

УДК 550.41: 539.163

**ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ ІЗОТОПІВ УРАНУ В ПРИРОДНИХ ТА
ТЕХНОГЕННИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

С.П. БУГЕРА

Інститут геохімії навколишнього середовища

У роботі показано, що можлива зміна ізотопного складу урану під час переробки уранової руди на гідрометалургійному комбінаті. Розглянуто механізм зміни співвідношення $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ у природному середовищі. Проведено аналогію між природним механізмом змінення ізотопного складу урану та механізмом, по якому відбувається змінення ізотопного складу урану в процесі промислової переробки уранової руди

Сьогодні у пошуках енергетичної незалежності країни світу, на території, яких розвідано родовища уранових руд, все більше уваги приділяють видобутку, переробці і збагаченню урану. Уран - найбільш енергонасичене паливо, яке можливо використовувати при сучасних технічних можливостях. Кілька грамів урану здатні виробити стільки ж електричної і теплової енергії, скільки декілька тонни вугілля та нафти або декілька тисяч кубометрів газу В Україні щорічно видобувається 800 тон урану, але за розвіданими запасам урану Україна займає перше місце в Європі і шосте в світі. Наразі, енергетичною стратегією України до 2030 року передбачено поступове нарощування переробки урану, що здійснюватиметься на гідрометалургійному комбінаті. В процесі переробки уранової руди на гідрометалургійному комбінаті можливе змінення її ізотопного складу, в результаті чого можуть утворюватися значні за об'ємом хвостосховища, де рівновага ізотопів урану зміщена.

Отже мета даної роботи – показати можливість зміщення ізотопного складу урану в процесі гідрометалургійної обробки уранових руд шляхом подібним до природного шляху зміщення ізотопної рівноваги. Промислові родовища урану метасоматичного типу зосереджені в межах Кіровоградської металогенічної області, яка є складовою частиною провінції Українського кристалічного щита.

В Україні видобуванням і переробкою уранової руди займається державне підприємство Східний гірничо-збагачувальний комбінат (СхідГЗК). За даними інформаційної агенції РБК-Україна (від 23.09.2010) на СхідГЗК планується поступове нарощення потужностей. У 2010 р. СхідГЗК має намір видобути 846 т уранового концентрату, в 2011 р. – 1004 т. У 2012 – 2013 рр. видобуток трохи знизиться через скорочення виробок на діючих шахтах. Але у 2014 р. виробництво зросте до 2107 т за рахунок нарощування видобутку на Новоконстантинівському родовищі до 1052 т. З 2017 р. видобуток урану в Україні збільшиться до 3,5 тис. т на рік.

Пріоритетними для підприємства є Мічуринське, Центральне, Ватутинське, Новоконстантинівське і Сафонівське родовища. Їх загальні запаси складають 112,358 тис. т урану з середнім вмістом металу 0,112%. Северинське, Подгайцівське і Центральне (західна зона) родовища через низький вміст урану розроблятимуться після 2015 р.

Переробка уранової руди, як і більшість виробництв супроводжується утворенням відходів, що різні за складом та рівнем небезпеки. Нарощення видобутку та переробки урану має здійснюватися шляхом розширення існуючих технологій, отже якісний склад відходів лишиться без змін, проте їх кількість збільшиться

Відходи уранового виробництва розділяють на дві групи: перша група відходів представлена відходами уранових родовищ, до другої групи відходів відносяться відходи гідрометалургійних заводів [1]. До першої групи відходів входять: пуста порода, хвости грохочення, радіоактивні шахтні води та радіоактивний силікатний пил. Технологічна обробка не змінює ізотопного складу цієї групи відходів, проте, змінення ізотопного складу можлива у продуктах їх вилуговування під дією природних екзогенних процесів.

Природний уран складається із суміші трьох ізотопів: ^{238}U (ізотопна поширеність 99,2745%, період напіврозпаду $T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$ років), ^{235}U (0,7200%, $T_{1/2} = 7,04 \cdot 10^8$ років) і ^{234}U (0,0055%, $T_{1/2} = 2,455 \cdot 10^5$ років) [2]. Останній із приведених ізотопів є не первинним, а радіогенним, він входить до складу радіоактивного ряду ^{238}U (див. рис. 1). Радіоактивність природного урану зумовлена в основному ізотопами ^{238}U і ^{234}U , в рівновазі їх питомі активності рівні.

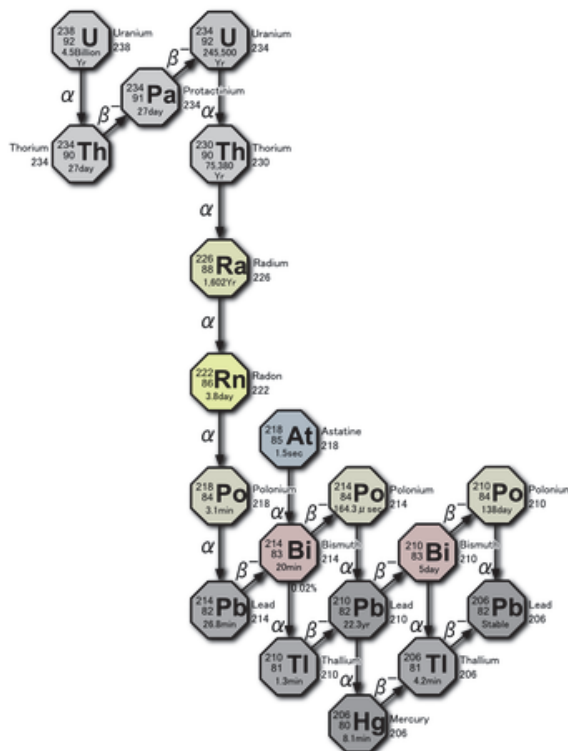


Рис. 1. Радіоактивний ряд радію

У природному середовищі ізотопний склад урану може зміщуватись від стану рівноваги.

Автори роботи [3] відмічають що у зразках руд із зони поверхневого окислення на родовищі Учкудук в Узбекистані співвідношення $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ досягає 2,9. У зоні неповного окислення родовища Букінай це співвідношення коливається від 0,85 до 1,04, а у зоні неповного окислення Сабирсайського родовища – від 0,73 до 0,99. Також у роботі також показано, що родовища з розвиненими зонами пластового окислення можуть містити зміщення рівноваги в сторону ^{234}U , і потребують додаткових визначень ізотопного складу перед початком видобутку.

J.K. Osmond і колеги пропонують [4] використовувати ізотопні властивості урану під час дослідження підземних вод для розвідки поверхневих вторинних уранових родовищ. α -розпад викликає переміщення, що спричинено віддачею, і радіоактивний дисбаланс між двома ізотопами урану у

відкритих системах, такі як поверхневі водоносні горизонти. Зміни концентрації урану у підземних водах і значне зміщення рівноваги $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ свідчать про наявність вторинних уранових родовищ.

Різниця у поведінці ізотопів урану у природному середовищі пояснюється наступним чином. ^{238}U і ^{235}U – первісні ізотопи, що не зазнавали змін за час свого існування. Вони входять в кристалічну решітку мінералів разом із іншими стабільними елементами. А продукти розпаду, до складу яких входить і ^{234}U , під час виходу α частинки переживають віддачу. [5] Енергія такої віддачі складає приблизно 100 кеВ, чого достатньо щоб подолати сотні міжвузлових відстаней кристалічної решітки. Вичерпавши початкову швидкість, атом віддачі застряє у довільному місці мінералу у якості чужорідного тіла, що порушує будову кристалічної решітки. Деяка частина атомів ^{234}U знаходиться у порушеннях кристалічної решітки і переходить у розчин при вилуговуванні більш інтенсивно, ніж ^{238}U , котрий знаходиться у вузлах кристалічної решітки.

У процесі переробки уранової руди на гідрометалургійному комбінаті на стадії вилуговування має також відбуватися зміна ізотопного складу урану по механізму, що приведений вище. Таким чином пульпа, що відводиться на хвостосховище, може містити нерівноважні кількості ^{238}U і ^{234}U , створюючи зміщення рівноваги в цілому по хвостосховищу.

В процесі експлуатації хвостосховищ відбувається безперервне фільтрування розчинів у зовнішнє середовище. Крім того розчини, що фільтруються містять у собі небезпечні речовини та радіонукліди, котрі потрапляють у ґрунтові води. Фільтрація залежить від об'єму та площі хвостосховища, і може досягати 500 – 1000 м³ на добу. Забруднення, що фільтруються із хвостосховищ здатні мігрувати на далекі відстані гідрографічною мережею. Отже можливе поширення урану зі зміщеним ізотопним складом у природнє середовище.

Таким чином, у процесі переробки уранової руди і далі при зберіганні відходів її переробки відбувається зміна ізотопного складу урану по механізму, що подібний до того, по якому відбувається зміна ізотопного складу урану в природному середовищі. У результаті роботи гідрометалургійного комбінату утворюються хвостосховища, що містять нерівноважний уран, котрий може поширюватися у навколишнє середовище шляхом міграції із хвостосховищ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бахуров В.С. Радиоактивные отходы урановых заводов / В.С. Бахуров, И.К. Луценко, Н.Н. Шашкина ; под. ред. Б.С. Копычева. – М. : Атомиздат, 1965. – 145 с.
2. G. Audi. The Nubase evaluation of nuclear and decay properties. / G. Audi, O. Bersillon, J. Blachot, A.H. Wapstra. // Nuclear Physics. – 2003. – A 729. – 128p.
3. Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов. Т.1:Уран. - под ред. М.И. Фазлулииа. – М.: «Руда и металлы», – 2005
4. J.K. Osmond1, Uranium isotopic disequilibrium in ground water as an indicator of anomalies / J.K. Osmond, J.B. Cowart, M. Ivanovich // The International Journal of Applied Radiation and Isotopes. – 1983. – Volume 34, P. 283 –308
5. Чердынцев В.В. Ядерная вулканология / В.В. Чердынцев. – М.: Атомиздат, – 1973. – С. 42 – 43.

Надійшла 12.10.2010