

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 3, Number 315 (2016), 90 – 95

**EXPLORATION OF THE POSSIBILITY OF BIOLEACHING OF REE
FROM SAMPLES OF DIFFERENT ORES AND CONCENTRATES**

A. A. Otarbekova, R. E. Aitkulova, S. Sh. Lesbekova, A. M. Esimova, D. E. Kudasova

M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: dariha_uko@mail.ru

Key words: rare-earth elements, base metals, copper-molybdenum ore, phosphate ore, microflora.

Abstract. In the article it is considered opportunity of use of composition for biodiversity of microbe of rarely-land elements from polymetal, phosphorus and copper-molybdenum ore deposits of Kazakhstan. It is established that irrespective to ore type in bacterium-chemical solution contributes to increase of degree extraction of metals in a solution.

Intensive exploitation of the deposits will inevitably lead to their depletion, so that there is an urgent need for the development of natural and technogenic deposits with poor content or additional recovery of valuable components from mastered.

As object of research there were used polymetallic, copper-molybdenum, phosphorite ore, copper-molybdenum and polymetallic concentrates of some fields of Kazakhstan.

The results of preliminary studies showed that the viability of the use of bacterial-chemical leaching of REE from a number of ores and concentrates, it was found that optimization of conditions of life of selected iron and sulfur – oxidizing microflora allows to intensify the processes of extraction of metals into solution.

УДК 622.337.2.(043.2)

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ БИОВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ РЗЭ
ИЗ ОБРАЗЦОВ РАЗЛИЧНЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ**

А. А. Отарбекова, Р. Э. Айткулова, С. Ж. Лесбекова, А. М. Есимова, Д. Е. Кудасова

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

Ключевые слова: редко-земельные элементы, полиметаллы, медно-молибденовые руды, фосфоритовые руды, микрофлоры.

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования состава для биологического разнообразия микроб редкоземельных элементов из полиметаллов, фосфора и медно-молибденовые руды месторождений Казахстана. Установлено, что независимо от типа руды бактериально-химический раствор способствует увеличению степени извлечения металла в раствор.

Интенсивное освоение месторождений неизбежно ведет к их истощению, вследствие чего возникает острая необходимость разработки природных и техногенных месторождений с бедным содержанием компонентов или доизвлечения ценных компонентов из освоенных.

В качестве объекта исследования были использованы полиметаллические, медно-молибденовые, фосфоритовые руды, медно-молибденовый и полиметаллический концентрат некоторых месторождений Казахстана.

Результаты предварительных исследований показали перспективность использования бактериально-химического выщелачивания РЗЭ из ряда руд и концентратов, при этом установлено, что оптимизация условий жизнедеятельности отселекционированной железо- и сероокисляющей микрофлоры позволяет интенсифицировать процессы извлечения металлов в раствор.

Введение. Общее мировое производство РЗЭ в 1980 составляло (без СССР) около 26 тыс. т, из них 11 тыс. т применялось в металлургии и производстве магнитов, 7 тыс. т. – в виде катализаторов и химикатов, 8 тыс. т. В виде стекла и керамики. Первым из РЗЭ открыт Y в 1794 Ю. Гадолином, открытие всех РЗЭ завершено к началу 20 в. В природе РЗЭ с четными атомными номерами распространены заметно больше, чем РЗЭ с нечетными номерами (рисунки 1).

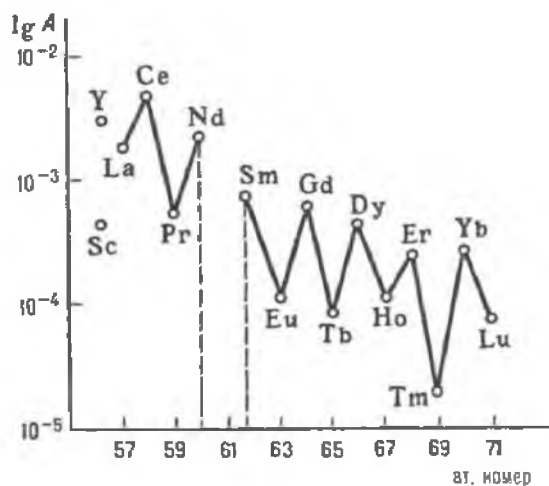


Рисунок 1 – Распределение РЗЭ в природе: А-содержание в земной коре, % по массе

Иттрий и легкие лантаноиды (кроме Pm) содержатся в земной коре в больших количествах, чем тяжелые. Наиболее распространены Ce ($4,61 \cdot 10^{-3}\%$ по массе), Y ($2,81 \cdot 10^{-3}\%$), Nd ($2,39 \cdot 10^{-3}\%$) и La ($1,83 \cdot 10^{-3}\%$), наименее – Tm ($2,0 \cdot 10^{-5}\%$), Lu ($7,5 \cdot 10^{-5}\%$) и Tb ($9,1 \cdot 10^{-5}\%$). Наиболее распространен в космосе Sc, затем Y, Ce, La, Nd, Gd и другие РЗЭ-природные спутники Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Th, U и некоторых других металлов. Известно большое количество минералов РЗЭ (по одним источникам, более 150, по другим – более 200), важнейшие из которых – бастнезит LnCO_3F , монацит LnPO_4 , ксенотим LnPO_4 . Первые два содержат легкие лантаноиды, ксенотим – Y и тяжелые лантаноиды. Промышленное значение имеют лопарит $(\text{Na,Ca,Ln})(\text{Ti,Ta,Nb})\text{O}_3$, апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, эвксенит $\text{Ln}(\text{Nb, Ta})\text{TiO}_6 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, гадолинит $(\text{Fe}^{2+}, \text{Be})_3 \times \times \text{Ln}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$, перспективны алланит $(\text{Ca, Fe}^{2+})_2 \times (\text{Ln, Al, Fe}^{3+})_3 \text{Si}_3\text{O}_{13}\text{H}$, перовскит CaTiO_3 , сфен $\text{CaTiSiO}_4(\text{O, OH, F})$, циркон ZrSiO_4 . РЗЭ содержатся в хвостах обогащения урановых руд (тяжелые лантаноиды и Y), во флюорите CaF_2 . Многие минералы РЗЭ радиоактивны из-за наличия в них U, Th и продуктов их распада[1]. РЗЭ бастнезита состоят на 27-32% из La, 49-50% Ce, 4-5% Pr, 13-15% Nd, 0,5-1,0% Sm, 0,1-0,2% Eu и 0,3-0,4% Gd; общее содержание Ln_2O_3 73-76%. Месторождения бастнезита имеются в США, КНР, Бурунди и Швеции. Монацит содержит 42,3-66,9% Ln_2O_3 цериевой группы и 0,5-4,8% иттриевой группы; относит, кол-ва: 19-23% La, 44-46% Ce, 5-6% Pr, 18-20% Nd, 4-5% Sm, 2-3% Y, 2% Gd и 1,5-2,0% др. РЗЭ, 5-10% ThO_2 . Монацит добывают в Бразилии, Индии, Австралии и Малайзии, он имеется также на Мадагаскаре, в Малави и др. Ксенотим содержит 51,9-62,6% Ln_2O_3 иттриевой группы, 0,3-4,6% цериевой группы и по ~ 3% U_3O_8 и ThO_2 .

В СНГ важные источники РЗЭ – лопарит (30,7-34,1% Ln_2O_3 цериевой группы) и иттропаризит – сложный фторокарбонат, ассоциированный с монацитом, ксенотимом, флюоцеритом и другими минералами. Общие промышленные мировые запасы РЗЭ в виде оксидов, кроме Y, составляют (без СНГ) около 33 млн. т (1980)[2].

Методы исследования. Для переработки руды, содержащих минералы РЗЭ, обычно подвергают гравитационному обогащению для выделения тяжелых минералов – монацита, ксенотима, эвксенита и других. Монацит из смеси с другими минералами выделяют сочетанием гравитационного, электромагнитного и электростатических методов. Для индийского монацита применяют также флотацию. Обогащение калифорнийской бастнезитовой руды (7-10% оксидов РЗЭ) осуществляют флотацией, растворением CaCO_3 в 10%-ной соляной кислоте, обжигом для удаления CO_2 и перевода Ce^{3+} в Ce^{4+} , доводя концентрацию оксидов РЗЭ до 85%.

Химическая переработка рудных концентратов включает выщелачивание, отделение радиоактивных примесей, выделение химических концентратов РЗЭ (загрязненные оксиды, оксалаты, фториды, хлориды, сульфаты и др.), разделение самих РЗЭ и получение металлов. Для выщелачивания применяют кислоты или щелочь. Щелочную переработку монацита и ксенотима часто проводят в автоклавах при 140-150 °С с использованием 70%-ного раствора NaOH. Осажденные гидроксиды Th, U и РЗЭ растворяют в соляной или азотной кислоте, частичной нейтрализацией раствора вновь осаждают гидроксиды Th и U, а полной нейтрализацией – гидроксиды РЗЭ. Раствор хлоридов РЗЭ после осаждения Th и U иногда выпаривают с выделением концентрата или направляют на разделение РЗЭ [3].

Кислотный способ предусматривает сульфатизацию монацита избытком концентрированной H₂SO₄ при 200-250 °С, выщелачивание растворимых сульфатов Th и РЗЭ водой, осаждение Th и последующее осаждение РЗЭ в виде комплексных солей действием Na₂SO₄ (осаждаются РЗЭ цериевой группы) или в виде оксалатов действием щавелевой кислоты. Комплексные сульфаты обрабатывают раствором NaOH, а затем растворяют в соляной кислоте. Бастнезитовые концентраты выщелачивают соляной кислотой, из нерастворимого остатка выделяют цериевый концентрат, а раствор используют для получения индивидуальных РЗЭ. Апатитовые концентраты разлагают концентрированной HNO₃, добавлением в раствор NaNO₃ осаждают SiO₂ и Na₂SiF₆, частичной нейтрализацией раствора аммиаком осаждают фосфаты РЗЭ. Лопаритовые, бастнезитовые и эвксенитовые концентраты перерабатывают также хлорированием. Их брикетируют с коксом и обрабатывают Cl₂ при 800-1200 °С. Нелетучие хлориды используют для получения мишметалла (сплава РЗЭ) или растворяют в воде и направляют на разделение РЗЭ.

Для разделения РЗЭ и очистки их от примесей применяют осадительные методы, селективное окисление или восстановление, ионообменную сорбцию и жидкостную экстракцию. Осадительные методы (выделение гидроксидов, оксалатов и др.) используют для очистки при получении концентратов РЗЭ, селективное окисление – для отделения Се, реже – Pr и Tb, селективное восстановление – для отделения Ей (обычно в виде нерастворимого EuSO₄), реже – Sm и Yb.

Основной метод получения чистых РЗЭ в начале 50-х гг.-ионообменная сорбция, с середины 60-х гг. – экстракция. Сорбцию сначала использовали в периодическом варианте, а впоследствии для получения концентратов стали применять и непрерывные методы сорбционного разделения. Коэффициенты разделения соседних РЗЭ обычно не превышают 1,5-3,0. Для разделения используют трибутилфосфат (коэффициент разделения соседних РЗЭ 1,3-1,6 в HNO₃), ди-(2-этилгексил)-фосфорную кислоту (коэффициент разделения 1,6-3,2 в HCl), другие алкил-фосфаты. Перспективно применение карбоновых кислот и аминов с использованием экстракционных каскадов с десятками ступеней разделения. В промышленной практике для разделения преимущественно используют фосфорорганические экстрагенты – ТБФ, Д2ЭГФК и карбоновые кислоты. Разделение основано на закономерном изменении значений коэффициентов распределения в ряду лантаноидов. В промышленной практике разделение РЗЭ экстракцией ТБФ большей частью осуществляют из азотнокислых растворов, содержащих нитраты РЗЭ. РЗЭ хорошо экстрагируется ТБФ также из слабокислых нитратных растворов в присутствии высаливателей – нитратов алюминия, натрия, кальция, лития [4].

В исследованиях Валькова А.В. и Сергиевского В.В. рассмотрены особенности извлечения РЗЭ, содержащихся в апатитах Кольского полуострова применительно к потребностям атомной энергетики РФ [5]. Предлагаемая авторами технологическая схема ориентирована на получение ряда продуктов: 80-90%-ного концентрата церия, азотнокислых растворов цериевых земель, оксидов европия, гадолиния и эрбия, а также сумму оксидов элементов иттриевой группы. Концентрат церия и азотнокислые растворы цериевых земель могут быть реализованы на предприятиях, производящих полирит, редкоземельную лигатуру и катализаторы для нефтехимии. В общем объеме реализации продукции цериевая группа занимает 30-40%, оксид европия занимает 25-35%, оксиды гадолиния и эрбия – 10-15%, оксиды элементов иттриевой группы – 20-30%.

Известен российский проект по гидрометаллургической переработке фосфогипса на сульфат натрия, карбонат кальция, соединения редкоземельных элементов и углекислый стронций [6]. В проекте используется найденное решение по выщелачиванию редкоземельных элементов из твердых остатков в раствор кислотами низких концентраций (5-6 %) против известных предложений, в

которых применяют для выщелачивания концентрированные растворы кислот (30-70 %). Найденное решение позволяет извлекать РЗЭ на 96-98 %, в то время как в известных способах выщелачивание РЗЭ из фосфогипса не превышает 50 %. Разработанный способ упрощает технологический передел стадии извлечения редкоземельных элементов и значительно снижает расход кислоты.

Кроме того, изучена возможность концентрирования редких и РЗЭ при кислотном и щелочном выщелачивании зольных уносов теплоэлектростанций [7], при этом спектральным полукочественным анализом в зольных уносах установлено присутствие, г/т: лития – 20, ниобия – 20, бериллия – 5, галлия – 15, титана – 10000, циркония – 500, гафния – 20, скандия – 15, лантана – 100, иттрия – 70, иттербия – 7. Полученные данные показывают высокую ценность зольных уносов: содержание Y, Yb практически равно порогу ценности (минимальное содержание, определяющее возможную промышленную значимость [8]), Zr приближен к нему, а Ti превышают его. Результаты кислотного выщелачивания показали, что в ряде опытов с различными условиями получены близкие значения, предпочтение следует отдать опыту с более мягкими параметрами: $C_k = 50$ г/л, т:ж = 1:40, $\tau = 1,15$ ч, $t = 65$ С, $n = 250$ об/мин. В этом опыте кек обеднен титаном (4000 г/т при 10000 г/т в зольных уносах), иттрием (40 г/т) и иттербием (4 г/т). Примерное извлечение титана равно 30 – 50 %, иттрия и иттербия – 40-50 %. При щелочном выщелачивании ($C_k = 56$ г/л, т:ж = 1:50, $\tau = 2,5$ ч, $t = 80^0$ С, $n = 300$ об/мин) наблюдается обеднение кека иттрием (20 г/т) и иттербием (2 г/т).

Известно изобретение, направленное на повышение извлечения скандия и редкоземельных элементов, снижение потерь кислоты и удешевление способа [9]. Это достигается использованием в качестве шлакообразующего компонента карбоната бария, выщелачиванием шлака водой с отделением концентрата скандия и редкоземельных элементов и обработкой полученного фильтра производственным маточным раствором глиноземного производства с отделением барийсодержащего осадка и возвратом его на обжиг.

В настоящее время существует хорошо известная технология – биовыщелачивание металлов, позволяющая извлекать металлы из бедных руд дешевым способом, а именно с применением различных железо- и сероокисляющих бактерий [10]. Эти бактерии разрушают металлсодержащие минералы, окисляя минеральные сульфиды до серной кислоты, таким образом, металлы переводятся из минералов в раствор. Для применения этого метода требуется минимальное количество людей. Биовыщелачивание применялось для обработки не только рудных залежей, но и горных отвалов и горных пород со следовыми количествами дорогостоящих металлов (например, урана). Однако промышленное применение такой технологии связано с серьезными проблемами: 1) некоторые руды содержат химические элементы (Cu, Ni и другие), ингибирующие классических тионовых бактерий, каковые принадлежат к строгом ацидофильным микроорганизмам (*Acidithiobacillus ferrooxidans*, *A.thiooxidans* и *Leptospirillum ferrooxidans*), 2) эти бактерии недолго живут в результате изменений pH, происходящих из-за взаимодействия с минеральным окружением. Биовыщелачивание может увеличить производство РЗЭ за счет обработки очень бедных руд и горных отвалов. Однако информация об использовании биотехнологий в выщелачивании РЗЭ чрезвычайно малочисленна.

Целью настоящей работы было изучение возможности биовыщелачивания РЗЭ из представительных образцов различных руд и концентратов.

В качестве объекта исследования были использованы полиметаллические, медно-молибденовые, фосфоритовые руды, медно-молибденовый и полиметаллический концентрат некоторых месторождений Казахстана. При выщелачивании РЗЭ было использовано перколяционное сернокислотное (5,0 г/л H_2SO_4) и бактериально-химическое выщелачивание при соотношении Т:Ж=1:3-5. Продолжительность выщелачивания 1,3 и 5 суток при температуре 22-25⁰С. При биовыщелачивании была использована композиция микроорганизмов, состоящая из культур КМ1, БИА1, БИА2.

Выводы. В результате проведенных исследований было установлено, что при суточной экспозиции степень извлечения РЗЭ из полиметаллических руд незначительна, в продуктивном растворе после биовыщелачивания появляются следы La, Ce, Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Er, Yb. В аналогичных условиях, при биовыщелачивании медно-молибденовой руды содержание РЗЭ в продуктивном растворе составило, мг/л: La – 0,052; Ce – 0,084; Pr – 0,0098; Sm – 0,0086; Gd – 0,0091; Tb – 0,013; Dy – 0,0071; Ho – 0,0014; Er – 0,0044; Yb – 0,0032, по сравнению с сернокислотным

вариантом, где содержание их колебалось от $8,2E-05$ до $3,200E-4$ в зависимости от элемента. Увеличение продолжительности экспозиции до 3 и 5 суток способствовало адаптации микроорганизмов к ионам токсичных металлов, вследствие чего отмечено повышение содержания ряда РЗЭ в растворе. Так, в результате пятисуточной экспозиции медно-молибденовой руды в варианте с биовыщелачиванием степень извлечения металлов в раствор превысило показатели контрольного варианта с использованием серно-кислотного выщелачивания в несколько раз (рисунок 2). Данная закономерность сохраняется и в вариантах с биовыщелачиванием медно-молибденового концентрата и фосфоритовой руды (рисунок 3). Полиметаллические руды, вероятно, из-за непредставительности проб, оказались непригодными для извлечения РЗЭ.

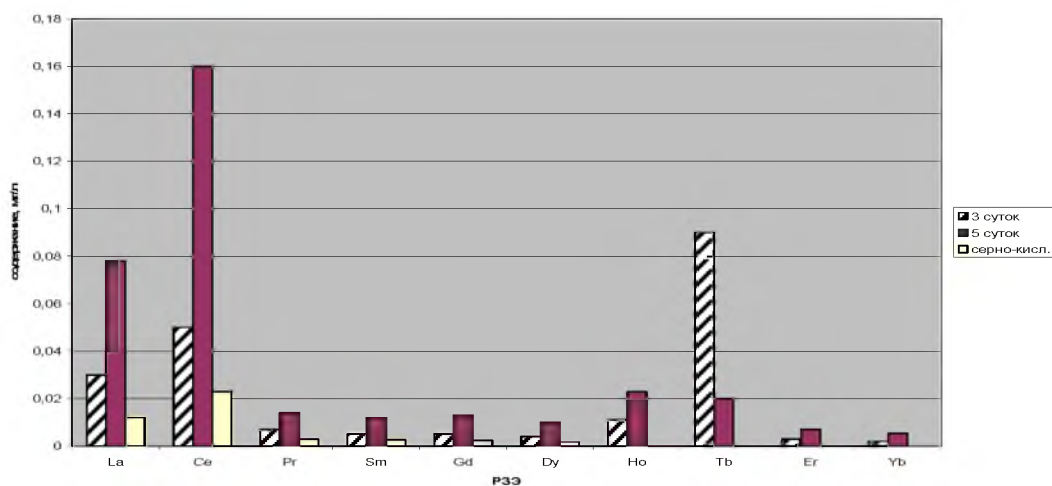


Рисунок 2 – Результаты биовыщелачивания РЗЭ из медно-молибденовой руды

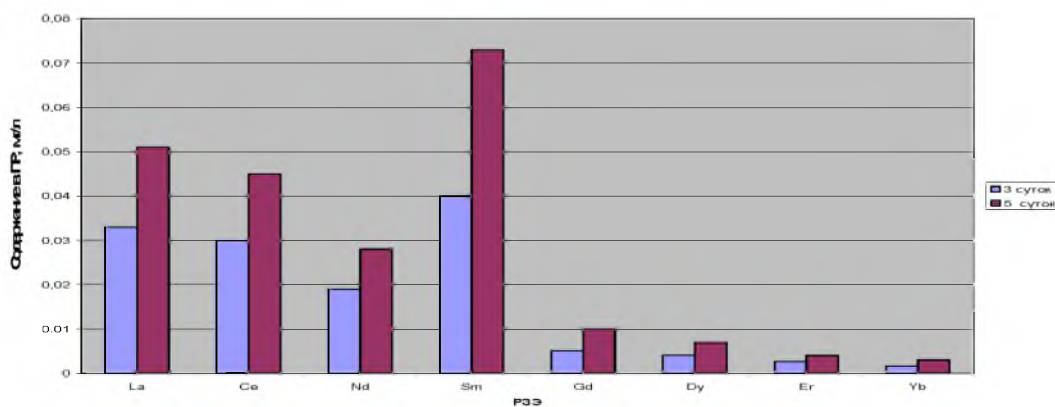


Рисунок 3 – Результаты биовыщелачивания РЗЭ из фосфоритовой руды

Таким образом, результаты предварительных исследований показали перспективность использования бактериально-химического выщелачивания РЗЭ из ряда руд и концентратов, при этом установлено, что оптимизация условий жизнедеятельности отселекционированной железо- и сероокисляющей микрофлоры позволяет интенсифицировать процессы извлечения металлов в раствор.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Добыча и производство редких металлов. – М.: Прогресс, 2008. – 216 с.
- [2] В. Щербан С.А., Баланцева В.М., Садыков Ж. Способ извлечения скандия и РЗЭ из красного глиноземного производства // АС СССР N 1321089, кл. С 22 В 59/00, 1996. АС СССР N 1238399, кл. С 22 В 59/00, 1998. АС СССР N 1464493, кл. С 22 В 59/00, 1997.
- [3] Бызеев В.К., Тен В.Н. Теоретические основы комплексной скважинной разработки горючих сланцев с получением энергоносителей и металлов // Горный вестник Узбекистана. – 2006. – № 24. – С. 54-59.

- [4] Шпирт М.Я. Формы соединения микроэлементов и их превращения при переработке твердых полезных ископаемых // Химия твердого топлива. – 2004. – № 6. – С. 81.
- [5] Вальков А.В., Сергиевский В.В. Колские апатиты как редкоземельное сырье для атомной энергетики // Цветные металлы. – 2006. – № 3. – С. 16.
- [6] Мязин П., Куклина Г.Л., Мязина В.И., Ихисоева И.П. Исследование процессов концентрирования редких и редкоземельных элементов при кислотном и щелочном выщелачивании зольных уносов теплоэлектростанций // Материалы Н. К. Перспективы развития химической переработки горючих ископаемых (ХПГИ – 2006). – 2006. – С. 118.
- [7] Угольная база России. – Т. IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири / Под ред. В. Ф. Череповского. – М.: ЗАО Теоинформмарк, 2001. – 493 с.
- [8] Мязина В.И. Эколого-технологическая оценка золошлаковых отходов тепловых электростанций Восточного Забайкалья: Дис. ... к.т.н. – Чита, 2004. – 22 с.
- [9] Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. – М.: Недра, 1996. – 235 с.
- [10] Камалов М.Р. Роль микроорганизмов в извлечении металлов из руд месторождений Казахстана. – Алма-Ата: Галым, 1990. – 256 с.

REFERENCES

- [1] Dobycha I proizvodstvo redkih metallov. M.: Progress, 2008. 216 p.
- [2] V. Shherban S.A., Balanceva V.M., Sadykov Zh. Sposob izvlechenija skandija I RZJe iz krasnogo glinozemnogo proizvodstva // AS SSSR N 1321089, kl. C 22 B 59/00, 1996. AS SSSR N 1238399, kl. C 22 B 59/00, 1998. AS SSSR N 1464493, kl. C 22 B 59/00, 1997.
- [3] Byzeev V.K., Ten V.N. Teoreticheskie osnovy kompleksnoj skvazhinnoj razrabotki gorjuchih slancev s polucheniem jenergonositelej I metallov//Gornyj vestnik Uzbekistana, 2006. N 24. P. 54-59.
- [4] Shpirt M.Ja. Formy soedinenija mikrojelementov I ih prevrashhenija pri pererabotke tverdyh poleznyh iskopaemyh // Himija tverdogo topliva. 2004. N 6. P. 81.
- [5] Val'kov A.V., Sergievskij V.V. Kol'skie apatity kak redkozemel'noe syr'e dlja atomnoj jenergetiki // Cvetnye metally. 2006. N 3. P. 16.
- [6] Mjazin P., Kuklina G. L., Mjazina V. I., Ihisoeva I. P. Issledovanie processov koncentrirovaniya redkih redkozemel'nyh jelementov pri kislotnom I shhelochnom vyshhelachivanii zol'nyh unosov teplojelektrostantsij// Materialy N.K. Perspektivy razvitija himicheskoj pererabotki gorjuchih iskopaemyh (HPGI – 2006). 2006. P. 118.
- [7] Ugol'naja baza Rossii. T. IV. Ugol'nye bassejny I mestorozhdenija Vostochnoj Sibiri / Pod red. V. F. Cherepovskogo. M.: ЗАО Теоинформмарк, 2001. 493 p.
- [8] Mjazina V.I. Jekologo-tehnologicheskaja ocenka zoloshlakovyh othodov teplovyh jelektrostantsij Vostochnogo Zabajkal'ja: Dis. ... k.t.n. Chita, 2004. 22 p.
- [9] Cemye I toksichnye jelementy v tovarnyh ugljah Rossii: Spravochnik. M.: Nedra, 1996. 235 s.
- [10] Kamalov M.R. Rol' mikroorganizmov v izvlechenii metallov iz rud mestorozhdenij Kazahstana. Alma-Ata: Galym, 1990. 256 p.

ӘРТҮРЛІ КЕНДЕР МЕН КОНЦЕНТРАТТАР ҮЛГІЛЕРІНЕН СЖӘ БИОСІЛТІСІЗДЕНДІРУДІҢ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

А. А. Отарбекова, Р. Э. Айтқұлова, С. Ж. Лесбекова, А. М. Есимова, Д. Е. Кудасова

М. О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан

Түйін сөздер: сирек-жер элементтері, полиметалл, мыс-молибденді кендер, фосфоритті кен, микрофлора.

Аннотация. Мақалада Қазақстан кен орындарындағы полиметалды, фосфоритті және мыс-молибденді кендерді микроагзалар композициясы көмегімен сирек кездесетін металдарын биосілтідендірудің қолдану мүмкіндігі қарастырылған. Руданың түріне байланысты, оның бактериялды-химиялық ерітіндідегі мерзімін ұлғайту арқылы, ерітінді құрамындағы металдарды бөліп алудың мүмкіндігін жоғарылатады.

Кендерді қарқынды қолдану кендердің тез тозуына әсер етеді, нәтижесінде құраушылардың аз қоры бар немесе өндірілгендердің өндіруге дейінгі бағалы құраушыларын табиғи және техногенді қазбалардың қажеттілігі пайда болады.

Зерттеу нысаны ретінде Қазақстандағы кейбір кен орындарының полиметалл, мыс-молибденді, фосфоритті кендері, мыс-молибденді және полиметалл концентраты қолданылады.

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері көрсеткендей, бірқатар кендер мен концентраттардан сирек-жер элементтерін бактериялық-химиялық сілтілендіруді қолданудың келешегі зор, онда анықталғандай, селекционерленген темірмен күкіртті тотықтыратын микрофлора тіршілігінің жағдайларын оптимизациялау металдарды ерітіндіге бөлу процесін қарқынды жүргізуге мүмкіндік береді.

Поступила 04.05.2016 г.