

ЦИКЛІЧНІ ЯВИЩА В УРАНОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Розглянуто розвиток уранодобувної галузі України з радянської доби до теперішнього часу. Обґрунтовано періоди розвитку та спаду отримання закису-окису урану в Україні. Досліджено вплив різних чинників на собівартість видобутку уранової руди, а також виконано кореляційно-регресійний аналіз, на підставі якого побудована модель, що дає змогу оцінити залежність собівартості урану від вмісту металу в рядовій руді.

Ключові слова: видобуток урану, кризові явища, кореляційно-регресійний аналіз.

Вступ. Сучасна економічна теорія розглядає декілька типів економічних циклів розвитку промисловості. В загальному вигляді виділяють короткострокові, середньострокові та довгострокові цикли.

До короткострокових циклів відносять циклічні явища, що проводжуються до 3-3,5 років. Середньострокові цикли, що характеризують промислову діяльність людства, тривають протягом 18 років. Довгострокові цикли, або цикли Кондратьєва, відносять до найбільш довгих, що тривають впродовж 45-50 років [1]. Запропоновано розглядати економічні цикли з точки зору ефекту акселератора [2]. Мова йде про отримання ефекту значного приросту виробництва при незначних інвестиційних вливаннях в економіку. При цьому запропоновано таку формулу акселератора, який має кількісне відображення, а саме відношення приросту інвестицій до приросту виробництва або національного доходу:

$$A = \frac{I_t - I_{t-1}}{Y_t - Y_{t-1}},$$

де I_t і I_{t-1} – рівень інвестицій в момент часу t і $t-1$;

Y_t і Y_{t-1} – національний дохід або обсяги виробництва в економіці в ті самі моменти часу.

Науковці звертають увагу на економічні цикли ще в першій половині XIX ст. [3]. При цьому вони розглядали різні чинники, які впливають на економічні цикли. Розгляду циклічності економічних процесів присвячені праці багатьох відомих вітчизняних та зарубіжних вчених економістів [3]. Значною мірою проблемі циклічності присвячено дослідження Ю.В. Яковця [4].

Проте, незважаючи на велику кількість досліджень в цій сфері, циклічність розвитку уранодобувної галузі практично не розглядалася та не аналізувалася.

Метою нашої роботи є встановлення впливу головних чинників на розвиток уранодобувної галузі в СРСР і в Україні.

Основна частина. Розвиток уранової промисловості Радянського Союзу розпочався в Україні наприкінці 40-х та на початку 50-х років. Метою видобутку урану, отримання закису-окису та подальшого збагачення готової продукції по урану 235 (заводи розташовані в Росії) було створення ядерної зброї і не мало в той час жодного стосунку до виробництва електроенергії на АЕС. Слід відзначити, що дані, наведені в деяких працях [5] про початок розвитку атомної енергетики, починаючи з 40-х років минулого століття, не мають достовірного характеру. В той час збагачений уран викорис-

товувався виключно для воєнних цілей. В подальшому видобуток уранової руди розпочався також і в Росії та країнах середньої Азії. Було створено спільне підприємство СРСР та НДР («Вісмут»), яке направляло урановий концентрат на переробку в місто Жовті Води та побудований пізніше Придніпровський хімічний завод. Уранова промисловість на Україні, як в радянські часи, так і в період незалежності, мала яскраво виражений циклічний характер. Дані, які наведені на рис. 1 [6], потребують додаткового тлумачення.

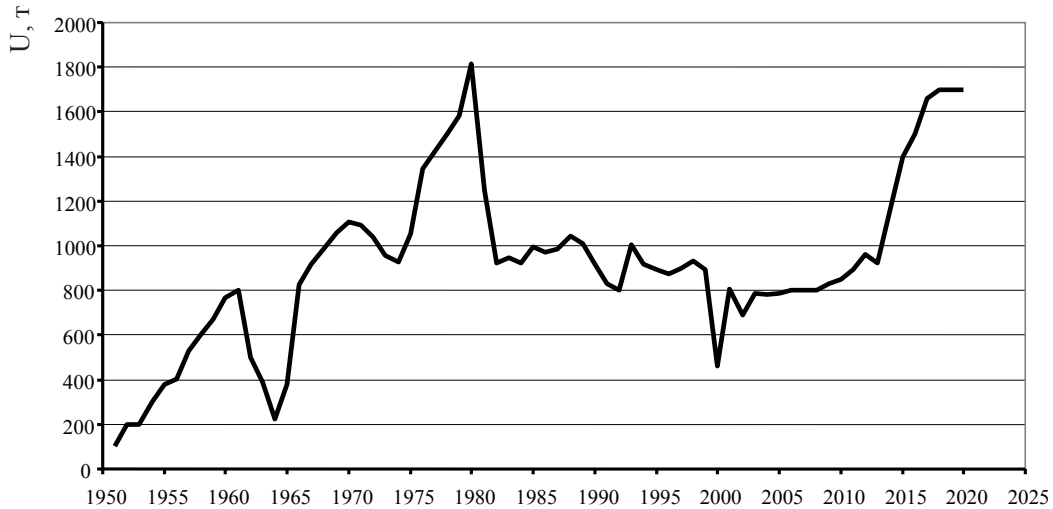


Рис. 1. Динаміка обсягів видобутку урану ДП «Схід ГЗК» з 1951 – 2020 рр. (загальний видобуток за період більш ніж 52 тис. т урану)

Наведена циклічність видобутку урану на Україні характеризується такими чинниками. Зростання обсягів виробництва урану в 50-ті роки минулого століття зв'язано з початком становлення уранової галузі. На початку 60-х років спад виробництва був викликаний початком видобутку уранової сировини на шахтах Росії та Середньої Азії. Підйом видобутку урану в 70-х роках ХХ ст. був обумовлений становленням атомної енергогенеруючої промисловості. Подальший спад виробництва був зумовлений закінченням «холодної війни» та трагедією, що сталася на Чорнобильській АЕС. Чергове зниження видобутку урану у 2000 р. обумовлено світовою економічною кризою. В подальшому, в зв'язку зі стабілізацією економічної ситуації в Україні, а також підвищенням ціни на уран на спотовому та довгостроковому ринках, почалося поступове зростання видобутку урану. На цей час ДП «Схід ГЗК» продає Національній атомній енергогенеруючій компанії (НАЕК «Енергоатом») закис-окис урану за фіксованою ціною для подальшої передачі його в Росію, де здійснюється збагачення та виготовлення тепловиділяючих елементів (ТВЕЛів) для атомних станцій України. Враховуючи фіксовану ціну на уран ДП «Схід ГЗК» відпрацьовує різноманітні технології видобутку руди та подальшої її переробки на гідрометалургійному заводі (ГМЗ) в м. Жовті Води до закису-окису урану.

Зважаючи на низький вміст урану в родовищах України, головним стає питання встановлення бортового (граничного) вмісту урану, при якому доцільним буде транспортування руди на розташований на достатньо великій відстані гідрометалургійний завод. Це стає можливим після побудування математичної моделі з визначенням залежності собівартості 1 кг руди ($СВ_r$) від кількості видобутку рядової руди (Q), вмісту урану в рядовій руді (U) та втрат при радіометричному збагаченні (B) для Смолінської шахти (рис. 2).

<i>Регресійна статистика</i>									
Множинний R	0,7571								
R-квадрат	0,5732								
Нормований R-квадрат	0,5332								
Стандартна похибка	70,6308								
Спостереження	36								

<i>Дисперсійний аналіз</i>									
<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значущість F</i>					
Регресія	214440,2	71480,06	14,32837	4,32E-06					
Залишок	159638,6	4988,707							
Всього	374078,8								

	<i>Коефіцієнти</i>	<i>Стандартна похибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значення</i>	<i>Верхні 95%</i>		<i>Нижні 95%</i>	
					<i>Верхні 95,0%</i>	<i>Нижні 95,0%</i>	<i>Верхні 95,0%</i>	<i>Нижні 95,0%</i>
У-перетинання	1768,8	387,7	4,5621	7,06E-05	979,1	2558,6	979,1	2558,6
Q	-0,0124	0,0024	-5,1095	1,45E-05	-0,0173	-0,0074	-0,0173	-0,0074
U	-6669,6	2923,1	-2,2817	0,029305	-12623,8	-715,4	-12623,8	-715,4
V	-6,3	2,8	-2,2688	0,030166	-11,9	-0,6	-11,9	-0,6

Рис. 2. Лінійна модель $S = f(Q, U, V)$ для Смолінської шахи

Побудована модель має вигляд:

$$CB_B = 1768,8 - 0,0124 \cdot Q - 6669,6 \cdot U - 6,3 \cdot B + E.$$

Множинний коефіцієнт кореляції $R = 0,757$ відображає тісний зв'язок собівартості з розглянутими параметрами.

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,5732$ показує, що варіація собівартості 1 кг урану на 57,3% зумовлена факторами, включеними до моделі.

Нормований коефіцієнт детермінації $R^2_{adj} = 0,5332$ відображає, що близько 53,3% варіації собівартості може бути пояснено варіацією факторів моделі з урахуванням ступенів свободи. **F-критерій Фішера розрахунковий має достатнє значення 14,328 (рівень значущості 0,00000432, що значно нижче граничного рівня значущості 0,05).**

Оцінюючи значущість параметрів, слід відзначити, що усі параметри моделі слід визнати значущими (t-статистика має високі значення, p-value дуже високі).

Отже, побудована модель є адекватною та прийнятною для прогнозування.

Довірчі інтервали оцінок усіх параметрів для генеральної сукупності не містять нульових значень, що також підтверджує значущість побудованих оцінок.

Так, оцінка коефіцієнта при змінній Q в генеральній сукупності знаходиться у межах від -0,0074 до -0,0173, значення оцінки за вибірковою сукупністю -0,01237. Отже, за умови сталих значень інших параметрів при збільшенні видобутку рядової руди на 1 т собівартість 1 кг урану в товарній руді зменшиться на 0,012 грн.

Оцінка коефіцієнта при змінній U в генеральній сукупності знаходиться у межах від -12623,8 до -715,3, значення оцінки за вибірковою сукупністю -6669,56. Отже, за умови сталих значень інших параметрів при зростанні вмісту урану в рядовій руді на 0,01% собівартість 1 кг урану в товарній руді зменшиться на 66,69 грн.

Оцінка коефіцієнта при змінній B в генеральній сукупності знаходиться у межах від -11,9267 до -0,64203, значення оцінки за вибірковою сукупністю -6,28349. Отже, за умови сталих значень інших параметрів при зростанні втрат при радіометричному збагаченні на 1% собівартість 1 кг урану в товарній руді зменшиться на 6,28 грн.

Для оцінки тісноти зв'язку факторів моделі побудована кореляційна матриця (рис. 3).

	C	Q	U	B
C	1			
Q	-0,687	1		
U	-0,392	0,112	1	
B	0,446	-0,414	-0,588	1

Рис. 3. Кореляційна матриця для факторів, що впливають на собівартість (для Смолінської шахти)

Найбільш тісний зв'язок собівартість має з обсягом видобутку рядової руди (коефіцієнт кореляції -0,687, «мінус» вказує на зворотній напрям зв'язку факторів); зв'язок із втратами при радіометричному збагаченні середньої сили (коефіцієнт кореляції 0,446), також маємо зв'язок середньої сили у собівартості із фактором U (коефіцієнт кореляції -0,392), напрям зв'язку – зворотний, тобто при збільшенні вмісту урану собівартість в основному зменшується.

Розглядаючи залежність собівартості 1 кг урану товарної руди на Смолінській шахті від окремих факторів, отримали такі результати (рис. 4–6).

Серед факторів найбільше значення R^2 собівартість має із кількісним фактором – обсягом видобутку, для якого $R^2 = 0,472$ (рис. 4), тобто варіація собівартості на 47,2% пояснюється варіацією обсягу видобутку рядової руди.

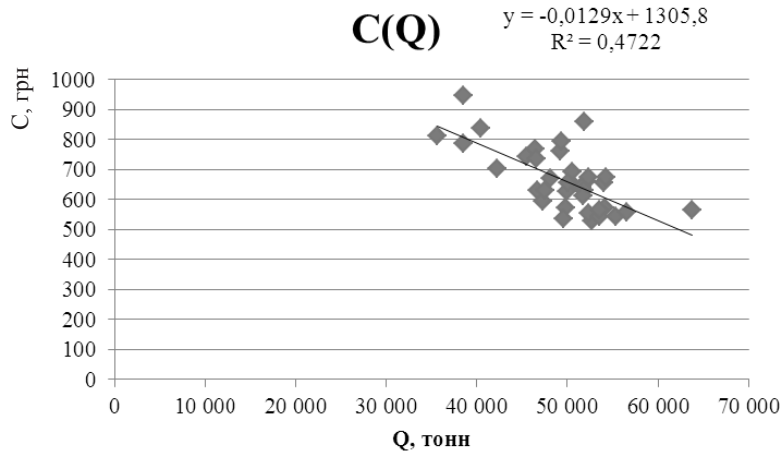


Рис. 4. Залежність собівартості 1 кг товарної руди від обсягу видобутку рядової руди, т

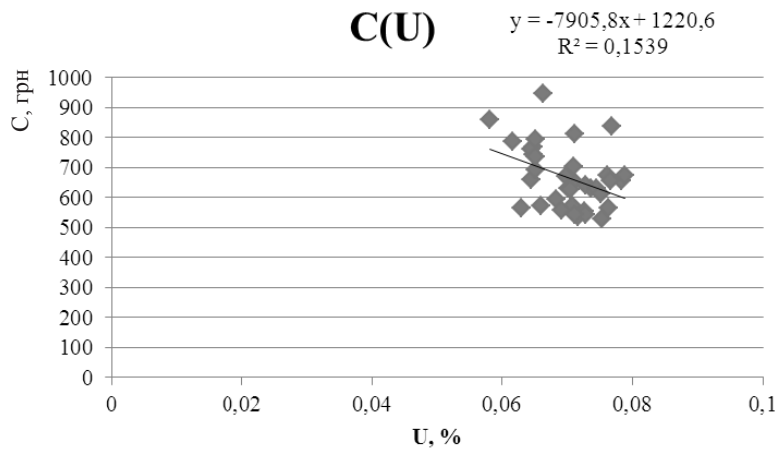


Рис. 5. Залежність собівартості 1 кг товарної руди від вмісту U в рядовій руді, %

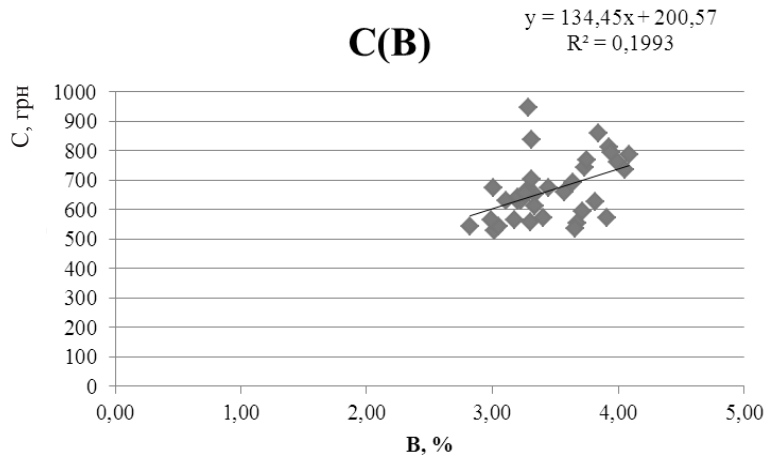


Рис. 6. Залежність собівартості 1 кг товарної руди від втрат при радіометричному збагаченні, %

Враховуючи отриману для Смолінської шахти модель залежності собівартості 1 кг металу у видобутій урановій сировині від обсягів видобутку, вмісту металу в руді і втрат металу при первинному збагаченні, можна визначити мінімальний вміст металу в руді, який доцільно видобувати традиційними методами. Загальна модель визначення граничного рівня собівартості видобутку урану для Смолінської шахти така:

$$\begin{cases} \lim CB_{B2} \text{ J } CB_{ГП2} - (C_{T2} + CB_{П} + IBB + AB) \\ CB_{B2} = 1768,8 - 0,0124 \times Q - 6669,6 \times U - 6,3 \times B' \end{cases}$$

де $CB_{ГП2}$ – припустима (гранична) собівартість готового продукту;
 C_{T2} – витрати на транспортування уранової сировини з шахти Смолінська на переробний комплекс;

$CB_{П}$ – витрати на переробку уранової руди;

IBB – інші виробничі витрати;

AB – адміністративні витрати.

Графічне вирішення моделі наведено на рис. 7.

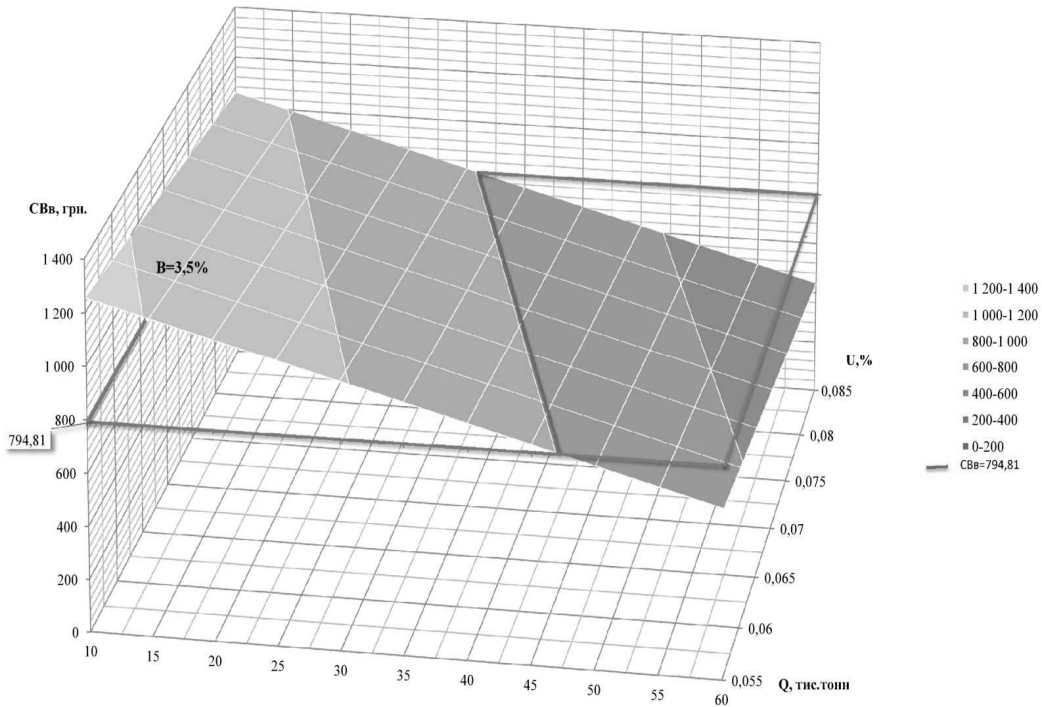


Рис. 7. Залежність собівартості видобутку руди на Смолінській шахті від обсягів видобутку і вмісту урану в рядовій руді

Діаграма залежності собівартості видобутку руди на Смолінській шахті від обсягів видобутку і вмісту урану в рядовій руді побудована відповідно до отриманої моделі залежності з урахуванням втрати при радіометричному збагаченні (B) на рівні 3,5% (цей рівень є середнім значенням втрат для Смолінської шахти за період 2010–2012 рр.).

Якщо рівень втрат при радіометричному збагаченні (B) буде відрізнятися від середнього значення 3,5%, то побудова площини рішень симетрично зміститься по

осі собівартості видобутку ($CB\epsilon$) на відповідну величину: при збільшенні показника втрат – донизу, при зменшенні – вгору.

Нахил площини можливих рішень наочно відображає зменшення собівартості 1 кг урану в товарній руді ($CB\epsilon$) при збільшенні обсягів видобутку рядової руди (Q) та при збільшенні вмісту урану в рядовій руді (U).

На діаграмі також відображено рішення моделі граничного рівня собівартості видобутку для Смолінської шахти ($\lim CB\epsilon$) в умовах 2012 р.

Так, при граничному рівні собівартості видобутку для Смолінської шахти $\lim CB\epsilon = 794,81$ грн обсяг видобутку рядової руди Q при вмісті урану в рядовій руді $U = 0,055\%$ має складати не нижче 47,3 тис. т; при вмісті урану в рядовій руді $U = 0,085\%$ – не нижче 31,1 тис. т.

Інше економічне трактування цієї задачі визначає що, при граничному рівні собівартості видобутку та за умови обмежень обсягу видобутку (наприклад обмеження з різних технологічних причин – обмеженість підймальних потужностей, проведення ремонтних робіт, тощо) використання моделі дозволяє визначати виробничу програму, тобто які очисні блоки із заданим вмістом урану в руді необхідно відпрацювати, щоб отримати середній вміст в рядовій руді не нижче за граничний.

Наприклад: для Смолінської шахти при $\lim CB\epsilon = 794,81$ грн, та обмеженості обсягу видобутку в $Q < 35$ тис. т рядової руди середній вміст урану в очисних блоках, що плануються до відпрацювання, має бути не нижче за 0,078%.

Таким чином, проведені дослідження дають можливість визначити основні фактори, що впливають на собівартість видобутку руди.

Висновки. Дослідження, які наведені в роботі, дають можливість обґрунтувати доцільність видобутку урану, враховуючи його бортовий (граничний) вміст, що дозволяє нівелювати циклічність видобутку урану та знизити собівартість закису-окису урану. Виконаний кореляційно-регресійний аналіз, на основі якого побудовано модель, що дає можливість оцінити залежність собівартості урану від вмісту його в рядовій руді.

Розроблений підхід до визначення циклічності видобутку уранової руди в подальшому буде відпрацьований для Центрального та Новокосянтинівського родовищ.

Список використаних джерел

1. Яллай В.А. Макроэкономика / В.А. Яллай. – Псков, ПГИ. – 2003. – 104 с.
2. Экономические циклы: Сущность и содержание. Фазы цикла. Особенности цикличности в плановой экономике [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://moder-econ.ru/makro/problemu/cikl/sushnost.html>
3. Ходоров С.Е. Глобализация циклического развития экономики и особенности экономической политики России: автореф. дис. ... канд./д-ра экон. наук / С.Е. Ходоров // Саратовский государственный социально-экономический университет. – Саратов, 2011.
4. Яковец Ю.В. Глобальные экономические трансформации XXI века / Ю.В. Яковец. – М.: Экономика. – 2011. – 382 с.
5. Іваненко Е.О. Інноваційний процес як засіб подолання кризових явищ в економіці України [Електронний ресурс] / Е.О. Іваненко. – Режим доступу: <http://old.duep.edu/res/files/1859/IvaschenkoINNOVACIYNIYPROCESYaKZASIBPODOLANNYaKRIZOVIHYaVISchVEKONOMICUKRAINI.doc>
6. Сорокін О.Г. Презентація. [Електронний ресурс] / О.Г. Сорокін. – Режим доступу: <http://www.atomforum.org.ua/obj1.asp?p=oid4866sid0aid80>

Рассмотрено развитие уранодобывающей отрасли Украины с советских времен до настоящего времени. Обоснованы периоды развития и спада получения закиси-окиси урана на Украине. Исследовано влияние разных факторов на себестоимость добычи урановой руды,

выполнен корреляционно-регрессионный анализ, на основе которого построена модель, которая даст возможность оценить зависимость себестоимости урана от содержания металла в рядовой руде.

Ключевые слова: добыча урана, кризисные явления, корреляционно-регрессионный анализ.

The development of the uranium industry in Ukraine since Soviet times to the present. Substantiated periods of recession and obtain uranium oxide in Ukraine. The influence of different factors on the cost of extraction of uranium ore, made correlative regression analysis on which to construct a model that will give an opportunity to evaluate the dependence of the cost of uranium metal content in the regular grades.

Key words: uranium mining crisis, correlative regression analysis.

Одержано 21.02.2014.