

УДК 65.012.8: 338.246

*М. І. Іщенко,**к. е. н., член правління, Директор Гірничодобувного дивізіону ТОВ "МЕТІНВЕСТ ХОЛДІНГ"*

# ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІЯЛЬНОСТІ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ З УРАХУВАННЯМ СТАДІЇ ЦИКЛУ ДІЛОВОЇ АКТИВНОСТІ

M. Ischenko,

PhD in Economics, Board member, director of Mining Division of "METINVEST HOLDING" LLC

IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL DEPENDENCES OF THE ACTIVITY RESULTS OF ORE  
MINING PLANTS TAKING INTO ACCOUNT THE STAGE OF THE BUSINESS CYCLE

*У роботі проаналізовано економіко-математичну залежність фінансово-економічних результатів діяльності гірничо-збагачувальних комбінатів від ресурсного базису підприємства та зовнішні чинників, зокрема, індексу світового виробництва залізорудної сировини. При перевірці моделі встановлено, що існуюча модель не враховує відмінності в умовах функціонування підприємств у різних фазах циклу ділової активності. Розроблено окремі залежності результатів діяльності гірничо-збагачувальних комбінатів від їх ресурсного базису, що дозволяють прогнозувати фінансово-економічні результати як на стадії спаду, так і в період економічного зростання.*

*The paper analyzes the economic-mathematical dependence of the financial-economic activity results of ore mining plants from the resource basis of the enterprise and external factors, in particular, the index of world production of iron ore raw materials. When testing the model found that the current model does not take into account differences in the functioning of enterprises in different phases of the business cycle. Developed according to activity results of ore mining plants from their resource basis, which allow to predict the financial-economic results as at the stage of recession and in the period of economic growth.*

*Ключові слова: фінансово-економічні результати, кореляційно-регресійний аналіз, циклічність.*

*Key words: financial and economic results of the correlation analysis, the cyclical nature.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

З економічної теорії відомо — кожне підприємство як елемент загальної економічної системи перебуває послідовно у різних стадіях циклу ділової активності. Для кожної стадії притаманний свій набір ресурсів, що допомагає суб'єкту господарювання пережити поточну стадію, та свій рівень результативності підприємницької діяльності.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Результуюча комплексна модель формування фінансово-економічного результату у відповідності до наявних, незалежних ресурсів та впливу зовнішніх факторів, запропонована в [4], має вигляд:

$$\begin{cases} РБ = 1,269 \cdot МТР^{0,5864} \cdot ТР^{0,4136}; \\ РП = 0,2134 \cdot РБ^{0,3958} \cdot СР^{0,6042}; \\ ФЕР = 78,922 \cdot РП^{1,33581} \cdot Івир \end{cases} \quad (1),$$

де РБ — ресурсний базис;  
 МТР — матеріально-технічні ресурси;  
 ТР — трудові ресурси;  
 РП — ресурсний потенціал;  
 СР — стратегічні ресурси;  
 ФЕР — фінансово-економічні результати;  
 Івир — індекс світового виробництва залізорудної сировини.

При перевірці даної моделі на адекватність шляхом інтерполяції результатів та їх порівняння з фактичними даними встановлено, що показник адекватності за Пірсоном дорівнює 0,71. Вважаємо, що рівень адекватності моделі можна вважати задовільним, якщо критерій Пірсона становить не менше 75%.

Зазначена невідповідність пояснюється тим, що період, що досліджувався, не був однорідним. Він характеризувався значними змінами економічної ситуації у часі з боку використовуваних ресурсів і отриманих фінансово-економічних результатів.

Так, діяльність підприємств за цей період щонайменше двічі зазнавала суттєвих змін. Ми говоримо про кризові явища 2008—2009 років та про їх наслідки для функціонування світового ринку і підприємств галузі зокрема.

У нашому випадку, 2009 та 2012 роки характеризувались роботою підприємств у режимі запобігання спаду, коли необхідно було виконувати певні фінансово затратні заходи для зменшення негативних наслідків скорочення виробництва: скорочення штату персоналу, переведення незадіяного обладнання у режим консервації, додаткове фінансування маркетингових досліджень. У цей же час ефективність частини ресурсів, що залишалися не законсервованими, потребувала заходів, щодо покращення ефективності їх використання, мінерально-сировинна база залишалася незмінною в очікування наступної стадії циклу.

Період 2008, 2010, 2011 років навпаки характеризувались поведінкою у режимі піднесення, коли додаткових витрат на маркетинг не потрібно, підприємство виходить на рівномірний, плановий режим роботи, задіюються усі наявні ресурси, оскільки головним стає завдання — отримати максимальний прибуток доки триває позитивна стадія циклу активності.

Дослідивши особливості функціонування підприємств у названі періоди (спад та піднесення), ми можемо зауважити, що з точки зору поліпшення результативності моделювання доцільним є виділення як окремих вибірок вихідних даних за відповідні часові періоди та створення окремих економіко-математичних моделей формування фінансово-економічних результатів по кожній стадії.

### МЕТА СТАТТІ

Метою статті є розробка окремих економіко-математичних залежностей результатів діяльності гірничозбагачувальних комбінатів від їх ресурсного базису в залежності від фази циклу ділової активності.

**Таблиця 1. Аналіз впливу зовнішніх та внутрішніх чинників на результати діяльності ГЗК**

	РП	Івир	ФЕР
РП	1		
Івир	-0,615315	1	
ФЕР	0,938423	-0,731966	1

### ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянемо спочатку стадію спаду ділової активності. Ресурсні елементи впливають на швидкість та величину реакції з боку ресурсного базису в певних межах.

На стадії спаду актуальними для підприємства стають матеріально-технічні, фінансові та трудові ресурси. Оскільки від ефективності їх використання залежить функціонування підприємства як самостійного суб'єкта та виживання на протязі всієї фази.

Матеріально-технічні та трудові ресурси починають використовуватись максимально ефективно, використовуються всі наявні резерви. Тому вплив на структуру ресурсного базису високий. Активізація роботи, мобілізація матеріальних і трудових ресурсів відбувається за рахунок використання достатньо великих і адекватних фінансових ресурсів, що були накопичені у фазі зростання.

З метою виявлення незалежних факторів, що впливають на результативні ознаки у моделі (1) і можуть бути включені до її базису, проведено кореляційний аналіз взаємозалежностей всіх чинників у вихідній вибірці. Результати аналізу показують, що існує суттєва автокореляція між показником ресурсного базису та стратегічними ресурсами. Оскільки стратегічні ресурси є незалежним фактором, який впливає на можливість підприємства рухатись із фази у фазу циклу ділової активності, то ми приймаємо рішення про реформатування моделі (1) у модель з двома рівняннями, одне з яких опише взаємозв'язки у структурі формування ресурсного потенціалу, а друге — вплив зовнішніх і внутрішніх чинників на фінансово-економічні результати.

Найбільш вагомими і такими, що будуть включені до базису моделі ресурсного потенціалу, за результатами кореляційного аналізу визначено: матеріально-технічні, фінансові, трудові та стратегічні ресурси.

У період спаду фінансові ресурси діють у протилежному до всіх інших ресурсів напрямку, оскільки підприємство зменшує величину фінансових ресурсів, перетворюючи їх у знаряддя підтримки життя підприємства і це допомагає пережити несприятливе для бізнесу становище.

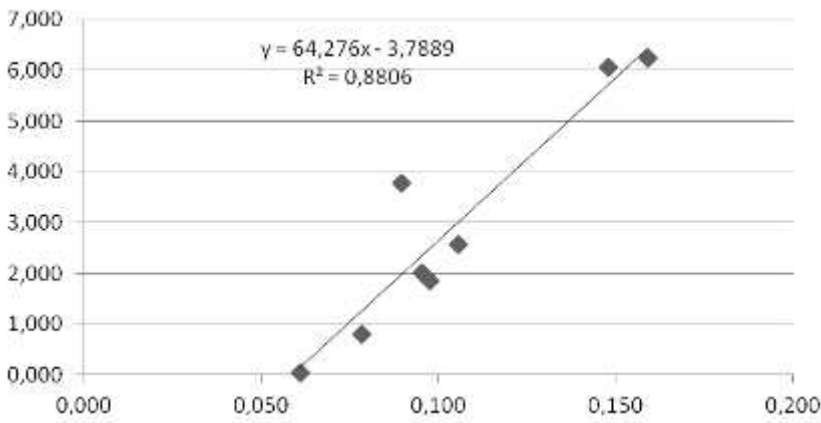
Модель формування структури ресурсного потенціалу для фази спаду ділової активності підприємства набуває вигляду:

$$РП = 0,6988 \cdot МТР^{0,6004} \cdot ФР^{0,4083} \cdot ТР^{0,7347} \cdot СР^{0,7695} \quad (2).$$

Проведемо кореляційний аналіз впливу на рівень фінансово-економічних результатів ресурсного потенціалу та індексу середньосвітового виробництва (табл. 1).

Як видно з наведеного, фінансово-економічні результати діяльності підприємства у фазі спаду циклу ділової активності (ЦДА) залежать від двох названих факторів суттєво, але ресурсний потенціал має теж великий автокореляційний зв'язок з індексом світового виробництва залізорудної сировини.

З метою мінімізації втрат на даній стадії циклу ділової активності підприємство змушене "замкнутися" у власних



**Рис. 1. Характер залежності величини фінансово-економічних результатів від ресурсного потенціалу у фазі спаду**

проблемах і створити всі умови для тривалого очікування наступної фази зростання. У цей час воно уважно спостерігає за ситуацією на ринку, активно адаптує ресурсний потенціал для більшого ресурсозбереження і відповідності наступним змінам ринкового середовища. Тому з метою поліпшення рівня моделювання і виводу з базису залежних змінних ми вилучаємо останній фактор.

Регресійний аналіз показав, що найбільш адекватною формою математичного зв'язку для даної залежності є лінійна, яка є статистично значимою і достовірною (рис. 1).

Модель формування фінансово-економічних результатів у фазі спаду є модифікацією економіко-математичної моделі (1) і набуває вигляду:

$$\begin{cases} \text{РП} = 0,6988 \cdot \text{МТР}^{0,6004} \cdot \text{ФР}^{0,4083} \cdot \text{ТР}^{0,7347} \cdot \text{СР}^{0,7695} \\ \text{ФЕР} = -3,7889 + 64,276 \cdot \text{РП} \end{cases} \quad (2).$$

Показник адекватності моделі (2) за Пірсоном становить 0,93.

Виконаємо аналогічні розрахунки і побудову економіко-математичної моделі формування фінансово-економічних результатів у фазі зростання.

На стадії піднесення актуальними і системоутворюючими для підприємства стають матеріально-технічні, трудові ресурси. Підприємство починає активно долучати до виробничій сфері додаткові ресурси, здійснює розконсервацію наявних засобів праці, виконує додатковий набір кадрів.

Матеріально-технічні та трудові ресурси починають нарощуватись на початковому етапі неузгоджено, оскільки підприємству потрібен деякий час на збалансування різних видів ресурсів. Тривалість такого перехідного періоду на ГЗК коливається від двох до чотирьох виробничих циклів. Значною мірою на тривалість зазначеного періоду впливає кваліфікація персоналу, який здійснює обслуговування та налагодження засобів праці, їх підготовку до виробництва, а також кваліфікація, досвід та мотивація персоналу, який додатково долучається до роботи на підприємстві.

Активізація роботи підприємства, мобілізація матеріальних і трудових ресурсів відбувається за рахунок використання резервних потужностей та очікувано високих доходів, характерних для даної фази циклу ділової активності на світовому ринку при мінімальних виробничих витратах, притаманних стану вітчизняної економіки та ринку праці у країні.

З метою виявлення незалежних факторів, що впливають на результативні ознаки у моделі (1) і можуть бути включені до її базису, проведено кореляційний аналіз взаємозалежностей всіх факторів і чинників у вихідній вибірці за період зростання (табл. 2).

Результати аналізу показують, що на стадії зростання ділової активності

підприємства виявляється тісний автокореляційний зв'язок між матеріально-технічними ресурсами та мінерально-сировинною базою підприємства. Це пояснюється паралельним розгортанням названих чинників з метою нарощення та освоєння проектних виробничих потужностей підприємства. Тісний автокореляційний зв'язок між фінансовими та трудовими ресурсами пояснюється пропорційністю змін та однаковими реакціями названих ресурсів на зміну економічного положення на підприємстві. Фінансові ресурси долучаються до розгортання програми розширення трудового потенціалу на підприємстві, що зменшує їх ефективність.

Також існує суттєва автокореляція між показником ресурсного базису та стратегічними ресурсами. Оскільки стратегічні ресурси є незалежним фактором, який впливає на можливість підприємства рухатись із фази у фазу циклу ділової активності, то ми приймаємо рішення, як і у випадку з моделюванням фази спаду, про переформатування моделі (1) у модель з двома рівняннями, одне з яких опише взаємозв'язки у структурі формування ресурсного потенціалу, а друге — вплив зовнішніх і внутрішніх чинників на фінансово-економічні результати.

Найбільш вагомими і такими, що будуть включені до базису моделі ресурсного потенціалу, за результатами кореляційного аналізу (табл. 2) визначено матеріально-технічні, трудові та стратегічні ресурси. Такі фактори, як мінерально-сировинні, фінансові ресурси та ресурсний базис виключаємо з моделі, оскільки має місце автокореляція до інших чинників моделі.

У фазі зростання трудові ресурси діють спочатку у протилежному до ресурсного потенціалу напрямку, оск-

**Таблиця 2. Кореляційний аналіз взаємозалежностей факторів у моделі в періоді зростання**

Назва чинника	МСР	МТР	ФР	ТР	Ресурсний базис	СР	Ресурсний потенціал
МСР	1,000						
МТР	<b>0,404</b>	1,000					
ФР	0,392	0,277	1,000				
ТР	-0,003	0,358	<b>-0,561</b>	1,000			
Ресурсний базис	0,543	0,803	0,177	0,667	1,000		
СР	0,139	0,751	-0,001	0,756	<b>0,864</b>	1,000	
Ресурсний потенціал	0,351	<b>0,785</b>	0,071	<b>0,757</b>	0,969	<b>0,958</b>	1,000

ільки підприємство на початку фази злучає недостатньо кваліфікований персонал. Його досвід, кваліфікація і продуктивність поступово зростають і починають діяти у відповідному до загального тренду напрямку. Загальна ж тенденція, що виявляється упродовж всієї вибірки — це зростання.

Аналіз вигляду і форми функціональної залежності для ресурсного потенціалу у парі до вищезазначених чинників показав, що можливе поліпшення функціонального базису (табл. 3). З метою вдосконалення вигляду функцій нами використано теорію "трикутника Паскаля", за допомогою якого будується біном, визначається, яка саме з простих функцій буде включена до базису, а критерієм переходу і заміни однієї функції на іншу у поліномі виступає мінімальне значення середньоквадратичного відхилення. Чим менше значення критеріального показника, тим кращий з точки зору надійності майбутнього результату використання ми маємо вигляд функціональної залежності.

Модель формування структури ресурсного потенціалу для фази піднесення ділової активності підприємства набуває вигляду:

$$PI = 0,2463 \cdot MTP^{0,2169} \cdot TP^{0,2759} \cdot CP^{0,5072} \quad (3)$$

Надійність отриманого математичного рівняння складає 95% за показником Пірсона.

Далі виконаємо кореляційний аналіз впливу на рівень фінансово-економічних результатів ресурсного потенціалу та індексу середньосвітового виробництва у фазі зростання ділової активності підприємств (табл. 4).

З таблиці 4 видно, що, фінансово-економічні результати діяльності підприємства у фазі зростання ділової активності залежать від двох названих факторів досить суттєво. Автокореляційні зв'язки між факторами моделі відсутні. Тому ми залишаємо обидва чинники у базисі моделі і досліджуємо форму функціональної залежності факторів з величиною отриманого фінансово-економічного результату.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що найбільш адекватною формою математичного зв'язку для даної залежності фінансово-економічних результатів від величини виробничого потенціалу є логарі-

**Таблиця 3. Альтернативні варіанти функціональних залежностей у функції ресурсного потенціалу у фазі зростання**

Фактор	Функціональний зв'язок	σ
Матеріально-технічні ресурси (МТР)	PII = 0,536136997 MTP <sup>2</sup>	0,00026
	PII = exp(2.889805524 Ln(MTP))	0,00023
	PII = 5.43822074 exp(MTP) - 8.2328786 MTP - 4.7272182	0,00018
Трудові ресурси	PII = 0,248561673 TP	0,00561
	PII = 0,592103545 Ln(TP) + 0,2654779 / TP	0,00486
	PII = -1.27575329564377 TP <sup>2</sup> + 3.60173082 Ln(TP) + 1.464098 / TP	0,00444
Стратегічні ресурси	PII = 0,35367 CP <sup>2</sup>	0,00019
	PII = exp(1.51743672 exp(CP) - 4.836807)	0,00015
	PII = -1.031091 / exp(CP) + 1.117251 exp(CP) - 2.2416973 CP	0,00014

**Таблиця 4. Аналіз факторів у моделі на результати діяльності в періоді зростання**

Назва чинника	PII	I <sub>вир</sub>	ФЕР
PII	1		
I <sub>вир</sub>	0,383	1	
ФЕР	0,698	0,623	1

фмічна, яка є статистично значимою і достовірною (рис. 2). Для підтвердження гіпотези про характер взаємозв'язку було використано критерії Фішера та Ст'юдента.

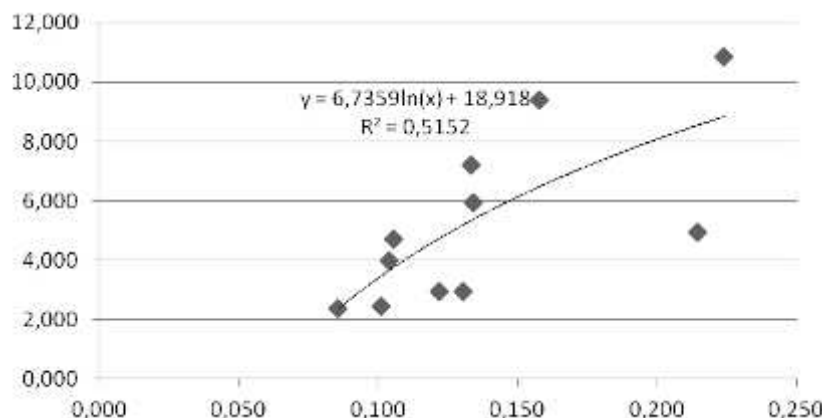
Залежність фінансово-економічного результату від макроекономічного показника, а саме індексу середньосвітового виробництва залізорудної продукції має за своєю математичною формулою поліноміальний зв'язок другого ступеня і рівень достовірності моделі 0,65.

Використавши інструментарій кореляційно-регресійного аналізу, ми виконаємо оцінку параметрів моделі фінансово-економічного результату, яка складної функцією. В ній адитивно пов'язані два елементи: перший — рівень ресурсного потенціалу з притаманним йому логарифмічним зв'язком, другий — макропоказник — індекс світового виробництва залізорудної продукції у формі поліноміального зв'язку другого порядку.

Економіко-математична модель формування фінансово-економічного результату у фазі зростання ділової активності буває вигляду:

$$FER = 592,426 + 5,527 \cdot \ln(PII) - 1024,63 \cdot I_{вир} + 454,189 \cdot I_{вир}^2 \quad (4)$$

Модель формування фінансово-економічних результатів у фазі зростання є модифікацією економіко-математичної моделі (1). У ній поєднано дві стадії формування результатів діяльності підприємства, а саме: ресурсна стадія, яка забезпечує отримання кінцевої продукції, і стадія реалізації продукції, на якій основну роль відіграє фактор



**Рис. 2. Характер залежності величини фінансово-економічних результатів від ресурсного потенціалу на стадії спаду**

**Таблиця 5. Порівняльна характеристика економіко-математичних моделей формування фінансово-економічного результату у різних фазах циклу ділової активності**

Результуючий показник	Фаза циклу ділової активності					
	Спад			Зростання		
	Вагомі чинники	Функціональний зв'язок	Надійність, коеф. Пірсона	Вагомі чинники	Функціональний зв'язок	Надійність, коеф. Пірсона
РП	МТР, ФР, ТР, СР	$РП=0,6988 \cdot МТР^{0,6004} \cdot ФР^{0,4083} \cdot ТР^{0,7347} \cdot СР^{0,7}$	0,97	МТР, ТР, СР	$РП=0,2463 \cdot МТР^{0,2169} \cdot ТР^{0,2759} \cdot СР^{0,5072}$	0,94
ФЕР	РП	$ФЕР=-3,7889+64,276РП$	0,88	РП, Івир	$ФЕР=592,426+5,527 \cdot \ln(РП)-1024,63 \cdot I_{\text{вир}}+454,189 \cdot I_{\text{вир}}^2$	0,82

ситуації на ринку. Таким чином, поєднуємо модель (3) та (4) і отримуємо наступну систему математичних рівнянь:

$$\begin{cases} РП = 0,2463 \cdot МТР^{0,2169} \cdot ТР^{0,2759} \cdot СР^{0,5072}, \\ ФЕР = 592,426 + 5,527 \cdot \ln(РП) - 1024,63 \cdot I_{\text{вир}} + 454,189 \cdot I_{\text{вир}}^2 \end{cases} \quad (5).$$

Економіко-математична модель (5) була перевірена на адекватність шляхом інтерполяції результатів та їх порівняння з фактичними. Показник адекватності за Пірсоном показав рівень надійності 0,86.

Отримані моделі (2) та (5) можуть бути використані на етапі планування та прогнозування показників результативності і ресурсної забезпеченості у відповідності до фази циклу ділової активності підприємства.

Порівняння загального вигляду моделей формування фінансово-економічного результату у фазі спаду та у фазі зростання ділової активності підприємства представлено у таблиці 5.

Як видно з таблиці 5, існує відмінність у складі вагомих чинників моделі та формі функціонального між ними. І у першому, і у другому випадку має місце чотирьохфакторна модель, але склад і порядок введення незалежних чинників у модель варіюється. На фазі спаду головними, значущими змінними є величина матеріально-технічних, фінансових, трудових і стратегічних ресурсів.

У фазі зростання значущими факторами виявляються матеріально-технічні, трудові, стратегічні ресурси та макрочинник — індекс світового виробництва залізвмісної сировини.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, запропоноване вдосконалення економіко-математичної моделі формування фінансово-економічних результатів діяльності гірничо-збагачувальних комбінатів дозволяє одержати більш точні результати прогнозування при прийнятті управлінських рішень з урахуванням фази циклу ділової активності підприємства. Розроблені моделі враховують ресурсні чинники, що формують виробничу потужність підприємств, і чинники макросередовища, які характеризують рівень поточної потреби у продукції підприємства на ринку.

### Література:

1. Grant R.A. resource-based perspective of competitive advantage / R. A. Grant // California Management Review. — 1991. — 33. — P. 114—135.

2. Варава Л.Н. Стратегическое управление горнодобывающими предприятиями: монография / Л.Н. Варава. НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти. — Донецк, 2006. — 356 с.

3. Власов М.П. Моделирование экономических процессов / М.П. Власов, П.Д. Щикко / — Ростов н/Д.: Феникс, 2005. — 409 с.

4. Іщенко М.І. Моделювання залежності фінансово-економічних результатів гірничо-збагачувальних комбінатів від ресурсного базису [Електронний ресурс] / М.І. Іщенко // Ефективна економіка. — 2014. — № 5 — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/>

5. Окоркова Л.Г. Ресурсный потенциал предприятий /Л.Г. Окоркова. — СПб.: С-ПбГТУ, 2001. — 293 с.

6. Рябікіна Н.І. Застосування наукових підходів до ефективного використання техніко-технологічної бази підприємств гірничо-металургійного комплексу / Н.І. Рябікіна, О.Г. Рябікіна // Вісник Криворізького технічного університету. — Кривий Ріг: КТУ, 2010. — С. 308—312.

### References:

1. Grant, R. A. (1991), "Resource-based perspective of competitive advantage", California Management Review, vol. 33, pp. 114—135.

2. Varava, L. N. (2006), Stratehicheskoe upravlenye hornodobyvaiuschymy predpriyatiyamy [Strategic management of mining enterprises], NAN Ukrainy. Yn-t ekonomyky prom-sty, Donetsk, Ukraine.

3. Vlasov, M.P. and Shhikko, P.D. (2005), Modelirovanie jekonomicheskikh processov [Modeling of economic processes], Feniks, Rostov-on-Don, Russia.

4. Ischenko, M.I. (2014), "Modeling of dependence of financial results of ore mining plants from the resource basis", Efektyvna ekonomika,. [Online], vol. 5, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/> (Accessed: 01/06/2014).

5. Okorokova, L.G. (2001), Resursnyj potencial predpriyatij, [Resource potential of the enterprises], S-PbGTU, Saint-Petersburg, Russia.

6. Riabykina, N.I. and Riabykina, O.H. (2010), "The application of scientific approaches to the effective use of technical and technological base of the enterprises of mining-metallurgical complex", Visnyk Kryvoriz'koho tekhnichnoho universytetu, vol. 25, Kryvyj Rih, Ukraine. *Стаття надійшла до редакції 22.05.2014 р.*