

УДК 504.03:622.27.003.13

Тимошенко Л.В.

**ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕВНОГО СПОСОБУ РОЗРОБКИ РОДОВИЩА**

Обґрунтовано критерій оцінки ефективності способу розробки родовища. Визначено критерії вибору доцільного способу розробки родовища: витрати на природоохоронні заходи та їх економічна рівновага, економічна інтенсивність порушення, зміна еколого-економічного рівня природного середовища.

**Ключові слова:** потенційний прибуток від експлуатації родовища, спосіб розробки, економічна рівновага.

The criteria of evaluation the effectiveness of ways of extraction of deposit is proved. The criteria of choosing the appropriate method of extraction of deposit were defined. They are: expenditures for environmental protection, economic balance, economic intensity of violation, changes in ecology-economical level of environment.

**Keywords:** potential income of exploiting of deposit, method of extraction, economic balance.

Вплив діяльності гірничодобувних підприємств на стан навколишнього середовища надзвичайно різноманітний за формами свого прояву. Крім кількісного скорочення продуктивних земельних площ у результаті вилучення їх з народногосподарського обігу при експлуатації гірничих об'єктів відбувається значна зміна структури й складу поверхневого шару земної кори, що призводять нерідко до повної або часткової втрати родючості земельних угідь.

Загалом, можна простежити ланцюг взаємозалежних змін природного комплексу, викликаних гірничодобувним виробництвом: видобуток й перероблення руди → порушення й вилучення природних земель → зміна водного балансу → зміна рослинності → повна перебудова ландшафту. Виникає техногенний, повністю перетворений людиною ландшафт.

Сьогодні поширена думка, що вища економічна ефективність відкритої розробки залізородного родовища у порівнянні з підземною є результатом неповного виконання гірничодобувними підприємствами всіх екологічних заходів, потрібних для охорони навколишнього природного середовища; Крім того, при оцінюванні ефективності відкритих розробок у вартість гірничих робіт у кар'єрі, як правило, не включають витрати, пов'язані з ліквідацією екологічних наслідків від видобування корисної копалини.

Щодо вибору способу розробки родовища залежно від рівня забруднення довкілля слід зазначити наступне. Шахти Кривбасу забезпечені запасами руди на 15...20 років. У міру відпрацювання запасів багатих руд до глибини 1500 м неминуче відбуватиметься поступовий перехід шахт на видобування магнетитових кварцитів, що залягають на менших глибинах. Римарчук Б.І. [1, с.20-24] оцінив гранично допустиму собівартість видобутку кварцитів підземним способом, що забезпечує мінімальну рентабельність при їх збагаченні. В роботі [2, с.154-157] розглянутий сучасний стан сировинної бази гірничо-збагачувальних комбінатів та обґрунтовано економічні можливості її розширення за рахунок руд підземного видобутку. Темченко О.А., Яковенко А.В. й ін.[3, с.187] на основі порівняльного аналізу економічної ефективності функціонування залізородних підприємств України дійшли висновку, що в ринкових умовах підземні гірничі підприємства є досить рентабельними, оскільки видобувають руду, яка не потребує збагачення.

У роботі [4, с. 67] відзначається, що для вибору доцільних заходів з охорони довкілля, і зокрема, способу розробки родовища, треба з'ясувати зміст та метод вимірювання економічної ефективності екологічних систем на гірничорудних підприємствах. Існують дві групи методів вимірювання цієї ефективності: 1) методи, що відображають витрати на екологічні заходи; 2) методи розрахунку збитку, заподіяного природному середовищу, на підставі чого встановлюють податки за його забруднення. І ті, й інші методи мають загальний характер,

що ускладнює їх використання для оцінювання способу розробки родовища за процесами видобування й перероблення рудної сировини.

Як показує досвід експлуатації залізорудних родовищ підземним способом, втрати рудної сировини при її видобуванні можуть сягати 20% і більше [5]. Безумовно, це важливий фактор впливу на вибір раціонального способу розробки певного родовища, яке характеризується тими чи іншими гірничо-геологічними умовами. В будь-якому випадку, при вирішенні зазначеної задачі, рівень використання запасів мінеральної сировини в надрах, які вичерпуються і не відновлюються, слід уважно оцінювати за допомогою економічних критеріїв. У той же час можна відзначити, що розроблені донині методичні засади економічної оцінки втрат мінеральної сировини при його видобуванні та переробленні залежно від способу експлуатації родовища мають спрощений нормативний підхід, який не враховує діючих платежів та зборів, що мають сплачувати гірничодобувні підприємства.

Гірники-технологи, наприклад, М.І.Агошков, М.Г.Новожилов, В.В. Ржевський для вирішення цієї проблеми обґрунтували аналітичний метод, що базується на граничному коефіцієнті розкриття [6, с. 167]. Цей метод є найбільш зручним для порівняльної еколого-економічної оцінки відкритих та підземних гірничих робіт у міру зниження робочої зони кар'єру. Таку оцінку в практиці проектування кар'єрів використовують для попереднього визначення глибини кар'єрів, що потім уточнюють, користуючись іншими методами. Вихідними даними є собівартість видобутку корисної копалини або відпускна ціна металургійної сировини, продуктивність підприємства тощо. Внаслідок погрішності цих даних граничний коефіцієнт розкриття може бути визначений з помилкою не менше  $\pm 10\%$ . Для підвищення ступеню обґрунтованості рішення вартісні показники слід корегувати з урахуванням екологічних факторів, серед яких визначальними є втрати якості та обсягу корисної копалини.

Результати досліджень, що проаналізовані, безпосередньо не торкаються еколого-економічної ефективності певного способу розробки залізорудного родовища, хоча саме він спричиняє ті чи інші за обсягом та шкідливістю порушення природи. Звідси витікає необхідність наукового обґрунтування області застосування певного способу розробки родовища у взаємозв'язку з економікою підприємства, яка має урахувати його негативний вплив на довкілля та природні ресурси у міру зниження за глибиною залягання рудного покладу робочої зони видобування корисної копалини.

Визначимо глибину залягання покладу рудної сировини, коли для його розробки замість відкритих гірничих робіт слід застосовувати підземні. Ця глибина є граничною глибиною кар'єра  $H_k$ , яка обмежує область застосування відкритого способу розробки залізорудного родовища. Відповідно глибині  $H_k$  на кар'єрі має бути розроблений обсяг розкривних порід, який залежить від граничного коефіцієнту розкриття, обумовленого економічною доцільністю застосування відкритих гірничих робіт у порівнянні з підземними.

Перехід з відкритих робіт на підземні не повинен призводити до зниження прибутку підприємства. Якщо виробнича потужність підприємства за обсягами металургійної сировини не змінюється, то граничну глибину кар'єру можна визначати за умови рівності величин валового прибутку  $\Pi$ , що може одержати гірничорудне підприємство від реалізації своєї продукції (наприклад, концентрату), виготовленої з рудної сировини, видобутої, відповідно, відкритим  $\Pi_e$  і підземним  $\Pi_n$  способами. При цьому будемо враховувати, що ці способи розробки родовища призводять до різних втрат корисної копалини в надрах, до різних порушень природного середовища й витрат на їхнє запобігання або усунення, а також до різного засмічення рудної сировини, а виходить, до різного витягу металу з руди й різних витрат на виробництво концентрату. Вплив вище зазначених факторів можна представити в такий спосіб:

$$\Pi_e = (\Pi_k - C_{k,e})(1 + \delta_{e,e}), \text{ грн./т;} \quad (1)$$

$$P_n = (C_k - C_{k.n})(1 + \delta_{e.n}), \text{ грн./т,} \quad (2)$$

де  $C_k$ ,  $C_{k.v}$ ,  $C_{k.n}$  – відповідно, відпускна ціна концентрату та повна собівартість його виробництва з руди, видобутої відкритим і підземним способами, грн/т;

$\delta_{e.v}$ ,  $\delta_{e.n}$  – втрати експлуатаційних запасів руди в процесах її видобутку й переробки при відкритих і підземних гірничих роботах, відповідно, частка од.

Вираження (1) і (2) визначають величину потенційного прибутку, що може одержати підприємство, якщо не буде допускати зазначених втрат руди.

Собівартість залізородного концентрату розраховується за формулами:

– при відкритій розробці родовища:

$$C_{k.v} = (C_{d.v} + K_p(C_p + C_e))\beta_v + C_{z.v}, \text{ грн/т;} \quad (3)$$

– при підземній розробці родовища

$$C_{k.n} = C_{d.n}\beta_n + C_{z.n}, \text{ грн/т,} \quad (4)$$

де  $C_{d.v}$  – собівартість безпосередньо видобування сирової руди з урахуванням платежів і зборів за порушення довкілля відкритими гірничими роботами, грн/т;

$K_p$  – поточний коефіцієнт розкриву, м<sup>3</sup>/т;

$C_p$  – собівартість розробки розкривних порід, у середньому, для робочої зони кар'єру на глибині  $H_p$ , грн/м<sup>3</sup>;

$C_e$  – собівартість відвальних робіт, у тому числі, відведення природних земель для розміщення відвала і гірничотехнічної рекультивації, платежі за забруднення навколишнього середовища, грн/м<sup>3</sup>;

$\beta_v$ ,  $\beta_n$  – витрати руди на виробництво концентрату відповідно її якості при відкритому та підземному способах видобування, т/т;

$C_{z.v}$ ,  $C_{z.n}$  – собівартість збагачення залізної руди, включаючи витрати на попередження й усунення порушень природи цим процесом, грн/т;

$C_{d.n}$  – собівартість залізної руди, видобутої підземним способом, з урахуванням витрат на попередження й усунення порушень природи, грн/т.

За розрахунками автора стосовно умов виробничої діяльності при видобуванні руди відкритим способом (на криворізьких ГЗК) найбільшу частину (36%) собівартості залізородного концентрату складають витрати на збагачення, значні витрати (27%) також пов'язані з видобуванням та дробленням руди, а при розробці родовища підземним способом (Запорізький ЗРК) саме останні витрати займають найбільшу частину (56%). Екологічна складова при обох способах розробки рудного покладу в структурі собівартості продукції є дуже малою – 2...3%. Втрати запасів рудної сировини впливають на собівартість продукції двома шляхами: 1) підвищується поточний коефіцієнт розкриву; 2) при зниженні якості вихідної руди підвищуються її витрати та витрати коштів на процес збагачення.

Підставляючи значення  $C_{k.v}$ , і  $C_{k.n}$  у вигляді виражень (3) і (4) у вираження (1) і (2) за умови  $P_v = P_n$  після спрощень знаходимо коефіцієнт розкриву, що визначає граничну глибину розробки родовища відкритим способом:

$$K_z = \frac{C_{k.n}(1 + \delta_{e.n}) - C_{k.v}(1 + \delta_{e.v}) - C_k(\delta_{e.n} - \delta_{e.v})}{(1 + \delta_{e.v})(C_p + C_e)}, \text{ м}^3/\text{т.} \quad (5)$$

З'ясуємо концептуальні підходи до управління екологічною системою на гірничорудних підприємствах, виходячи з певної області застосування способу розробки родовища, який розглядається. У цілому таке управління передбачає опис системи математичними моделями, що забезпечують, з одного боку, її адаптацію до змінних виробничих умов та стабільність функціонування в умовах, що характеризують еколого-економічні дані у вираженнях (3),(4), з іншого – досягнення підприємством запланованого рівня прибутку, обумовленого

вираженнями (1), (2). Екосистема буде стабільною щодо деяких її змінних, якщо адаптація дозволяє цим змінним залишитися у визначених межах. Чинники адаптації і стабільності мають важливе значення для підприємств гірничодобувної галузі, що працюють у складних умовах видобування й перероблення мінеральної сировини, які постійно змінюються.

Для вибору природоохоронного заходу, доцільного за адаптацією до умов функціонування, розроблені критерії оцінки, що дозволяють знайти умови забезпечення ліпшого стану або поведження екологічної системи [7]. У цілому по підприємству екологічний підхід полягає в тому, що в виробничих процесах видобування й перероблення рудної сировини враховується порушення довкілля будь-яким процесом і це впливає на екологічність усіх інших процесів виробництва металургійної сировини. Для оцінки того чи іншого заходу необхідно встановити його вплив на природне середовище з урахуванням суттєвих взаємозв'язків між виробничими процесами та поведженням об'єкту за певними критеріями.

Кожне підприємство організує свою діяльність на випуск (створення) продукції з метою забезпечення потреб держави й окремих споживачів, одержання максимального прибутку, а також на впровадження нововведень, інноваційних рішень й ін. для виготовлення нових видів виробів, технологій й організаційних форм. Для цього підприємство використовує відповідні ресурси: матеріальні, трудові, фінансові й природні (рис. 1).

На гірничодобувному підприємстві основний вид його операційної діяльності пов'язаний з видобутком і переробкою мінеральної сировини. Ці процеси можуть бути представлені тією або іншою моделлю (економіко-математичною, концептуальною, графічною тощо) і для її реалізації потрібна певна інформація. Основною метою діяльності підприємства є одержання найбільшого прибутку від реалізації продукції, і досягнення цієї мети буде залежати від прийнятого способу розробки родовища. Тут і далі спосіб містить певну сукупність виробничих процесів видобутку й переробки рудної сировини.

Природно, кожен процес своєї діяльності підприємство прагне здійснити з найменшими витратами ресурсів. При цьому значну увагу воно приділяє ощадливій витраті природних ресурсів і мінімально можливому порушенню природного середовища: названі ресурси не відновлюються, а повне усунення зазначених порушень вимагає більших грошових і матеріальних витрат. Тому при виборі способу розробки рудного покладу й області його застосування по глибині покладу, поряд з величиною прибутку від основного виду діяльності, треба оцінювати еколого-економічну ефективність, що формується при цьому способі.

При оцінці можна використати показники, які характеризують витрати на природоохоронні заходи та їх економічну рівновагу, економічну інтенсивність порушень та зміну еколого-економічного рівня природного середовища (рис. 1). Якщо зазначені показники, а також потенційний прибуток від реалізації продукції при способі розробки родовища, що розглядається, краще, ніж при інших способах, то розглянутий спосіб варто оцінити з позицій показників виробничої діяльності підприємства (за рентабельністю продукції; часом відпрацювання запасів, що залишилися; необхідністю додаткових капіталовкладень; рівнем розвідки запасів родовища й іншими факторам внутрішнього середовища).

На основі цього підходу, а також можливих обмежень, що не залежать від підприємства (фактори зовнішнього середовища, у тому числі, попит на продукцію, що випускається, збори за використання природних ресурсів, конкурентне середовище, технологічний і технічний прогрес у галузі) ухвалюється конкурентне рішення про доцільність розробки рудного покладу даним способом.

На цьому рішенні будуть базуватися всі інші заходи з екологізації виробництва, які передбачають вплив на техніку, технологію й організацію процесів розробки родовища з метою погодженості виробничих витрат з мінімально припустимим рівнем порушення навколишнього природного середовища.

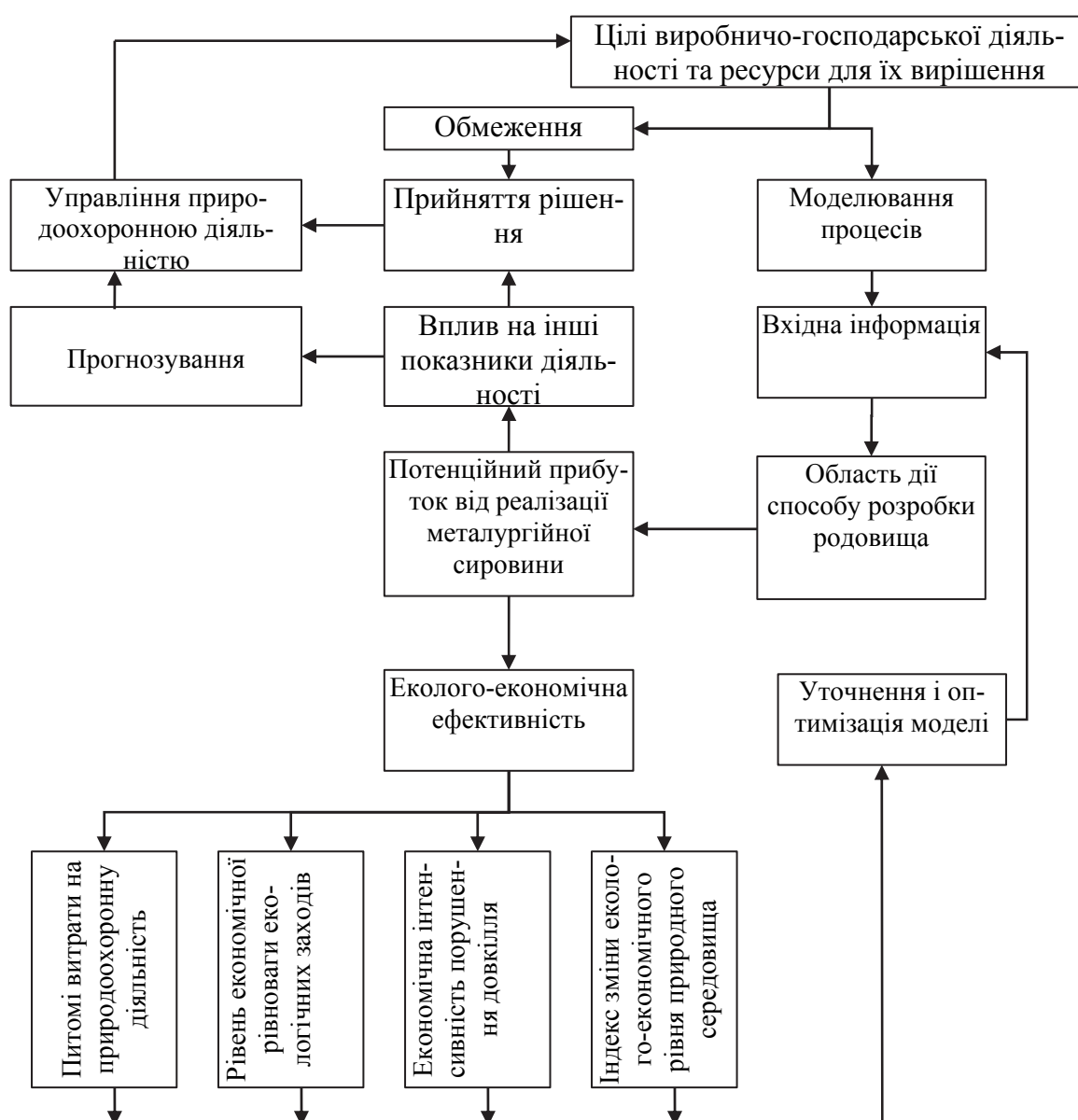


Рис. 1. Принципова схема еколого-економічного обґрунтування доцільного способу розробки залізрудного родовища

Під цим рівнем розуміється рівень, який не впливає шкідливо на природу або уможливає порушенням природним об'єктам самовідтворюватися до первинного стану. Останні повинні враховувати можливі за прогнозом зміни показників внутрішнього середовища підприємства. Коли доцільність розглянутого способу розробки родовища за потенційним прибутком від реалізації металургійної сировини й за показниками еколого-економічної ефективності мають протилежні оцінки, то уточнюють й оптимізують моделі (1)-(4): з урахуванням додаткових залежностей, обмежень, цільових функцій удосконалюють по можливості технічні засоби, технологічну схему і її параметри, організацію гірничих робіт. На основі цих оптимізованих моделей й уточнених вихідних даних оцінюють конкурентний спосіб розробки родовища в плані погодженості можливого прибутку гірничорудного підприємства й еколого-економічної ефективності виробництва залізрудної продукції. Тут мається на увазі, що

підприємство заради прибутку не може зневажати охороною природного середовища й, на-  
впаки, охорона природи не повинна бути головною метою його виробничої діяльності, коли  
можна не враховувати прибуток. В основі погодженості повинен бути принцип максимально  
можливого прибутку при мінімально припустимому порушенні природи.

Якщо конкурентний вдосконалений варіант способу розробки рудного покладу дозво-  
ляє гірничому підприємству виконувати завдання природоохоронної діяльності, то ухвалю-  
ють рішення щодо впровадження цього способу для організації операційної діяльності. Тоді  
продовжують оцінку впливу інших показників й обмежень на знову ухвалене рішення, а та-  
кож прогнозують зміну показників внутрішнього середовища підприємства, що враховують  
в управлінні природоохоронними заходами (рис. 1). Коли зазначена ціль не досягається, то  
необхідно розглядати в описаному вище порядку інший спосіб видобутку й переробки руд-  
ної сировини.

Розглянемо більш детально уточнення й оптимізацію моделі якого-небудь виробничо-  
го процесу видобутку й переробки рудної сировини, спрямованого на підвищення еколого-  
економічної ефективності способу розробки родовища, що був досліджений як вихідний (пер-  
вісний) варіант. Назване вдосконалення моделі повинне бути перевірене по відповідності  
попиту на рудну сировину за її обсягом та якістю (рис. 2). За змістом перевірки важливу роль  
грає обмеження за запасами руди й її якості в родовищі.



Рис. 2. Структурно-логічна схема удосконалення вихідного варіанту способу розробки залізрудного родовища

Інформація про фактичний рівень охорони природи при вдосконаленні способу розробки родовища на основі уточненого й оптимізованого процесу видобутку й переробки руди передається екологічній службі підприємства. У результаті її аналізу й оцінки за відповідністю вимогам екологічної безпеки здійснюється еколого-економічна дія по коректуванню змісту й обсягів наступних природоохоронних заходів.

Викладений вище методичний підхід дозволяє обґрунтувати раціональний спосіб розробки круто падаючого рудного покладу в залежності, від глибини його залягання виходячи з еколого-економічної ефективності, що дає можливість установити область застосування відкритих і підземних гірничих робіт при максимально можливому прибутку гірничорудного підприємства від реалізації металургійної сировини й мінімально припустимому порушенні природного середовища.

Вищенаведене дозволяє зробити такі висновки.

1. Область застосування відкритого та підземного способів розробки рудного покладу за глибиною його залягання слід визначати з урахуванням втрат і засмічення корисної копалини в надрах, порушень природного середовища й витрат на їхнє запобігання або усунення. Критерієм оцінки ефективності способу розробки родовища запропонований потенційний прибуток, що може одержати гірничорудне підприємство від експлуатації родовища.

2. Доцільний спосіб розробки родовища, а також певний природоохоронний захід має ухвалюватися на підставі розроблених автором показників, які характеризують витрати на природоохоронні заходи та їх економічну рівновагу, економічну інтенсивність порушення та зміну еколого-економічного рівня природного середовища.

3. Подальші дослідження за визначеною в статті проблемою мають бути спрямовані на розробку економіко-математичних моделей собівартості видобування й перероблення рудної сировини на підставі запропонованих у роботі [7] критеріїв еколого-економічної ефективності цих процесів.

### *Література*

1. Римарчук Б.И. О перспективе перехода шахт Криворожского бассейна к подземной добыче мегнетитовых кварцитов / Б.И. Римарчук, А.Е. Грицина, Б.Т. Драгун // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2006. – Вип. 13 – С. 20–24.
2. Кононенко В.Д. Економічна оцінка доцільності подальшої переробки руд підземного видобутку гірничозбагачувальними комбінатами / В.Д. Кононенко, С.А. Ртищев // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2004. – Вип. 3 – С. 154–157.
3. Темченко А.А. Анализ экономических показателей железорудных шахт Украины / А.А. Темченко, А.В. Яковенко, С.А. Харин // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2004. – Вип. 3 – С. 184–187.
4. Саллі В.І. Планування екологічних заходів при здійсненні виробничої діяльності гірничозбагачувальними комбінатами / В.І. Саллі, І.Є. Лозинський // Економічний вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2007. – № 1(17) – С. 60–685.
5. Техничко-економические показатели горнодобывающих предприятий Украины в 2006 – 2007 гг. – Кривой Рог: ГНИГРИ, 2008. – 155 с.
6. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Часть 2. Технология и комплексная механизация открытых разработок. / М.Г. Новожилов, В.С. Хохряков, Г.Д. Пчелкин, В.С. Эскин. – М.: Недра, 1971. – С. 552.
7. Тимошенко Л.В. Порівняльна еколого-економічна оцінка можливих способів розробки залізорудних родовищ /Л.В. Тимошенко// Економіка: проблеми теорії та практики. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2009. – Вип. 258: В 4 т. – Т. IV – С. 1011–1023.

*Рекомендовано до друку:*  
д.е.н., проф. Ваговою О.Г. 26.04.2010

*Надійшло до редакції:*  
15.04.2010