УДК 622.271.3

Собко Б.Ю., д. т. н., проф. (Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ)

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ ТИТАНО-ЦИРКОНІЄВИХ РУД В УКРАЇНІ

В роботі наведено аналіз сучасного стану, перспективи та особливості розробки розсипних родовищ титано-цирконієвих руд України, запропоновані напрямки удосконалення технології відкритої розробки розсипів.

Ключові слова: розсипні родовища, титано-цирконієві руди, технологія відкритої розробки родовищ, геоінформаційні технології.

В работе приведен анализ современного состояния, перспективы и особенности разработки рассыпных месторождений титано-циркониевых руд Украины, предложены направления усовершенствования технологии открытой разработки россыпей.

Ключевые слова: россыпные месторождения, титано-циркониевые руды, технология открытой разработки месторождений, геоинформационные технологии.

This paper provides an analysis of current state and prospects of development and features of alluvial deposits of titanium-zirconium ores of Ukraine, directions of improvement of technology opencast alluvial are offered.

Keywords: rossypnye deposits, titano-zirconia ores, technology of openwork of deposits, geoinformacionnye technologies.

Розсипами називають пухкі, рідше зцементовані скупчення уламкового матеріалу, що містять коштовні компоненти та представляють промисловий інтерес. Розсипи є вторинними родовищами корисних копалин, що утворюються за рахунок руйнування корінних родовищ, які стосовно розсипів є первинними (корінними джерелами).

Мінерально-сировинна **база** титано-цирконієвих руд в Україні найбільш потужна серед групи кольорових і рідких металів. Вона нараховує більш як 40 родовищ, серед яких одне унікальне (Малишевське родовище), 13 – великих, 10 – середніх [1].

У цей час на Україні видобувається більше 95% усієї титанової сировини в країнах СНД, сумарний експорт ільменитових концентратів у країни СНД становить 300-320 тис. т, близько половини (48-49%) титанових концентратів експортується в країни ЄС і США.

Найбільш потужне розсипне комплексне рутил-циркон-ільменитове Малишевське родовище розробляє Вільногірський ГМК (ВГМК) у Дніпропетровській обл., на базі Іршанських ільменитових розсипів працює Іршанський ГЗК (ІГОК) у Житомирській обл., із сумарною виробничою потужністю більш як 700 тис. т концентратів у рік. З 2005 року в Дніпропетровській обл. розпочато розробку Вовчанського рутил-ільменитового родовища підприємством «Демуринський ГЗК» із проектною потужністю 1,3 млн. $м^3$/рік. У цей час розробляється проектно-технічна документація відкритої розробки Берзулівського родовища ільменитових руд у Кіровоградській області.

На рисунку наведена динаміка видобутку титано-цирконієвих руд в Україні за період з 1990 по 2010 р.

Стабільні виробничі показники з випуску товарної продукції (понад 8 млн. $м^3$) були досягнуті в період з 1990 по 1992 рр. У зв'язку з розвалом СРСР (1992–1995 рр.) поряд з порушенням сталих зв'язків між виробником і споживачем продукції, що випускається, і переходом суб'єктів господарювання на ринкові відносини відбувається різке падіння обсягів виробництва. Починаючи з 1995 р., спостерігається стійкий ріст обсягів видобутку титано-цирконової сировини за рахунок ефективної роботи гірничодобувних підприємств з реалізації кінцевої продукції. У 2007 р. обсяги видобутку руди на Іршанському та Вільногірському комбінатах досягли більше 10 млн. $м^3$.

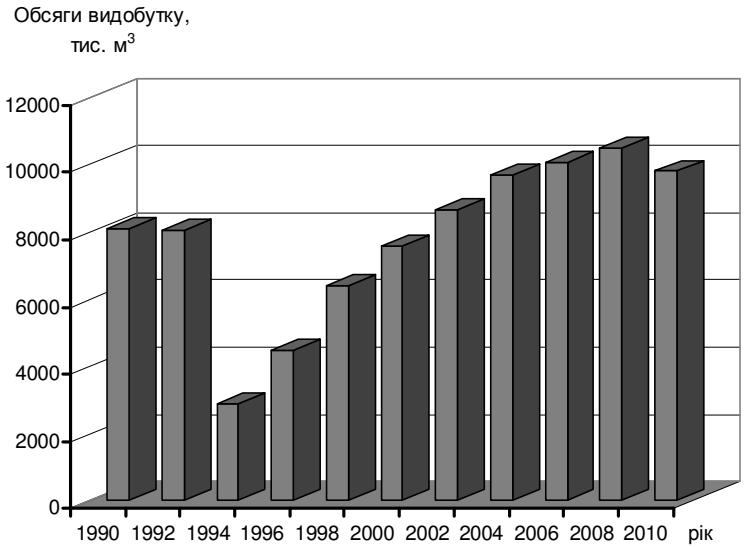

Рисунок. Динаміка обсягів видобутку титано-цирконієвих руд в Україні

Розсипні родовища України належать до горизонтальних покладів. У

країні накопичений досить великий досвід розробки пологих родовищ марганцевих і титанових руд, бурого вугілля, каолінів та інших корисних копалин з м'якими розкривними породами потужністю 35-108 м. Однак, сучасна практика роботи кар'єрів України, що розробляють горизонтальні й пологі родовища показує, що істотних змін з питань поліпшення ефективності технологічних схем розкривних і видобувних робіт в останні два десятиліття не відбулося.

До основних особливостей розробки розсипних родовищ титаноцирконієвих руд в Україні необхідно віднести:

- значні коливання змісту корисних мінералів у розсипі, що спричиняє зміну обсягів гірничих робіт і ускладнює розробку руд;
- обводненність і низька стійкість гірських порід затрудняє формування відвалів порід розкриву; незначний зміст корисних компонентів у рудних пісках (4-25%) визначає наявність більших обсягів відходів збагачення в зовнішніх хвостосховищах і значні витрати на їх переміщення;
- розміри робочої зони кар'єру змінюються в просторі тільки погоризонтно при її незмінній глибині, на зміну розмірів впливають система розробки, що застосовується, спосіб розкриття родовища й схема транспортування розкривних порід у внутрішній відвал;
- між розвитком фронту гірничих робіт на розкривній, видобувній і відвальній ділянках робочої зони існує твердий взаємозв'язок, а виробнича потужність кар'єру визначається технологією розробки нижнього (надрудного) розкривного уступу;
- розвиток фронтів розкривних, видобувних і відвальних робіт повинен мати рівне річне посування відповідно до виробничої потужності кар'єру.

Головною відмінною рисою відкритої розробки пластових розсипних родовищ є велика питома вага видобувних робіт у загальному обсязі гірської маси, яка розробляється в проектних контурах кар'єрного поля. На відміну, наприклад від марганцеворудних кар'єрів, де середній коефіцієнт розкриву ($K_{ср}$) перебуває в діапазоні 30-35 м^3/м^3 (15-18 м^3/т), для кар'єрів розсипних родовищ Вільногірського ГМК величина $K_{ср}$ становить 4-4,8 м^3/м^3 (2-2,4 м^3/т). Питома вага видобувних робіт для марганцеворудних кар'єрів становить 2,8-3,2%, для кар’єрів, які розробляють розсипи – 17-20%.

Таким чином, значна потужність корисної копалини й обсяги видобутку призводять до відповідного збільшення розмірів видобувної робочої зони кар'єрів, які розробляють розсипні родовища. При цьому з ростом числа видобувних уступів, особливо у випадку їхнього селективного відпрацьовування, відбувається розосередження видобувних і розкривних заходок у вертикальній площині й відповідне збільшення робочої зони кар'єру, що призводить до деконцентрації гірничих робіт у робочій зоні. На-

слідком збільшення робочої зони є істотне збільшення відстані транспортування розкривних порід у внутрішні відвали.

Збільшення видобувної зони до певних розмірів практично виключає можливість застосування найбільш ефективних безтранспортної і транспортно-відвальної систем розробки надрудного розкривного уступу.

Узагальнюючи вищевикладені гірничо-геологічної особливості розробки пластових розсипних родовищ, необхідно відзначити, що вдосконалення технології відкритої розробки зазначених родовищ повинне здійснюватися у двох напрямках:

1) удосконалення технології розробки розкривних порід за рахунок:

- підвищення ефективності використання основного гірничо-транспортного устаткування;
- максимально можливого застосування безтранспортної і транспортно-відвальних систем розробки родовища;
- збільшення масштабів застосування стрічкових конвеєрів при комбінованій системі розробки (на верхніх розкривних горизонтах);
- пошуку нових технологічних рішень в області конструювання технологічних схем проведення розкривних робіт при розробці родовищ із великою потужністю розкриву;
- забезпечення стійкості внутрішніх відвалів;

2) удосконалення технології видобувних робіт за рахунок:

- пошуку нових і вдосконалення технологічних схем видобутку корисних копалин, які застосовуються, що забезпечують зменшення параметрів видобувної зони кар'єру, селективність розробки;
- розширення області застосування мобільного видобувного устаткування (одноківшевих колісних навантажувачів як основного виймально-транспортного устаткування);
- скорочення внутрішньокар'єрних відстаней транспортування руди;
- розробки сучасних методів оперативного керування рудопотоками в кар’єрі.

Необхідно відзначити, що удосконалення технології відкритої розробки розсипних титано-цирконієвих родовищ можливе за умови розробки інформаційного й методичного забезпечення вирішення відповідних завдань, головне з яких – вибір і обґрунтування ефективних технологічних схем, які враховують взаємозв'язок параметрів у видобувній і розкривній зонах кар’єру.

Існуючі й потенційно можливі до застосування системи розробки розсипних родовищ характеризуються певними розмірами робочої зони кар'єру, які визначають основні технологічні параметри системи розробки: довжину фронту розкривних, видобувних і відвальних робіт; середню відстань транспортування розкривних порід у внутрішній відвал $l_{тр}^{ср}$; сумарну довжину транспортних комунікацій $\Sigma l_{т.}$ та ін.

Проводити порівняльну оцінку технологічних схем за всіма зазначеними параметрами важко. Більш доцільно використовувати узагальнений показник, який би характеризував у цілому систему розробки, що застосовується з погляду технологічності прийнятих рішень. У якості такого узагальнюючого показника технологічної оцінки системи розробки пропонується використовувати показник ступеня концентрації гірничих робіт у кар'єрі $K_Г$, що представляє собою співвідношення площ робочої зони кар'єру: мінімально припустимої за умовою стійкості масиву порід бортів кар'єру $S_{доп}$ і фактично досягнутої по технологічних умовах і параметрам системи розробки родовища, що застосовується $S_ф$:

$$K_Г = \frac{S_{доп}}{S_ф} = \frac{\text{ctg}\,\varphi_e + ctg\beta_e}{\text{ctg}\,\varphi + ctg\beta_e} \times 100,\ \%, \qquad (1)$$

де φ_e й φ – відповідно стійкий і результуючий кути укосів робочого борту кар'єру, град.; β_e – стійкий кут укосу відвалу, град. [2].

Узагальнюючий показник дозволяє оцінити як зміна параметрів робочої зони (кутів укосів робочого, відвального й неробочих бортів, ширини й довжини по дну й поверхні кар'єру) призводить до зміни середньої відстані транспортування розкривних порід у внутрішній відвал $l_{тр}^{ср}$ і сумарної довжини транспортних комунікацій Σl_m, які є основними параметрами при економічній оцінці прийнятих технологічних рішень. При $\varphi = \varphi_e$ показник ступеня концентрації гірничих робіт у кар'єрі $K_Г$ =100 %, при цьому робоча зона кар'єру має мінімальні розміри, що з технологічної й економічної точок зору найбільше ефективно. Тому, одним з найважливіших факторів, що визначає ефективність технології відкритої розробки розсипних родовищ, є показник концентрації гірничих робіт в кар'єрі, який дозволяє за величиною його максимального значення встановлювати найбільш ефективну технологічну схему розкривних та видобувних робіт.

Для підвищення ефективності видобутку розсипних комплексних руд важливе значення має застосування сучасних геоінформаційних систем і технологій, які забезпечують використання тривимірних геологічних моделей родовищ, раціональних технологічних схем розробки, оптимізацію їх параметрів, селективний видобуток рудних пісків з мінімальними втратами корисних копалин у межах кар'єрного поля, організацію розкривних і видобувних робіт з максимальною концентрацією гірничих робіт і мінімальними розмірами робочої зони кар'єру.

Сьогодні практично всі закордонні інженерні й управлінські служби гірничодобувних підприємств впроваджують у свою діяльність сучасні ГІС – технології, технології тривимірного геологічного моделювання, проектування й планування гірничих робіт, автоматизованої обробки космічної зйомки для одержання цифрових тривимірних моделей кар'єру й

рельєфу місцевості, екологічного моніторингу й керування ризиком надзвичайних ситуацій техногенного й природного характеру тощо.

Однією з найважливіших особливостей гірничодобувного підприємства є велика територіальна довжина його об'єктів. Як наслідок цього при побудові інформаційних систем необхідно враховувати просторову (географічну) складову інформації. Це є важливим як для розв'язку завдань просторового геологічного моделювання, планування гірничих робіт, оперативного керування гірничотранспортним устаткуванням, аналізу інженерних комунікацій. ГІС-технології є потужним інструментом, що дозволяють проводити просторовий аналіз виробничих процесів і тим самим забезпечити інтеграцію систем керування інженерних і управлінських служб гірничо-видобувного підприємства.

Можливості ГІС-технологій в області графічної інформації й аналізу гірничо-геологічних даних у просторі визначають їх ефективне спільне використання як фахівцями в області моделювання родовищ і планування гірничих робіт (геологи, маркшейдери, гірничі інженери), так і керівниками, що ухвалюють рішення з керування інфраструктурою підприємства й розвитку виробництва. При цьому результати геологічного моделювання використовуються в маркшейдерських службах при плануванні гірничих робіт, результати маркшейдерської зйомки поточного стану фронту гірничих робіт, інженерних комунікацій, доріг тощо, використовуються службами підприємства, відповідальними за оперативне керування виробничою діяльністю, зокрема при диспетчеризації гірничотранспортного устаткування.

Висновки:

Розвиток гірничодобувних підприємств у сучасних ринкових умовах вимагає використання нових сучасних геоінформаційних систем, постійного контролю ринку попиту й споживання продукції, що випускається, підготовки й уведення в експлуатацію нових ділянок розсипних родовищ. При цьому питанням удосконалення існуючих технологічних схем розробки руд і проектуванню нових, перспективних технологічних рішень з відкритої розробки розсипів з використанням сучасних ГІС-технологій повинне приділятися першочергове значення як з погляду підвищення продуктивності гірничо-транспортного устаткування, так і підтримки ефективності роботи підприємства в цілому.

1. Металлические полезные ископаемые Украины / [Гурский Д. С., Ефимчук К. Е., Калинин В. И. и др.]. – К. ; Львов: Центр Европы. – 2005. – Т. 1. – 785 с. **2.** Собко Б. Е. Совершенствование технологии открытой разработки россыпных титано-циркониевых руд. – Д. : РИК НГУ, 2008. – 167 с.

Рецензент: д.т.н., професор Симоненко В.І. (Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”, м. Дніпропетровськ)