

УДК 311:658.011.046

І. І. Максимова,
аспірант кафедри економічної кібернетики і управління проектами,
ДВНЗ “Криворізький національний університет”

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ФОРМУВАННЯ СОБІВАРТОСТІ ВИДОБУТКУ ЗАБАЛАНСОВИХ ЗАПАСІВ ЗАЛІЗНИХ РУД

У статті наведені основні економічні, гірничо-технічні та геологічні фактори, які впливають на формування собівартості видобутку забалансових запасів залізних руд. Встановлений характер впливу показника міцності на собівартість відпрацювання забалансових руд. Визначена і проаналізована динаміка зміни вартісних показників розробки в залежності від зростання коефіцієнта міцності.

The research considers the basic economic, mining and geological factors influencing the cost price of unconditioned iron ore extraction. The influence of iron durability on the cost formation is proved in compliance with underground mining environment and unconditioned iron ore extraction. The research contains the analysis of cost dynamics depending on growth of iron durability.

Ключові слова: гірничодобувне підприємство, собівартість видобутку, фактори впливу, забалансові запаси, коефіцієнт міцності.

Key words: the mining enterprise, the extraction cost price, influence factors, unconditioned iron ore extraction, durability factor.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ

На рівні гірничодобувного підприємства залучення в експлуатацію забалансових запасів залізних руд значним чином впливає на вартісні показники та економічну ефективність розробки. При значних запасах забалансових руд і наявності відповідного резерву виробничої потужності підприємства може бути отриманий великий економічний ефект.

Собівартість видобутку виступає основним показником, який використовується у структурі економічного механізму визначення ефективності відпрацювання забалансових запасів залізних руд [1].

Враховуючи складну специфіку гірничодобувного виробництва, величина собівартості формується під впливом комплексу гірничо-геологічних, техніко-економічних та організаційних факторів. Вказані фактори зумовлюють витрати основних матеріалів, обладнання та трудових ресурсів, необхідних для організації видобувного процесу, і таким чином впливають на вартісні показники розробки забалансових руд.

У цих умовах виникає актуальна задача визначення і обґрунтування основних факторів, які впливають на формування собівартості видобутку забалансових запасів залізних руд.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проведений аналіз літературних джерел показав, що проблематиці дослідження факторів формування собівартості видобутку забалансових руд практично не приділено уваги. Основними роботами, на які можна спиратися при вивченні цього питання, є дослідження Дуліна, Шестакова [2], Берловича В.В. [3], Ахметова М.М. [4], Мартинова В.К., Дроцілова Л.Г. [5], які

присвячені питанням оцінки ефективності відпрацювання забалансових запасів залізних руд. Узагальнюючи досвід авторів [2—5], можна виділити такі основні фактори впливу на собівартість видобутку забалансових запасів: обсяг запасу, фінансові витрати на проведення гірничопідготовчих, нарізних виробок, виконання очисних робіт та транспортування видобутої рудної маси.

Однак, приведений перелік параметрів є обмеженим, що зумовлюється двома взаємопов'язаними аспектами.

По-перше, існуючий перелік не відображає гірничо-геологічні та технологічні відмінності розробки забалансових запасів, які впливають на економічні результати і досліджені авторами [6].

По-друге, показники фінансових витрат на виконання технологічних операцій, у свою чергу, виступають результативними параметрами і формуються під впливом сукупності інших факторів, які потребують встановлення.

З метою розширення переліку факторів, особливий інтерес представляє робота Ступніка М.І. [7], який виділяє наступні гірничо-технічні параметри впливу на формування блокової собівартості: потужність покладу; виймковий запас блоку; кут падіння; глибина розробки; геометричні параметри блоку; міцність; обсяги нарізних і підготовчих виробок; діаметр скважин та шпурів; потужність і ємність скрепера.

Слід зауважити, що представлені у роботі [7] фактори відібрані для визначення собівартості видобутку балансового (основного) запасу. Забалансові запаси відрізняються від основного запасу рудника за своїми гірничотехнічними параметрами, особливостями залегання та видобутку. Залучення в експлуатацію за-

Таблиця 1. Фактори впливу на формування собівартості видобутку забалансових запасів

Вихідні фактори	
Гірничо-геологічні та гірничотехнічні	Економічні, цінові
Обсяг забалансового запасу, тис. т	Ціни на основні матеріали та енергію
Коефіцієнт міцності	
Щільність руди з забалансових запасів	Вартість обладнання
Нарізні виробки, які необхідно проїти, м	
Вид і площа перетину виробки, м ²	Норма амортиз. ації
Обсяг буріння свердловин, м	
Обсяг буріння шпурів, м	Ставки з заробітної плати
Продуктивність обладнання, т/змінку	
Планова продуктивність праці, т/змінку	Відсотки нарахувань та премій
Втрати, заслічення (нормативні), %	
Залежні (розрахункові) параметри	
Вихід руди з 1 м свердловини, т	Вартість матеріалів і енергії на проведення нарізних робіт грн./м
Питоми витрати нарізних робіт, м ³ /тис. т	Вартість матеріалів і енергії на виконання очисних робіт, грн/т
Час відпрацювання запасу (нарізні і очисні роботи), міс	Амортизаційні відрахування, грн/т
Обсяг робіт в блоці, що припадає на кожен вид обладнання і професію, т	Витрати на оплату праці, грн/т

балансових руд впливає на всі вартісні показники розробки родовища. Враховуючи вказані аспекти, виникає актуальне завдання розширення існуючого переліку факторів впливу на собівартість видобутку відповідно до умов розробки забалансових запасів залізних руд.

ПОСТАНОВКА МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є формування переліку факторів, які впливають на собівартість видобутку забалансових запасів залізних руд, та визначення характеру впливу основних з них на вартісні показники розробки.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На гірничодобувному підприємстві з підземним способом розробки родовища собівартість видобутку (блокова собівартість) традиційно формується з витрат на виконання гірничо-підготовчих, нарізних та очисних робіт, необхідних для відпрацювання запасів певної видобувної ділянки.

Варто зауважити, що собівартість видобутку забалансових запасів залізних руд характеризується наступними особливостями.

1. У структурі собівартості видобутку забалансових запасів практично відсутні витрати на виконання розкривних робіт. Зазвичай забалансові запаси перебувають у безпосередній близькості від вже проведених розкривних і капітальних виробок, вартість яких відноситься до собівартості видобутку балансового запасу рудника. За рахунок цього питома собівартість видобутку забалансових руд (франко-люк) буде значно нижчою.

2. Основну частину собівартості видобутку забалансових запасів складають витрати на організацію очисного виймання руди у видобувному блоці, а саме: витрати на основні матеріали буро-підривних робіт, заробітну плату та амортизацію обладнання.

3. При визначенні блокової собівартості слід враховувати лише ті матеріали, устаткування та робочі кадри, які задіяні безпосередньо при вилученні забалансового запасу з надр.

Згідно з теорією [8], вибір факторів, які зумовлюють результативні економічні показники промислового

підприємства, попередньо слід виконувати на основі логічного аналізу. На наступному етапі доцільно застосовувати поширений у сучасній практиці кореляційний аналіз, який не встановлює нових закономірностей, а слугує інструментом підтвердження їх існування та визначення кількісної залежності між факторами. В умовах гірничодобувного підприємства такий підхід полягає у тому, що з сукупності гірничо-геологічних, гірничо-технічних, технологічних, організаційних і соціально-економічних параметрів гірничодобувного виробництва обираються ті, зміна яких впливатиме на собівартість видобутку.

За результатами дослідження специфіки формування вартісних показників розробки забалансових руд [9], можна представити наступний загальний перелік факторів, які впливають на собівартість видобутку забалансових запасів (табл. 1).

Представлений перелік факторів сформований на основі ґрунтового дослідження особливостей розробки забалансових запасів на гірничодобувних підприємствах Криворізького регіону і уточнює існуючі напрацювання авторів [2; 4; 7]. У якості вихідних факторів обрані основні гірничотехнічні та економічні параметри, які є ключовими при визначенні техніко-економічних показників розробки, і відображаються у відповідному проекті відпрацювання видобувного блоку. На основі вихідних факторів визначаються основні вартісні параметри розробки забалансових запасів (вартість основних ресурсів для виконання окремих технологічних операцій, амортизаційні відрахування, заробітна плата), які фактично формують собівартість видобутку.

При дослідженні факторів особливий інтерес представляє визначення впливу коефіцієнта міцності на собівартість видобутку забалансових запасів, що зумовлюється рядом причин.

По-перше, міцність руди і порід є основним гірничо-геологічним параметром розробки і зумовлює ступінь складності проведення гірничих робіт та швидкість буріння [10], що, у свою чергу, впливає на швидкість просування забою, спрацювання обладнання, терміни виконання робіт, витрати праці, матеріалів, а отже, позначається на економічних показниках розробки забалансових запасів.

По-друге, коефіцієнт міцності може значно коливатися в межах окремої видобувної ділянки. Гірничавиробка зазвичай перетинає кілька ділянок породи з різною міцністю. Кількісне співвідношення та розподіл міцності буде унікальним для кожного видобувного блоку забалансових запасів.

Найбільш вагомий вплив коефіцієнт міцності має на собівартість буріння при очисних і нарізних роботах. Процес буріння є одним з ключових при відпрацюванні запасів. Вартість його виконання безпосередньо впливає на блокову собівартість видобутку забалансових руд.

Основними витратними та найбільш вартісними матеріалами при очисному виїманні забалансового запасу є бурові коронки та пневмоударники, які повністю спрацьовуються в процесі буріння. Як показало дослідження [11], витрати основних матеріалів можуть складати до 60 % собівартості видобутку. В залежності від міцності витрати бурових коронок можуть коливатися від 5, 6 штук (міцність 7—8) до 30 (міцність 17—18) на 1000 м.п. свердловини при вартості однієї коронки 1200—1380 грн.

У ході дослідження були зібрані та статично оброблені дані по шахтах Криворізького басейну (шахта ім. Леніна, ім. Фрунзе, “Юбилейная”, “Октябрьская”), що дозволило виявити динаміку коливання вартісних показників відпрацювання забалансових запасів відносно до зміни гірничотехнічних параметрів розробки (табл. 2).

На основі аналізу зібраних нами даних виявлена залежність між міцністю та собівартістю буріння при очисних роботах в блоці, характер якої представлений на рис. 1.

Взаємозв’язок собівартості буріння свердловин при очисному виїманні забалансових запасів і коефіцієнта міцності порід виражений нелінійною залежністю. Достовірність апроксимації при обраному поліноміальному тренді становить $R^2 = 0,98$. Тіснота зв’язку між параметрами характеризується коефіцієнтом кореляції, який склав $K_{кор} = 0,97$.

Функція залежності може бути представлена у вигляді:

$$C_{бур}^{оч} = 0,35 \cdot f^2 - 2,91 \cdot f + 10,35 \quad (1),$$

де $C_{бур}^{оч}$ — собівартість буріння глибоких свердловин (очисна виїмка запасу) в покладі залізних руд з певною міцністю, грн./1 м.п. скважини; f — коефіцієнт міцності (за шкалою Протождьяконова).

На побудованому графіку наочно видно стрімке коливання собівартості буріння при виконанні очисної виїмки забалансового запасу відносно до зростання коефіцієнту міцності покладу. Діапазон зміни собівартості досить значний і становить від 4,4 до 60,7 грн./м.п. скважини. Навіть при незначній зміні міцності з 9 до 11 собівартість зростає вдвічі з 12,4 до 24,8 грн./м.п. свердловини.

Закономірно припустити, що зміна міцності порід при нарізних роботах у блоці забалансових запасів також впливатиме на собівартість. Залежність між собівартістю нарізних робіт та міцністю порід, крізь які проходять горизонтальні та вертикальні виробки, проілюстрована на наступному графіку (рис. 2).

Варто зауважити, що при виконанні нарізних робіт характер взаємозв’язку між міцністю та собівартістю буде різним залежно від типу виробки.

За результатами аналізу встановлено, що при проведенні горизонтальних виробок цей зв’язок може бути виражений поліноміальною функцією ($K_{кор} = 0,92$; $R^2 = 0,94$):

$$C_{бур}^{нар.гор} = 0,1 \cdot f^2 - 1,1 \cdot f + 7,1 \quad (2),$$

Однак, при проведенні вертикальних виробок зв’язок між міцністю порід та собівартістю матиме

Таблиця 2. Динаміка зміни вартості матеріалів при бурінні відносно до зростання міцності

	f	5-6	7-8	9-10	11-13	14-16	17-18
Вартість матеріалів	грн/шп.м.	4,4	6,7	12,4	24,8	44,5	60,7
	грн/т	0,29	0,45	0,9	1,8	2,96	4,04
Приріст до попереднього	доп. оз.	-	1,5	1,8	2	1,7	1,4

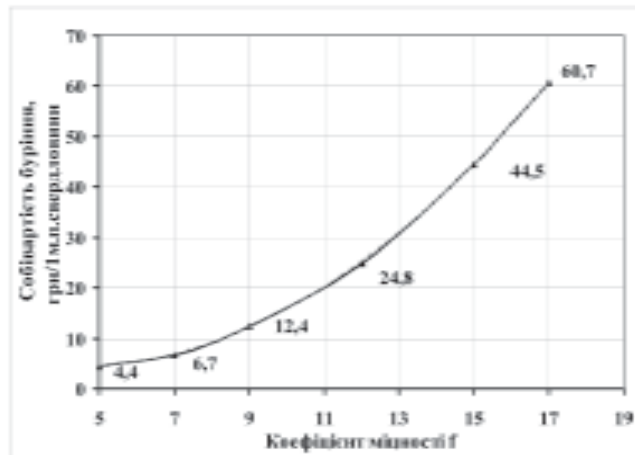


Рис. 1. Собівартість буріння глибоких свердловин на ділянках з різною міцністю

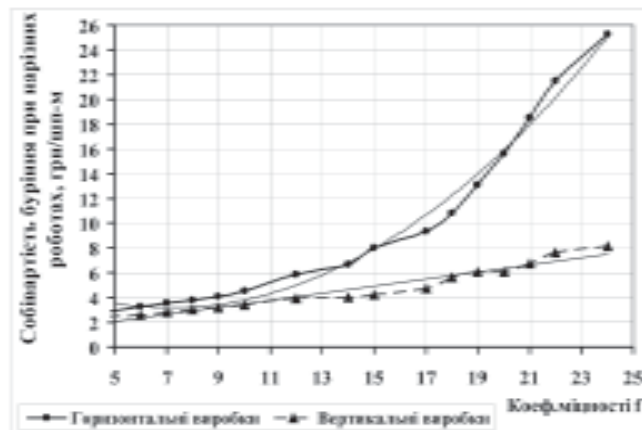


Рис. 2. Собівартість буріння при нарізних роботах на ділянках з різною міцністю

лінійний характер ($K_{кор} = 0,96$; $R^2 = 0,98$):

$$C_{бур}^{нар.верт} = 0,29 \cdot f + 0,67 \quad (3),$$

На відміну від відносно помірного коливання собівартості при проведенні вертикальних виробок (від 2,5 до 8,14 грн./шп.-м), можливий діапазон зміни вартості буріння при проведенні горизонтальних виробок є значним (від 2,6 до 25,2 грн./шп.-м).

Цікавим виявся той факт, що при міцності до 8—9 собівартість буріння при нарізних роботах є практично однаковою для горизонтальних і вертикальних виробок. У цих умовах окремий розрахунок собівартості для виробок різних типів доцільно виконувати у тому випадку, якщо міцність масиву становить більше 10—11. Отримані результати (рис. 2) дозволяють зробити висновок, що такий фактор, як тип виробки (горизонтальні, вертикальні), має бути врахований при калькуляції собівартості, осо-

бливо при проходженні виробок у породах з високою міцністю.

Зростання міцності матиме безпосередній вплив на продуктивність і витрати людської праці при розробці забалансового запасу. У середньому збільшення міцності всього на 2 одиниці зумовлює ріст витрат праці на 0,1 люд.-год. на 1 м нарізних робіт.

Значне розрідження у вартісних показниках розробки при виконанні гірничих робіт у породах з різною міцністю зумовлює необхідність детального врахування коефіцієнта міцності при калькуляції собівартості видобутку. На гірничодобувних підприємствах зазвичай використовуються приблизні значення показника міцності, які відрізняються від реальних показників видобувного блоку, що у результаті здатне спричинити значну похибку у розрахунках собівартості робіт. Як показало проведене дослідження, різниця у міцності всього на 1—2 одиниці зумовлює зростання витрат майже вдвічі.

Використання функціональних залежностей (1—3) дозволяє достатньо точно визначити загальну собівартість бурових робіт для розробки всього забалансового запасу в якості інтегрального показника, що розраховується на основі складання витрат на буріння окремих відрізків свердловин та ділянок виробок з різною міцністю.

$$C_{\text{бур}}^{\text{заг}} = \sum_{i=1}^I C_{\text{бур}i}^{\text{оч}} \cdot l_i + \sum_{j=1}^J C_{\text{бур}j}^{\text{нар}} \cdot d_j \quad (4),$$

де $C_{\text{бур}i}^{\text{оч}}$ — собівартість буріння i -ої ділянки свердловини з відмінною міцністю, грн./м; l_i — довжина i -ої ділянки свердловини, м; $C_{\text{бур}j}^{\text{нар}}$ — собівартість буріння j -ої ділянки шпура з відмінною міцністю, грн./м; d_j — довжина j -ої ділянки шпура, м.

Варто зауважити, що дані про точний розподіл міцності в покладі забалансових запасів, а також обсяги бурових робіт можна отримати з проекту відпрацювання відповідного видобувного блоку.

ВИСНОВКИ І НАПРЯМКИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Основними факторами, які впливають на собівартість видобутку забалансових руд, з одного боку, виступають гірничо-геологічні та технологічні умови залягання запасу (міцність порід, типи виробок, схемні рішення системи розробки, обсяг запасів), а з іншого — цінні аспекти, такі як вартість основних матеріалів та обладнання, ставки заробітної плати тощо.

2. При плануванні собівартості видобутку забалансових руд слід враховувати розподіл міцності, який може значно відрізнитися у різних видобувних блоках. Відповідно до отриманих результатів, простежується стрімка динаміка зміни виробничих витрат відносно до зростання коефіцієнта міцності руди і порід. Розподіл міцності зумовлює продуктивність і витрати людської праці при розробці забалансового запасу.

3. Вартісні показники відпрацювання забалансових запасів залежать від схемних рішень системи розробки, які відображаються у кількісному співвідношенні між виробками різних видів і типорозмірів. Варіантів таких співвідношень може бути декілька у різних про-

ектах відпрацювання запасів. Особливо актуальним при розрахунках економічних показників є врахування типу нарізних виробок при визначенні вартісних показників розробки, якщо міцність порід є вищою за 10—11.

4. Подальшим напрямом дослідження є виявлення нових функціональних залежностей між параметрами розробки забалансових руд з метою врахування ширшого кола показників, які впливають на повну собівартість видобутку і переробки, а також вилучену цінність з руди забалансових запасів.

Література:

1. Попов С.О. Формування економічного механізму визначення ефективності відпрацювання забалансових запасів залізних руд / Попов С.О., Максимова І.І. // Збірник праць ДонДУ: економіка. — Донецьк, 2012. — Вип. 220. — С. 167—174.
 2. Дулин А.Н. Оптимизация параметров горных работ на рудниках / В. А. Шестаков, А. Н. Дулин. — М.: Недра, 1995. — 256 с.
 3. Берлович В.В. Принципы системного подхода к проектированию рудников при комплексном освоении месторождений / В.В. Берлович, В.А. Лашкул, И.Я. Сова // Указания по технологическому проектированию горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки. — СПб: Гипроруда, 2003. — С. 264—269.
 4. Ахметов М.М. Исследование влияния вовлечения забалансовых руд в добычу на основе технико-экономические показатели работы рудника / М.М. Ахметов. — Алма-Ата, 1986. — 35 с.
 5. Дрочилов Л.Г. Исследование и разработка методов попутного извлечения некондиционных разубоженных руд при подземной выемке железорудных залежей Кривбасса / В.К. Мартынов, Л.Г. Дрочилов // Разработка рудных месторождений. — Кривой Рог, 1981. — Вып. 8. — С. 18—29.
 6. Попов С.О. Економічне обґрунтування кондицій та контуру запасів залізних руд при їх підземному видобутку / Максимова І.І., Попов С.О. // Інноваційна економіка. — Тернопіль, 2012. — Вип. 5(31). — С. 6—10.
 7. Ступник Н.И. Математическое моделирование стоимостных показателей отработки блока [монография] / Н.И. Ступник. — Кривой Рог, 1996. — 68 с.
 8. Салли В.И. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении / Кухарев В.Н., Салли В.И. — К., 2001. — 350 с.
 9. Максимова І.І. Методологічні основи обґрунтування економічної доцільності залучення у видобуток забалансових запасів залізних руд / Максимова І.І., Попов С.О. // Вісник КНУ. — Кривий Ріг, 2012. — Вип.30. — С. 180—187.
 10. Тонких А.И. Технико-экономические расчеты при подземной разработке рудных месторождений / А.И. Тонких. — Владивосток: ДВГТУ, 2007. — 137 с.
 11. Максимова І.І. Економічний механізм формування собівартості залізних руд при їх підземному видобутку / Максимова І.І., Попов С.О. // Вісник КТУ. — Кривий Ріг, 2010. — Вип.27. — С. 295—300.
- Стаття надійшла до редакції 20.06.2012 р.