

The proposed large projects to implement radical structural rearrangements of the country necessary for its long-term effective development.

We characterize underground mining methods with complex combinations of solutions, called conflicting goals and cooperation between the regulatory framework and implementation plan with a restriction based on the natural geological conditions of field development without violating the SDS. The selected design direction harmonious, efficient and safe mining operations. The systematization of approaches, methods and techniques for the design and planning of mining operations at new horizons coal mines. A final program for the design of coal mines.

Keywords: Design mining, concepts, coal mines, planning, chaos.

Статья поступила в редакцию 14.09.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком

УДК [622.277:622.349.5].003.13

Мальцев Д.В., канд. техн. наук, доцент,
Владико О.Б., канд. техн. наук, доцент
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДОБУТКУ ОКСИДУ
УРАНА З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОТЕХНОЛОГІЧНОГО СПОСОБУ В
ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ ВАТУТІНСЬКОГО РОДОВИЩА ДЛЯ БІДНИХ І
ВЕЛЬМИ БІДНИХ РУД**

Мальцев Д.В., канд. техн. наук, доцент,
Владико О.Б., канд. техн. наук, доцент
(Государственное ВУЗ «НГУ»)

**АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ ОКСИДА
УРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СПОСОБА В
ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ ВАТУТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ
БЕДНЫХ И ВЕСЬМА БЕДНЫХ РУД**

Maltsev D.V., Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
Vladyko O.B., Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(State HEI «NMU»)

**THE ECONOMIC EFFICIENCY ANALYSIS OF URANIUM OXIDE
EXTRACTION USING GEOTECHNOLOGICAL METHOD IN
UNDERGROUND CONDITIONS OF THE VATUTINSKY DEPOSIT FOR
THE POOR AND EXTREMELY POOR ORES**

Анотація. У статті подано методичний підхід до здійснення економічної оцінки отримання окисів урану на родовищах з підземним видобутком для бідних та вельми бідних руд. Визначено вихідні дані для виконання попереднього розрахунку економічної оцінки вилугування в підземних умовах. Адаптована розрахункова схема для Ватутінського родовища щодо техніко-економічної оцінки отримання уранової сировини, котра ґрунтується на апробованих у світовій практиці методах економічної оцінки об'єктів родовищ корисних копалин

© Д.В. Мальцев, О.Б. Владико, 2015

та аналізі ефективності інвестицій у видобувні роботи.

Згідно алгоритму розрахунку етапів отримання уранової сировини: визначено попередні витрати на буропідривні роботи для знеміцнення рудного масиву в зажатому середовищі; вартість робіт з буріння та облаштування подавальних та приймальних шпурів-ін'єкторів з урахуванням вартості матеріалів; вартість вилуговуючої речовини з урахуванням її концентрації та ймовірних втрат; вартість трубопроводів та їх спорудження, кількість та тип насосного устаткування для транспортування продуктивного та вилуговуючого розчинів на поверхню і у камеру відповідно; вартість спорудження підземного контурного відстійника для продуктивного розчину; вартість споруд та виконання робіт на поверхні; вартість спорудження підземних захисних перегородок, які б попереджали витік парів сірчаної кислоти з бурових виробок у рудничну атмосферу; витрати на оплату праці тощо. Виконано порівняння вартості отримання окисів урану з аналогічними показниками технології, що діє на Ватутінському родовищі. Зроблено висновки щодо виконаних розрахунків, ймовірного застосування запропонованої технології для досліджених умов.

Ключові слова: вартість видобутку урану геотехнологічним способом, уранова руда, окис урану, розрахунок економічної ефективності вилуговування, технологія вилуговування.

Постановка проблеми. На підприємствах, які видобувають уранову руду, сьогодні застосовуються камерні системи розробки з закладкою виробленого простору речовинами, що твердіють. Такі системи розробки технологічно передбачають руйнування гірського масиву з наступним його випуском через відповідні отвори (дучки). Також необхідне устаткування для доставки руди до відкотного горизонту з подальшим підйомом на поверхню по транспортному ланцюгу. Ця технологія є не достатньо ефективною, оскільки собівартість отримання таким чином бідних уранових руд знаходиться близько вартості реалізації готового продукту з підприємства. Крім того, суттєву долю вартості отримання рудної сировини складають доставні та транспортні витрати до поверхні, попереднє збагачення у межах підприємства, транспортні витрати до збагачувального комбінату, а на збагачувальному комбінаті – переробка (подрібнення та вилуговування), комплекс закладних робіт, обслуговування відходів (териконів) підприємства тощо. Одним зі шляхів зменшення вартості отримання корисних копалин є застосування геотехнології при розробці родовища [1]. Тенденція до збільшення вартості устаткування, його обслуговування, виконання гірничих робіт та ціни на допоміжні матеріали ведуть до комплексного збільшення вартості видобування уранової руди. Тому пошук шляхів зниження витрат є важливим завданням як для самого підприємства, так і для паливно-енергетичного комплексу країни в цілому.

Виділення невирішених завдань. Основним завданням є визначення витрат на технологічний ланцюг від знеміцнення гірського масиву та процесів вилуговування корисного компоненту з масиву до його доставки на поверхню. Таким чином запропонована технологія отримання окисів урану, яку було описано в статті [1], потребує економічного розрахунку та деяких уточнень. Згідно з викладеною там технологією потрібно визначити наступні вартісні показники: врахувати витрати на буропідривні роботи для знеміцнення рудного масиву в зажатому середовищі; вартість робіт з буріння та обладнання подавальних та приймальних шпурів-ін'єкторів; вартість вилуговуючої речовини з урахуван-

ням її концентрації та ймовірних втрат; вартість трубопроводів та їх спорудження, кількість та тип насосного устаткування для транспортування продуктивного та вилуговуючого розчинів на поверхню та у камеру відповідно; вартість спорудження контурного відстійника для осадження твердих частинок в продуктивному розчині; вартість спорудження захисних перегородок, які б попереджали витік парів сірчаної кислоти з бурових виробок у рудничну атмосферу; вартість споруд та виконання робіт на поверхневому комплексі; витрати на оплату праці тощо.

Одним із завдань статті є визначення економічної ефективності застосування геотехнології при підземному видобутку бідних та вельми бідних уранових руд. Основна відмінність полягає у тому, що при використанні геотехнології ми розраховуємо витрати на отримання продуктивного розчину (розчин сірчаної кислоти насичений урановими сполуками), а при підземній системі розробки додатково враховуємо транспортування та обов'язково подальшу переробку одержаної гірничої маси з утриманням відходів на поверхні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Всебічно висвітлені геотехнологічні способи видобутку корисних копалин та їх економічні розрахунки в працях В.Ж. Аренса [5], І.І. Шаровара [6] та ін. Вони довели економічну ефективність геотехнологічних способів і виконали попередні розрахунки технологічної можливості та економічної доцільності видобутку корисних копалин згаданим способом.

Постановка завдання. На базі запропонованої технології зробити розрахунок доцільності її використання для умов Ватутінського родовища. Довести економічну ефективність застосування геотехнологічного методу отримання окисів урану для згаданих умов, яка в себе включає: розрахунок загального обсягу робіт на родовищі; визначення здороження знеміцнення гірського масиву для вилуговування; вартість спорудження видобувних і нагнітальних свердловин; визначення обсягів експлуатаційного буріння видобувних і допоміжних свердловин; термін робіт у камері та час її відпрацювання; визначення технологічних показників, які б максимально відповідали реально діючій схемі розробки родовища; визначення обсягів видобувних робіт, їх собівартість з витратами на матеріали тощо.

Вихідну інформацію щодо родовища для прогнозування економічних показників видобутку урану отримано з роботи [3].

Основна частина. Україна достатньо забезпечена ураном та вугіллям, що дозволяє використовувати енергію урану на 44 % в порівнянні з загальним об'ємом використання енергій. Уранові запаси країни можна освоювати тільки підземним способом, причому основна частина цих руд є бідними, тому і всі витрати на їх отримання є малорентабельними.

Україна забезпечує урановою сировиною державне підприємство «Східний гірничо-збагачувальний комбінат» (ДП «СхідГЗК»). На шахтах ДП «СхідГЗК» застосовуються камерні системи розробки із закладкою та використанням в очисних роботах буропідривного способу відбійки [2]. Ватутінське родовище підпорядковане згаданому вище державному підприємству. Воно розташову-

ється в центральній частині країни та відпрацьовується Смолінською шахтою. Технологія отримання руди при даній системі розробки передбачає руйнування рудного масиву шляхом підриву віял свердловин та доставкою руди до відкотної виробки з наступним її транспортуванням на поверхню. А потім вже на поверхні вона попередньо збагачується (в межах видобувного підприємства) та відправляється на переробку до збагачувального комбінату в м. Жовті Води. Така технологія є достатньо затратною. Шляхом зменшення вартості видобутку є застосування геотехнологічних способів видобутку, які дають можливість зменшити витрати на цілий комплекс матеріалів, робіт та устаткування з меншою кількістю задіяного обслуговуючого персоналу.

На основі технології, описаної в роботі [1], потрібно зробити попередній економічний розрахунок собівартості застосування геотехнологічного способу в підземних умовах у порівнянні з діючою технологією на шахті. Автори даної статті доводять реальність використання геотехнологічних способів безпосередньо видобутку на місці та роблять попередні розрахунки технологічної можливості видобутку. Внаслідок цього основною метою роботи є розрахунок техніко-економічної ефективності видобутку урану запропонованим комбінованим способом.

Для реалізації мети поставлені і мають бути вирішені наступні задачі:

1. Розробити методикку розрахунку параметрів техніко-економічної оцінки об'єктів видобутку уранової сировини.
2. Навести попередній розрахунок економічної оцінки можливого використання геотехнології на урановому родовищі.
3. Визначити галузь можливого застосування комбінованої системи розробки з діючою технологією залежно від вмісту урану в руді.

Методика і параметри техніко-економічної оцінки розробки уранового родовища. Прийнята методика є адаптивною для досліджуваних умов для техніко-економічної оцінки отримання уранової сировини, що ґрунтується на апробованих у світовій практиці методах економічної оцінки об'єктів родовищ корисних копалин, аналізі ефективності інвестицій у видобувні роботи. Основними показниками економічної ефективності видобувних робіт відповідно до світової практики є їх собівартість, витрати на матеріали, амортизація устаткування, заробітна плата, термін окупності, індекс прибутковості інвестицій, що було включено до розрахунку.

При оцінці економічної ефективності основні дані алгоритму розрахунку економічних показників згруповані за чотирма основними параметрами:

- а) нормативи витрат на підземний і геотехнологічний способи видобутку;
- б) питомі експлуатаційні витрати на видобуток корисних копалин;
- в) нормативи амортизації устаткування;
- г) витрати на переробку уранової руди в закис-окис урану при підземному способу видобутку.

Структура розрахунку моделі собівартості для геотехнологічної розробки. Зазначимо етапи, які були використані при виконанні роботи, та зобразимо схематично проходження цих етапів із зазначеними технологіями: перша – ді-

юча технологія видобутку уранової руди та подальшої переробки на збагачувальному комбінаті з отриманням окисів урану, друга схема – комбінована технологія (підземна розробка з використанням геотехнології) отримання окисів урану на підприємстві без ланок транспортування та подальшої переробки на збагачувальній фабриці з обслуговуванням відходів виробництва на поверхні (рис. 1).

Етап 1. На цьому етапі витрати щодо технологій є приблизно однаковими та їх можна віднести до умовно-постійних.

Етап 2. Обумовлений суттєвими змінами в запропонованій технології, тому його ми і будемо розглядати більш детально.

Етап 3. Виділення з отриманих оксидів металевого урану або його кінцева переробка для використання на ядерних електростанціях. Цей етап для нашої роботи не є вирішальним, оскільки подібна переробка не здійснюється в межах країни, а можлива тільки за кордоном, тому її в собівартості не буде враховано.

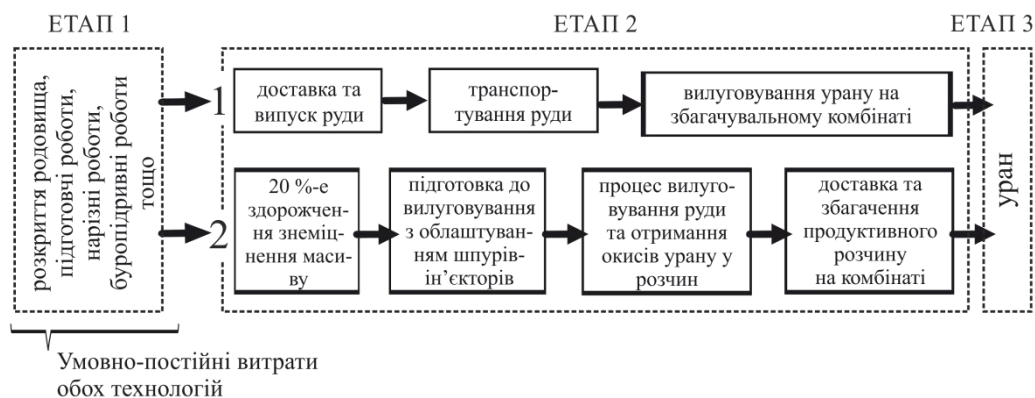


Рисунок 1 – Схема отримання урану за двома порівняльними технологіями

Для визначення собівартості визначаємо границі змін для кожного із етапів, які залежать від кількості та якості устаткування, яке ми використовуємо, затрати на кожний етап, заробітну плату працівників, а також ефективність вкладених коштів в запропоновану технологію. На основі цього було розроблено комп'ютерну модель в програмній оболонці математичного пакета MathCAD для більш точного та якісного розрахунку. Її реалізація дозволила визначити орієнтовну собівартість кожного з етапів.

При визначенні собівартості другого етапу враховуємо основне устаткування із середнім ціновим діапазоном для конкуруючих технологій, що зведено до таблиці 1.

Кадрова забезпеченість повного циклу видобутку за діючою технологією та із задіянням геотехнології подана в таблиці 2.

Загальний принцип економічного розрахунку базується на основі стандартної методики визначення собівартості видобутку корисних копалин [6 – 8], з деякими доповненнями та уточненнями: розрахунок виконувався у доларах США; додавався коефіцієнт доплати в розмірі 1,4 у зв'язку з важкими умовами праці; ціна допоміжних матеріалів визначалася в доларах США на кінець 2014 року тощо.

Таблиця 1 - Основне гірниче устаткування для видобутку уранової сировини за діючою та комбінованою технологіями на другому етапі порівняння

Підземна розробка	Підземна розробка з використанням геотехнології
– доставка руди	
віброживильник та лебідкове устаткування	відсутні
– транспортування корисних копалин на підприємстві	
локомотиви та вагонетки	трубопровід та насосне устаткування
– бурові роботи	
відсутні	бурове устаткування для буріння та облаштування шпурів-ін'єкторів

Таблиця 2 - Кадрова забезпеченість ділянки видобутку

Вид персоналу	Кількість персоналу на підземному видобутку	Кількість персоналу на підземному видобутку із задіянням геотехнології
Робітники	420	216
Службовці	190	120
Всього по дільниці	610	336

Розрахунок було виконано з урахуванням наступних процесів та задіяних матеріалів:

1. Здороження витрати на виконання буропідривних робіт для знеміцнення рудного масиву і подальшого його вилуговування.

2. Розрахунок визначення собівартості основних робіт та матеріальних витрат:

- урахування вартості спорудження контурного відстійника для продуктивного розчину;

- амортизаційні відрахування на устаткування;

- витрати на оплату праці та соціальні відрахування;

- матеріальні витрати;

- електрична та пневматична енергія;

- непередбачувані витрати.

3. Зменшення втрат руди при вилуговуванні.

4. Врахування отримання окисів урану, що потребує подальшої переробки та збагачення.

Критерієм оптимальності моделі було прийнято собівартість видобутку руди і економічну ефективність інвестицій.

Результати досліджень моделі. За основу моделі було прийнято попередні розрахунки отримання урану з Ватутінського родовища. Базуючись на логіці, викладеній на рисунку 1, структуруємо собівартість отримання оксиду урану по двох технологіях в розрахунок на одну камеру з заданими розмірами. Для визначення галузі ефективного використання підземного та комбінованого способів видобутку було визначено собівартість двох способів. Для першого варіанту підземний спосіб розробки показав собівартість отримання руди на рівні \$ 40 –

50 за тону (середня \$ 45), а другий – \$ 35 – 45 (середня \$ 40) за тону. Попередні розрахунки щодо собівартості обох способів зображено на рис. 2.

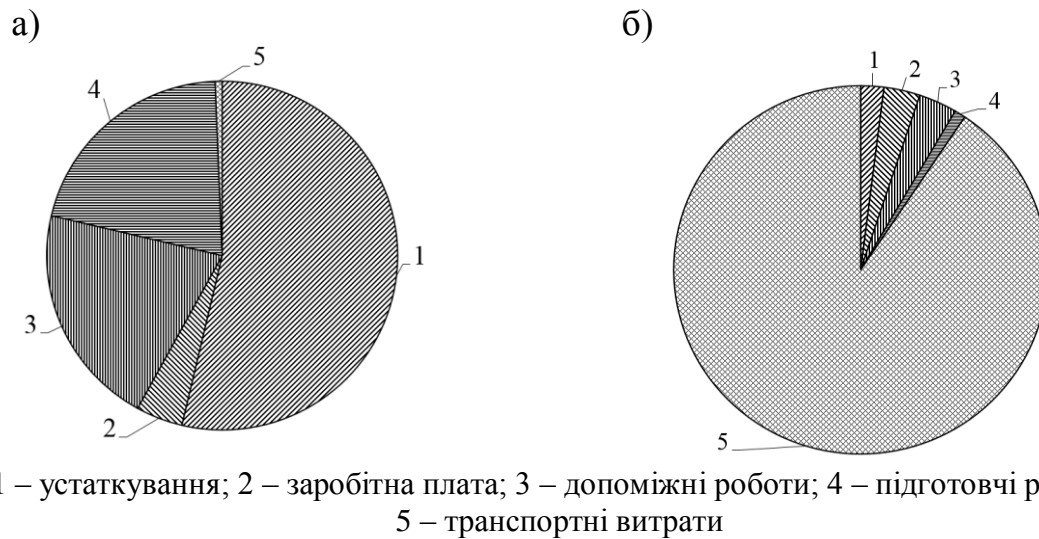


Рисунок 2 – Складові витрат, пов'язаних з видобутком урану двома порівняльними способами: а – підземний спосіб видобутку; б – комбінований спосіб видобутку (підземна розробка з використанням геотехнології)

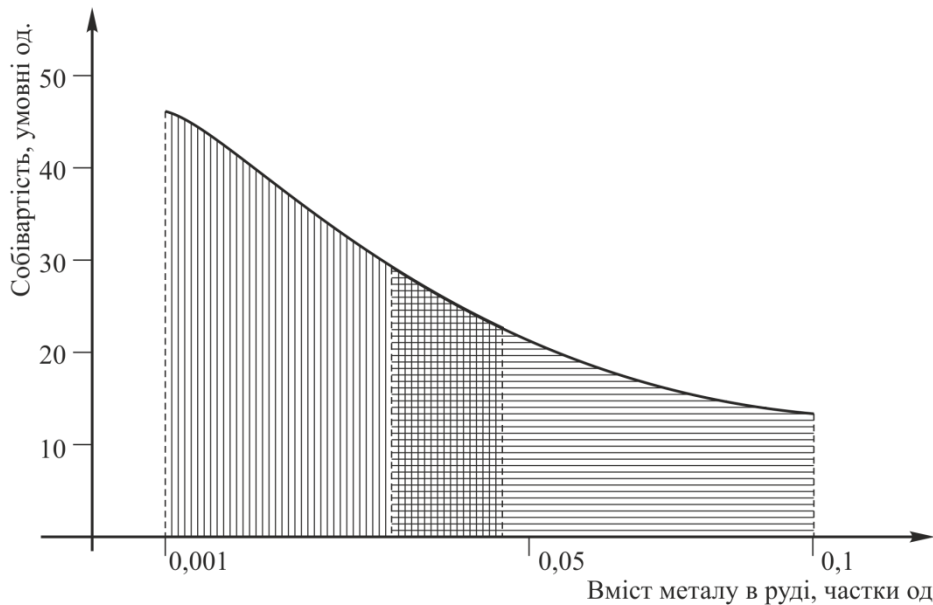
З наведених діаграм видно, що другий спосіб розробки має в собі інше співвідношення щодо груп витрат порівняно з першим. Це дозволяє використати переваги окремо підземного і окремо геотехнологічного способів задля підвищення ефективності видобутку при зменшенні витрат на незадіяні робочі процеси разом зі зменшенням відходів виробництва, оскільки в першому способі видобутку урану (уранової руди) треба враховувати транспортування гірничої маси, витрати на збагачення та закладні роботи, обслуговування териконів тощо.

Отже, аналіз технології видобутку урану комбінованим способом довів, що його можна ефективно використовувати для видобутку бідної уранової руди. Але частину урану з однаковою ефективністю можна отримувати і першим, і другим способами. На базі попередніх розрахунків зобразимо діаграму отримання уранової сировини двома способами на рис. 3.

Висновки. Застосований методичний підхід дозволяє отримати техніко-економічну оцінку можливості отримання уранової сировини комбінованою системою розробки з використанням геотехнології, яка має наступні властивості:

1. Результати моделювання видобутку корисних копалин підземним та підземно-геотехнологічним способами показали, що застосування вилуговування на місці бідних і вельми бідних руд до 40 % ефективніше ніж видобуток руди з наступним її сортуванням і транспортуванням до збагачувальної фабрики, де вона вилуговується для отримання закису-окису урану.

2. Економічний розрахунок за адаптованою математичною моделлю показує, що застосування підземно-геотехнологічного способу розробки має ряд переваг перед виключно підземним способом з видобутку бідних та вельми бідних руд.



– видобуток урану з використанням геотехнології; – видобуток уранової руди виключно підземним способом; – зона рентабельного видобутку уранової сировини за двома технологіями

Рисунок 3 – Залежність вмісту урану в руді та способами її видобутку зі збереженням рентабельності технологій з урахуванням собівартості

3. Підземну розробку з використанням геотехнології можна ефективно використовувати для вилуговування раніше недосяжних або не ефективних ділянок при діючій системі розробки за різними причинами: вельми бідні руди, охоронні частини шахтного відводу тощо. Все це збільшує віддачу родовища та кошти на капітальні роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мальцев, Д.В. Новый подход к добыче урана для Новокопальского месторождения / Д.В. Мальцев, О.Б. Владыко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ. - 2015. - Вып. 120. - С. 202 - 212.
2. Мальцев, Д.В. Обоснование параметров буровзрывных работ при разрушении массива урано-содержащих руд: дис. ... к-та техн. наук: 05.15.02: - Д., 2013. - 177 с. защищена 26.04.2013; утв. 04.07.2013 / Д.В. Мальцев - Днепропетровск: ГВУЗ НГУ, 2002. - 177 с.
3. Добыча и переработка урановых руд в Украине / А.П. Чернова, М.И. Бабак, Ю.И. Кошик [и др.]. - К.: АДЕФ-Украина, 2001. - 238 с.
4. Фізико-хімічна геотехнологія / М.М. Табаченко, О.Б. Владыко, О.Є. Хоменко [та ін.]. - Д.: Національний гірничий університет, 2012. - 310 с.
5. Физико-химическая геотехнология / В.Ж. Аренс, О.М. Гридин, Е.В. Крейнин [и др.]. - М.: Издательство МГУ, 2010. - 575 с.
6. Шаровар, И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений / И.И. Шаровар. - Москва: Издательство МГУ, 1999. - 242 с.
7. Уткина, С.И. Экономика горного предприятия. / С.И. Уткина. - М.: МГГУ, 2003 - 262 с.
8. Кононенко, М.М. Вибір і розрахунок систем підземної розробки рудних родовищ: навч. посіб. / М.М. Кононенко, О.Є. Хоменко, В.Ю. Усатий. - Д.: Національний гірничий університет, 2013. - 217 с.
9. Экономика, организация производства и планирование в горнорудной промышленности (сборник примеров и задач). / Г.В. Караман, Л.П. Дьякова, И.Н. Школа [и др.]. - М.: Недра, 1977 - 152 с.
10. Скипочка, С.И. Оценка горно-геологических условий разработки Новокопальского

уранового месторождения / С.И. Скипочка, Т.Г. Войтович // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ. – 2013. – Вып. 107. – С. 19 – 26.

11. Vladyko, O. (2013), Technological parameters of cutoff curtains, created with the help of inkjet technology. “Underground Mining-2013” / “Geomechanical processes during underground mining”. – Netherlands: CRC Press, p 135 – 140.

REFERENCES

1. Maltsev, D.V. and Vladyko, A.B. (2015), “New approach to the booty of uranium for the Novokostyantynivka deposit”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 120, pp. 202 – 212.

2. Maltsev, D.V. (2013), “Substantiation of blast-hole drilling parameters during destruction of massif that contains uranium ore”, Abstract of Ph.D. Dissertation, 05.15.02, SHEI «NMU», Dnepropetrovsk, Ukraine.

3. Chernova, A.P., Babak, M.I., Koshyk, Y.E., Andreev, O.K. (and at) (2001), *Dobycha i pererabotka uranovykh rud v Ukraine* [Mining and processing of uranium ore in Ukraine], ADEF-Ukraine, Kiev, Ukraine.

4. Tabachenko, M.M., Vladyko, O.B., Khomenko, O.E. and Maltsev, D.V. (2012), *Fizyko-khimichna tehnologiya* [Physico-chemical geotechnology], SHEI “National Mining University», Dnepropetrovsk, Ukraine.

5. Arens, V.Zh., Gridin, O.M., Kreynin, Ye.V. (and at) (2010), *Fiziko-khimicheskaya geotekhnologiya* [Physico-chemical geotechnology], Publisher MSU, Moscow, Russia.

6. Sharovar, I.I. (1999), *Geotekhnologicheskie sposoby razrabotki plastovykh mestorozhdeniy* [Geotechnological methods development of layered deposits], Publisher MSU, Moscow, Russia.

7. Utkina, S.I. (2003), *Ekonomika gornogo predpryatiya* [Economy mining enterprise], MMTU, Moscow, Russia.

8. Kononenko, M.M., Khomenko, O.E. and Usatyi, V.U. (2013), *Vybir i rozrakhunok system pidzemnoy rozrobky rudnykh rodovychsh* [Selection and calculation of underground mining of ore deposits], SHEI “National Mining University», Dnepropetrovsk, Ukraine.

9. Karaman, G.V., Djakov, L.P., Shkola, I.N. and Grigorev, N.V. (1977), *Ekonomika, organizatsiya proizvodstva i planirovaniya v gornorudnoy promyshlennosti* [Economy and planning organization of production in mining industry], Nedra, Moscow, USSR.

10. Skipochka, S.I. and Vojtovich, T.G. (2013), “Assessment of mining and geological conditions of Novokonstantinovsk uranium deposit development”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 107, pp. 19 – 26.

11. Vladyko, O. (2013), “Technological parameters of cutoff curtains, created with the help of inkjet technology”, “Underground Mining-2013», *Geomechanical processes during underground mining*, CRC Press, Netherlands, pp. 135 – 140.

Про авторів

Мальцев Дмитро Валерійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри підземної розробки родовищ, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, m_dima@3g.ua.

Владико Олександр Борисович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри підземної розробки родовищ, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» (ДВНЗ «НГУ»), Дніпропетровськ, Україна, labprml@rambler.ru.

About the authors

Maltsev Dmytro Valeriyovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Associate Professor of Underground Mining Department, State higher educational institution “National Mining University” (SHEI “NMU”), Dnepropetrovsk, Ukraine, m_dima@3g.ua.

Vladyko Oleksandr Borysovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Associate Professor of Underground Mining Department, State higher educational institution “National Mining University” (SHEI “NMU”), Dnepropetrovsk, Ukraine, labprml@rambler.ru.

Аннотация. В статье представлен методический подход к осуществлению экономической оценки получения окисей урана на месторождениях с подземной добычей бедных и весьма бедных руд. Определены исходные данные для выполнения предварительного расче-

та экономической оценки выщелачивания в подземных условиях. Адаптирована расчетная схема для Ватутинского месторождения по технико-экономической оценки получения уранового сырья, которая основывается на апробированных в мировой практике методах экономической оценки объектов месторождений полезных ископаемых и анализе эффективности инвестиций на добычные работы. Согласно алгоритму расчета этапов получения уранового сырья: определены предварительные затраты на буровзрывные работы для разупрочнения рудного массива в зажатой среде; стоимость работ по бурению и обустройству подающих и приемных шпуров-инъекторов с учетом стоимости материалов; стоимость выщелачиваемого вещества с учетом его концентрации и вероятных потерь; стоимость трубопроводов и их сооружения, количество и тип насосного оборудования для транспортировки продуктивного и выщелачиваемого растворов на поверхность и в камеру соответственно; стоимость строительства подземного контурного отстойника для продуктивного раствора; стоимость сооружений и работ на поверхности; стоимость строительства подземных защитных перегородок, которые предупреждали утечку паров серной кислоты из буровых выработок в рудничную атмосферу; расходы на оплату труда и др. Выполнено сравнение стоимости получения окисей урана с аналогичными показателями технологии, действующей на Ватутинском месторождении. Сделаны выводы относительно выполненных расчетов вероятного применения предложенной технологии для исследуемых условий.

Ключевые слова: стоимость добычи урана геотехнологическим способом, урановая руда, окись урана, расчет экономической эффективности выщелачивания, технология выщелачивания.

Abstract. A methodological approach to economic evaluation of producing uranium oxides from deposits with underground mining is presented for poor and extremely poor ores. Source data were determined for preliminary economic evaluation of leaching in underground conditions. A calculation scheme was adapted to the Vatutinsky deposit in terms of feasibility of uranium ore producing, which was based on the approbated world practices for evaluating economics of mineral deposits and analyzing effectiveness of investments into the mineral mining. According to the algorithm of calculating the stages of uranium ore mining the following indices were defined: preliminary costs of drilling and blasting operations for weakening ore massif in sandwiched zone; costs of drilling operations and equipping of feeding and receiving boreholes-injectors with the cost of materials; cost of leacheable agents with taking into account their concentration and possible losses; pipelines and their construction cost, number and type of pump equipment for transporting leaching and productive solutions to the surface and into the chamber, respectively; cost of construction of an underground tank contour for productive solutions; cost of structures and works on the surface; the construction of underground protective walls that would prevent sulfuric acid fumes leaking from the drilling rooms into mine atmosphere; labor costs, and so on. The resulted cost of the uranium oxides producing was compared with the similar technological indicators, which are used at the Vatutinsky deposits. Conclusions made concerns a possibility to use the proposed technology for the conditions under the consideration.

Key words: cost of uranium mining by a geotechnological method, uranium ore, uranium oxide, calculation of leaching technology economic efficiency, leaching of ores.

Статья поступила в редакцию 15.09.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком