УДК 622.012.001.2

І.Є.ГРИГОРЄВ, канд. техн. наук, доц., А.А. КІТОВ, магістрант,
Криворізький технічний університет

АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЦІН ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

У роботі наведено методику аналізу і прогнозування цін корисних копалин. Виявлено стійкий циклічний характер у ціноутворенні на залізорудну сировину. Розроблена економіко-математична модель, що дозволяє з високим рівнем ймовірності прогнозувати значення цін за періодами. Використання даних показників дає можливість визначати найбільш оптимальні проектні рішення, потреби у інвестиціях. Це є особливо важливим при проведенні техніко економічних оцінок варіантів проекту розробки родовищ корисних копалин.

В работе приведена методика анализа и прогнозирование цен полезных ископаемых. Выявлен стойкий циклический характер в ценообразовании на железорудное сырье. Разработана экономико-математическая модель, которая позволяет с высоким уровнем вероятности прогнозировать значение цен за периодами. Использование данных показателей дает возможность определять наиболее оптимальные проектные решения, нужды в инвестициях. Это особенно важно при проведении технико-экономических оценок вариантов проекта разработки месторождений полезных ископаемых.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. При проектуванні розробки родовищ корисних копалин найбільш важливою задачею проектувальника є визначення ефективності окремих проектних рішень і проекту в цілому. Якщо критерієм оцінки проектних рішень є метод оцінки доходу або прибутку проекту, то основними показниками будуть потужність підприємства, ціна на продукцію та витрати на її створення. Найбільш впливовим та невизначеним фактором при формуванні грошових потоків проекту є ціна на продукцію підприємства, яку у ринкових відносинах визначає ринок. Крім того, ціна на продукцію гірничодобувного підприємства визначає такий показник як мінімальний промисловий зміст корисного компоненту у руді. У свою чергу цей показник визначає промислові запаси руди родовища корисних копалин. Тому виникає питання – на яку ціну необхідно орієнтуватися проектувальнику гірничого підприємства?

Ринкові ціни на мінеральну сировину залежать від багатьох непередбачених факторів, які викликають її ріст або падіння на ринку. Стрибкові екстремуми не можуть бути використані при оцінці проектних рішень, по яким планується розпочати видобуток корисних копалин через декілька років. На основі прогнозування тільки росту цін більшість родовищ можна було-б вважати економічно рентабельними. Однак, за період її спаду, навіть великі та ефективно працюючі гірничовидобувні підприємства, з трудом функціонують рентабельно.

Аналіз публікацій. Основою для прогнозування цін на мінеральну сировину має слугувати історичний розвиток певної її ціни. В Україні використовується для визначення майбутніх цін на мінеральну сировину – методи плинних середніх, середніх рівнів ряду. Ці методології були розроблені майже сторіччя тому і мають ґрунтовну базу та десятиліття досвіду. Але на сучасному етапі, в умовах трансформаційної економіки, коли ринок корисних копалин міцно закріпився на біржовому ринку і коливання у ціні стали більш суттєвими, ефективність даних методів значно знижується. Виникає потреба у розробці нових методів визначення середніх очікуваних цін [1].

Постановка задачі. В умовах росту попиту на мінеральну сировину, розвитку інфляційних процесів, погіршення умов видобутку, в цілому спостерігається зростання цін, але у короткостроковій перспективі є періоди її падіння. Ці фактори виконують прямий вплив на формування ринку продукції гірничої промисловості, на розрахунки вартісних показників проекту, на вартість будівництва та експлуатації гірничодобувних підприємств. Тому важливою і актуальною на даний час є проблема оцінки та моделювання процесів утворення ринкових цін на мінеральну сировину в умовах вільної конкуренції на етапах проектування, будівництва та експлуатації гірничих підприємств, виявлення закономірностей у ціноутворенні, створення моделі розрахунку очікуваного рівня цін [2].

Виклад матеріалу та результати. При проектуванні гірничих підприємств для визначення найбільш раціональних проектних рішень проектувальники спираються на їх розрахункові економічні та фінансові показники: чиста приведена вартість, загальна сума отриманого прибутку, внутрішня норма рентабельності, строк окупності інвестицій.

Функція чистої приведеної вартості (NPV) в загальному випадку має прагнути до максимума:

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} \left[(Д_i - З_i) \cdot q^{-n} \right] - \sum K \to \max, \qquad (1)$$

де $Д_i$ – дохід у i-ому періоді;

$З_i$ – затрати i-го періоду;

q^{-n} – ставка дисконтування;

$\sum K$ – сума капітальних витрати.

Так як капітальних витрати вважаються в даному випадку незмінними, то регулювання прибутковість вкладень можливе лише за рахунок доходів ($Д_i$) та витрат ($З_i$).

Звідси дохід матиме вигляд суми добутків корисних копалин на їх ринкову ціну:

$$Д = \sum_{j=1}^{m} Q_j \cdot Ц_j, \qquad (2)$$

де: $Ц_j$ – ціна руди j-якості;

Q_j – об’єм реалізації мінеральної сировини

Якщо проектна потужність підприємства по видобутку мінеральної сировини певної якості незмінна то чим вище ціна, тим вищим буде отриманий прибуток. За умов природної обмеженості ресурсів, збільшення об'ємів запасів сировини в умовах конкретного родовища призводить до зниження процентного вмісту корисного компонента в сировині і в результаті до зміни собівартості продукції. Відповідно, техніко-технологічні показники проекту оцінюються проектувальником по економічним та фінансовим результатам, найкращі які є найбільш раціональними. Тому проектні рішення слід розглядати у тісному взаємозв'язку із перспективами ринкових цін на сировину. Тобто досить важливим моментом в діяльності проектувальника є стратегічне планування і моделювання процесів, що мають безпосередній вплив на виробництво. Для оцінки ефективності інвестування у відкриту розробку родовищ корисних копалин одним із таких факторів є майбутня ціна на видобуту сировину.

Заключні фінансово-економічні оцінки проекту розроботки родовища як правило основуються не на окремих цінах, а на їх діапазоні (3). Спочатку виводиться середня ціна, яка як вважається, з найбільшою ймовірністю наближається до очікуваної цінової тенденції. Потім її корегують вгору чи вниз у аналізі чуттєвості проекту.

Таблиця 1

Показники інтенсивності розвитку цін на Кускову руду

Рік	Кускова руда							
	Ціна	$К_{і(б)}$	$К_{і(л)}$	$Δ_{і(б)}$	$Δ_{і(л)}$	$Т_{п(б)}$	$Т_{п(л)}$	Плинна середня
1988	28,78	1	1	0	0	0	0	-
1989	33,76	1,173	1,173	4,98	4,98	17,3037	17,3	-
1990	39,15	1,1597	1,3603	10,37	5,39	36,032	15,97	36,402
1991	41,48	1,0595	1,4413	12,7	2,33	44,1279	5,951	37,714
1992	38,84	0,9364	1,3495	10,06	-2,64	34,9548	-6,36	37,614
1993	35,34	0,9099	1,2279	6,56	-3,5	22,7936	-9,01	36,962
1994	33,26	0,9411	1,1557	4,48	-2,08	15,5664	-5,89	36,202
1995	35,89	1,0791	1,247	7,11	2,63	24,7047	7,907	35,972
1996	37,68	1,0499	1,3092	8,9	1,79	30,9243	4,987	36,662
1997	37,69	1,0003	1,3096	8,91	0,01	30,959	0,027	36,976
1998	38,79	1,0292	1,3478	10,01	1,1	34,7811	2,919	36,586
1999	34,83	0,8979	1,2102	6,05	-3,96	21,0215	-10,21	35,834
2000	33,94	0,9744	1,1793	5,16	-0,89	17,9291	-2,56	35,078
2001	33,92	0,9994	1,1786	5,14	-0,02	17,8596	-0,06	34,1
2002	33,91	0,9997	1,1782	5,13	-0,01	17,8249	-0,03	36,026
2003	33,9	0,999	1,1779	5,12	-0,01	17,790	-0,03	44,478
2004	44,46	1,3115	1,5448	15,68	10,56	54,4823	31,15	55,834
2005	76,2	1,7139	2,6477	47,42	31,74	164,767	71,39	68,932
2006	90,7	1,1903	3,1515	61,92	14,5	215,149	19,03	94,932
2007	99,4	1,0959	3,4538	70,62	8,7	245,379	9,592	108,62
2008	163,9	1,6489	5,6949	135,12	64,5	469,493	64,89	-
2009	112,9	0,6888	3,9229	84,12	-51	292,286	-31,12	-
∑	1129,94	22,859	39,261	525,56	84,12	1826,13	185,9	844,924

Середній рівень ряду цін складає $\bar{y} = 52{,}67$, тобто середня ціна на кускову руду за період 1988 по 2009 р.р. – 52.67 у.о. Середній абсолютний приріст $\bar{\Delta} = 2{,}49$, тобто середня швидкість росту ціни на руду складає 2,49 у.о./рік. Середній коефіцієнт зростання складає $\bar{K}_p = 1{,}191$. Цей показник характеризує середню щорічну зміну ціни на залізорудну сировину (руду). Ціна руди зростає за рік у порівнянні з попереднім в середньому на 19,1%.

При аналізі рядів динаміки можуть бути виділені чотири елементи, що формують відповідні рівні:

$$y = f(T, C, S, \varepsilon), \tag{3}$$

де T – головна компонента, що відображає основну тенденцію розвитку(лінія тренду);

C – циклічна (кон'юнктурна) компонента;

S – сезонна компонента;

ε – випадкова величина (компонента).

Проаналізувавши показники динаміки цін кускової та дрібної залізної руди у часі за період з 1976 року по 2010 р отримуємо результат що останні мають стійкий циклічний характер. Для детальнішого аналізу циклічності розраховано і побудовано лінію тренду (рис. 1) що підтверджує тенденцію коливання у цін.

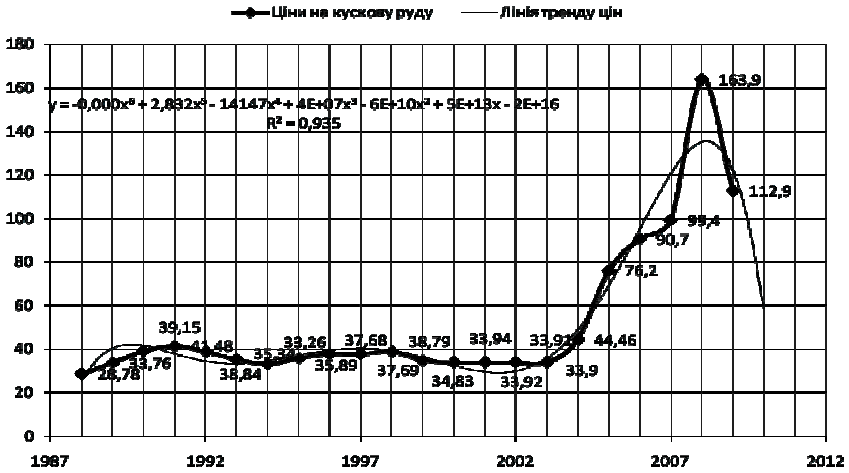

Рис. 1. Графік цін на кускову руду з 1988р по 2009р. і її лінія тренду

Для кускової руди ступінь достовірності лінії тренду складає 93.5 % тобто закономірність у цінах є досить стійкою.

За допомогою класичних методів наукового пізнання таких як аналіз та синтез проаналізуємо кожен елемент системи для отримання стійкої тенденції для етапів коливання.

Для цього розкладемо хронологію ціноутворення на етапи – в яких спостерігається стійке зростання або падіння цін. На даному випадку достатньо отримати усі екстремальні точки графіку (тобто такі в яких функція змінює напрямок), виділивши часові проміжки між ними.

$$\begin{cases} t_{3i} = t_{3i} + 1 \quad при \quad \Delta_{k(Л)} > 0; \\ t_{Пi} = t_{Пi} + 1 \quad при \quad \Delta_{k(Л)} < 0; \end{cases}, \tag{1.4}$$

де t_{3i} – тривалість і-го періоду зростання ціни;

$t_{Пi}$ – тривалість і-го періоду падіння ціни;

$\Delta_{k(Л)}$ – абсолютний приріст цін на руду зі змінною базою у *k*-у році.

Так найпершим циклом є роки з 1988 по 1991 р. де ціни на кускову руду мають поступове зростання. (Тривалість періоду зростання ціни $t_{3\,1}$=4 роки). Амплітуда(тобто різниця між найнижчим і найбільшим значенням) ціни на руду складає 41,48-28,78=12,7 у.о. тобто за період з 1988 по 1991 рр. ціна зросла на 12,7 у.о. Абсолютне значення приросту ціни за період складає (41,48-28,78)/28,78*100%=44,1%. Отже на 44,1 % відбулося зростання ціни за перші 4-ри роки.

З 1992 року по 1994 рік спостерігається стійке зниження ціни в порівнянні з піковою вартістю 1991-ого року. Так за 3 роки ціна впала з позначки 41,48 у.о. у 1991-у році до 33,36 у.о. у 1994 р. що складає -8.22 у.о. або -19,9% у відсотках. після чого знову спостерігається зростання ціни.

Наступний за періодом 1992-94 рр. є період 1995–98 року де знову спостерігається зростання цін терміном у 4 роки, а за ним 1999 -2002 р. їх падіння. Тобто, умовно можна об'єднати період зростання та спаду у вартості руди – назвавши таке коливання циклом. В результаті попереднього аналізу ми отримали 2-а повні цикли і один цикл що повністю не пройшов увесь період коливання.

Розраховані дані по кусковій руді заносимо до таблиці за періодами:

Таблиця 2

Показники динаміки циклів ціни на руду

Цикл №	Номер періоду	Роки	Тривалість періоду (років)	Початок, у.о.	Кінець, у.о.	Абсолютне відхилення, у.о.	Відносне відхилення, %.
1	1	1988 -91 рр.	4	28,78	41,48	12,7	44,1
	2	1992-94 рр.	3	41,48	33,26	-8,22	-19,9
2	3	1995-98 рр.	4	33,26	38,79	5,53	16,6
	4	1999 - 2004 рр.	4	38,79	34,83	-4,89	-3
3	5	2005-08 рр.	5	44,46	163,9	130	83,5
	6	2009 рр.	1	163,9	112,9	-51	-31,2

$$\mathrm{T_{ПЗ}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} t_{3i}}{m}, \tag{5}$$

де $T_{ПЗ}$ – середня тривалість періодів зростання ціни;

t_{3i} – тривалість і-го періоду зростання ціни;

m – кількість періодів зростання.

Проаналізувавши окремо періоди підйомів цін, і окремо їх спадів отримаємо:

Середня тривалість зростання $Tпз$=4,3 роки. Середня тривалість періоду падіння ціни $Tпп$=3,5 роки

У середньому ціна при зростанні збільшується на 49,4 у.о. при падінні знижується на 21,3 у.о. У відносних показниках це: середньостатистичне зростання складає 148,1%, середньостатистичне падіння ціни 11,4 %.

Досліджуючи дані за циклами отримаємо середню тривалість циклу 7,5 років. Зміна вартості руди за перший цикл розраховується як різниця між цінами сідловин точок кожного з циклів. Такими є ціна 1988 р. (початок 1-ого циклу) та 1994 р. (кінець першого – початок 2-ого циклу) відображені на рис. 5. $\Delta_{Ц1}$=(33,26-28,78)=4,48 у.о., за цикл 2 $\Delta_{Ц2}$=(34,83-33,26)=1,57 у.о.

Проаналізувавши дані лінії тренду отримуємо функції графіків 2-гого ступеня для кожного із циклів

Цикл 1: $y = -1{,}067x^2 + 9{,}123x + 20{,}66$

Цикл 2: $y = -0{,}525x^2 + 4{,}243x + 29{,}55$

На основі попередньо розрахованих даних середньої тривалості циклу, функції ліній тренду для них маємо змогу розрахувати лінію тренду для наступного (або не повного циклу) на основі якої проведемо наближене визначення значень майбутніх цін(тобто визначення значень поза відомим інтервалом - екстраполяція).

Отримаємо функцію: y = -3,816x2 + 44,25x + 0,908

Дата	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ціна	44,46	76,2	90,7	99,4	163,9	112,9	123,676	110,686	90,064	108,81

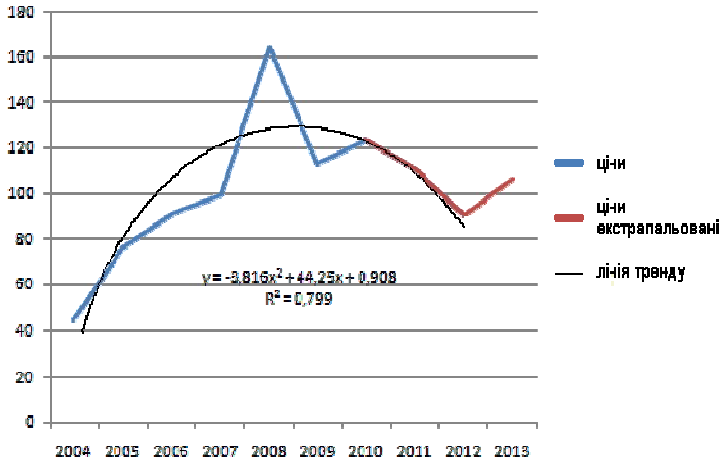

Рис. 2. Ціна кускової руди з екстраполяцією до 2013р (цикл 3)

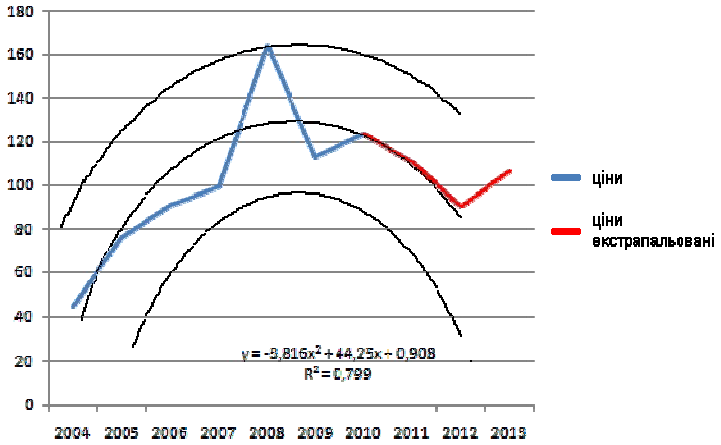

Рис. 3. Коридор коливань цін на руду

Маючи дані про розсіювання маємо змогу побудувати коридор коливання цін на кускову руду, і таким чином встановити зони прибутковості(де значення вище за середні) і зони високого ризику(при цінах нижче середніх)

Висновки.Проаналізувавши фактори впливу на формування прибутку залізорудної галузі доходимо висновку про основоположність фактору ціни на залізорудну сировину при розробці вартісних показників, і розрахункової прибутковості, вартість їх будівництва та технічного переозброєння родовищ корисних копалин. Проаналізувавши показники інтенсивності розвитку цін на залізорудну сировину, і структури у їх формуванні, спостерігається загальна тенденція до їх зростання - приблизно на 14,7 % щорічно, що у грошовому вимірі складає 3,21 у.о на рік. На основі проведеного аналізу рядів динаміки виявлено стійкий циклічний характер у ціноутворенні залізної руди та окатишів. Середня тривалість циклу коливання у залізорудній промисловості складає 8,47 роки, (7,83 р. для кускової, 9,33 для дрібної руди і 8.25 для окатишів). Між коливаннями циклів мінімальна ціна підіймається у середньому на 7,33 у.о. При зростанні у середньому ціна збільшується на 44,8 у.о. за період, при падінні знижується на 33,71 у.о. за період. За період зростання ціна змінюється на 127,5 % від початкового значення, за період падіння ціни знижуються на 25,7 %.

Використання даних моделей та результатів є важливим і необхідним при розробці проектної документації та проведенні техніко-економічних обґрунтувань ефективності інвестування у розробку родовищ корисних копалин.

Список літератури

1. **Бизов В.Ф., Дриженко А.Ю.** Відкриті гірничі роботи : Підручник для ВНЗ. Кр. Ріг : – Мінерал, 2004. – 341 с.

2. **Вельмер Ф.В.** Экономическая оценка месторождений.- К.:Логос. 2001. – 198 с.

3. **Просветов Г.И.** Прогнозирование и планирование: Задачи и решения: Учебно-методическое пособие - М.: РДЛ, 2005. - 288 с.