

I. I. Максимова,  
аспірант кафедри “Економічна кібернетика” і управління проектами,  
ДВНЗ “Криворізький національний університет”

# ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНО- ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИДОБУТКУ ЗАБАЛАНСОВИХ ЗАПАСІВ ЗАЛІЗНИХ РУД НА ВІТЧИЗНЯНИХ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

I. I. Maximova,  
Ph.D. student, department of Economic Cybernetics and Project Management,  
State Institution of Higher Education “Kryviy Rih National University” (Ukraine)

ECONOMICALLY — EFFECTIVE PARAMETERS OF UNCONDITIONED IRON ORE EXTRACTION AT THE DOMESTIC MINING ENTERPRISES

У статті досліджені показники економічної ефективності видобутку забалансових запасів на сучасному гірничодобувному підприємстві та запропонований алгоритм реалізації відповідної методики. Визначені оптимальні параметри відпрацювання забалансових запасів, які забезпечують економічну доцільність їх залучення у видобувний процес.

The research considers the basic economic efficiency indicators of unconditioned iron ore extraction. The algorithm of the methods realization is offered. Optimal economic and technical parameters are defined in order to provide economic feasibility of unconditioned iron ore extraction at the mining enterprise.

**Ключові слова:** гірничодобувне підприємство, економічна ефективність, забалансові запаси, собівартість видобутку, показники ефективності.

**Key words:** the mining enterprise, economic efficiency, unconditioned iron ore, the cost price of extraction, efficiency indicators.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ

В умовах зростання потреб різних галузей економіки країни у гірнико-металургійній продукції гірничодобувні підприємства стикаються з необхідністю підтримки своїх виробничих потужностей та забезпечення стабільної сировинної бази. При цьому важливим завданням є збереження якості й конкурентоздатності товарної руди при одночасному розширенні обсягів видобутку.

Особливого значення ця проблема набуває для гірничодобувних підприємств Кривбасу, діяльність яких забезпечує більшу частину сировинних потреб галузі. Доступні обсяги запасів залізних руд здатні забезпечити функціонування цих підприємств на багато десятиліть. Однак значні глибини видобутку на сучасних шахтах, необхідність додаткових капіталовкладень у розробку нижчих добувних горизонтів (1500—1700 м), постійне зростання цін на

енергоресурси та матеріали, а також збільшення витрат на відвалоутворення у підсумку значно погіршують економічні показники діяльності гірничодобувних підприємств.

Одним зі шляхів вирішення цієї задачі є залучення до розробки запасів, які віднесені до категорії забалансових. Обсяг таких запасів як правило досить значний і становить близько 15—20% від геологічного запасу родовища. Забалансові руди зустрічаються по мірі просування фронту гірничих робіт та на верхніх пройдених поверхах, що обумовлює технологічну спроможність їх залучення у видобувний процес. На сьогоднішній день більшість шахт мають резерви продуктивності підйомних механізмів та обладнання (від 7 до 30%), що дозволяє залучати в експлуатацію додаткові обсяги сировини у вигляді забалансових запасів залізних руд.

Актуальною задачею є визначення таких параметрів видобутку забалансових запасів залізних руд, які є найбільш економічно-оптимальними для забезпечення

економічної ефективності їх видобутку, і переробки в умовах діяльності сучасних гірничодобувних підприємств.

## АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У роботі автора [1] викладено методику визначення економічної ефективності відпрацювання забалансових запасів залізних руд при їх підземному видобутку, яка є основою загального економічного механізму обґрунтування доцільності їх розробки.

Необхідність обґрунтування такої методики була обумовлена тим, що існуючі методичні підходи до оцінки ефективності видобутку забалансових запасів, представлені у дослідженнях Дуліна А.Н., Шестакова В.А. [2], Ахметова М.М. [3] та Дроцілова Л.Г. [4], розроблені для умов відкритої розробки, не містять універсальних критеріїв оцінки, а результати розрахунків за ними не є вичерпними для виконання якісного економічного аналізу у сучасних умовах підземного гірничодобувного виробництва. Відтак, вони потребували модифікації у відповідності з умовами залучення у видобуток забалансових запасів на сучасному руднику та їх переробки у товарну руду.

Зокрема, у дослідженнях залишилось невирішеним питання визначення економічно-ефективних параметрів розробки забалансових запасів, які обумовлюють доцільність їх залучення у видобувний процес.

## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є виконання грунтового аналізу результатів апробації методики визначення економічної ефективності відпрацювання забалансових запасів залізних руд та формування практичних рекомендацій щодо економічно-ефективних параметрів їх розробки в умовах діяльності гірничодобувних підприємств із підземним способом видобутку руд.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На рівні гірничодобувного підприємства залучення забалансових запасів може покращити техніко-економічні показники роботи шахти, а головним чином — її фактичну продуктивність по рудній масі та товарній руді.

З метою дослідження економічної ефективності залучення забалансових запасів були зібрані та оброблені дані по різним проектам розробки виймальних одиниць шахт "Ювілейна" та ім. Фрунзе підприємства ПАТ "ЄВРАЗ Суха Балка". Були відібрані поклади залізних руд, які відрізнялися від основного запасу рудника за показниками кондіцій та були класифіковані підприємством як забалансові. Нижче представлені результати апробації методики визначення економічної ефективності відпрацювання забалансових запасів на прикладі двох варіантів видобутку і переробки запасів.

1 випадок. Збалансовий запас (добувний блок 36—40, 150 тис. т), який має високий вміст заліза і характеризується високою економічною цінністю руди, що здатне забезпечити отримання якісної товарної продукції та відповідного доходу. Однак низька потужність покладу і його незручне розташування обумовлює ускладнення технологічних рішень по системі розробки, а отже зростання собівартості



Рис. 1. Алгоритм визначення економічної ефективності відпрацювання забалансових запасів

видобутку такого запасу. У цьому випадку дослідження ефективності передбачає відповідь на питання, чи буде вилучена економічна цінність багатої руди достатньо великою, щоб компенсувати порівняно більші витрати на видобуток і переробку такого забалансового запасу.

2 випадок. Збалансовий запас (добувний блок 1—7, 250 тис. т), який є технологічно зручним для відпрацювання (40% усіх необхідних виробок є пройденими) і характеризується низькою собівартістю видобутку. Однак поклад не відповідає параметрам кондіцій по вмісту заліза, що потребуватиме більших витрат на переробку такого запасу у товарну руду і зниження його економічної цінності. У цій ситуації слід визначити, чи є зниження собівартості видобутку забалансових запасів достатнім для отримання прибутку за умов низької дохідності бідних руд.

Для кожної вимальної ділянки зі забалансовими запасами (блока/панелі) був розроблений окремий проект відпрацювання запасу з описом необхідних наризних, очисних робіт та загальних технологічних рішень по системі розробки.

Методика визначення економічної ефективності розробки забалансових запасів передбачає розрахунок системи техніко-економічних показників та виконання таких етапів (рис. 1).

Дослідження собівартості видобутку показало відмінності у структурі витрат при розробці забалансових запасів добувних блоків 36—40 та 1—7 (рис. 2).

Відмінності у структурі витрат обумовлені різними гірничо-геологічними умовами залягання запасів та технологічними рішеннями систем розробки. Незважаючи на те, що обсяг забалансового запасу блока 36—40 майже вдвічі менший за запас блока 1—7, висока середня міцність цього покладу та більші витрати наризних робіт обумовлюють зростання фінансових витрат на основні матеріали та блокову собівартість 42,11 грн/т. У той же час, блок 1—7 має зручніше просторове розташування (40% усіх виробок є пройденими), що обумовлює зниження блокової собівартості майже вдвічі до 25,26 грн./т.

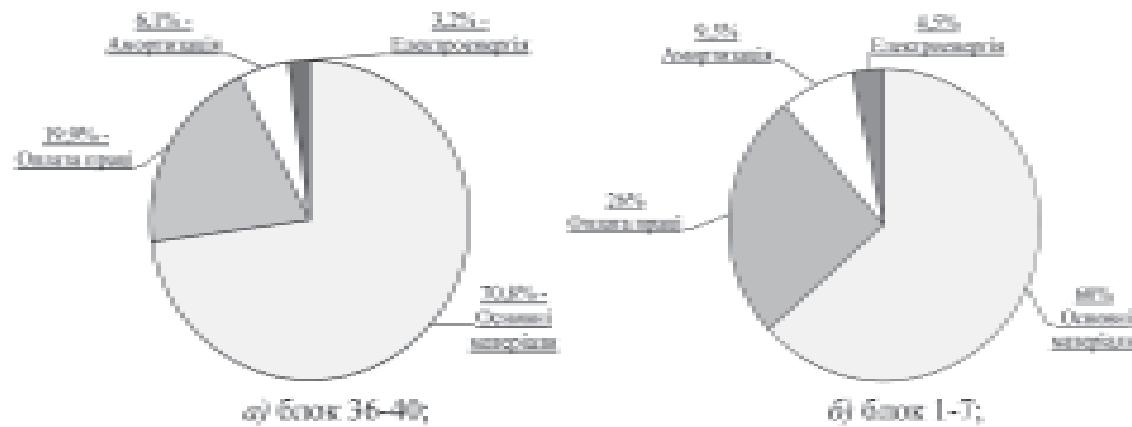


Рис. 2. Структура блокової собівартості розробки забалансових запасів

Зауважимо, що по шахті значення блокової собівартості прийняте на рівні 35 грн./т. Проведене дослідження 20 ділянок із запасами залізних руд показало, що значення цього показника для різних видобувних блоків може значно коливатися від 19,5 до 52 грн./т, що обумовлює необхідність детального дослідження собівартості у кожному випадку розробки запасів. Це дозволить більш точно оцінити економічну ефективність розробки.

При визначенні економічної ефективності порівнювались варіанти видобутку забалансових запасів із балансовими запасами поточного видобувного горизонту та нижчерозташованого. Результати економічної оцінки представлені у наступній таблиці 1.

За результатами дослідження запропоновані показників економічної ефективності (табл. 1), доцільно виділити такі положення.

Із розглянутих покладів забалансових запасів найбільш економічно-ефективним є відпрацювання запасів блока 36–40, про що свідчить показник техніко-економічної ефективності 2,01 т/тис. грн. — він показує обсяг товарної руди, який може бути отриманий з кожної тисячі гривень понесених витрат на видобуток і переробку запасів. Однак складність умов відпрацювання запасу відображається у дещо меншому показнику ефективності витрат праці — 0,086 т/грн., який показує обсяг видобутої руди забалансового запасу, який забезпечується витратами на оплату праці робітників, задіяних у видобувному блокі, однак він є більшим ніж при відпрацюванні запасів на нижчому горизонті 1350 м.

При збільшенні обсягів видобутку шляхом залучення запасів блока 36–40 додатковий економічний ефект складе  $E=11,2$  млн грн. При незмінному обсязі, коли забалансовий запас розглядається як альтернатива відпрацюванню основного запасу рудника, буде простежуватись порівняльний економічний ефект у розмірі:

$$\Delta E = E_{\Delta Q} + E_{\Delta P} + E_{\Delta V} = 2498 (\text{тис. грн}) \text{ або } 2,49 (\text{млн. грн}) \quad (1)$$

де  $E_{\Delta Q}$  — ефект (збиток) від зміни економічної цінності запасів, грн.;  $E_{\Delta P}$  — ефект (збиток) від зміни повної собівартості, грн.;  $E_{\Delta V}$  — ефект (збиток) від зміни продуктивності праці, грн.

Варто відмітити, що стратегія розширення контуру запасів рудника сприяє отриманню додаткового економічного ефекту. Розробка забалансових запасів, які знаходяться на пройдених поверхах, є значно більш економічно, вигідною, ніж відпрацювання багатьох руд на нижчерозташованих до-

Таблиця 1. Показники ефективності відпрацювання запасів

Показник	Розробка забалансових запасів гор. 1250 м			Розробка балансових запасів (Ге 58%)	
	Блок: 1–7 (Fe 50%)	Блок 36–40 (Fe 62%)	Разом	гор. 1250 м	гор. 1350 м
Блокова собівартість, грн./т	25,26	42,11	34,12	36	38,2
Загальноважна собівартість	220,29	248,24	221,34	212	266,8
Повна собівартість видобутку і переробки, грн./т	331,27	345,8	336,41	337,55	371,35
Видучка економічна цінність	573,75	438,5	386,65	412,83	412,83
Валовий прибуток, грн./т	46,51	96,7	62,19	79,28	48,48
Показник: грошова-економічна ефективності, т/тис. грн.	1,77	2,01	1,85	1,89	1,715
Показник: продуктивній відсоток затрат, т/тис. грн.	1,99	2,17	2,05	1,95	1,76
Показник: ефективності затрат праці, т/грн.	0,096	0,086	0,090	0,08	0,072
Рентабельність, %	13,07	27,96	18,48	21,30	18,87
Коефіцієнт місця утворення руди, дол. од.	0,58	0,68	0,62	0,65	0,65
Коефіцієнт кондиційності, зод. од.	1,13	1,27	1,18	1,25	1,132

бувних горизонтах (рис. 3).

Як видно з наведеної гістограми, загальношахтна собівартість видобутку запасів зростає зі збільшенням глибини видобутку руд, що обумовлює стрімке зниження валового прибутку. Зростання собівартості відбувається приблизно на 15% кожні 100 м поглиблення гірничих робіт [5]. Враховуючи цю тенденцію, відпрацювання балансових запасів на горизонтах 1500—1700 м стане практично нерентабельним при існуючому рівні собівартості технологій видобутку.

Відтак, розробка забалансових запасів, які знаходяться навищих та поточному видобувному горизонті, є ефективною економічно альтернативою поглибленню гірничих робіт. Як видно з графіка, така розробка є більш прибутковою, аніж вилучення балансових запасів із великих глибин.

Вилучення забалансових запасів видобувних блоків 1—7 та 36—40 загальним обсягом 400 тис. т. (20% річного видобутку шахти) дозволить підприємству отримати додатковий економічний ефект у розмірі  $E=19,8$  млн грн. При цьому сукупна загальношахтна собівартість відпрацювання цих забалансових запасів є на 17,5 % нижчою за витрати на видобуток балансових руд з нижчерозташованих горизонтів.

Зауважимо, що додатково до цього економічного ефекту, підприємство може отримати ще й ефект від економії витрат на охорону навколошнього середовища при складуванні некондиційної сировини у вигляді відвалів на поверхні:

$$E_{oc} = B_{oc} \cdot Q_{oc} \cdot (1-v) \cdot (1-r) = 2,5 \cdot 400 \cdot (1-0,15) \cdot (1-0,11) = 955,1 (\text{тис. грн}) \quad (2)$$

де  $B_{oc}$  — витрати на утворення і збереження відвалів, включаючи відрахування на охорону навколошнього середовища, грн./т (2,5—3 грн./т);  $Q_{oc}$  — обсяг забалансових

запасів,  $t$ ;  $v$ ,  $r$  — відповідно коефіцієнти втрат та разубоження, долі. од.

Цей додатковий ефект простежується у тому випадку, якщо підприємство планувало зберігати забалансові запаси у відвахах на поверхні.

Результати апробації методики на 20 блоках із різними проектними параметрами дозволили визначити оптимальні межі зміни основних показників видобутку забалансових запасів: вмісту заліза у руді та собівартості видобутку, які відповідають економічно-ефективному вилученню цих запасів (рис. 4).

Визначена динаміка зміни валового прибутку в залежності від показників вмісту заліза у руді ( $Fe, \%$ ) та собівартості видобутку ( $C_w, \text{ грн./т}$ ) дозволяє виділити такі зони прибутковості:

I, II — забалансові запаси, які доцільно залучати у видобувний процес, оскільки прибуток від їх розробки перевищує середній показник прибутку по основному (балансовому) запасу рудника. Ці запаси можна залучати не тільки у якості додаткового обсягу видобутку, але і як альтернативу частини балансових запасів, що у підсумку подовжить термін ефективного функціонування рудника;

III — забалансові запаси, економічна ефективність яких нижча за прибутковість відпрацювання балансових запасів на тому ж видобувному горизонті, однак перевищує показники відпрацювання запасів на нижчих глибинах. Відтак, руди цієї зони доцільно залучати у розробку з метою загального збільшення обсягів видобутку;

IV, V — забалансові запаси, прибуток від розробки яких значно нижчий за прибутковість відпрацювання балансових запасів при поглибленні гірничих робіт. Ці запаси економічно недоцільно відпрацьовувати на поточний момент часу. Однак з розвитком технологій та при зміні ринкових умов їх економічне значення може бути переглянуте.

## ВИСНОВКИ І НАПРЯМИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. На рівні гірничодобувного підприємства залучення забалансових запасів може покращити техніко-економічні показники роботи шахти, а головним чином — її фактичну продуктивність по рудній масі та товарній руді. Така стратегія може бути запропонована з метою збільшення загальної продуктивності, досягнення вихідної проектної потужності шахт та отримання додаткового економічного ефекту.

2. При відповідному обґрунтуванні залучення забалансових запасів є економічно-ефективною альтернативою до поглиблення гірничих робіт. Визначено, що відпрацювання забалансових запасів на поточному або вищих видобувних горизонтах є більш прибутковим, аніж видобуток балансових запасів при збільшенні глибини гірничих робіт. Встановлено, що прибутковість видобутку забалансових запасів із гор. 1250 м може бути на 10—55% більшою за прибутковість відпрацювання балансових запасів гор. 1350—1500 м в залежності від вихідних проектних характеристик забалансового запасу.

3. Практична апробація методики визначення економічної ефективності видобутку забалансових запасів на гірничодобувних підприємствах Кривбасу дозволила окреслити параметри видобутку забалансових руд, які є найбільш економічно-оптимальними для забезпечення економічної ефективності їх видобутку і переробки. Це дозволило встановити зони прибутковості і доцільноти залучення таких запасів на основі вмісту заліза у руді та загальною шахтної собівартості.

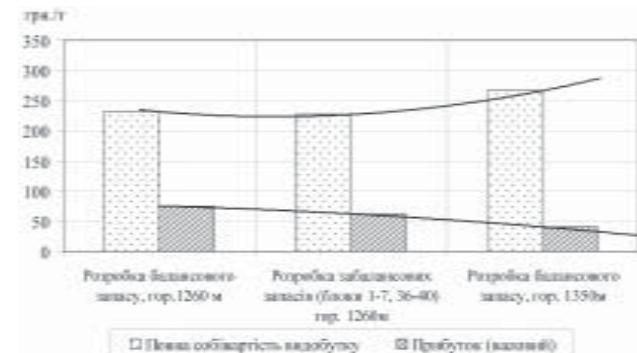


Рис. 3. Співвідношення вартісних показників відпрацювання запасів

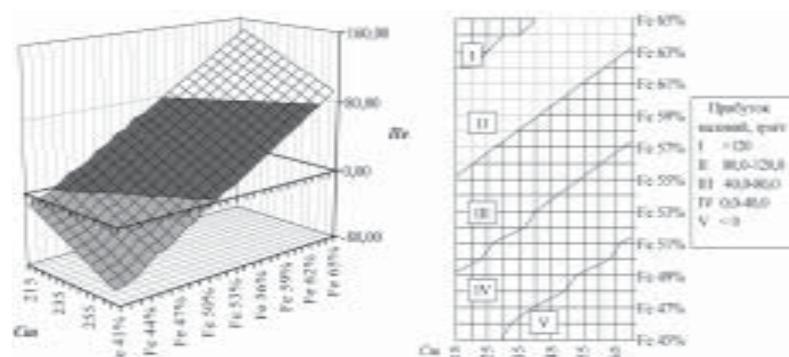


Рис. 4. Динаміка розподілу валового прибутку

4. Аналіз економічної ефективності видобутку забалансових запасів, проведений на прикладі ПАТ «ЄВРАЗ Суха Балка», підтверджує доцільність залучення частини забалансових руд у видобувний процес. При збільшенні річної продуктивності за рахунок залучення 400 тис. т забалансових запасів, можливий економічний ефект прогнозується у розмірі 19,8 млн грн., що складає до 10—15% валового прибутку шахти. Зокрема таке залучення сприятиме подовженню термінів ефективної експлуатації рудника та сприятиме зростанню ефективності використання його сировинних ресурсів.

### Література:

- Максимова І.І. Формування економічного механізму визначення ефективності відпрацювання забалансових запасів залізних руд / Максимова І.І., Попов С.О. // Збірник наукових праць ДонДУУ. Серія Економіка. — Донецьк, 2012. — Вип. 220. — С. 120—128.
- Дулин А.Н. Оптимизация параметров горных работ на рудниках / В.А. Шестаков, А.Н. Дулин. — М.: Недра, 1995. — 256 с.
- Ахметов М.М. Исследование влияния вовлечения забалансовых руд в добычу на основе технико-экономических показателей работы рудника / М.М. Ахметов. — Алма-Ата, 1986. — 35 с.
- Дроцилов Л.Г. Исследование и разработка методов попутного извлечения некондиционных разубоженных руд при подземной выемке железорудных залежей Кривбасса / В.К. Мартынов, Л.Г. Дроцилов // Разработка рудных месторождений. — Кривий Рог, 1981. — Вып. 8. — С. 18—29.
- Римарчук Б.И. О перспективе перехода шахт Криворожского бассейна к подземной добыче магнетитовых кварцитов / Римарчук Б.И. Грицина А.Е., Драгун Б.Т. // Вісник КТУ. — Вип. 13. — Кривий Ріг, 2006. — С. 20—24.

Стаття надійшла до редакції 07.02.2013 р.