

ЦИКЛІЧНІ ЯВИЩА В УРАНОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Розглянуто розвиток уранодобувної галузі України з радянських часів до теперішнього часу. Обґрунтовано періоди розвитку та спаду отримання закису-окису урану на Україні. Досліджено вплив різних чинників на собівартість видобутку уранової руди, а також виконано кореляційно-регресійний аналіз, на основі 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 відносяться циклічні явища, що проводжуються до 3-3,5 років. Середньострокові цикли, що характеризують промислову діяльність людства – тривають на протязі 18 років. Довгострокові цикли, або цикли Кондратьєва, відносять до найбільш довгих, що тривають впродовж 45-50 років [1].

В роботі [2] запропоновано розглядати економічні цикли з точки зору ефекту акселератора. Мова йде про отримання ефекту значного приросту виробництва при незначних інвестиційних вливаннях в економіку. При цьому, в роботі запропоновано наступну формулу акселератора, який має кількісне зображення, 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 об'єми виробництва в економіці в ті самі моменти часу.

Як відзначено в роботі [3], економісти звернули увагу на економічні цикли ще в першій половині XIX століття. При цьому вони розглядали різні чинники, які впливають на економічні цикли. Розгляду циклічності економічних процесів присвячені роботи багатьох відомих вітчизняних та зарубіжних вчених економістів [3]. В значній мірі проблемі циклічності присвячена робота Ю.В. Яковця [4].

Проте, незважаючи на велику кількість досліджень в цій області, 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 на Україні в кінці 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 ніякого відношення до виробництва електроенергії на АЕС. Слід відзначити, що дані представлені в деяких роботах [5] про початок розвитку атомної енергетики, починаючи з 40-х років минулого століття, не носять достовірний характер. В той час збагачений уран використовувався виключно для воєнних цілей. В подальшому видобуток уранової руди розпочався також і в Росії та країнах середньої Азії. Було створено спільне підприємство СРСР та ГДР («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, носила яскраво виражений циклічний характер. Дані, які наведені на рис. 1 [6] потребують додаткового тлумачення.

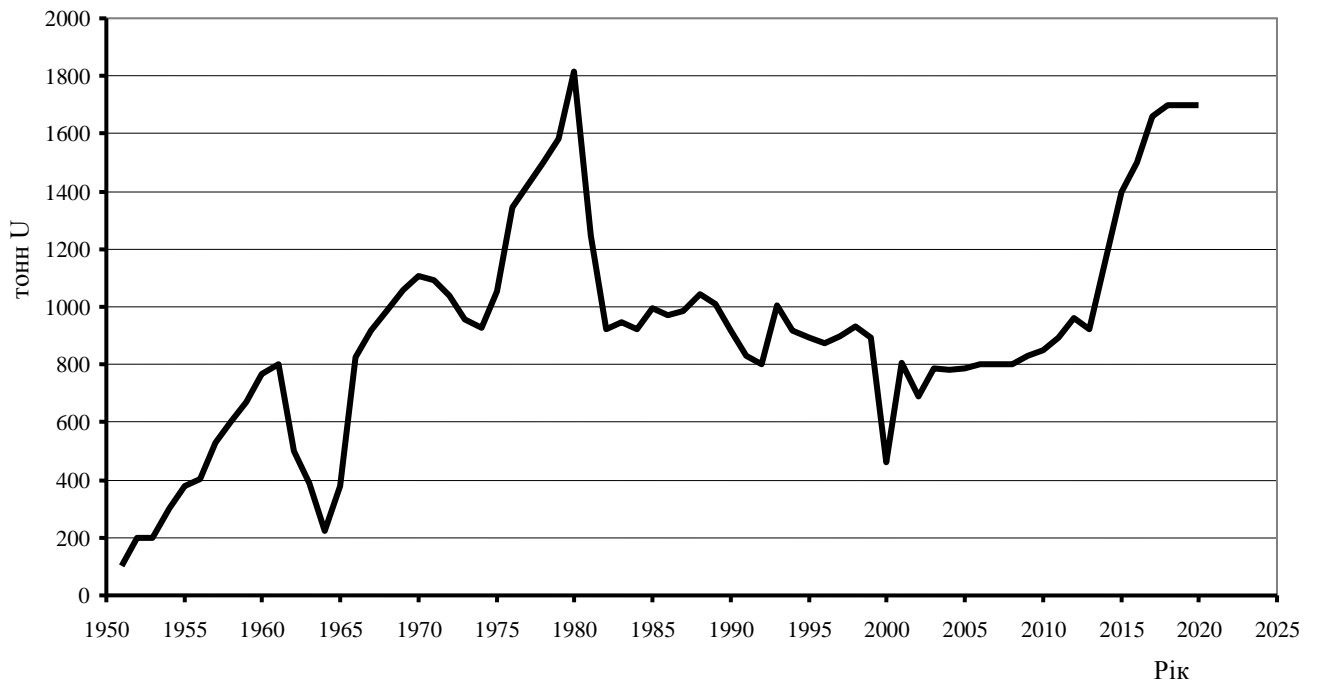


Рис. 1. Ретроспектива видобутку урану ДП «Схід ГЗК» с 1951 по 2020 рік (за цей період підприємство видобуло більш ніж 52 тис. тонн урану).

Наведена циклічність видобутку урану на Україні характеризується наступними 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 визваний початком видобутку уранової сировини на шахтах Росії та середньої Азії. Підйом видобутку урану в 70-х роках XX століття був обумовлений становленням атомної енергогенеруючої промисловості. Послідуючий спад виробництва був зумовлений закінченням «холодної війни», та трагедією, що сталася на Чорнобильській АЕС. Чергове зниження видобутку урану у 2000 року обумовлено світовою економічною кризою. В подальшому, в зв'язку з стабілізацією економічної ситуації на Україні, а також підвищенням ціни на уран на спотовому та довгостроковому ринках, почалося поступове зростання видобутку урану. В наявний 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 на 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 (CB_B) від кількості видобутку рядової руди (Q), вмісту урану в рядовій руді (U) та втрат при радіометричному збагаченні (B) для Смолінської шахти відображені на рис. 2. 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 досить 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.

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

<i>Дисперсійний аналіз</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимість F</i>
Регресія	3	214440,2	71480,06	14,32837	4,32E-06
Залишок	32	159638,6	4988,707		
Всього	35	374078,8			

	<i>Коефіцієнти</i>	<i>Стандартна помилка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-значення</i>	<i>Нижні 95%</i>	<i>Верхні 95%</i>	<i>Нижні 95,0%</i>	<i>Верхні 95,0%</i>
Y-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. Результати побудови лінійної моделі $C = f(Q, U, V)$ для Смолінської шахти

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

Так, оцінка коефіцієнту 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 тонну собівартість 1 кг урану в товарній руді зменшиться на $0,012$ грн.

Оцінка коефіцієнту 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 коефіцієнту при змінній V 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	V
C	1			
Q	$-0,687$	1		
U	$-0,392$	$0,112$	1	
V	$0,446$	$-0,414$	$-0,588$	1

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

Найбільш тісний зв'язок собівартість має із 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 – зворотній, тобто при збільшенні вмісту урану собівартість в основному зменшується.

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

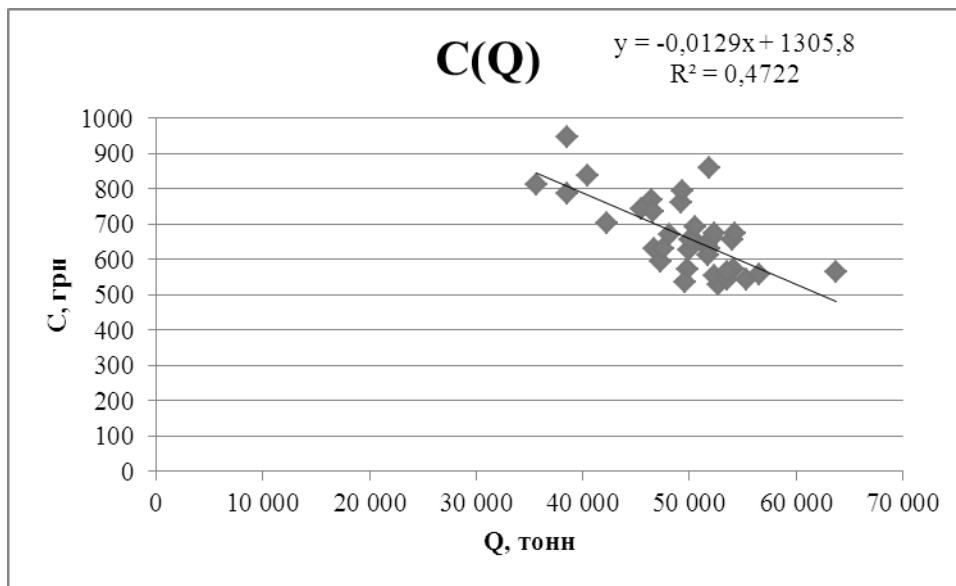


Рис. 4. Залежність собівартості 1 кг товарної руди від обсягу видобутку рядової руди, тонн

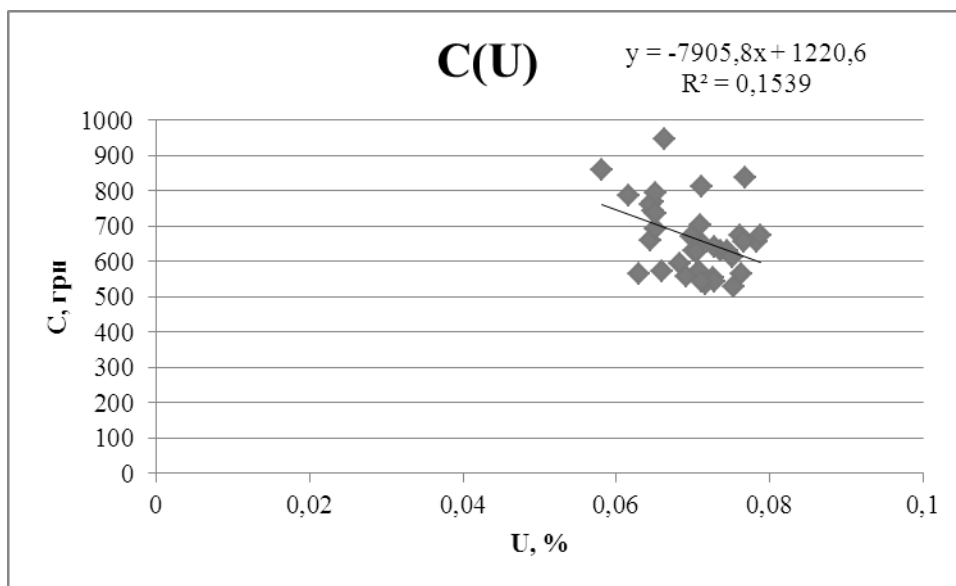


Рис. 5. Залежність собівартості 1 кг товарної руди від вмісту U в рядовій руді, %

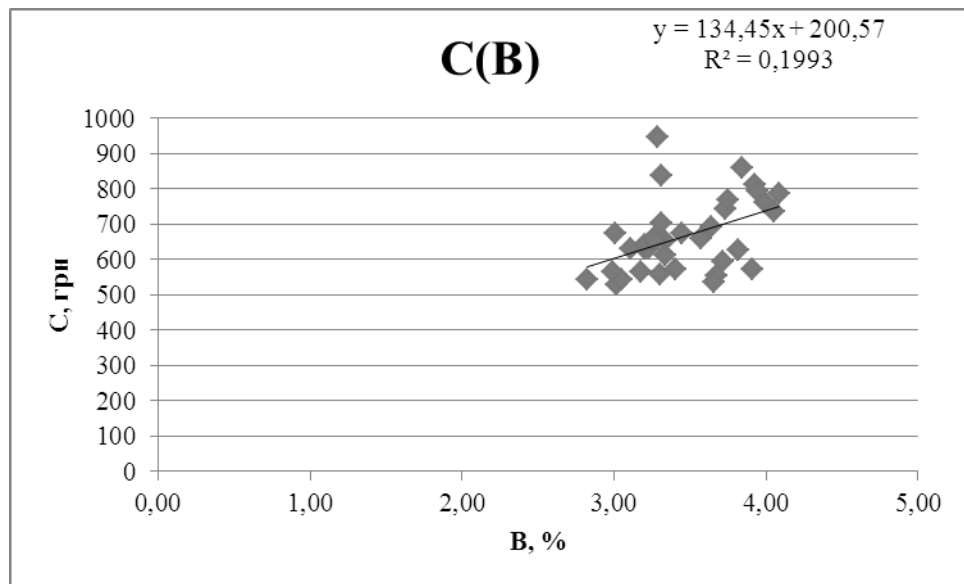


Рис. 6. Залежність собівартості 1 кг товарної руди від втрат при радіометричному збагаченні, %

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.

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 можливо визначити мінімальний вміст металу в руді який доцільно видобувати традиційними методами. Загальна модель визначення граничного рівня собівартості видобутку урану для Смолінської шахти наступна:

$$\begin{cases} \text{lim}CB_{B_2} \leq CB_{ГП_2} - (C_{T_2} + CB_{П} + IBV + AB) \\ CB_{B_2} = 1768,8 - 0,0124 \cdot Q - 6669,6 \cdot U - 6,3 \cdot B \end{cases}$$

де: $CB_{ГП_2}$ – припустима (гранична) собівартість готового продукту;

C_{T_2} – витрати на транспортування уранової сировини з шахти Смолінська на переробний комплекс;

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

IBV – інші виробничі витрати;

АВ – адміністративні витрати.

Графічне вирішення даної моделі наведено на рис. 7.

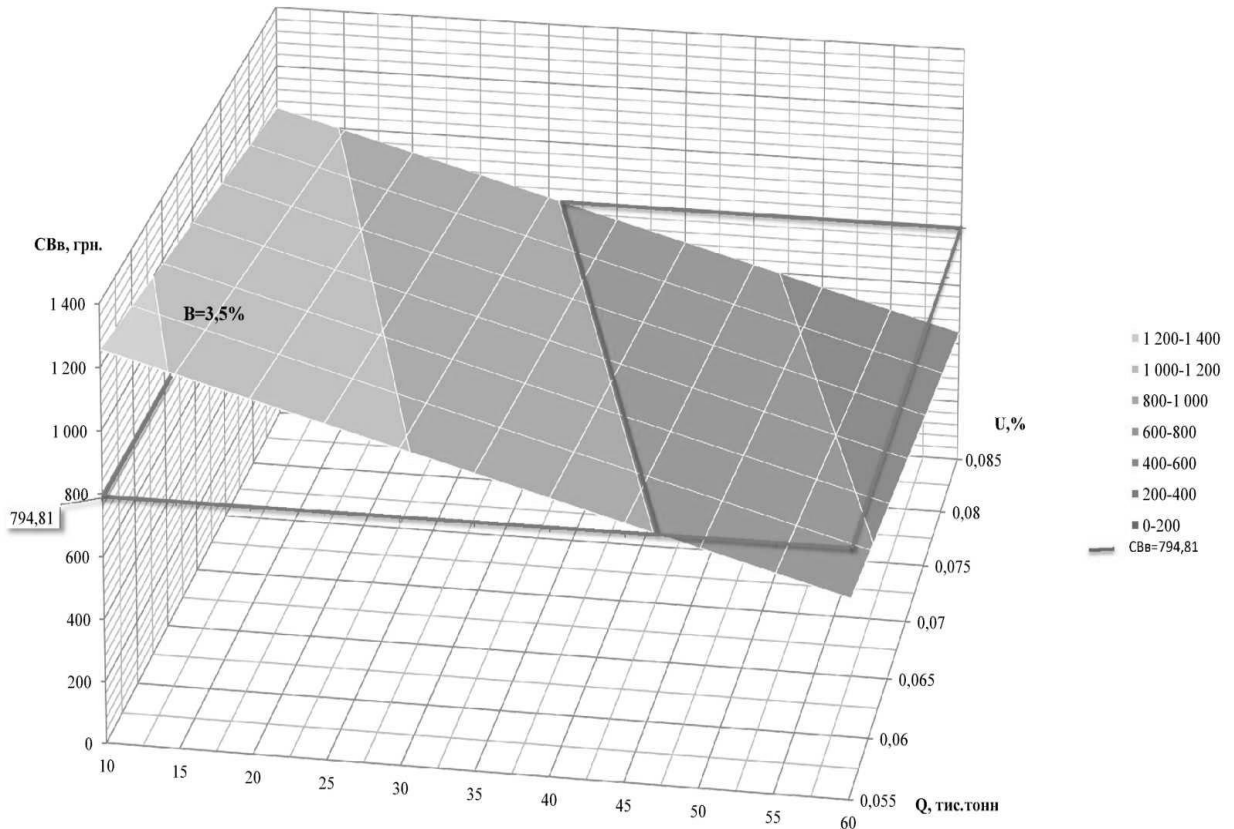


Рис. 7. Діаграма залежності собівартості видобутку руди на Смолінській шахті від обсягів видобутку і вмісту урану в рядовій руді.

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 (В) на рівні 3,5% (цей рівень є середнім значенням втрат для Смолінської шахти за період 2010-2012 роки).

Якщо рівень втрат при радіометричному збагаченні (В) буде відрізнятися від середнього значення 3,5%, то побудова площини рішень симетрично зміститься по осі собівартості видобутку (СВв) 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 (СВв) 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 ($limCB_v$) в умовах 2012 року.

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

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 з заданим вмістом урану в руді необхідно відпрацьовувати щоб отримати середній вміст в рядовій руді не нижче за граничний.

Наприклад: для Смолінської шахти при $limCB_v = 794,81$ грн., та обмеженості обсягу видобутку в $Q < 35$ тис.тонн 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 побудована 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 використаної літератури

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 [электронный ресурс] – режим доступа: <http://moder-econ.ru/makro/problemy/cikl/sushnost.html>. - назва з екрану.
3. Ходоров С.Е. Глобализации циклического развития экономики и особенности экономической политики России. Автореф. дис. ... канд./д-ра экон. наук. Саратовский государственный социально-экономический университет, Саратов, 2011.
4. Яковец Ю.В. Глобальные экономические трансформации XXI века/ Ю.В. Яковец. – Москва, Экономика. – 2011. – 382 с.
5. Іваненко Е.О. Інноваційний процес як засіб подолання кризових явищ в економіці України [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://old.duep.edu/res/files/1859/IvaschenkoINNOVACIYNIYPROCESYaKZASIBPODOLANNYaKRIZOVINYaVISchVEKONOMICIUKRAINI.doc>.
6. Сорокін О.Г. Презентація. [електронний ресурс]. – 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-оксида 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.