

ISSN 2224-5227

2016 • 3

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Уздир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> reports-science.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

E d i t o r - i n - c h i e f

M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 307 (2016), 93 – 101

UDC 669.85./863

SULFURIC ACID OPENING OF KUNDYBAY DEPOSIT ORE WITH RECOVERY OF RARE EARTH METALS

Z.B. Karshigina, Z.S. Abisheva, Ye.G. Bochevskaya, E.A. Sargelova, S.T. Akchulakova

“Centre of Earth Sciences, Metallurgy and Ore Beneficiation” JSC, Almaty, Kazakhstan
zaure_karshyga@mail.ru

Key words: rare earth metals, sulphatization, leaching, sinter, recovery, silicon-containing cake.

High-siliceous ore of Kundybay deposit is one of the promising sources of precipitated silicon dioxide and rare earth metals (REMs) in Kazakhstan. In the article high-temperature method of ore processing in a mixture with sulfuric acid (hereinafter sulphatization) is shown. In purpose of ore opening and rare earth metals recovery the effect of solid-to-liquid (S: L) ratio, temperature, sulfuric acid concentration and duration on the sulfation process was studied. Sulphatization product (hereinafter sinter) was studied using chemical and instrumental methods of analysis. The optimum parameters of ore sulphatization process: S: L ratio is 1: 0.36; temperature is 200 ° C; sulfuric acid concentration is 9 mol/dm³; process time is 2 h. The article presents the results of research on water leaching of the sinter obtained after ore sulphatization. The effect of S: L ratio, temperature and duration on water leaching of the sinter was studied. The optimum parameters of water leaching of the sinter were determined: S: L ratio is 1: 2.5, temperature is 90 ° C, duration is 4 hours. Under these conditions, recovery of REMs in the solution were ~ 84 %. The obtained silicon-containing cake was studied by physical and chemical methods of analysis. Cake contains about 70 % SiO₂ and further may be useful for producing of precipitated silicon dioxide ("white soot").

УДК 669.85./863

СЕРНОКИСЛОТНОЕ ВСКРЫТИЕ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУНДЫБАЙ С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

З.Б. Каршигина, З.С. Абишева, Е.Г. Бочевская, Э.А. Саргелова, С.Т. Акчулакова

АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан

Ключевые слова: редкоземельные металлы, сульфатизация, выщелачивание, спек, извлечение, кремнийсодержащий кек.

Высококремнистая руда месторождения Кундыбай является одним из перспективных источников получения осажденного диоксида кремния и редкоземельных металлов (РЗМ) в Казахстане. В статье показан способ высокотемпературной обработки руды в смеси с серной кислотой (далее сульфатизация). С целью вскрытия руды и извлечения редкоземельных металлов изучено влияние соотношения Т:Ж, температуры, концентрации серной кислоты и продолжительности на процесс сульфатизации. Продукт сульфатизации (далее спек) изучен с применением химических и инструментальных методов анализа. Определены оптимальные параметры процесса сульфатизации руды: соотношение Т:Ж = 1:0,36; температура – 200°С; концентрация серной кислоты – 9 моль/дм³; продолжительность процесса – 2 ч. Представлены результаты исследований по водному выщелачиванию спека. Изучено влияние соотношения Т:Ж, температуры и продолжительности процесса на водное выщелачивание спека. Определены оптимальные условия водного выщелачивания спека: соотношение Т:Ж = 1:2,5; температура 90 °С и продолжительность процесса – 4 часа. При этих условиях извлечение РЗМ в раствор составило ~84 %. Раствор в дальнейшем предполагается

направлять на очистку от примесей железа и алюминия. Полученный кек изучен физико-химическими методами анализа. Кек содержит ~70 % SiO_2 и в дальнейшем может быть пригодным для получения осажденного диоксида кремния («белой сажи»).

Рост мирового спроса на РЗМ непосредственным образом оказывает влияние на развитие редкоземельной отрасли с привлечением минерального сырья сложного состава. Одним из таких источников редкоземельного сырья является месторождение Кундыбай, расположенное в Северном Казахстане [1].

Руда представлена в основном минералами: мусковитом $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$, каолинитом $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, кварцем $\alpha\text{-SiO}_2$, в небольших количествах присутствуют монтмориллонит $\text{Na}_{0,3}(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, клинохлор $(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ и гетит $\text{FeO}(\text{OH})$. Редкие земли в коре выветривания находятся в глинистых минералах (каолинит, галлуазит, гетит) в сорбированном ассоциированном состоянии, вероятно, в узлах и междоузлиях их структурных решеток в виде отдельных ионов и небольших агрегатов, которые высвобождаются в процессе выветривания порообразующих минералов. Помимо этого, РЗМ присутствуют в составе собственно редкоземельных минералов: черчит, иттриевый и неодимовый бастнезит, иттрорабдофанит, иттриевый и неодимовый паризит [2,3].

Вследствие очень тонкого прораствания и аккумуляции редкоземельных металлов на пустой породе традиционные способы обогащения являлись малоэффективными [4,5]. Имеются исследования [6], где при переработке руды месторождения Кундыбай, использовали нестандартные приемы, которые заключались в сочетании гидрометаллургических способов с традиционными технологиями обогащения. В работах [7,8] рассматривается возможность гидрометаллургической переработки руды с извлечением РЗМ без разрушения структуры минералов-носителей. Весьма сложный и неоднородный состав руд, где с глинистыми минералами может быть связано от 13 до 90,3 % от валового содержания [3], предполагает использование способов, приемлемых для всех имеющихся форм нахождения РЗМ. Эффективная переработка сырья с низким содержанием ценного компонента металлургическими способами предполагает комплексное его использование.

Руда месторождения Кундыбай содержит ~60% SiO_2 и может служить также источником получения осажденного диоксида кремния, который является одним из востребованных продуктов в различных отраслях промышленности [9-15]. В связи с этим представляло интерес изучить разложение руды металлургическими способами с извлечением из нее ценных компонентов.

Объект, цели и задачи исследований. Объектом исследований являлась руда месторождения Кундыбай следующего состава, мас. %: 59,06 SiO_2 , 19,14 Al_2O_3 , 6,21 Fe_2O_3 , 0,68 TiO_2 ; 1,55 K_2O ; 1,26 MgO ; 0,54 CaO и др. Сумма редкоземельных элементов ($\Sigma\text{РЗЭ}$) составляет 438,0 г/т.

Задачами исследования являлось определение оптимальных условий вскрытия руды способом сульфатизации с целью извлечения в раствор РЗМ и получение кремнийсодержащего кека, который в дальнейшем можно перерабатывать на «белую сажу».

Методика проведения экспериментов. Эксперименты по сульфатизации проводили в муфельной печи марки «SNOL 7,2/1300» при заданных температуре и времени выдержки.

Опыты по выщелачиванию осуществляли в термостатированной ячейке емкостью 0,2 дм^3 при перемешивании механической мешалкой «OSTbasic» со скоростью вращения – 500 об/мин. Постоянство температуры поддерживали с помощью термостата LT-100.

При определении оптимальных условий сульфатизации руды водное выщелачивание сульфатных спеков проводили при поддержании следующих условий: температура – 60 °С, соотношение Т:Ж = 1: 6, продолжительность – 4 ч.

Полученные спеки, фильтраты и кеки анализировали на содержание $\Sigma\text{РЗМ}$, алюминия и железа.

Методы анализа. Количественное содержание элементов и фазовый состав спека и кека определяли химическим и рентгенофазовым методами анализа.

Для химического анализа состава проб использовали атомно-абсорбционный спектрофотометр 180-50 фирмы «Hitachi», оптической эмиссионной спектрометрии (Optima 2000 DV с индукционно-связанной плазмой фирмы «PerkinElmerSCIEX»), гравиметрический, пламенно-фотометрический, фотометрический и титриметрический методы анализа.

Рентгенофазовый анализ производился на приборе D8 ADVANCE (Bruker AXS GmbH) с кобальтовым анодом, излучение α -Cu. Расшифровку дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводили с помощью программного обеспечения EVA, расшифровка проб и поиск фаз – по программе «Search/match» с использованием базы данных карточек ASTM [16].

Результаты и их обсуждение. Ранее проведенные исследования [17-19] по определению способа вскрытия высококремнистой руды месторождения Кундыбай показали, что наиболее эффективным является процесс сульфатизации с использованием в качестве вскрывающего реагента серной кислоты.

Определение оптимальных условий процесса сульфатизации руды. Изучено влияние соотношения Т:Ж, температуры, концентрации серной кислоты и продолжительности процесса. Эксперименты проводили при соблюдении следующих постоянных условий: температура – 200 °С; концентрация H_2SO_4 – 18,62 моль/дм³; продолжительность – 2 ч; соотношение Т:Ж – 1:0,36. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Влияние соотношения Т:Ж изучалось при следующих варьируемых значениях – 1:0,36; 1:0,46; 1:0,58; 1:0,68; 1:0,76; 1:0,86.

Целесообразно на достаточном уровне перевести в раствор алюминий, так как присутствие его в кремнийсодержащем кеке в форме легко разлагаемых соединений может привести при дальнейшей его переработке на осажденный диоксид кремния к снижению показателей процесса.

Таблица 1 – Влияние условий сульфатизации руды на извлечение РЗМ, алюминия и железа

Исследуемые параметры сульфатизации	Концентрация в растворе после водного выщелачивания			Извлечение в раствор при выщелачивании, %		
	Σ РЗМ, мг/дм ³	Al_2O_3 , г/дм ³	Fe_2O_3 , г/дм ³	Σ РЗМ	Al_2O_3	Fe_2O_3
Соотношение Т:Ж	Влияние соотношения Т:Ж					
1:0,36	41,50	12,93	3,24	87,05	62,40	62,26
1:0,46	41,55	15,60	3,98	87,10	75,90	64,26
1:0,58	41,65	16,00	4,21	87,14	78,55	74,07
1:0,68	41,71	16,20	4,25	87,20	79,00	74,86
1:0,76	41,83	16,30	4,31	87,29	79,99	75,67
1:0,86	42,00	16,36	4,56	87,40	80,28	77,68
Температура, °С	Влияние температуры сульфатизации					
100	37,62	2,22	3,59	82,80	12,71	63,00
200	41,50	12,93	3,24	87,05	62,40	62,26
300	41,25	13,40	2,70	87,02	64,90	48,20
400	38,85	14,00	1,38	84,25	66,35	26,20
500	36,62	14,70	0,52	81,27	69,10	11,91
600	36,50	15,05	0,45	81,21	75,20	10,60
700	33,83	8,22	0,06	78,78	39,39	1,31
Концентрация H_2SO_4 , моль/дм ³	Влияние концентрации серной кислоты					
3	24,43	1,12	0,61	65,61	5,26	8,50
6	28,00	3,38	1,40	71,12	15,62	19,88
9	40,94	8,82	1,55	85,89	40,28	23,10
12	41,02	10,16	1,88	86,07	49,80	37,73
15	41,28	11,66	3,27	86,79	57,71	63,40
18,62	41,50	12,93	3,24	87,05	62,40	62,26
Время, часы	Влияние продолжительности сульфатизации					
0,5	36,84	2,83	2,09	81,90	14,85	39,96
1	37,27	9,69	2,13	82,69	42,56	41,54
1,5	39,76	10,57	3,08	85,09	47,93	59,25
2	41,50	12,93	3,24	87,05	62,40	62,26
2,5	41,59	13,79	3,68	87,12	65,00	65,81

Как показано в таблице 1, увеличение соотношения Т:Ж не оказывало существенного влияния на концентрацию Σ РЗМ. Концентрации алюминия и железа при увеличении Т:Ж до 1:0,58 немного возрастали и далее практически не изменялись. Извлечение Σ РЗМ в раствор уже достигло максимальных значений при соотношении Т:Ж = 1:0,36, что соответствует ~79 % от стехиометрии реакций взаимодействия серной кислоты с основными составляющими руды. Извлечение

алюминия и железа с увеличением Т:Ж возрастало. Наиболее оптимальным соотношением Т:Ж являлось 1:0,36, при котором уже достигнуто извлечение Σ РЗМ 87 %.

Влияние температуры сульфатизации изучалось при поддержании следующих значений температур – 100; 200; 300; 400; 500; 600; 700 °С.

С повышением температуры сульфатизации концентрация и извлечение железа в раствор значительно понижались, что возможно объясняется частичной потерей серной кислоты при температурах выше 200 °С, максимальное количество которой к тому же не превышает 79 % от стехиометрического количества и, как следствие, не происходит в полной мере образования водорастворимого сульфата железа. К тому же, при температурах выше 500 °С образующийся сульфат железа разлагается с образованием его оксида и серного ангидрида. Полученный при температуре 500 °С спек подтверждает отсутствие в нем фазы сульфата железа (рисунок 1), так как железо присутствует в форме гематита Fe_2O_3 .

Сульфатный спек состоит, мас.% из: биотита $H_4K_2Mg_6Al_2Si_6O_{24}$ – 33,4, миллосевичита $Al_2(SO_4)_3$ – 21,9, кварца $\alpha-SiO_2$ – 13,5, каолинита $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ – 9,1, гидроалюмосиликата калия $K_{10,9}Al_{11,1}O_{72}Si_{24,9} \cdot 25H_2O$ – 5,9, диоксида кремния SiO_2 – 5,5, алунита $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ – 4,1, сульфата алюминия-калия $KAl(SO_4)_2$ – 3,1, гематита Fe_2O_3 – 1,7, альбита $Na(AlSi_3O_8)$ – 0,9 и хромистого мусковита $K(Al,Cr)_2(AlSi_3)O_{10}(OH,F)_2$ – 0,8.

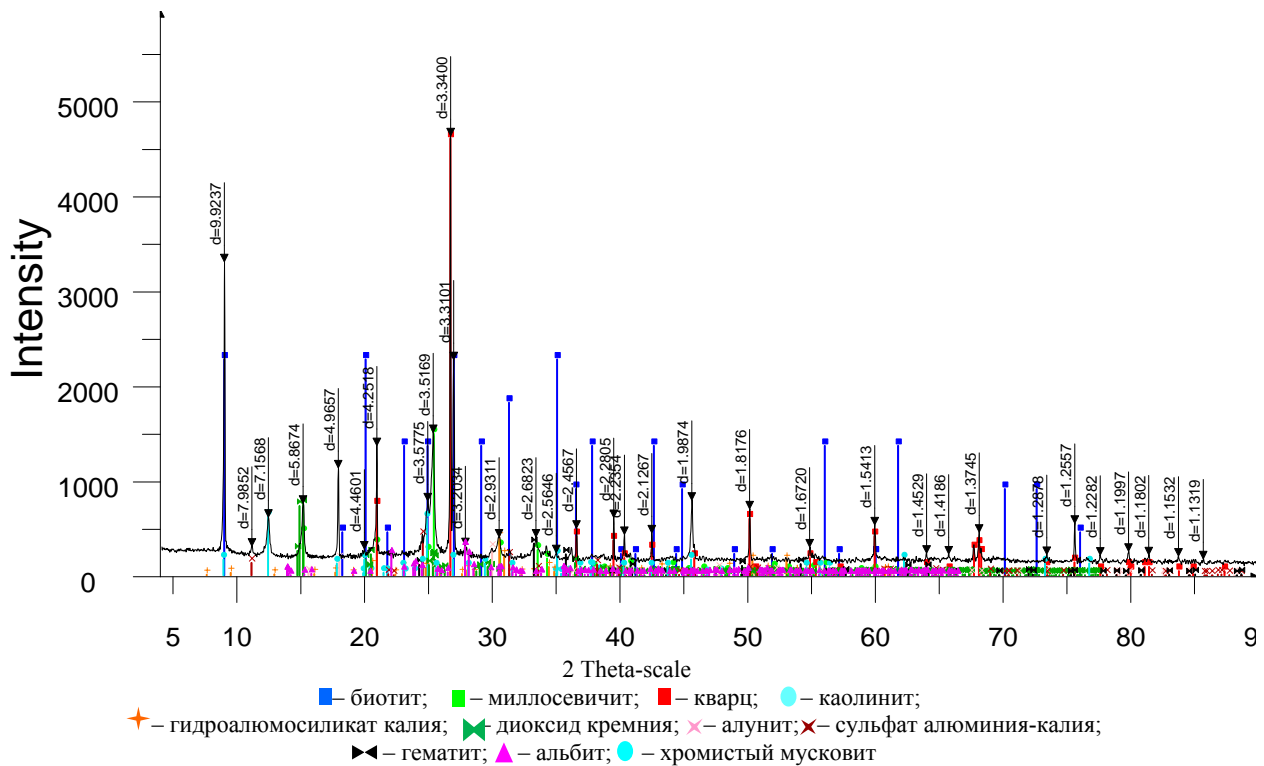


Рисунок 1 – Дифрактограмма спека

Концентрация и переход алюминия в раствор с повышением температуры от 100 до 600 °С увеличивались, при этом, имея наибольший скачок в диапазоне температур 100-200°С. Как показал рентгенофазовый анализ спека, соединения алюминия при взаимодействии с серной кислотой образуют водорастворимый сульфат алюминия – миллосевичит, который разлагается на оксид алюминия и серный ангидрид лишь при температурах 770 °С и выше. Возможно, понижение извлечения алюминия при температуре 700 °С связано с частичным разложением сульфата алюминия и образованием его оксида. Концентрация и извлечение в раствор Σ РЗМ при температуре сульфатизации 200 °С достигли максимальных значений, а с дальнейшим увеличением температуры уменьшались. Разложение сульфатов РЗМ в основном начинается от 800 °С, за исключением эрбия и гадолиния, температуры разложения которых несколько ниже и составляют 400 и 555 °С, соответственно. Вероятно, при высоких температурах уже начинается

частичное разложение сульфатов РЗМ, в особенности указанных элементов, что стало одной из причин пониженного извлечения редких земель. Исходя из полученных данных, наиболее оптимальной температурой являлась 200 °С.

Влияние концентрации серной кислоты осуществляли при следующих варьируемых значениях H_2SO_4 – 3; 6; 9; 12; 15; 18,62 моль/дм³.

С повышением концентрации серной кислоты (таблица 1) концентрации и извлечение алюминия и железа в раствор увеличивались. С увеличением концентрации серной кислоты при сульфатизации с 3 до 9 моль/дм³ концентрация и извлечение в раствор Σ РЗМ возрастали и при дальнейшем повышении концентрации кислоты практически оставались на достигнутом уровне. Наиболее оптимальной концентрацией серной кислоты являлась 9 моль/дм³, при которой концентрация и извлечение Σ РЗМ в раствор имели почти максимальные значения, извлечение алюминия также находилось на достаточном уровне.

Влияние продолжительности процесса сульфатизации проводили при следующих значениях выдержки – 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 ч.

С увеличением времени сульфатизации концентрация и извлечение Σ РЗМ, алюминия и железа в растворе возрастали. Наиболее оптимальной продолжительностью процесса сульфатизации являлось 2 ч, при этом степень извлечения и концентрация Σ РЗМ в растворе достигли максимальных значений, алюминий также извлекался на достаточно хорошем уровне.

Исходя из полученных результатов исследований, оптимальными параметрами процесса сульфатизации руды месторождения Кундыбай являлись: соотношение Т:Ж = 1:0,36; температура – 200 °С; концентрация серной кислоты – 9 моль/дм³ и продолжительность процесса – 2 ч.

Спек, полученный после сульфатизации при оптимальных условиях, согласно данным рентгенофазового анализа состоит, мас.% из: глауконита (K, Na)(Fe, Al, Mg)₂(Si, Al)₄O₁₀(OH)₂ – 31,5, кварца α -SiO₂ – 20,3, каолинита Al₂(Si₂O₅)(OH)₄ – 7,4, мусковита KAl₂(AlSi₃)O₁₀(OH,F)₂ – 3,3. В нем присутствуют сульфаты железа в виде соединений: микасайт Fe₂(SO₄)₃ – 5,8, бутлерит Fe(SO₄)(OH)(H₂O)₂ – 3,1 и алюминия – миллосевичит Al₂(SO₄)₃ – 3,8.

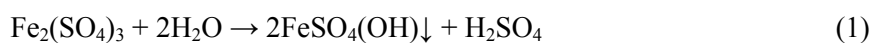
Как показали результаты анализов, в спеке алюминий присутствует помимо мусковита, в виде частично разлагаемых серной кислотой фазы каолинита, также в виде водорастворимого сульфата алюминия – миллосевичита, а железо содержится в форме водорастворимого сульфата – микасайта. Редкоземельные элементы в процессе сульфатизации, по всей видимости, переходят в форму растворимых сульфатов [20].

С целью извлечения РЗМ в раствор на следующем этапе были проведены исследования условий водного выщелачивания сульфатных спеков. Эксперименты проводились со спеком следующего состава, мас. %: 15 Al₂O₃; 5,18 Fe₂O₃; 48,7 SiO₂; 0,0359 Σ окс.РЗМ и др.

Изучено влияние следующих физико-химических параметров водного выщелачивания РЗМ-содержащих сульфатных спеков: соотношение Т:Ж, температура и продолжительность процесса. Исследования проводились при поддержании следующих постоянных условий: соотношение Т:Ж– 1:2,5; температура 90 °С и продолжительность процесса – 4 ч. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Влияние соотношения Т:Ж изучалось при варьировании следующих значений Т:Ж– 1:1,5; 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5 и 1:4.

С увеличением соотношения Т:Ж концентрации Σ РЗМ, алюминия и железа уменьшались. Извлечение железа в раствор уменьшалось, что, по всей видимости, связано с увеличением степени гидролиза перешедшего в раствор сульфата железа, который обычно имеет место при повышенных температурах. Снижение извлечения железа в раствор с увеличением соотношения Ж:Т возможно объясняется следующим. В результате реакции гидролиза (1) образуется серная кислота:



Увеличение соотношения Ж:Т сопровождается увеличением количества воды на выщелачивание спека и снижением концентрации образующейся серной кислоты, что, в свою очередь сдвигает равновесие реакции (1) в правую сторону, т.е. в сторону увеличения степени

гидролиза. В результате гидролиза часть железа выпадает в осадок и извлечение его в раствор понижается.

Таблица 2 – Влияние соотношения Т:Ж на извлечение в раствор Σ РЗМ, алюминия и железа при водном выщелачивании спека

Исследуемый параметр выщелачивания	Концентрация в растворе			Извлечение в раствор, %		
	Σ РЗМ, мг/дм ³	Al ₂ O ₃ , г/дм ³	Fe ₂ O ₃ , г/дм ³	Σ РЗМ	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Соотношение Т:Ж	Влияние соотношения Т:Ж					
1:1,5	128,10	32,30	10,40	80,03	31,82	28,03
1:2	112,00	28,55	9,95	81,05	32,51	26,32
1:2,5	99,00	25,67	9,41	83,86	33,85	24,79
1:3	74,10	23,40	8,30	83,87	34,02	22,19
1:3,5	64,50	21,20	7,20	83,89	34,50	19,85
1:4	58,30	19,40	6,19	83,92	34,92	18,02
Температура, °С	Влияние температуры выщелачивания					
25	78,16	20,36	13,22	76,85	29,09	42,49
40	79,63	21,02	11,90	76,89	30,05	38,85
60	83,73	22,76	10,65	78,98	31,33	33,25
80	90,20	23,52	9,88	80,50	32,78	28,06
90	99,00	25,67	9,41	83,86	33,85	24,79
Время, часы	Влияние продолжительности выщелачивания					
1	77,51	22,03	10,55	76,50	31,04	32,73
2	82,02	23,53	10,20	78,08	32,82	30,92
3	89,95	24,62	9,91	80,15	33,31	28,55
4	99,00	25,67	9,41	83,86	33,85	24,79

Извлечения Σ РЗМ и алюминия в раствор возрастали, достигнув максимальных значений при соотношении Т:Ж = 1:2,5, и с дальнейшим увеличением Т:Ж держались на достигнутом уровне. Исходя из полученных данных наиболее оптимальным соотношением выбрано Т:Ж = 1:2,5.

Влияние температуры процесса изучалось при поддержании следующих температур выщелачивания: 25, 40, 60, 80 и 90 °С.

С увеличением температуры процесса (таблица 2) концентрации и извлечение в раствор Σ РЗМ и алюминия возрастали. Концентрация и переход в раствор железа, напротив, с ростом температуры понижались, что аналогично может объясняться увеличением степени гидролиза сульфата железа. Наиболее оптимальной выбрана температура выщелачивания 90 °С.

Влияние продолжительности процесса исследовали при выдержке следующих значений длительности процесса – 1; 2; 3 и 4 ч.

Как видно из таблицы 2, концентрации и извлечение в раствор Σ РЗМ и алюминия повышались с увеличением продолжительности выщелачивания с максимальными показателями при времени 4 ч. Напротив, концентрация и переход в раствор железа уменьшались с увеличением времени выдержки при высоких температурах, что также может объясняться увеличением длительности процесса гидролиза сульфата железа. По результатам экспериментов, наиболее оптимальным являлось время выщелачивания – 4 ч.

Выбраны следующие оптимальные параметры водного выщелачивания сульфатного спека: соотношение Т:Ж = 1:2,5; температура 90 °С; продолжительность процесса – 4 ч. При этом извлечение Σ РЗМ составляло ~84, железа ~25 и алюминия ~34 %.

Кек, полученный при оптимальных условиях, имеет следующий состав, мас. %: 70,2 SiO₂; 4,2 Fe₂O₃; 12,3 Al₂O₃; 0,013 Σ окс. РЗМ и др.

По результатам рентгенофазового анализа кек состоит из следующих фаз, мас. %: кварц α -SiO₂ – 51,4, мусковит KAl₂(AlSi₃)O₁₀(OH,F)₂ – 41,7, алюмосиликат натрия NaAl₃Si₃O₁₁ – 4,5 и альбита Na(AlSi₃O₈) – 0,9 (рисунок 2).

Кремний в кеке большей частью представлен кварцем, который поддается разложению щелочными растворами при высокой температуре под давлением выше атмосферного. Поэтому в дальнейшем предполагается проведение автоклавного выщелачивания кеков раствором

гидроксида натрия с получением силикатных растворов, из которых впоследствии возможно получение высокодисперсного диоксида кремния («белой сажи»).

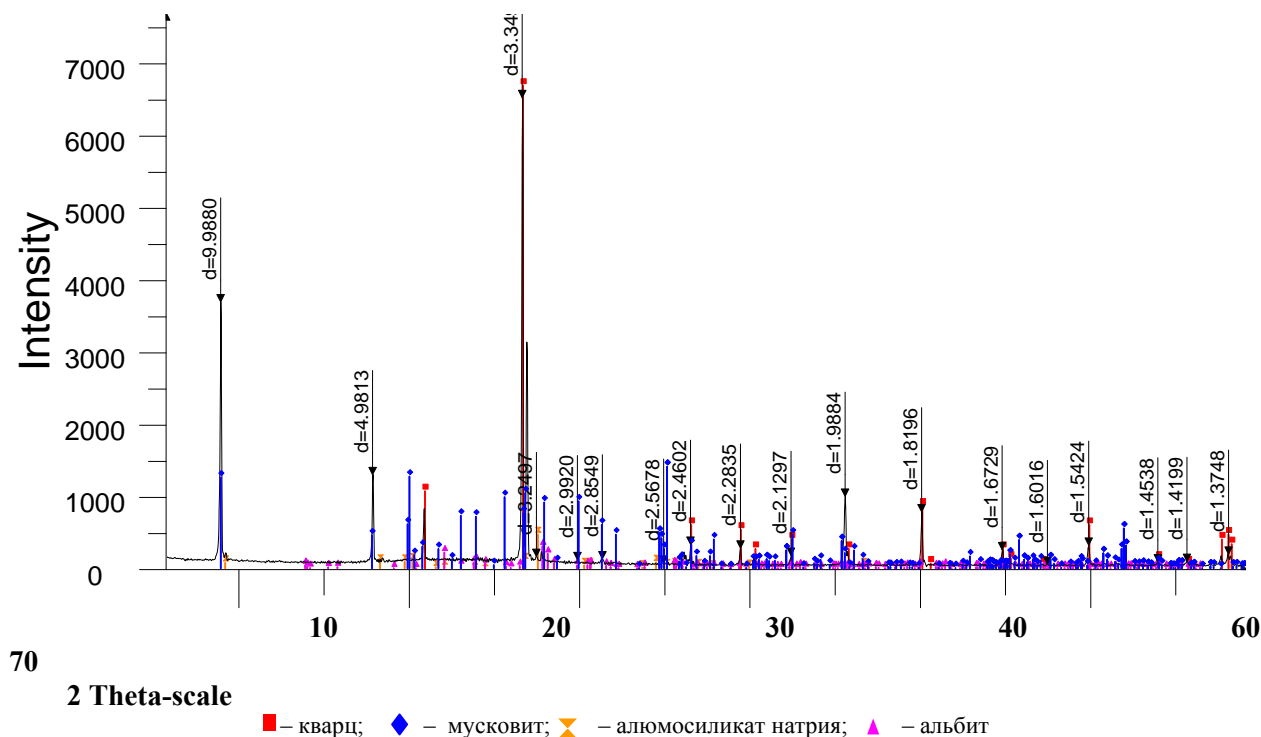


Рисунок 2 – Дифрактограмма кека

Заключение

Проведенные исследования показали, что редкоземельные металлы можно достаточно эффективно перевести в раствор высокотемпературной обработкой руды месторождения Кундыбай в смеси с серной кислотой с последующим водным выщелачиванием полученного спека. При этом легко разлагаемые соединения алюминия также извлекаются в раствор, обеспечивая образование пригодного для получения «белой сажи» кека, в котором алюминий большей частью присутствует в составе трудновскрываемого мусковита.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Джафаров Н. Н., Джафаров Ф. Н. Полезные ископаемые Джетыгаринского рудного района (Костанайское Зауралье). – Алматы: «Алеум», 2002. – 244 с. ISBN 9965-551-71-8
- [2] Л.Д. Исаева, А.Н.Сарсенбаева. Редкоземельные минералы в коре выветривания месторождения Кундыбай // «Роль и место молодых ученых в реализации стратегии «КАЗАХСТАН-2050», посвященных 80-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева. Тр. меж. Сатпаевских чтений. - Алматы: КазНТУ, 2014. - Том 2. - С. 54-58.
- [3] Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Юсупова У., Асубаева С.К. Формы нахождения редкоземельных элементов в коре выветривания месторождения Кундыбай (Северный Казахстан) // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2015. - № 2. – С. 23-30.
- [4] Уласюк С.М., Киселева В.С. Изучение вещественного состава и технологических особенностей редкоземельной коры выветривания // Технологическая оценка минерального сырья: сб. научн. трудов. – Алма-Ата: КазИМС, 1981. - С. 38-44.
- [5] Шаутинов М.Р., Телков Ш.А., Безгинова Л.И., Мотовилов И.Ю. Исследование гравитационной обогатимости руды месторождения Кундыбай. Тезисы трудов международной научно-практической конференции «Горное дело и металлургия в Казахстане. Состояние и перспективы». – Казахстан - Алматы, 2012. - С. 177 - 179.
- [6] Алимжанова А.М., Ешмолдаева А.Б., Айменова Ж.А., Баудагулова Г.Т., Козлов В.А. Новые перспективы развития процесса обогащения полиметаллических руд двойной упругости // Вестник КазНТУ. – 2015. – № 4. – С. 465-469.
- [7] Шарипов М.Ш., Стряпков А.В. Гидрохимическое извлечение РЗЭ из высококремнистого глинозёмсодержащего сырья // Проблемы химии и металлургии Центрального Казахстана: сб. матер. в 4-х т. – Алма-Ата: Наука, 1985. – Т. 1. - С. 118-125.

- [8] Балбекова Б.К. Гидрометаллургическое извлечение редкоземельных элементов из нового типа редкометалльного сырья // Труды Университета. Караганда: КарГТУ – 2002. - № 1. С.17-19.
- [9] Яхнин С.Е., Садовникова Л.С. и др. Новый кремнеземный наполнитель из отходов производства для подошвенных резин // Всесоюз. научн.-технич. Конференция «Качество и ресурсосберегающие технологии в резиновой промышленности» / Яросл. политехн. ин-т. – Ярославль. –1991. – с.115.
- [10] Handbook of Extractive Metallurgy, Edited by Fathi Habashi, WILEY- VCH, Heidelberg, Germany. - 1984. - Vol.4. - pp. 584-660.
- [11] Iizuka K., Yamamoto K., Kobayashi A. Патент Японии JP 09286610 A2 High-purity silica powder, its manufacture, and use as filler in resin and/or rubber compositions. Jpn. Kokai Tokkyo Koho. 4 Nov 1997 Heisei, 7.
- [12] Goerl U. Eur. Patent Appl. EP 745558 A2 Preparation of precipitated silica for use in vulcanizable rubber mixtures. 4 Dec 1996, 14.
- [13] Patkar S.D., Swift H.E., Scott W.B. PCT Int. Appl. WO 9952979 A1 Dispersible free flowing particulate silica for rubber composition. 21 Oct 1999, 47.
- [14] Scholl T. Eur. Patent. Appl. EP 890600 A1 Preparation of filled rubber compositions. 13 Jan 1999, 12.
- [15] Koshibe S., Патент Японии JP 2000299326 A2 Silica-filled adhesives for semiconductor devices. Jpn. Kokai Tokkyo Koho. 24 Oct. 2000, 6.
- [16] Powder Diffraction File. Search Manual. Hana Walt Method. / Inorganic. International center for diffraction data. - 1987.
- [17] Каршигина З.Б., Бочевская Е.Г., Саргелова Э.А., Абишева З.С. Извлечение редкоземельных металлов из высококремнистых техногенных минеральных образований // Матер. Конгресса с междунар. участием и элементами школы молодых ученых «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований» (Техноген'2014). – Екатеринбург, Россия, 2014. - С. 186 – 190.
- [18] Абишева З.С., Каршигина З.Б., Бочевская Е.Г., Саргелова Э.А. Вскрытие кремнийсодержащего минерального сырья высокотемпературными сернокислотными способами с извлечением редкоземельных металлов и осажденного диоксида кремния // Ресурсосберегающие технологии в обогащении руд и металлургии цветных металлов, посв. 70-летию основания ИМО-АО «ЦНЗМО»: матер.междунар. науч. конф. - Казахстан - Алматы, 2015. - С. 153 - 156.
- [19] З.С. Абишева, Е.Г. Бочевская, З.Б. Каршигина, Э.А. Саргелова, Н.С. Бектурганов. Инновационный патент № 29419; опубли. 25.12.2014 г., Бюл. № 12. Способ извлечения редкоземельных элементов из высококремнистой руды.
- [20] Зеликман А.Н. Металлургия редкоземельных металлов, тория и урана – М.: Metallurgizdat, 1961. – 380 с.

REFERENCES

- [1] Dzhabarov N. N., Dzhabarov F. N. Minerals of Dzhetysay ore district (Kostanay Urals). Almaty: Aleem, **2002**. 244 p. ISBN 9965-551-71-8. (in Russ.).
- [2] Isaeva L.D., Sarsenbaeva A.N. Rare earth minerals in the weathering crust of Kundybay deposits. "The role and place of young scientists in the implementation of the" KAZAKHSTAN-2050 Strategy ", dedicated to the 80th anniversary of KazNTU named after K.I.Satpayev. Proceedings of International Satpayev readings. Almaty: KazNTU, **2014**, 2, 54-58. (in Russ.).
- [3] Isaeva L.D., Dyusembaeva K.Sh., Kembaev M.K., Yusupova U., Asubaeva S.K. News of the *National Academy of Sciences of the republic of Kazakhstan*, **2015**, 2, 23-30 (in Russ.).
- [4] Ulasyuk S.M., Kiseleva V.S. *Technological evaluation of mineral raw materials: collection of scientific works*. Alma-Ata: KazIMS, **1981**, 38-44 (in Russ.).
- [5] Shautenov M.R., Telkov Sh.A., Bezginova L.I., Motovilov I.Ju. The study of gravitational enrichability of Kundybay deposits ore. Abstracts of works of the international scientific-practical conference "Mining and Metallurgy in Kazakhstan. Status and Prospects". Almaty, **2012**, 177 - 179. (in Russ.).
- [6] Alimzhanova A.M., Eshmoldaeva A.B., Ajmenova Zh.A., Baudagulova G.T., Kozlov V.A. *Vestnik KazNTU*. **2015**, 4, 465-469. (in Russ.).
- [7] Sharipov M.Sh., Stryapkov A.B. *Problems of Chemistry and Metallurgy of Central Kazakhstan: material collection in 4 volumes*. Alma-Ata: Nauka, **1985**, 1. 118-125. (in Russ.).
- [8] Balbekova B.K. *University works*. Karaganda: KarGTU. **2002**, 1, 17-19. (in Russ.).
- [9] Yahnin S.E., Sadovnikova L.S. i dr. New silica filler from waste products for plantar rubbers. All-Union Scientific-Technical Conference "Quality and resource-saving technologies in the rubber industry" Yaroslavl Polytechnic Institute. **1991**, p.115. (in Russ.).
- [10] Handbook of Extractive Metallurgy, Edited by Fathi Habashi, WILEY- VCH, Heidelberg, Germany. **1984**, 4, 584-660. (in Eng.).
- [11] Iizuka K., Yamamoto K., Kobayashi A. Japanese patent JP 09286610 A2 High-purity silica powder, its manufacture, and use as filler in resin and/or rubber compositions. Jpn. Kokai Tokkyo Koho. 4 Nov **1997** Heisei, 7. (in Eng.).
- [12] Goerl U. Eur. Patent Appl. EP 745558 A2 Preparation of precipitated silica for use in vulcanizable rubber mixtures. 4 Dec **1996**, 14. (in Eng.).
- [13] Patkar S.D., Swift H.E., Scott W.B. PCT Int. Appl. WO 9952979 A1 Dispersible free flowing particulate silica for rubber composition. 21 Oct **1999**, 47. (in Eng.).
- [14] Scholl T. Eur. Patent. Appl. EP 890600 A1 Preparation of filled rubber compositions. 13 Jan **1999**, 12. (in Eng.).
- [15] Koshibe S. Japanese patent JP 2000299326 A2 Silica-filled adhesives for semiconductor devices. Jpn. Kokai Tokkyo Koho. 24 Oct **2000**, 6. (in Eng.).
- [16] Powder Diffraction File. Search Manual. Hana Walt Method. Inorganic. International center for diffraction data. **1987**. (in Eng.).

[17] Karshigina Z.B., Bochevskaja E.G., Sargelova Je.A., Abisheva Z.S. Recovery of rare earth metals from high-silicon technogenic mineral formations. Materials of Congress with international participation and elements of young scientists school "Fundamental research and applied development of processing processes and recycling of technogenic formations" (Tehnogen'2014). Yekaterinburg, Russia. **2014**. 186 – 190 (in Russ.).

[18] Abisheva Z.S., Karshigina Z.B., Bochevskaya E.G., Sargelova Ehl.A. Opening of silicon containing mineral raw materials with high temperature sulfuric acid method with recovery of rare earth metals and precipitated silicon dioxide. Resource-saving technologies in enrichment of ore and non-ferrous metallurgy, dedicated to the 70th anniversary of foundation of the MOBI-"CESMOB"JSC: materials of the international scientific conference. Kazakhstan. Almaty, **2015**, 153 - 156. (in Russ.).

[19] Z.S. Abisheva, E.G. Bochevskaja, Z.B. Karshigina, Je.A. Sargelova, N.S. Bekturganov. Innovative patent № 29419; publ. 25.12.2014 Bulletin № 12. A method for the recovery of rare earths from high-silicon ore. (in Russ.).

[20] Zelikman A.N. Metallurgy of rare earth metals, uranium and thorium. M.: Metallurgizdat, **1961**. 380 p. (in Russ.).

СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН БӨЛІП АЛА ОТЫРЫП, ҚҰНДЫБАЙ КЕНОРНЫҢ КЕНДЕРІН КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛДЫ АШУ

З.Б. Каршигина, З.С. Әбишева, Е.Г. Бочевская, Э.Ә. Саргелова, С.Т. Ақшолақова

«Жер туралы ғылымдар, металлургия және кен байыту орталығы» АҚ, Алматы қ., Қазақстан

Түйін сөздер: сирек жер металдар, сульфатизациялау, сілтілеу, күйежентек, бөліп алу, кремний құрамды кек.

Құндыбай кенорнының жоғары кремнийлі кені Қазақстанда сирек-жер металдар (СЖМ) және тұндырылған кремний диоксидін алуға негізгі өндіру көздерінің бірі болып табылады. Мақалада кенді күкірт қышқылымен жоғары температурада өңдеу әдістері (ары қарай сульфатизациялау) келтірілген кенді ашу және сирек жер металдарын бөліп алу мақсатында сульфатизациялау үрдісіне К:С қатынасы, температураның, күкірт қышқылының концентрациясы, және үрдістің жүру ұзақтығының әсері қарастырылды. Сульфатизациялау өнімі (ары қарай күйежентек) химиялық және аспаптық сараптамалар әдістерінің көмегімен зерттелді. Кенді сульфатизациялау үрдісінің оптималды көрсеткіштері анықталды: К:С қатынасы = 1:0,36; температура - 200 °С, күкірт қышқылының концентрациясы – 9 моль/дм³; үрдіс ұзақтығы – 2 сағ. Күйежентекті сулы сілтілеудің зерттеу нәтижелері келтірілген. Сулы сілтілеуге К:С қатынасы, температураның және үрдістің жүру ұзақтығының әсері зерттелді. Күйежентекті сулы сілтілеудің тиімді көрсеткіштері анықталды: К:С = 1:2,5, температура 90 °С және үрдіс ұзақтығы - 4 сағ. Осы шартты жағдайда СЖМ-ды ерітіндіге бөліп алу 84 % құрайды. Ерітінді ары қарай алюминий мен темірдің қоспаларынан тазартуға жіберіледі деген болжам бар. Алынған кек физика-химиялық сараптамалар әдістерімен зерттелді. Кек ~70 % SiO₂ құрайды және ары қарай тұндырылған кремний диоксидін («ак күйе») алу үшін тиімді болуы мүмкін.

Поступила 16.05.2016 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 20.05.2016.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

11 п.л. Тираж 2000. Заказ 3.