

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 429 (2018), 309 – 316

**B. K. Massalimova<sup>1</sup>, Kh. R. Sadieva<sup>1</sup>, G. K. Matniyazova<sup>1</sup>,  
I. G. Tsoy<sup>1</sup>, D. A. Kulbaeva<sup>1</sup>, A. B. Satkymbayeva<sup>1</sup>, A. A. Bakybayev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M. Kh. Dulaty Taraz State University, Taraz, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: massalimova15@mail.ru

## EXTRACTION OF RARE-EARTH ELEMENTS FROM THE COMPOSITION OF KARATAU PHOSPHORITES

**Abstract.** Karatau phosphorite concentrate is a perspective and unique raw material for complex processing, which allows to obtain strontium, rare earth metal and fluorine compounds along with the main product - phosphorus fertilizers. In spite of the obvious ecological expediency of complex processing of phosphorite, actually, there is the only industrial scheme involving associated extraction of rare-earth elements, strontium and the utilization of fluorine, based on the decomposition of phosphorite with nitric acid.

This article presents the results of a study of the decomposition of the Karatau phosphorites (Kokzhon and Koksuy deposits) with hydrochloric and nitric acids in a ratio of 1: 1, with an increase in temperature to 85-90 °C, for 30 minutes with vigorous stirring. The chemical composition of the products obtained was determined by titrimetric, gravimetric, photocolometric, potentiometric methods.

Analysis of the samples showed that the mass fraction of rare-earth elements in the concentrate obtained by extraction with nitric acid was 27%, hydrochloric acid - 36% and the extraction rate of rare-earth elements with respect to their content in phosphorite was 75%. It is possible to obtain 20-36 kg of rare-earth metal concentrate in the processing of 1 ton of phosphorite

**Key words:** rare earth elements, extraction, phosphorites, decomposition, concentrate.

УДК 546.65:631.851

**Б. К. Масалимова<sup>1</sup>, Х. Р. Садиева<sup>1</sup>, Г. К. Матниязова<sup>1</sup>,  
И. Г. Цой<sup>1</sup>, Д. А. Кулбаева<sup>1</sup>, А. Б. Саткымбаева<sup>1</sup>, А. А. Бакибаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

<sup>2</sup>Томский государственный университет, Томск, Россия

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СОСТАВА ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ

**Аннотация.** Каратауский фосфоритовый концентрат – перспективное и уникальное сырье для комплексной переработки, позволяющее получить, помимо основного продукта – фосфорных удобрений, соединения стронция, редкоземельных элементов и фтора. Несмотря на явную экологическую целесообразность комплексной переработки фосфорита, в настоящее время существует единственная промышленная схема, предусматривающая попутное извлечение редкоземельных элементов, стронция и утилизацию фтора, основанная на разложении фосфорита азотной кислотой.

В данной статье представлены результаты исследования разложения фосфоритов Каратау (месторождения Кокжон и Коксу) соляной и азотной кислотами в соотношении 1:1, при повышении температуры до 85-90 °C, в течение 30 минут с интенсивным перемешиванием. Химический состав полученных продуктов определяли титриметрическим, гравиметрическим, фотоколориметрическим, потенциометрическим методами.

Анализ полученных образцов показал, что массовая доля редкоземельных элементов в концентрате при извлечении азотной кислотой составила 27%, соляной кислотой – 36%, извлечение редкоземельных элементов в концентрат ~ 75 % по отношению к содержанию в фосфорите. Существует возможность получения 20-36 кг суммы концентрата редкоземельных элементов при переработке 1 т фосфорита.

**Ключевые слова:** редкоземельные элементы, извлечение, фосфориты, разложение, концентрат.

**Введение.** Редкоземельные металлы являются одним из наиболее дефицитных и востребованных видов минерального сырья, поскольку используются в различных областях, в том числе в радиоэлектронике, машиностроении, атомной отрасли, химическом секторе, оборонной промышленности и т.д., и глобальный спрос на них многократно превышает предложение [1-4, 13]. Для Казахстана производство редких и редкоземельных металлов является перспективным направлением индустриально-инновационного развития, направленного на создание в стране высокотехнологичных производств высокого передела.

Каратауский фосфоритовый концентрат – перспективное и уникальное сырье для комплексной переработки, позволяющее получить, помимо основного продукта – фосфорных удобрений, соединения стронция, редкоземельных элементов и фтора [5, 6]. Несмотря на явную экологическую целесообразность комплексной переработки фосфорита, в настоящее время существует единственная промышленная схема, предусматривающая попутное извлечение редкоземельных элементов, стронция и утилизацию фтора, основанная на разложении фосфорита азотной кислотой [7].

Цель данной работы – разработка эффективного способа извлечения редкоземельных элементов из состава фосфоритов Каратау.

**Методика проведения эксперимента.** По физико-химическим свойствам фосфоритная мука месторождений Кокжон, Коксу стандартного помола при влажности 0,1-0,3% имеет объемный вес (в т/м<sup>3</sup>): на ленте транспортера 1,1-1,2, свеженаасыпанная в вагоны 1,45-1,5 после транспортирования по железной дороге до 1,6 после длительного хранения на складе 1,8-2,0%. Сухая фосфоритная мука Кокжон, Коксу очень подвижна, растекается подобно жидкости, ссыпаясь под углом 15-20°. Увлажненная до 0,75-1,5% мука теряет текучесть и способна слеживаться.

Было исследовано выделение редкоземельных элементов из фосфоритного концентрата, полученного при переработке фосфоритов Каратау, месторождений Кокжон и Коксу.

До начала основных исследований был проведен рентгенодифрактометрический анализ химического состава исходного фосфорита на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с  $Si_{K\alpha}$  – излучением,  $\beta$ -фильтр. Условия съемки дифрактограмм:  $U=35$  кВ;  $I=20$  мА; съемка  $\theta$ -2 $\theta$ ; детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (PowderDiffractionFile2) и дифрактограмм чистых от примесей минералов.

Сущность способа заключается в том, что остаточную твердую фазу подвергают вторичному разложению. Взвешивают фосфатный редкоземельный концентрат массой 1 кг, 200 г мелко измельченной вторичной пульпы, затем подают в реактор. В эту массу добавляют 3,0 литра 2 н азотной кислоты. Выделение ведут при нагревании для пробы №1 в 2 н азотной кислоте, для пробы № 2 в 2 н соляной кислоте при соотношении Т:Ж - 1: 2,5-3,5 в присутствии щавелевой кислоты, которая необходима в количестве 50 мас. % сверх стехиометрии при пересчете на оксиды редкоземельных элементов, осадок оксалатов отделяют фильтрованием, промывают водой и прокаливают [8-12].

Далее берут мерную колбу объемом 100 мл, приливают 1,0 мл жидкой фазы и разбавляют дистиллированной воде. Из этого раствора берут 5-10 мл аликвоты для химического и физико-химического анализа состава, определение общего азота, нитрита натрия и  $P_2O_5$ , оксида кальция и магния, железа, алюминия, хлора и т.д. Твердую фазу сушат сначала при комнатной температуре, затем в сушильном шкафу при температуре 80-85°C и определяют массовую долю влаги.

Были испытаны 2 разные пробы (разложение фосфоритов 2н азотной кислотой и разложение фосфоритов 2н соляной кислотой). В колбу объемом 100 мл приливают 10 мл концентрата, раз-

бавляют дистиллированной водой, хорошо перемешивают. Из этого раствора набирают аликвоту и исследуют атомно-эмиссионным спектроскопическим методом на приборе Agilent 4200 MP-AES [8].

Повторно анализируют атомно-эмиссионным спектроскопическим методом на дифракционном спектрографе ДФС-13 с дифракционной решеткой 500 штрихов на мм и линейной дисперсией 0,4 нм/мм, производство – Россия. Возбуждение спектров проводилось в дуге электрического тока силой 14, регистрация спектров в ультрафиолетовой области от 230 нм до 345 нм осуществлялась на фотолампе ПФС-03, чувствительные в этом интервале длин волн. В качестве образцов сравнения использовались ГСО 8670-2005 (СГД-2А), ГСО 3484-86 (СГХМ-2). Исследования проводили в научно-исследовательском институте геологических наук им. К. И. Сатпаева в г. Алматы.

**Результаты исследований.** В фосфорите Каратау содержится до 5-7% редкоземельных элементов, которые при сернокислотном вскрытии на 70% переходят в осадок сульфата кальция. Кроме редкоземельных элементов осадок содержит небольшие количества фторид- и фосфат-ионов. Полученный осадок, это – отход производства минеральных удобрений [14-20], носящий название "фосфогипс", образует целые горы вокруг заводов по переработке фосфоритов Каратау (в г. Таразе).

Таблица 1 – Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа кристаллических фаз исходного фосфорита

Минерал	Формула	Концентрация, %
Гипс	$\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$	43.5
Кварц	$\text{SiO}_2$	33.8
Бассанит	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	19.8
Слюда	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	2.9

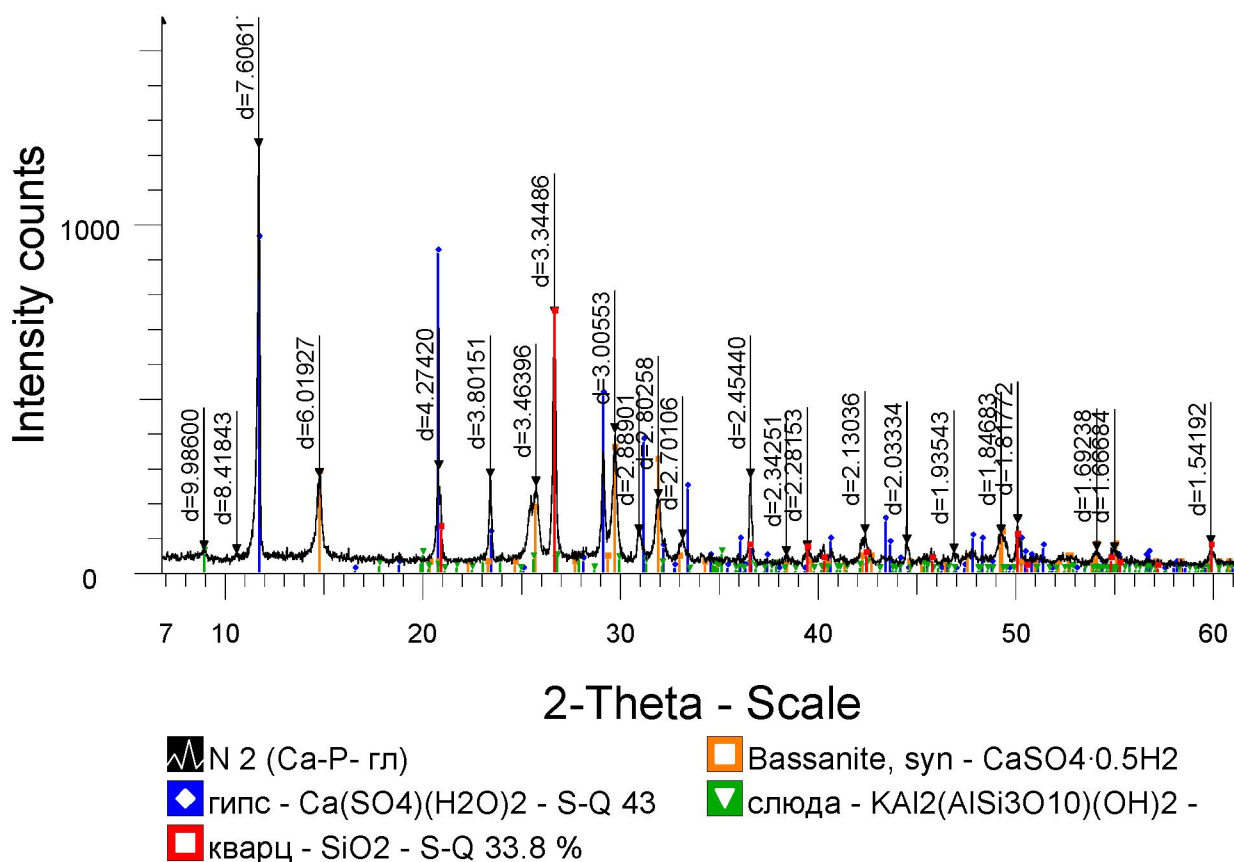


Рисунок 1 – Дифрактограмма образца исходного фосфорита (Ca – P – гл)

Таблица 2 – Определение содержания редкоземельных элементов в составе фосфоритов Каратау методом атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе Agilent 4200 MP-AES

№ н/п	Наименование пробы	Метка элемента, нм	Концентрация	Единица измерения	SD	%, RSD
1	Проба №1. Разложение фосфоритов 2н HNO <sub>3</sub>	Se (196,026)	0,27	Ppm	0,08	29,76
		Zn (213,857)	0,15		0,00	1,68
		Cd (228,802)	0,00		0,00	>100
		Sr (407,771)	8,19		0,03	0,42
		Ba (455,403)	1,48		0,00	0,20
		Cu (324,754)	0,06		0,00	0,48
		Ni (352,454)	0,31		0,00	0,61
		As (193,695)	0,73		0,22	29,81
		Co (340,512)	0,53		0,01	1,06
		Pb (405,781)	-0,12 mu		0,00	1,75
		Mo(379,825)	0,08		0,00	1,05
		Mn(403,076)	17,73 °		0,05	0,29
		Cr (425,433)	0,27		0,01	2,47
		Al (396,152)	13,70 °		0,79	5,78
2	Проба №2. Разложение фосфоритов 2н HCl	Se (196,026)	-0,28 u	Ppm	0,12	43,27
		Zn (213,857)	0,25		0,00	0,83
		Cd (228,802)	0,00		0,00	>100,00
		Sr (407,771)	10,28		0,05	0,49
		Ba (455,403)	0,36		0,00	0,19
		Cu (324,754)	0,12		0,00	0,23
		Ni (352,454)	0,23		0,00	0,60
		As (193,695)	0,75		0,35	46,98
		Co (340,512)	-0,02u		0,00	5,48
		Pb (405,781)	-0,27 mv		0,01	2,24
		Mo(379,825)	0,05		0,00	4,17
		Mn(403,076)	20,44		0,03	0,14
		Cr (425,433)	0,43		0,04	9,69
		Al (396,152)	73,34 °		5,64	7,69

Из таблицы видно, что при разложении фосфоритов минеральными кислотами, эффективно вскрывает соляная кислота (2н HCl). По содержанию элементов, например Se - 43,27 против 29,76; As - 46,98 против 29,81; Cr - 9,69 против 2,47 и т.д.

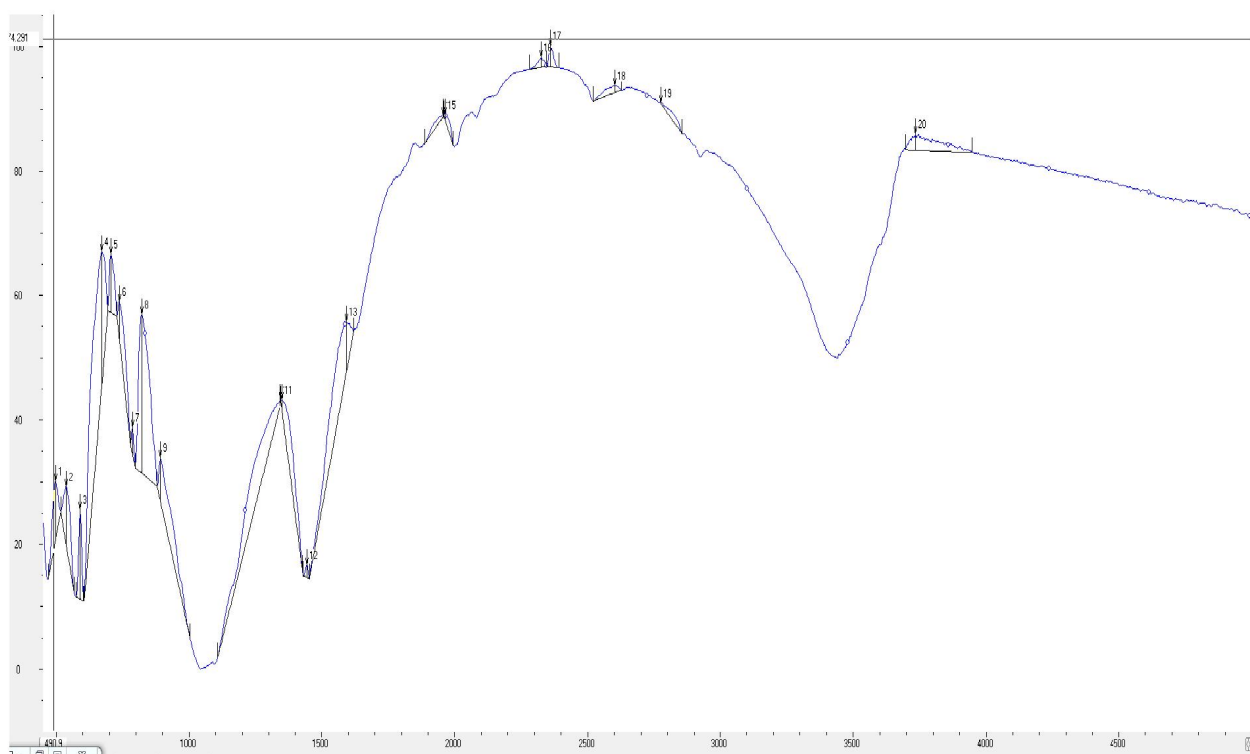
Из таблицы 3 видно, что при вторичном разложении пульпы остаются ценные элементы, которые могут быть использованы в качестве удобрений.

ИК-спектроскопическим методом были исследованы пробы вторичных концентратов фосфоритов Каратау, разложенных в азотной и соляной кислоте. На рисунке 2 наблюдаются слабо выраженные полосы, характерные для фосфорной кислоты с частотами 2319 см<sup>-1</sup>, средне выраженные полосы, характерные для нитрат-ионов с частотами 694 см<sup>-1</sup>, 729 см<sup>-1</sup>, 879 см<sup>-1</sup>.

На ИК-спектрах растворов, полученных разложением фосфоритов Каратау соляной кислотой (рисунок 3), наблюдаются средне выраженные полосы, характерные для фосфорной кислоты с частотами 2144 см<sup>-1</sup>, 2403 см<sup>-1</sup>, а также слабо выраженные полосы 2673 см<sup>-1</sup>, соответствующие фосфорной кислоте.

Таблица 3 – Сводные данные по химическому анализу вторичных концентратов фосфоритов Каратау, разложенных в азотной и соляной кислоте

№ п/п	Содержание массовой доли, %													
	Вла-ги	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl <sup>-</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Общ азот	NaNO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ион
2 н HNO <sub>3</sub> (жидкая фаза)	–	1,9	7,92	0,0112	2,06	0,77	20,9	0,145	0,014	0,03	0,002	4,23	2,07	17,4
2 н HNO <sub>3</sub> (твердая фаза)	9,17	0,13	2,64	0,114	2,06	1,52	11,4	0,0207	0,014	0,02	0,06	1,29	1,93	0,02
Суммарный выход, %	–	2,03	10,52	0,1252	4,12	2,29	32,3	0,1657	0,028	0,05	0,062	5,52	4,00	17,42
2 н HCl (жидкая фаза)	–	0,8	61,8	0,0082	2,06	0,42	23,46	0,103	0,028	0,03	0,003	1,53	2,06	–
2 н HCl (твердая фаза)	8,28	0,5	7,92	0,152	2,26	1,615	22,83	0,014	0,014	0,01	0,06	2,23	2,08	–
Суммарный выход, %	–	1,3	69,72	0,1602	4,32	2,035	46,29	0,117	0,042	0,04	0,063	3,76	4,14	–

Рисунок 2 – ИК-спектры растворов, полученных разложением фосфоритов Каратау азотной кислотой. Ось абсцисс – частота колебаний (см<sup>-1</sup>), ось ординат – пропускание (%)

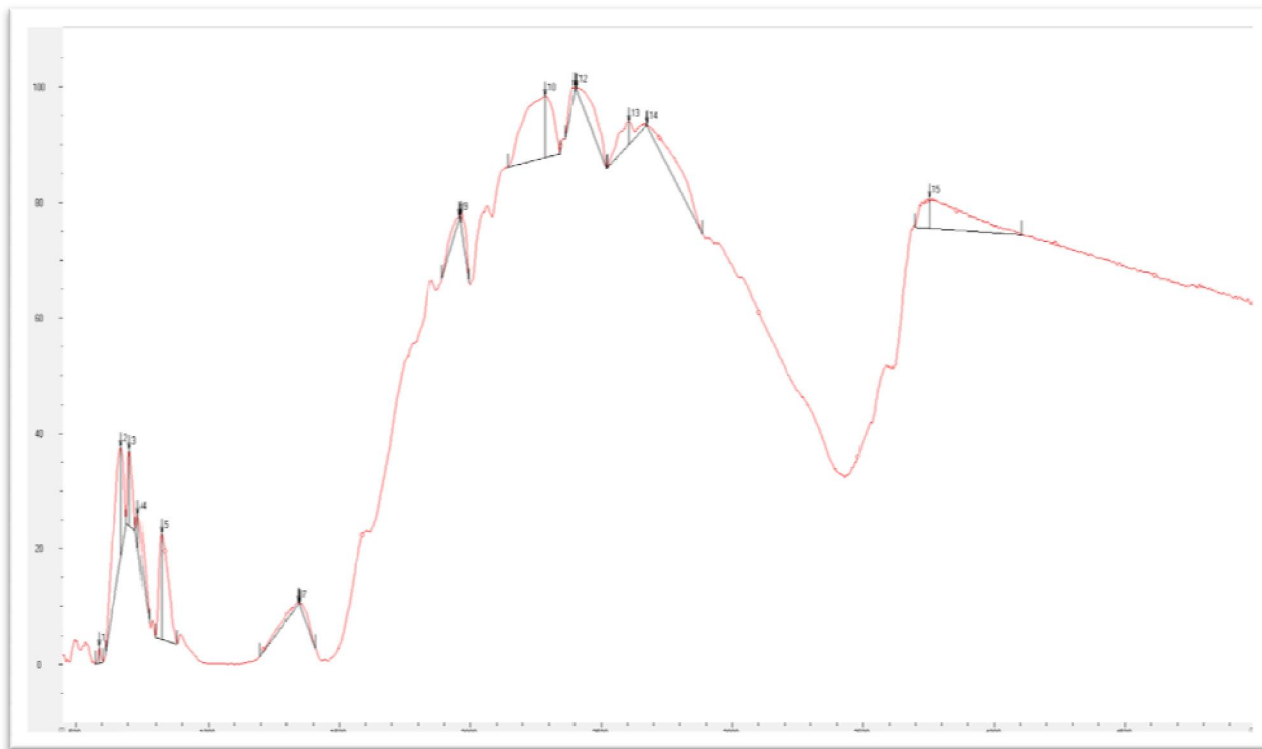


Рисунок 3 – ИК-спектры растворов, полученных разложением фосфоритов Каратау соляной кислотой.  
Ось абсцисс – частота колебаний ( $\text{cm}^{-1}$ ), ось ординат – пропускание (%)

Результаты химического и физико-химического анализа жидкой и твердой фазы продуктов, полученных разложением фосфоритов Каратау азотной и соляной кислотами, подтверждают и дополняют друг друга и показывают, что основным продуктом являются фосфаты, нитраты и хлориды кальция. В составе продукта также имеются редкоземельные элементы с массовой долей 23-36% по отношению к исходному содержанию в фосфорите.

**Выводы.** Результаты исследования химического состава показали, что в составе фосфоритов Каратау имеются редкоземельные элементы в пределах Se - 23,0-29,76%, Zn - 0,5-1,68%, Sr - 0,42-2,0%, Ba - 0,20-2,8%, Cu - 0,48-3,6%, Ni - 0,61-0,75%, As - 29,81-32,0%, Co - 1,06-2,10%, Pb - 1,75-2,0%, Mo - 0,8-1,05%, Mn - 0,29-0,35%, Cr - 2,47-3,8%, Al - 5,78-7,9% Y-(иттрий) - 0,007-0,15%, Yb-(иттербий) - 0,005-0,7%, La-(лантан) - 0,025-0,15%, Ce-(церий) - 0,05-0,30%, Gd-(галолиний) - 0,002%, Nd-(неодим) - 0,04-0,05%, Sm-(самарий) - 0,01%, Eu-(европий) - 0,001%, Tb-(тербий) - 0,005%, Dy-(диспрозий) - 0,01%, Ho-(голий) - 0,001%, Er-(эрбий) - 0,01%, Lu-(лютеций) - 0,001%, Tm-(тулий) - 0,0001-0,10%, Pr-(празеодим) - 0,02% и др.

Исходные фосфориты Каратау содержат 23,23 % суммы РЗЭ (в пересчете на оксиды) содержание массовой доли % CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, а также соединения железа и алюминия. При переработке 1 т фосфорита можно получить около 20-36 кг суммы концентрата редкоземельных элементов. Содержание массовой доли редкоземельных элементов при вскрытии соляной кислотой - 36%, азотной кислотой - 27%. Извлечение РЗЭ в концентрат ~ 75 % по отношению к содержанию в фосфорите.

**Источник финансирования исследования.** Инициативный проект «Исследование и разработка технологии улавливания аммиака и переработки фосфогипса в производстве аммофоса с получением концентрата редкоземельных элементов» кафедры «Химия и химическая технология».

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Наумов А.В. Обзор мирового рынка редкоземельных металлов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2008. – № 1. – С. 22-31.

[2] Pei Liad, Yan Liu, Li Guo. Determination of trace rare earth elements by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry after preconcentration with multiwalled carbon nanotubes. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2005. – Vol. 60. Issue 1. – P.125-129.

- [3] Бушуев Н.Н., Зинин Д.С. Исследование фазовых превращений промышленного осадка, содержащего редкоземельные элементы, полученного из упаренной экстракционной фосфорной кислоты // Журнал Успехи в химии и химической технологий. – 2013. – Т. XXVII, № 2. – С. 36-38.
- [4] Локин Э.П., Тараева О.А. Извлечение редкоземельных элементов из экстракционной фосфорной кислоты дигидратного процесса // Материалы междунар. научно-практ. конф. – М.: НИУИФ, 2012. – С. 111-117.
- [5] Белобородов В.И. Минералого-технологические исследования тонковкрапленных фосфатных руд / В.И.Белобородов, Е.Д.Рухленко, И.Б.Захарова // Междунар. совещание «Новые технологии обогащения и комплексной переработки труднообогатимого природного и техногенного сырья». – Верхняя Пышма, 19-24 сентября 2011. – М., 2011. – С. 44-46.
- [6] Косынкин В.Д. Комплексная переработка фосфогипса с получением химически осажденного мела, гипса и концентрата редкоземельных элементов / В.Д. Косынкин и [др.] // Цветные металлы. – 2012. – № 3. – С. 31-34.
- [7] Сахаров Ю.Н., Махоткин А.Ф., Махоткин И.А., Ситкин. Механизм и кинетика разложения фосфатного сырья // Журнал Прикладная механика и химическая технология. – 2011. – № 3. – С. 6-10.
- [8] Жерноклеева К.В. Анализ редкоземельных металлов и их оксидов атомно-эмиссионным спектральным методами с индуктивно связанной плазмой: Дис. к.т.н. – М., 2012. – С. 18-40.
- [9] Кудайбергенова Н.К., Стецора М.М., Фазылова О.С., Семашко В.А. Медьсодержащий минерал куприт в месторождениях Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 2. – С. 31-36.
- [10] Байсалова А.О., Долгополова А.В., Seltmann R., Степанов А.В., Бекенова Г.К. Вариация химического состава гагаринита Верхнеэспинского месторождения, как индикатор условий минералообразования и положения в метасоматической колонке // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 2. – С. 37-45.
- [11] Омирсериков М.Ш., Агата Душмал-Черничкевич, Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С. Прогнозирование ресурсов редкометалльных месторождений на основе анализа рудоконтролирующих факторов // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 3. – С. 35-43.
- [12] Шапалов Ш.К., Арыстанова С.Д., Тлеуов А.С., Битемирова А.Е., Керимбаева К.З., Адырбекова Г.М., Куспангалиева Х.К., Махамбетов М.Ж., Кенжалиева Г.Д., Алтыбаев Ж.М. Возможности использования вермикулитов для сорбционной очистки фосфорсодержащих шламов // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2017. – № 3. – С. 241-244.
- [13] Ракишев Б.М. Роль и перспективы минерально-сырьевых ресурсов в развитии экономики Казахстана // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2016. – № 2. – С. 29-39.
- [14] Жаймина В.Я., Мустапаева С.Н. Граница турнейского и визейского ярусов и объем визейского яруса в большом Каратау (Южный Казахстан) // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2016. – № 4. – С. 5-17.
- [15] Антоненко А.А., Жуков Н.М., Герцен Л.Е., Гойколова Т.В. Особенности минерального и элементного состава бедных руд месторождений Актогай и Бозшаколь // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2016. – № 4. – С. 18-27.
- [16] 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 НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2015. – № 2. – С. 23-30.
- [17] Роднова В.И., Гилев Ю.Н., Мамонов Е.П., Умарбекова З.Т. Механизм формирования и вещественный состав руд месторождения Каратас (Южный Казахстан) // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2015. – № 4. – С. 23-32.
- [18] Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Юсупова У. Редкоземельные элементы и формы их нахождения в коре выветривания рудопоявления Талайрык (Северный Казахстан) // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2015. – № 5. – С. 57-65.
- [19] Курбаниязов С.К., Абдумуталип Н.А., Жанбаз М., Тойчибекова Г.Б. Генезис глауконитовых песчанников Акжарской свиты Южного Казахстана. // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2014. – № 4. – С. 44-46.
- [20] Ивлева Е.А., Пак Н.Т. Редкоземельное тантал-ниобиевое месторождение Сарысай в карбонатах Тянь-Шаня. // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2013. – № 6. – С. 37-45.

**Б. Қ. Масалимова<sup>1</sup>, Х. Р. Садиева<sup>1</sup>, Г. К. Матниязова<sup>1</sup>,  
И. Г. Цой<sup>1</sup>, Д. А. Кульбаева<sup>1</sup>, А. Б. Саткымбаева<sup>1</sup>, А. А. Бакибаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, Қазақстан,

<sup>2</sup>Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей

#### **ҚАРАТАУ ФОСФОРИТТЕРДІҢ ҚҰРАМЫНАН СИРЕК-ЖЕР ЭЛЕМЕНТТЕРДІ БӨЛІП АЛУ**

**Аннотация.** Қаратау фосфорит концентраты – кешенді қайта өңдеуге қажетті перспективалық және бірегей шикізат, одан фосфорлы тыңайтқыш сияқты негізгі өнімнен басқа, стронцийдың қосылыстары, сирек жер элементтерін және фторды алуға мүмкіндіктері бар. Фосфоритті кешенді қайта өңдеудің айқын эко-

логиялық негіздемесіне қарамастан, қазіргі уақытта сирек жер элементтерін, стронцийды және фторды жолай бөліп алу үшін жалғыз өндірістік сызбасы бар, ол фосфоритті азот қышқылымен ыдыратуға негізделген.

Бұл мақалада Қаратау (Көкжон, Көксу кен орындары) фосфориттерін тұз және азот қышқылдарымен ыдыратуын ара-қатынасы 1:1, температураны 85-90<sup>0</sup>С дейін жоғарылатқанда, 30 минут аралығында қарқынды түрде араластыру арқылы зерттеу нәтижелері келтірілген. Алынған өнімдердің химиялық құрамы титриметриялық, гравиметриялық, фотоколориметриялық, потенциометриялық әдістермен анықталды.

Алынған нысандардың талдауы бойынша концентраттағы сирек жер элементтерінің массалық үлесі азот қышқылымен бөліп алғанда 27%, ал тұз қышқылымен 36% құрады, сирек жер элементтерін концентраттан бөліп алу ~ 75% фосфориттің құрамындағы қатынасына қарай 1 тонна фосфоритті қайта өңдеу барысында 20-36 кг сирек жер элементтерінің концентрат сомасын алуға мүмкіндігі бар.

**Түйін сөздер:** сирек жер элементтері, бөліп алу, ыдырату, концентрат.

#### **Сведения об авторах:**

Масалимова Бакытгуль Кабыкеновна – кандидат химических наук, зав. кафедрой «Химия и химическая технология», Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, e-mail: massalimova15@mail.ru

Садиева Халипа Рыскуловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия и химическая технология», Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, e-mail: xalipa71@mail.ru

Матниязова Гульсим Кадыржановна – доктор философии, доцент кафедры «Химия и химическая технология», Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, e-mail: gulsim.matniyazova@mail.ru

Цой Ирина Генадьевна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и химическая технология», Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, e-mail: tsoyirinagen@mail.ru

Кулбаева Дилбар Альмановна – магистр техники и технологии, ст. преподаватель кафедры «Химия и химическая технология», Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, e-mail: Dikush63@mail.ru

Саткымбаева Айгерим Бакыткызы – магистр естественных наук, преподаватель кафедры «Химия и химическая технология», Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, e-mail: aiksha2005@mail.ru

Бакибаев Абдигали Абдиманалович – доктор химических наук, профессор, e-mail: bakibaev@mail.ru@mail.ru

Бакибаев Абдигали Абдиманалович – доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Лаборатории каталитических исследований Томского государственного университета. e-mail: bakibaev@mail.ru