьера Калининградского янтарного комбината / А. А. Садыков // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2016. – № 11. – С. 418–425.

Sadykov A. A. Obosnovanie organizatsionno-tekhnicheskikh resheniy i strategii rekonstruktsii karera kaliningradskogo yantarnogo kombinata. Gorn. Inform.-analit. Byul. 2016, no. 11, pp. 418-425.

4. Луценко С. А. Определение производительности карьера по руде для различных вариантов развития горных работ / С. А. Луценко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2017. – № 52. – С. 87–92.

Lutsenko S. A. *Opredelenie proizvoditel'nosti kar'era po rude dlya razlichnikh variantov razvoitiya gornyykh rabot*. Zbirnik naukovikh prats' Natsional'nogo girnichogo universitetu. 2017, no. 52, pp. 87-92.

5. Сердюков А. Л. Обоснование динамических границ и производственной мощности глубоких карьеров в сценариях изменения конъюнктуры рынка при проектировании и текущем планировании горных работ / А. Л. Сердюков, Г. Г. Абросимова, В. С. Кудряшов, Е. Л. Левин // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2015. – № 5. – С. 310-318.

Serdyukov A. L., Abrosimova G. G., Kudryashov V. S., Levin E. L. *Obosnovanie dinamicheskikh granits i proizvodstvennoy moshchnosti glubokikh kar'erov v s-senariyakh izmeneniya konyunktury rynku pri proektirovani i tekushchem planirovani gornyykh rabot*. Gorn. inform.-analit. byul. 2015, no. 5, pp. 310-318.

6. Шапар А. Г. Альтернативні інноваційні технології для гірничопроми-слового Придніпров'я за умов ресурсних обмежень / А. Г. Шапар, П. І. Копач, М. І. Просандєєв та ін. // Екологія і промисленість. – 2015. – № 2. – С. 19-25.

Shapar A. G., Kopach P. I., Prosandjejev M. I. *Alternatyvni innovacijni tehnologii' dlja girnychopromy-slovogo Prydniprovo'ja za umov resursnykh obmezhen*. Ekologiya i promyshlennost. 2015, no. 2, pp. 19-25.

7. Темченко О. А. Визначення раціональної виробничої потужності гірничозбагачувальних підприємств для посилення їх конкурентних позицій / О. А. Темченко // Науковий вісник Мукачівського державного університету. – 2015. – Серія «Економіка». Вип. 2 (4), ч. 1. – С. 128-135.

Temchenko O. A. *Vyznachennja racional'noi' vyrobnychoi' potuzhnosti girnychozbagachuval'nykh pidprijemstv dlja posylennja i'h konkurentnykh pozycij*. Naukovyj visnyk Mukachivs'kogo derzhavnogo universytetu. 2015. Serija Ekonomika, issue 2 (4), part 1, pp. 128-135.

8. Mehran Samavatia. A new methodology for the open-pit mine production scheduling problem / Samavatia Mehran, Essamb Daryl, Nehringc Micah, Sarkerb Ruhul // Elsevier. – Omega. – Available online 3 November 2017.

9. Morteza Paricheh, Morteza Osanloo. A simulation-based framework for estimating probable open-pit mine closure time and cost // Elsevier. Journal of Cleaner Production. – Vol. 167, 20 November 2017, pp. 337-345.

10. Научная разработка технологии и организации вскрышных работ на карьерах ОГОК, обеспечивающих сокращение эксплуатационных затрат в условиях пониженного спроса на марганцевую руду: Отчет о НИР / Национальная. горн. акад. Украины (НГАУ); руководитель В. И. Прокопенко. – № 060304. – Днепропетровск, 1999. – 51 с.

Prokopenko V. I. *Nauchnaya razrabotka tekhnologii i organizatsii vskryshnykh rabot na kar'erakh OGOK, obespchivayushchikh sokrashchenie ekspluatatsionnykh zatrat v usloviyakh ponizhenogo sprosa na margantseviyu rudu*:

Otchet o NIR / Natsional'naya. gorn. akad. Ukrainy (NGAU). No. 060304. Dnepropetrovsk, 1999, 51 p.

Цель. Анализ и обобщение методических подходов к реконструкции технологических схем карьеров, которые обеспечат повышение конкурентных преимуществ горно-обогатительного комбината.

Методика. Путем сравнения себестоимости разработки марганцеворудного месторождения, установлено направление реконструкции технологических схем.

Результат. Разработан методический подход к принятию решения о целесообразности реконструкции комплекса, который обеспечивает допустимые по рыночному спросу расходы на добычу руды и объем производства продукции.

Научная новизна. Обоснован методический подход к реконструкции технологических схем разработки горизонтального месторождения, который в отличие от известных, позволяет снизить себестоимость добычи при снижении спроса на минеральное сырье.

Практическая значимость. Приведены результаты исследований, которые могут быть использованы горнодобывающими предприятиями при отработке горизонтальных месторождений для поддержания необходимого уровня конкурентоспособности продукции.

Ключевые слова: открытая разработка месторождения, технология горных работ, реконструкция карьера, комплекс раскрывающего оборудования, себестоимость рудного сырья, рыночный спрос на концентрат.

Purpose. Analysis and generalization of methodical approaches to the reconstruction of the technological scheme of mining operations in the open pit, which makes possible to increase the competitive advantages of the mining and processing enterprise.

Methodology. Defining the way of reconstruction of the technological complex of mining works and comparison with the actual extraction cost of manganese ore raw materials.

Findings. A methodical approach to making a decision on the advisability of the mining and transport complex reconstruction has been developed, which ensures mining and production costs acceptable due to market demand.

Originality. The technological approach to maintain the competitiveness of the enterprise's products by the reconstruction of a technological scheme for the development of a horizontal deposit, which eliminates the overburden by conveyor transport, reducing the ore extraction cost, is substantiated.

Practical value. The results of the research, which can be used by mining enterprises in the development of horizontal deposits for the maintenance of the enterprise's competitiveness, are presented.

Key words: open pit, horizontal deposit, reconstruction of the development system, complex of overburden equipment, prime cost of ore raw materials, market demand for raw materials.

Рекомендована к публикации
д. т. н. М. С. Четвериком
Поступила 20.05.2018