

радия и других радиоактивных элементов, гелиевая съемка, УВ-газаметрия, ионно-газовые методы и др.;

4) геоэлектрохимические технологии: частичного извлечения металлов (ЧИМ), диффузионного извлечения элементов (МДИ), поисков по формам нахождения элементов (МПФ), терромагнитный геохимический метод (ТМГМ) и их модификации;

5) лито-, гидро- и биогеохимические технологии;

6) компьютерные технологии обработки геофизических и геохимических данных: первичных геохимических ореолов (оценка типа, масштаба и эрозионного среза оруденения), электротомография для получения структурных 2D разрезов, обработка высокоточных данных магниторазведки методом анизотропной томографии, АГСМ данных методом аэрорадиохимического картирования (АРК) и др.

Определившись в результате мониторинга и предварительного анализа перспективные технологии ГРП необходимо адаптировать применительно к рудным и рудоперспективным районам территории РФ и ожидаемым промышленным типам месторождений ТПИ, в т. ч. скрытым и слабопроявленным с их полевой апробацией на эталонных месторождениях и поисковых объектах.

В результате проведенных исследований должны быть разработаны новые и усовершенствованы ранее созданные прогнозно-поисковые комплексы ГРП с подготовкой рекомендаций по их применению для планирования, проектирования и проведения геологоразведочных работ.

Можно рассчитывать, что сочетание интеллектуального потенциала и опыта российских компаний-разработчиков технико-технологических средств и специалистов геологоразведочной отрасли (геологов, геофизиков, аналитиков и др.) при государственной поддержке может быть основой обеспечения инноваций в изучении недр и развития минерально-сырьевой базы России.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бахур А.Е., Стародубов А.В., Зуев Д.М. и др. Изотопно-почвенный метод и его модификации при поисках уранового оруденения / Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. III междунар. конф. — Томск, 2009. — С. 82 — 85.
2. Долгушин А.П., Трегубович Г.М. Рациональный комплекс геолого-геофизических исследований при поисках полиметаллического и уранового оруденения / Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: Матер. 1-й науч.-практ. конф. — Т.1. — Новосибирск: СНИИГ-ГиМС, 2014. — С. 29 — 33.
3. Дорин А.Б., Ельцин В.Ф., Чураков А.К. Аналитический обзор российских гамма-спектрометров / http://www.greenstar.ru/articles/obzor_gama_spektorv.pdf.
4. Коротков В.В., Глинский Н.А., Кирсанов В.Н. и др. Съемки с использованием беспилотных летательных аппаратов — новый этап развития отечественной аэрогеофизики // Российский геофизический журнал. — 2014. — Вып. 53 — 54. — С. 122 — 126.
5. Мац Н.А. Современный комплекс геофизических методов при проведении поисковых работ на уран / Уран: геология, ресурсы, производство: Сб. трудов III междунар. симпозиума. — М.: ФГУП «ВИМС», 2013. — С. 122 — 128.
6. Методика измерений удельной активности урана-238 (^{238}U) и радия-226 (^{226}Ra) в пробах урановых руд и горных пород гамма-спектрометрическим методом с использованием «ORTEC-65195-P/DSPec Plus» / Номер в реестре РОССТАНДАРТА: ФР.1.40.2013.15399 / Номер свидетельства об аттестации: 40181.3Г190/01.00294-2010.
7. Семенова М.П. Применение беспилотных летательных аппаратов при геофизических исследованиях (зарубежный опыт) // Российский геофизический журнал. — 2014. — Вып. 53—54. — С. 126 — 135.

8. AMS samplers Company [Electronic resource]. — Mode of access <http://www.ams-samplers.com/> — Title from screen.
9. Iron mole Company [Electronic resource]. — Mode of access <http://ironmole.com/> — Title from screen.
10. Mobile-Metal-Ions-MMI [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.sgs.com/> — Title from screen.
11. MS-4000 AGRS [Electronic resource]. — Mode of access: [www.medusa-systems.com.](http://www.medusa-systems.com/) — Title from screen.
12. PERALS® System [Electronic resource]. — Mode of access <http://www.ordela.com/index.php/pearls> — Title from screen.
13. Radosys Company [Electronic resource]. — Mode of access http://www.radosys.com/ — Title from screen.
14. SHRIMP IV System [Electronic resource]. — Mode of access <http://www.asi-pl.com.au/> — Title from screen.
15. Radtrak Long Term Alpha Track Radon Gas Detector [Electronic resource]. — Mode of access www.landauer.com — Title from screen.

© Коллектив авторов, 2015

Коротков Владимир Викторович // vims-uran2013@mail.ru
Стародубов Алексей Валерьевич // starodubov@vims-geo.ru
Овсянникова Татьяна Михайловна // lab@u238.ru
Семенова Маргарита Павловна
Цирель Вадим Соломонович // info@geolraz.com

УДК 622.7.017:622.349.35'36

Лихникевич Е.Г. (ФГУП «ВИМС»)

ДЕЗАКТИВАЦИЯ ПИРОХЛОРОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

*Разработан вариант гидрометаллургической технологии дезактивации пирохлоровых концентратов, полученных из редкометалльно-редкоземельного сырья и содержащих радиоактивные элементы. **Ключевые слова:** пирохлоровый концентрат, выщелачивание, серно- и азотнокислотное разложение, радиоактивность.*

Likhnikovich E.G. (VIMS)

DEACTIVATION OF PYROCHLORE CONCENTRATES

*Develop options for hydrometallurgical technologies decontamination pyrochlore concentrates produced from rare-metal-rare earth raw materials and containing radioactive elements. **Key words:** pyrochlore concentrate, acid-leach process, sulfuric acid and nitric acid decomposition, radioactivity.*

Редкометалльно-редкоземельное сырье характеризуется высокой степенью радиоактивности, связанной с повышенным содержанием природных радионуклидов вследствие их геохимического сходства с редкими металлами. При среднем значении эффективной удельной активности редкометалльных руд 1000 Бк/кг наиболее часто встречающиеся значения этого параметра — 640 Бк/кг, а максимальные значения достигают 2035 Бк/кг, что в 3—5 раз больше предельно допустимых значений для I класса материалов с повышенным содержанием природных радионуклидов [2]. Основной вклад в эффективную удельную активность вносят уран-238 (радий-226) и торий-232 (63 %).

Процессы обогащения редкометалльно-редкоземельных руд чаще всего приводят к концентрированию природных радионуклидов и накоплению их в концентратах.

Одной из главных проблем реализации гидрометаллургических схем переработки концентратов является

Результаты обработки пироксидов растворами кислот (время обработки — 4 ч)

t, °C	Реагент (C, %)	Перешло в раствор, % от исходного				
		U	Th	ΣРЗЭ	Ta	Nb
80	H ₂ SO ₄ (10)	40	2,9	15,4	н/о	13,1
80	H ₂ SO ₄ (10)*	45	12,6	17,0	9,1	14,7
80	H ₂ SO ₄ (40)	36	2,6	7,4	н/о	15,0
80	H ₂ SO ₄ (40)*	46,9	11,4	10	н/о	13,0
80	HNO ₃ (45)	41	3,5	3,8	0,02	0,06
120	H ₂ SO ₄ (25)*	85,2	38,5	54,2	1,0	2,2
120	H ₂ SO ₄ (25)**	90,8	36,4	65,5	0,83	3,2
140	HNO ₃ (45)	99,6	92,7	94,8	1,6	2,01
140	HNO ₃ (10) + H ₂ SO ₄ (10)	99,6	94,7	96,1	0,8	0,39

*С добавлением 10 % MnO₂.

**После обработки ультразвуком и с добавлением 10 % MnO₂.

получение ценных компонентов, не содержащих радиоактивности.

Проведен комплекс исследований по удалению радионуклидов из пироксидовых концентратов обогащения редкометалльно-редкоземельного сырья, содержащих радиоактивные элементы. Исследование выполнено на образце природного пироксидов следующего состава (%): SiO₂ — 12,0; Al₂O₃ — 6,06; Fe₂O₃ — 2,46; FeO — 2,44; CaO — 2,83; MgO — 0,5; TiO₂ — 3,57; Na₂O — 4,0; K₂O — 1,83; MnO — 0,034; Nb₂O₅ — 41,1; Ta₂O₅ — 1,67; U — 0,815; ThO₂ — 0,67; ΣРЗЭ — 13,2; F — 4,33; PbO — 0,75. Для выщелачивания использовали растворы H₂SO₄ и HNO₃ различных концентраций. Процесс проводили как с окислителем — пиролюзитом (MnO₂), так и без него, как на исходном образце, так и на продукте, предварительно обработанном ультразвуком.

Данные таблицы показывают, что при выщелачивании растворами H₂SO₄ различной концентрации даже при умеренных параметрах в раствор переходит значительная часть U (~40 %). В присутствии MnO₂ степень перехода несколько увеличивается, но возрастают потери Ta и Nb с раствором. Извлечение Th и РЗЭ не превышают 12,6 и 17 % соответственно. Увеличение концентрации H₂SO₄ до 40 % практически не влияет на показатели. В автоклавных условиях при повышении температуры до 120 °C (в присутствии MnO₂) степень перехода U и Th в раствор возрастает до 85 %. Предварительная ультразвуковая обработка пироксидового концентрата перед выщелачиванием повышает степень извлечения U до 90,8 %. Эффективность использования ультразвуковых колебаний в гидрометаллургии определяются, в первую очередь, чисто механическим действием, особенно при создании в жидкости кавитации. В последнем случае не только возникают гидродинамические потоки вихревого характера, снимающие внешнEDIффузионные сопротивления, но и происходит разрушение твердых тел, снятие поверхностных пленок, накопление различного типа дефектов в кристаллической решетке (особенно в поверхностных областях) [1].

При выщелачивании пироксидов смесью HNO₃ и H₂SO₄ поведение U и Th аналогично. Однако при умеренных параметрах процесс протекает недостаточно

интенсивно. Извлечение U и Th составляет ~50 %. В условиях автоклавного выщелачивания скорость процесса резко возрастает, и при 140 °C практически полное переведение в раствор U, Th и РЗЭ завершается в течение 4 ч. Следует отметить, что проведение процесса при повышенных температуре и давлении не только обеспечивает практически полное удаление радионуклидов из пироксидов, но и вследствие гидролитических явлений сводит до минимума переход в раствор Ta и Nb (до 1–2 %), которые концентрируются в нерастворимом остатке.

Полученный таким образом продукт удовлетворяет ОСТ 48–37–72 (с дополнением № 4, утвержденным Госстандартом № 45/04 от 22.09.82) и пригоден для непосредственного использования при производстве феррониобия.

На основании этих исследований для пироксидового концентрата Катугинского месторождения, характеризующегося повышенным содержанием радиоактивных элементов (U₃O₈ = 1,06 %; ThO₂ = 0,53 %), в лабораторных условиях разработана принципиальная технологическая схема, обеспечивающая получение концентрата, пригодного для выплавки феррониобия. С этой целью концентрат, измельченный до 200 меш, обрабатывали смесью 10%-ных растворов серной и азотной кислот, взятых в отношении 1:1. Чтобы исключить потери тантала и ниобия, процесс осуществляется в условиях автоклавного выщелачивания (t = 120–140 °C, давление 4 атм). При этом за 4 ч в раствор практически полностью перешли уран, торий и редкоземельные элементы.

Таким образом, проведенные исследования позволили найти технологические решения, обеспечивающие дезактивацию пироксидовых концентратов, полученных из редкометалльно-редкоземельного сырья и содержащих радиоактивные элементы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев А.С. Выщелачивание и способы его интенсификации — М.: МИСИС, 2005.
2. Россман Г.И., Бахур А.Е., Петрова Н.В. Промышленная радиационная экология минерального сырья — М.: ВИМС, 2012.

© Лихникевич Е.Г., 2015

Лихникевич Елена Германовна // Likhnikievich@mail.ru

УДК 622.234

Третьяк А.Я., Литкевич Ю.Ф., Гроссу А.Н. (ЮРГПУ)

ИССЛЕДОВАНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА И СКОРОСТИ БУРЕНИЯ ПРОСЛОЕВ ПОРОД И РУДЫ ДОЛОТОМ С ГИДРОМОНИТОРНЫМ ПРИВОДОМ

Рассмотрена возможность применения в компоновке гидродобычного агрегата бурового долота режущего типа с гидромониторным приводом для разбуривания прослоев, разделяющих мощные пласты рыхлых железных руд на Гостинцевском месторождении КМА. Приведены результаты теоретического и экспериментального исследования усилий резания, осевых нагрузок, крутящего момента на долоте и скорости бурения прослоев из пород средней