

Обогащение	
Название	Применение технологии гравитационного извлечения редкоземельных элементов из руды месторождения Кундыбай
DOI	10.17580/tsm.2025.01.01
Автор	Морозов Ю. П., Морозов В. В., Вальцева А. И., Акказина Н. Т. Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия Ю. П. Морозов, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых, докт. техн. наук, профессор, эл. почта: tails2002@inbox.ru
Информация об авторе	Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия В. В. Морозов, профессор кафедры общей и неорганической химии, докт. техн. наук, профессор, эл. почта: dchmggu@mail.ru
	Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия А. И. Вальцева, старший преподаватель, канд. техн. наук, эл. почта: a.i.valtseva@urfu.ru
Реферат	Казахский национальный исследовательский университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан Н. Т. Акказина, преподаватель кафедры металлургии и обогащения полезных ископаемых, магистр технических наук, эл. почта: n.akkazina@satbayev.university
	В настоящее время существенно возрос спрос на редкоземельные элементы (РЗЭ) вследствие расширения объемов и областей их применения в разных отраслях промышленности. Ежегодный рост потребления конкретных элементов редких земель составляет более 25 % в год. Для решения задачи повышения производства РЗЭ необходимо вовлечь в переработку труднообогатимое сырье, к которому относятся коры выветривания месторождения Кундыбай (Казахстан). Особенностью этого месторождения является увеличенная доля (54 %) оксидов иттрия, средних и тяжелых лантаноидов. В результате проведенных исследований был определен гранулометрический и фракционный состав руд, что позволило определить распределение РЗЭ по классам крупности исследуемой руды. Анализ полученных результатов показал, что 29,35 % РЗЭ содержатся в классах крупности более 0,02 мм, а 70,65 % РЗЭ — в тонких классах –0,02+0,04 мм, –0,04+0,005 мм и менее 0,005 мм. Крупные классы характеризуются наличием зерен минералов малого удельного веса со сниженной концентрацией РЗЭ, что предопределяет возможность удаления о бедненных фракций гравитационными методами. Для оценки возможности применения гравитационной технологии обогащения редкоземельной руды коры выветривания месторождения Кундыбай был выполнен фракционный анализ машинных классов дробленой руды крупности –2,50+0,315 мм и –0,315+0,10 мм. Результаты фракционного анализа показали, что РЗЭ концентрируются в минералах повышенной плотности (более 2850 кг/м³). На основании полученных результатов определена возможность извлечения РЗЭ как из ее шламовой, так и песковой фракции. Для исследования Кундыбай предложено применение комбинированной схемы, включающей гравитационное обогащение зернистых классов и последующую гидро- и пирометаллургическую переработку обогащенного зернистого и шламового классов. На основании проведенных экспериментальных и укрупненных технологических исследований обосновано применение в процессе гравитационного обогащения чашевого центробежного сепаратора, позволяющего интенсифицировать извлечение концентрирующих редкоземельные элементы минералов из относительно мелких классов руды. Применение разработанной схемы с использованием комбинированной технологии гравитационного обогащения при сочетании винтовых и чашевых центробежных сепараторов обеспечивает повышение содержания РЗЭ в гравитационном концентрате с 640 до 1054 г/т с извлечением РЗЭ в концентрат и промпродукт более 70 %. Дополнительный экономический эффект достигается за счет выхода из схемы обогащения отвальных хвостов и сокращения на 30 % выхода продуктов, направляемых на гидрометаллургическую переработку.
Ключевые слова	Редкоземельные элементы, кора выветривания, фракционный анализ, классы крупности, гравитационное обогащение, сепарация, концентрат, выщелачивание
Библиографический список	1. Кондратьев В. Б. Обзор мирового рынка редкоземельных металлов // Горная промышленность. 2017. № 4. С. 48–54. 2. Sepreev I. B., Ponomarenko T. B. Стимулы создания конкурентоспособной редкоземельной промышленности в России в условиях глобальной конкуренции // Записки Горного института. 2015. Т. 211. С. 104–116. 3. Dushyantha N., Batapola N., Ilankoon I. M. S. K., Rohitha S. et al. The story of rare earth elements (REEs): Occurrences, global distribution, genesis, geology, mineralogy and global production // Ore Geol. Rev. 2020. Vol. 122. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2020.103521 4. Balaram V. Rare earth elements – A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling and environmental impact // Geoscience Frontiers. 2019. Vol. 10, Iss. 4. P. 1285–1303. 5. Drobnjak A., Mortalez M. Rare earth elements – a brief overview // Indiana Journal of Earth Sciences. 2022. No. 4. DOI: 10.14434/ijes.v4i1.33628 6. Felipe E. C., Batista K. A., Ladeira A. C. Recovery of rare earth elements from acid mine drainage by ion exchange // Environ. Technol. 2021. Vol. 42. P. 2721–2732. 7. Royer-Lavallee A., Neculita C. M., Coudert L. Removal and potential recovery of rare earth elements from mine water // J. Ind. Eng. Chem. 2020. Vol. 89. P. 47–57. 8. Юшина Т. И., Петров И. М., Гришаев С. И., Черный С. А. Мировой рынок и технологии переработки редкоземельных металлов: современное состояние и перспективы // Горный журнал. 2015. № 2. С. 59–63. 9. Перегудов В. В., Баранов В. В., Шауленов М. Р. О редких землях Казахстана // Материалы XI Международной конференции «Ресурсооспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». — Усть-Каменогорск, 2012. Т. 1. С. 209–211. 10. Туопубаев Н. К., Танкеева М. Ш., Семушкина Л. В., Турысбеков Д. К., Ешпанова Г. Т. Перспективы извлечения редкоземельных металлов из руды коры выветривания месторождения Кундыбай // Цветная металлургия. 2015. № 2. С. 72–74. 11. Локшин Э. П., Калининков В. Т., Тареева О. А. Извлечение редкоземельных элементов из промпродуктов и техногенных отходов переработки Хибинского апатитового концентрата // Цветные металлы. 2012. № 6. С. 75–80. 12. Wang L., Wang P., Chen W. Q., Wang Q. Q., Lu H. S. Environmental impacts of scandium oxide production from rare earths tailings of Bayan Obo mine // J. Clean. Prod. 2020. Vol. 270. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122464 13. Камеенева Ю. С., Черноусенко Е. В., Вишнякова И. Н. Изучение обогатимости лопаритовых шламов методом флотации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 5. С. 292–298. 14. Козин В. З. Исследование руд на обогатимость : учеб. пособие. Урал. гос. горн. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2008. — 314 с. 15. Сенченко А. Е., Федотов К. В., Федотов П. К., Бурдонов А. Е. Технологическая оценка обогатимости руды гравитационными методами // Известия ТупГУ. Науки о Земле. 2020. Вып. 4. С. 262–280. 16. Шауленов М. Р., Перегудов В. В. Центробежный гидроконцентратор // IX Конгресс обогатителей стран СНГ. Сборник материалов. Т. I. — М. : МИСИС, 2013. С. 665–667. 17. Суримбаев Б. Н., Каналы Е. С., Болотова Л. С., Шалгимбаев С. Т. Оценка гравитационной обогатимости золотосодержащей руды – GRG // Горные науки и технологии. 2020. № 5. С. 92–103. 18. Омисериков М. Ш., Степаненко Н. И., Досембаева К. Ш., Исоева Л. Д. Рудноосная кора выветривания редкоземельного месторождения Кундыбай (Северный Казахстан) // Горный журнал. 2017. № 2. С. 33–38. 19. Омисериков М. Ш., Исоева Л. Д., Досембаева К. Ш., Кембаев М. К., Асубаева С. К. Редкие земли в коре выветривания месторождения Кундыбай (Северный Казахстан) // Вестник ВКГУ. 2016. № 3. С. 36–44. 20. Быховский Л. З., Архипова Н. А. Рудная база стратегических редких металлов России: состояние, освоения и развития // Горный журнал. 2017. № 7. С. 4–10.
Language of full-text	русский
Полный текст статьи	Получить
Цитировать	