

Заєць В. В., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Калініченко О. В., д.т.н., головний науковий співробітник** (Криворізький національний університет)

УДОСКОНАЛЕННЯ ВИПУСКУ СИЛЬНО РОЗУБОЖЕНИХ РУД НА ШАХТАХ КРИВБАССУ

Із загального обсягу залізорудної сировини, що видобувається в Україні, питома вага підземного Кривбасу становить близько 30%. Однак наявність великих балансових запасів залізняка не гарантують високу ефективність розробки родовищ корисних копалин. На сьогоднішній день, нормативні та фактичні втрати багатих залізних руд по ПрАТ «КЗРК» становлять близько 19% і 18,9% відповідно, досягаючи на деяких шахтах 20%. Поліпшенню показників вилучення багатих руд і присвячено представлену роботу. Авторами встановлено, що дрібні та кускові фракції рудної маси під час випуску відбитої руди під обваленими пустими породами засмічуються (розубожуються) з різною інтенсивністю. Внаслідок того, що кусковатість пустих порід виявляється вищою ніж обваленої руди, зниження вмісту заліза в кускових фракціях рудної маси при випуску відбувається швидше ніж у дрібних. Виконаними дослідженнями доведено, що після початку розубоження при вилученні відбитої руди з вмістом заліза $q=55\text{...}63\%$ загальні втрати якості руди в кускових фракціях на 5–10% вище ніж в дрібних. Встановлено, що різниця вмісту заліза у фракціях тим вища, чим більша різниця кусковатості руди і розубожених порід, а також вміст заліза в масиві. У рудній масі із середнім вмістом заліза 53–55% кускові фракції виявляються за якістю поза межами кондиції, оскільки вони на 50–65% представлені безрудними або некондиційними за якістю породами (сланці, амфіболіти, кварцити). Визначені в роботі закономірності зміни складу рудної маси при її випуску дозволяють рекомендувати довипуск сильно розубоженої руди до меж, обумовлених вмістом заліза у її дрібних фракціях. Це дозволить компенсувати виділеною дрібною фракцією скиданий бідний кусок, збільшити вилучення запасів руди та забезпечити підвищення якості товарної продукції. Доведено, що при скиданні

некондиційного куска в обсязі, рівному приросту видобутку, якість товарної продукції збільшиться на 0,45–0,6%, а втрати руди у надрах знизяться мінімум на 2,5–3,0%.

Ключові слова: залізні руди; підземна розробка; залізна руда; кусковатість; втрати; розубоження; якість.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.

Із загального обсягу залізорудної сировини, що видобувається в Україні, на частку підземного Кривбасу припадає близько 30% [1].

Наявність великих балансових запасів залізних руд не гарантують високої ефективності розробки родовищ корисних копалин. Так, при балансових запасах 17,9 млрд т, промислові запаси природно-багатих руд із вмістом заліза 54–62% в проектних контурах діючих шахт становлять лише 0,45 млрд т [1–3]. При цьому нормативні та фактичні втрати багатих руд по ПрАТ «КЗРК» становлять в даний час 19% і 18,9% відповідно, досягаючи на деяких шахтах 20% [2–5].

Безперечно, що поліпшення показників вилучення є однією з найактуальніших проблем гірничодобувної галузі. Вирішення цієї проблеми вимагатиме додаткових витрат на технічні заходи, спрямовані на підвищення ефективності очисних робіт, проведення наукових досліджень, спрямованих на створення ефективних технологій виїмки корисних копалин [3–6].

Мета статі

Метою статті є удосконалення випуску сильно розубожених залізних руд на шахтах Кривбасу для зниження втрат та підвищення якості видобутої руди.

Викладення матеріалу та результати

Досвід підземної розробки багатих залізних руд в Кривбасі свідчить, що зі збільшенням глибини та погіршенням умов видобутку практично половина видобутку залізної руди підземним способом здійснюється системами розробки з масовим обваленням і випуском руди під налягаючими обваленими породами. На долю цих систем припадає до 50% загального видобутку багаті руди. Вони забезпечують відносно високу продуктивність праці та низьку собівартість видобутку, але характеризуються значним рівнем втрат та розубоженням руди, що знижує загальну ефективність роботи шахт.

Підвищення ефективності розробки за рахунок зниження втрат руди та підвищення її якості – одне з актуальних завдань для Кривбасу. Спостереження та дослідження [1; 2; 4; 6] показують, що при випуску обваленої руди під налягаючими породами простежується стійка закономірність різної інтенсивності розубоження окремих фракцій рудної маси за крупністю.

Дрібні (-10 мм) та кускові (+10 мм) фракції рудної маси під час випуску збіднюються з різною інтенсивністю. Внаслідок того, що кусковатість (вихід фракцій + 10 мм) розубожених порід виявляється вищою ніж обваленої руди, зниження вмісту заліза в кускових фракціях рудної маси при випуску відбувається швидше ніж у дрібних (рис. 1).

При вилученні обвалених запасів руди $Z_{об}$ з вмістом заліза $q=55...63\%$, після початку розубоження втрати якості в кускових фракціях на 5–10% вище, ніж у дрібних. Різниця вмісту заліза у фракціях тим вища, чим більша різниця кусковатості руди і розубожених порід, а також вміст заліза в масиві. У рудній масі із середнім вмістом заліза 53–55% кускові фракції виявляються за якістю за межами кондиції, оскільки вони на 50–65% представлені безрудними або некондиційними за якістю породами (сланці, амфіболіти, кварцити).

Подальший випуск рудної маси (рис. 1, зона I–II) відбувається в умовах, коли кускові фракції є некондиційними за якістю, а дрібні – з досить високим вмістом заліза. Таку рудну масу назвемо умовно сильно розубоженою рудою, тому що тут у куску сконцентрована основна частина розубожених порід, що привносяться в руду при випуску до меж кондицій за якістю.

Сильно розубожена руда з шахт видається єдиним потоком з менш разубоженою рудою, і в процесі переробки на дробильно сортувальних фабриках шахт (ДСФ) передбачається і дроблення кускових фракцій, що не усуває значного засмічення товарної руди породами.

Аналіз роботи ДСФ шахт показує, що прийнята послідовність операцій (рис. 2) дозволяє перед середнім дробленням і після нього, а також перед дрібним дробленням і після нього (якщо розімкнути цей цикл) відокремити значну частину куску від рудної маси, що переробляється. При селективній переробці сильно розубоженої руди на ДСФ з неї може бути видалено бідний кусок і помітно підвищено якість товарної руди.

Об'єктивні закономірності зміни складу рудної маси при її випуску дозволяють рекомендувати до випуску сильно розубожену руду до меж, обумовлених вмістом заліза у її дрібних фракціях (рис. 1, зона II–III). Це дозволить компенсувати виділеною дрібницею скиданий бідний кусок із зони (I–II) (див. рис. 1), збільшити вилучення запасів руди, а також забезпечити підвищення якості товарної продукції.

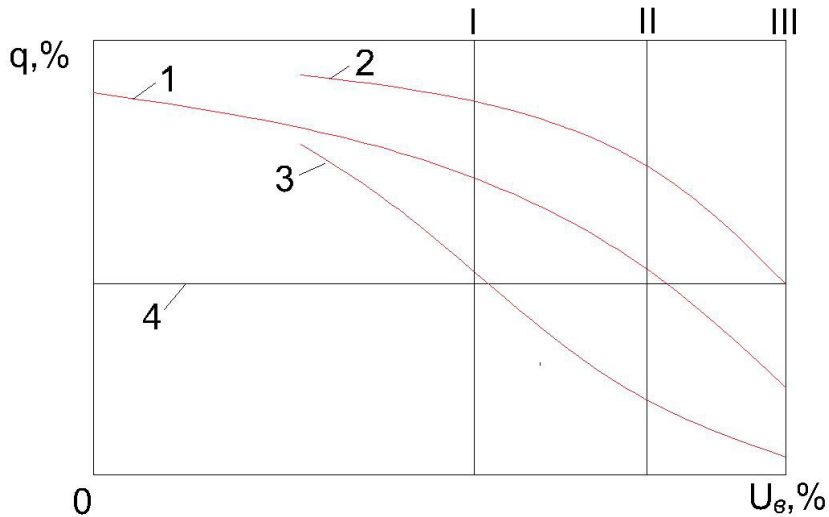


Рис. 1. Характеристика складу рудної маси при випуску: 1 – вміст заліза в рудній масі; 2, 3 – середній вміст заліза відповідно у дрібних і кускових фракціях; 4 – рівень бортового вмісту заліза

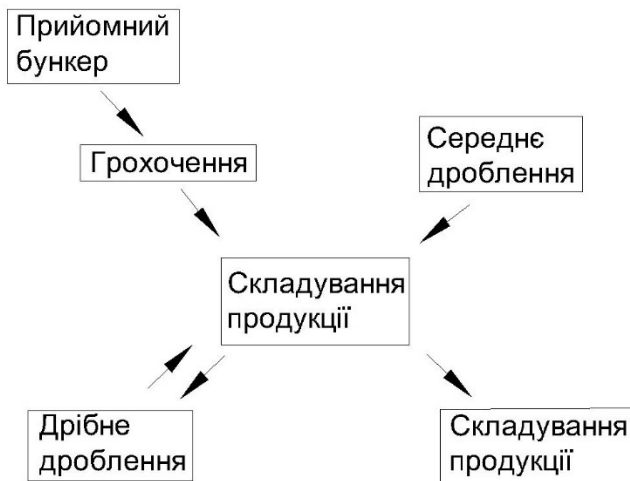


Рис. 2. Структурна схема послідовності операцій на ДСФ шахт Кривбасу

Організація селективної видачі та переробки сильно розубоженої руди набуває наступних форм. В очисному вибої відповідно до планограми випуску рудної маси слід здійснювати першочерговий контроль за якістю її куска фракцій (+10 мм).

При появі некондиційного по якості куска перший етап випуску припиняють. Рудну масу першого етапу випуску селективно транспортують до відокремленої її видачі та переробки на ДСФ шахти за існуючою технологічною схемою.

На другому етапі в очисному вибої проводять подальший випуск рудної маси при контролі за якістю її дрібних фракцій (-10 мм). Випуск припиняють при зниженні вмісту заліза в дрібних фракціях до кондиційних меж. Рудна маса другого етапу випуску є сильно розубоженою рудою, яку селективно видають для переробки на ДСФ з метою видалення з неї некондиційного за якістю куска.

У різний час на шахтах Кривбасу перевіряли технологічність селективної видачі та переробки сильно розубожених руд.

При промисловій перевірці розкрито додаткові резерви зниження втрат руди та підвищення її якості. Позитивними умовами підвищення ефективності заходів, що здійснюються на шахтах, можна вважати використання радіометричної сепарації великих кусків руди, дрібного дроблення та інші.

Висновки

Результати досліджень дають змогу стверджувати, що всі шахти басейну мають достатні ємності підземних бункерів та потужності ДСФ для здійснення в широких масштабах селективної видачі та переробки товарної та сильно розубоженої руди. Підйомні можливості стволів шахт, пропускні та технологічні можливості ДСФ задовольняють вимогам щодо збільшення видобутку та переробки сильно розубоженої руди.

Ці практики та розрахунки показують, що обсяг видобутку з урахуванням вилучення сильно розубожених руд може бути збільшений на різних шахтах на 12–16%.

При скиданні некондиційного куска в обсязі, рівному приросту видобутку, якість товарної продукції збільшиться на 0,45–0,6%, а втрати руди у надрах знизяться мінімум на 2,5–3,0%.

1. Колосов В. А. Состояние и перспективы развития горнодобывающей промышленности Украины. *Разработка рудных месторождений*. Кривой Рог : Изд-во КТУ, 2004. Вып. 85. С. 37–41. 2. Розширення сировинної бази підземного Кривбасу за рахунок залучення до видобутку магнетитових

кварцитів / Короленко М. К., Ступнік М. І., Калініченко В. О. та ін. Кривий Ріг : Дионис, 2012. 284 с. **3.** Chukharev S. M., Pysmennyi S. V., Zaiets V. V. Enhancement of integrity of over 1000 m deep mine workings AT Kryvyi Rih iron ore basin. *Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources* : 4nd International Scientific and Technical Internet Conference. Book of Abstracts. Petroșani, Romania : UNIVERSITAS Publishing, 2021. 238 p. **4.** Калініченко О. В. Підвищення показників вилучення залізних руд при випуску обваленої рудної маси на контакті з твердіючим штучним масивом. *Вісник Криворізького національного університету* : зб. наук. праць. Кривий Ріг, 2017. Вип. 45. С. 118–122. **5.** Stupnik M. I., Kalinichenko V. O., Pysmennyi S. V., Kalinichenko E. V. Determining the qualitative composition of the equivalent material for simulation of Kryvyi Rih iron ore basin rocks. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. Дніпро, 2018. № 4. С. 21–27. URL: <https://doi.org/10.29202/nvngu/20184/4>. (дата звернення: 25.05.2023). (Scopus). **6.** Kalinichenko V., Pysmennyi S., Shvaher N., Kalinichenko O. Selective underground mining of complex structured ore bodies of Kryvyi Rih Iron Ore Basin. *E3S Web of Conferences*. 2018. 60, art. no. 00041 10 p. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000041>. (дата звернення: 25.05.2023). (Scopus).

REFERENCES:

1. Kolosov V. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya gornodobyivayushey promyshlennosti Ukrainyi. *Razrabotka rudnyih mestorojdeniy*. Krivoy Rog : Izd-vo KTU, 2004. Vyip. 85. S. 37–41. **2.** Rozshyrennia syrovynnoi bazy pidzemnoho Kryvbasu za rakhunok zaluchennia do vydobutku mahnetytovykh kvartsytiv / Korolenko M. K., Stupnik M. I., Kalinichenko V. O. ta in. Kryvyi Rih : Dyony, 2012. 284 s. **3.** Chukharev S. M., Pysmennyi S. V., Zaiets V. V. Enhancement of integrity of over 1000 m deep mine workings AT Kryvyi Rih iron ore basin. *Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources* : 4nd International Scientific and Technical Internet Conference. Book of Abstracts. Petroșani, Romania : UNIVERSITAS Publishing, 2021. 238 p. **4.** Kalinichenko O. V. Pidvyshchennia pokaznykiv vyluchennia zaliznykh rud pry vypusku obvalenoi rudnoi masy na kontakti z tverdiiuchym shtuchnym masyvom. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu* : zb. nauk. prats. Kryvyi Rih, 2017. Vyp. 45. S. 118–122. **5.** Stupnik M. I., Kalinichenko V. O., Pysmennyi S. V., Kalinichenko E. V. Determining the qualitative composition of the equivalent material for simulation of Kryvyi Rih iron ore basin rocks. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. Dnipro, 2018. № 4. S. 21–27. URL: <https://doi.org/10.29202/nvngu/20184/4>. (data zvernennia: 25.05.2023). (Scopus). **6.** Kalinichenko V., Pysmennyi S., Shvaher N., Kalinichenko O. Selective underground mining of complex

structured ore bodies of Kryvyi Rih Iron Ore Basin. *E3S Web of Conferences*. 2018. 60, art. no. 00041 10 p. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000041>. (data zvernennia: 25.05.2023). (Scopus).

Zaiets V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),
Kalinichenko O. V., Doctor of Engineering, Chief Researcher (Kryvyi Rih National University)

IMPROVING THE RELEASE OF SEVERELY DEPLETED ORES AT KRYVBAS MINES

Of the total amount of iron ore raw materials mined in Ukraine, the specific weight of underground Kryvbas is about 30%. However, the presence of large balance reserves of iron ore does not guarantee high efficiency in the development of mineral deposits. Currently, the normative and actual losses of rich iron ores at PrJSC "KZRK" are about 19% and 18.9%, respectively, reaching 20% in some mines. The presented work is devoted to the improvement of rich ore's extraction indicators. The authors have found that small and lump fractions of the ore mass, when releasing separated ore under collapsed waste rocks, become clogged (diluted) with varying intensity. As a result of the fact that the lumpiness of empty rocks is higher than that of collapsed ore, the decrease in iron content in the lumpy fractions of the ore mass during release is faster than in the fine ones. The conducted studies proved that after the beginning of dilution during the extraction of reflected ore with an iron content of $q=55\text{...}63\%$, the total loss of ore quality in lump fractions is 5–10% higher than in small fractions. It was established that the difference in iron content in the fractions is higher, the greater the difference in lumpiness of ore and diluted rocks, as well as the iron content in the massif. In the ore mass with an average iron content of 53–55%, lump fractions are found to be outside the limits of quality, since they are represented by 50–65% of ore-free or substandard rocks (shales, amphibolites, quartzites). The laws of changes in the composition of the ore mass established in the work allow recommending the release of highly diluted ore to the limits determined by the content of iron in its small fractions. This will make it possible to compensate for the discarded

poor piece with the selected small fraction, increase the extraction of ore reserves and ensure an increase in the quality of marketable products. It has been proven that when discarding a non-standard piece in an amount equal to the increase in production, the quality of marketable products will increase by 0.45–0.6%, and ore losses will decrease by at least 2.5–3.0%.

***Keywords:* iron ores; underground mining; iron ore; lumpiness; losses; dilution; quality.**
