

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

МАТЕРИАЛДАРЫ

МАТЕРИАЛЫ

**Международной научно-практической конференции
«Эффективные технологии производства цветных, редких и
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,
члена-корреспондента Академии наук РК,
лауреата Государственной премии Республики Казахстан
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

PROCEEDINGS

**of International scientific and practical conference
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy
science and industry concerns and in memory of well-known scientist
of metallurgy, Associate Member of the National Academy
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

Алматы 2018

УДК 669
ББК 34.3
Э94

Ответственный редактор: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

Жауапты редактор: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

Редакционный совет: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

Редакциялық алқа: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»: Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»: Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

ISBN 978-601-323-132-7

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

УДК 669
ББК 34.3

ISBN 978-601-323-132-7

© АО «ИМиО», 2018

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.25>

Кенжалиев Б.К.^{1,2}, *Беркинбаева А.Н.¹, Суркова Т.Ю.¹,
ORCID: 0000-0003-1474-8354 0000-0002-2569-9087 0000-0001-8271-125X
Досымбаева З.Д.¹, Чукманова М.Т.^{1,2}, Абдикерим Б.Е.^{1,2}
0000-0001-9144-208X 0000-0002-9626-3205 0000-0001-5551-2618

¹АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан, *ainur_kbk@mail.ru

²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан

***Аннотация.** Изучен элементный и фазовый составы природных алюмосиликатов Северо-Казахстанского месторождения. Установлено, что основными фазами алюмосиликатного сырья являются кварц, клиноптилолит, альбит, в меньших количествах присутствуют диопсид, гематит, ломонтит, эринит. Обнаружена величина отношения основных составляющих катионов SiO_2/Al_2O_3 для алюмосиликата (цеолита), характеризующего его стойкость к агрессивным веществам и высоким температурам. Методом термического анализа установлено, что в состав алюмосиликата в небольших количествах входят также гармотом, шабазит, калисилит, афросидерит, мусковит. Получены новые данные о структурных особенностях, физико-химических свойствах алюмосиликатов (цеолитов) Северо-Казахстанского месторождения.*

Как известно, Казахстан занимает второе место в мире по запасам природного урана и лидирующие позиции в его производстве. В связи с наращиванием выпуска урановой продукции требуются новые подходы в решении вопроса разработки эффективных технологий ее добычи и извлечения, а также ужесточения требований к утилизации отходов [1-2]. В этой связи разработка способов доизвлечения урана из техногенных урансодержащих растворов позволит повысить экологическую безопасность и экономическую эффективность урановых производств. Вместе с тем, с увеличением количества урановых производств увеличивается и количество урановых отходов. В Казахстане имеются крупные ураноносные гидрологические провинции, множество мелких месторождений и рудопроявлений урана, которые обуславливают повышенный уровень естественной радиоактивности (также отходы, накопленные на уранодобывающих предприятиях). Опасным является использование для питьевых и хозяйственных нужд воды, зараженной радионуклидами [3-4]. Проблема переработки, дезактивации и захоронения жидких радиоактивных отходов является исключительно актуальной.

На сегодняшний день методы сорбционной очистки с применением синтетических и природных сорбентов - наиболее распространенные и эффективные, а во многих случаях и безальтернативные [5-6]. Недостатком использования синтетических сорбентов является их высокая стоимость. С экономической точки зрения перспективным является применение природных сорбентов, в частности, цеолитов.

Вместе с тем, увеличивающаяся потребность в природных сорбентах диктует необходимость вовлечения в производство вновь открывающиеся месторождения. Наиболее интересными и перспективными можно считать месторождения алюмосиликатов Северного Казахстана, открытых в 90-х годах прошлого столетия.

Проблема использования природных цеолитов, как и других природных материалов, заключается в том, что специфические свойства, присущие одним компонентом, могут нивелироваться присутствием других. Каждый раз требуется проведение систематических исследований их структуры и свойств. Поэтому важным этапом исследований является изучение состава, структуры, физико-химических свойств природных цеолитов для оценки возможности их применения в тех или иных целях.

Нами была подготовлена усредненная проба алюмосиликата Северо-Казахстанского месторождения и проведены ее физико-химические исследования.

В ходе исследований элементный и фазовый состав природного цеолита был установлен рентгенофлуоресцентным и рентгенофазовым методами с применением приборов рентгенофлуоресцентного волнодисперсионного спектрометра и дифрактометра D8 Advance (излучение Cu –K α).

В таблице 1 представлен элементный состав пробы цеолита, в таблице 2 – фазовый состав по данным рентгенофазового анализа. Из таблицы 1 следует, что кроме алюмосиликатной матрицы в состав исходного цеолита входят «примесные металлы», такие, как: Fe, Na, Mg, Ca, Ti, V, Ba, Cr, Mn, Cu, Sr, Rb, Zn, P и др.

Таблица 1 – Элементный состав алюмосиликата (цеолита)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	Прочие примеси	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
62,2	13,4	5,9	1,6	5,3	6,5	2,2	0,4	0,2	0,5	1,8	4,6

Таблица 2 – Фазовый состав алюмосиликата (цеолита)

Компонент	Формула	Содержание, %
Клиноптилолит	(Na, K, Ca) ₆ (Si,Al) ₃₆ O ₇₂ ·20H ₂ O	21.5
Кварц	SiO ₂	21.3
Альбит	Na(AlSi ₃ O ₈)	19.4
Диопсид	Ca(Mg,Al)(Si,Al) ₂ O ₆	13.9
Гематит	Fe ₂ O ₃	9.3
Ломонтит	CaAl ₂ Si ₄ O ₁₂ ·4H ₂ O	7.8
Эринит	((Fe ⁺² ,Fe ⁺³ ,Al)3Mg3(Ca,Na)4(Si13.5Al4.5O42)(OH) ₆)·11.3H ₂ O	6.8
Кальцит	Ca(CO ₃)	-
Гейландит	Na _{7.2} (Al _{8.9} Si _{27.1} O ₇₂)(H ₂ O) _{25.92}	-
Анальцим	NaAlSi ₂ O ₆ (H ₂ O)	-

Величина отношения основных составляющих катионов SiO₂/Al₂O₃ для цеолита характеризует его стойкость к агрессивным веществам и высоким температурам. Для исследуемых цеолитов данное отношение равно 4,6, что характеризует их как достаточно устойчивые.

Основными фазами алюмосиликатного сырья, как видно из таблицы 2 и рисунка 1, являются кварц, клиноптилолит, альбит, в меньших количествах присутствуют диопсид, гематит, ломонтит, эринит.

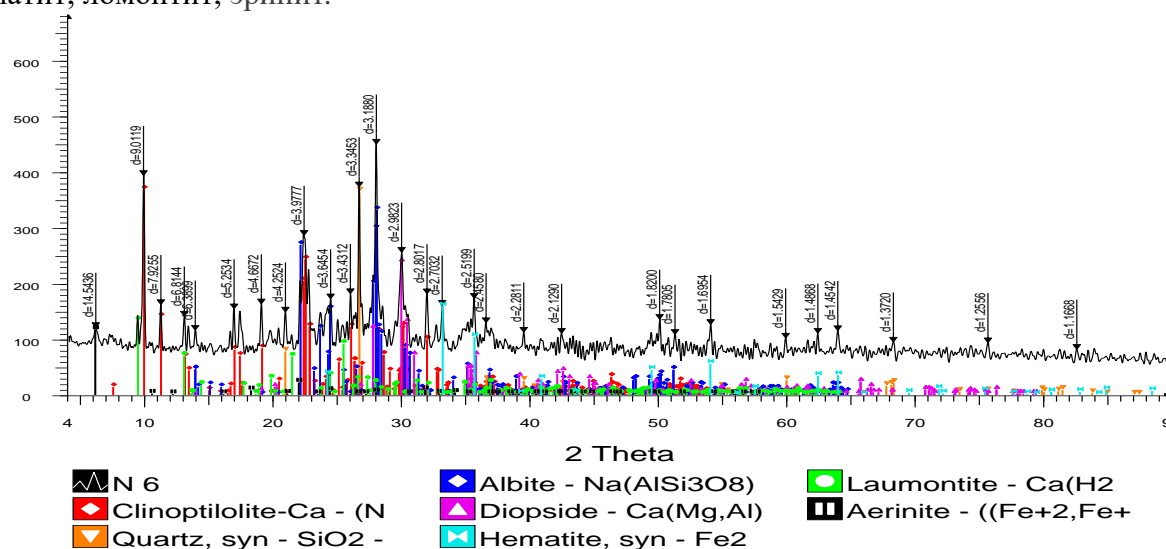


Рисунок 1 – Рентгенограмма алюмосиликата (цеолита)

Данные рентгенофазового анализа дополняют результаты термогравиметрического выполненного, с использованием синхронного термического анализатора STA 449 F3 Jupiter.

На рисунке 2 ДТА пробы цеолита зафиксирован эндотермический эффект с экстремумами при 236 °С, 364 °С и экзотермического эффекта с пиком при 749,5 °С можно интерпретировать как проявление цеолита гармотом – $Ba[Al_2Si_6O_{16}]$. Сочетание эндотермического эффекта с максимальным развитием при 236 °С (кривая dДТА) и экзотермического эффекта с пиком при 822,8 °С (кривая dДТА) может быть отражением наличия цеолита шабазит – $(Ca,Na_2)(Al_2Si_4O_{12})6H_2O$. Сочетание экзотермического эффекта с пиком при 464,6 °С (кривая ДТА) и эндотермического эффекта с максимальным развитием при 236 °С (кривая dДТА) м.б. проявлением цеолита гейландит – $Ca[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 6H_2O$. На кривой ДТГ также присутствуют два минимума – при 555,9 °С, 571,7 °С. Здесь вероятно дегидратация примесей некоторых глинистых минералов – афросидерита – $2SiO_2Al_2O_3(FeO) \cdot H_2O$. Эндотермический эффект с максимальным развитием при 853,3 °С (кривая dДТА) - отражением перехода примеси калисилита ($K_2OAl_2O_3 \cdot nSiO_2$) из гексагональной в ромбическую модификацию. Эндотермический эффект с экстремумом при 788,1 °С м.б. проявлением дегидратации примеси тонкодисперсного мусковита – $K_2O_3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$. Экзотермический эффект с пиком при 995,6 °С может отражать кристаллизацию продуктов распада решетки иллита.

Таким образом, кроме указанных выше компонентов, в состав пробы цеолита, в небольших количествах, входят гармотом, шабазит, калисилит, афросидерит, мусковит.

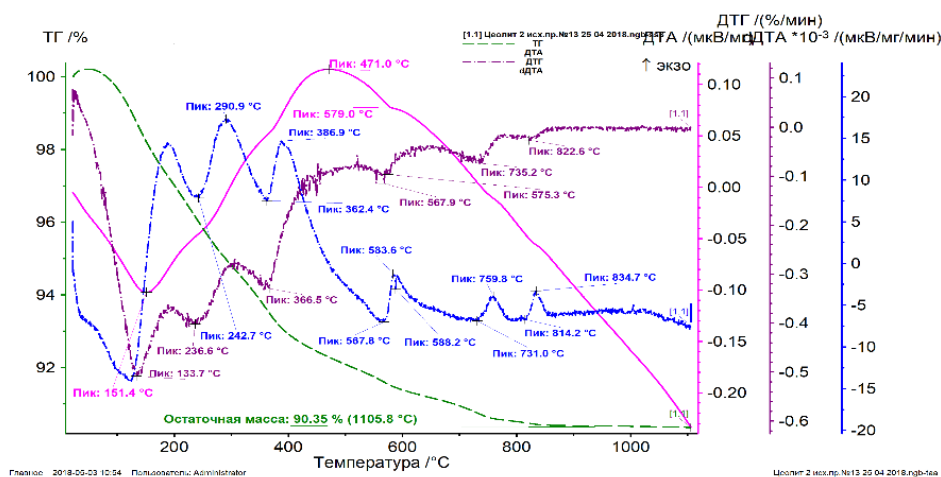


Рисунок 2 - Термограмма алюмосиликата (цеолита)

Исследования алюмосиликата, проведенные на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-8230 показали (рисунок 3), что светлые частицы, которые характеризуют более тяжелые элементы, а более темный контраст – легкие.

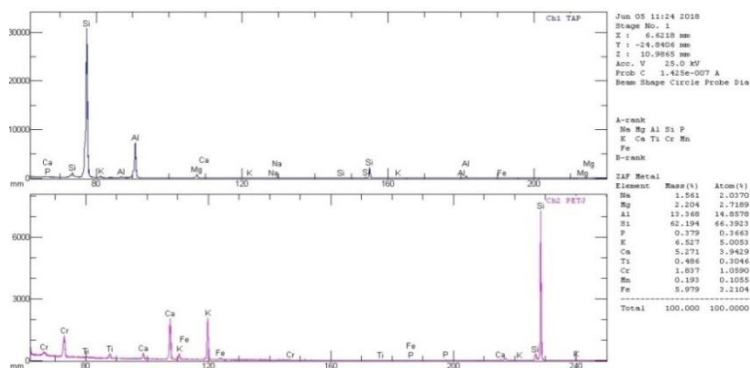
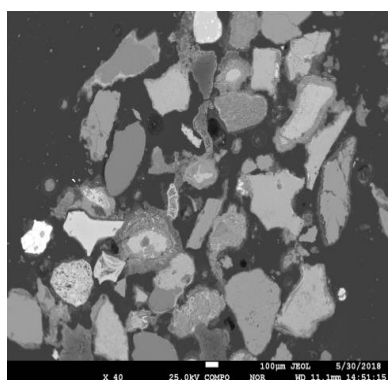


Рисунок 2 - Электронно-микроскопические снимки алюмосиликата (цеолита)

Микроснимки подтвердили данные рентгенофлуоресцентного анализа о присутствии в составе пробы цеолита элементов алюмосиликатной матрицы и примесных металлов.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о широком спектре минералов, присутствующих в составе цеолитов. Состав композиции минералов можно отнести к новому, а учитывая их свойства – и к перспективному типу.

Таким образом, получены новые данные о структурных особенностях, физико-химических свойствах алюмосиликатов (цеолитов) Северо-Казахстанского месторождения, которые позволяют расширить спектра используемых природных сорбционных материалов Казахстана и разработке новых способов их модифицирования для извлечения урана из техногенных урансодержащих растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Концепция экологической безопасности РК на 2004–2015 годы. «Казахстанская правда» от 10 декабря 2003 года №355-356.

2 Кенжалиев Б.К., Суркова Т.Ю., А.Н. Беркинбаева и др. Перспективы применения природных сорбентов Казахстана //Вестник КазННТУ. -№4. -2018. –С. 433-437.

3 Боголепов А.А. Моделирование сорбции U(VI) и Co(II) на монтмориллоните // Радиохимия. -2009. -Т. 51. -№ 1. -С. 84-90.

4 Das S., Oyola Y., Mayes R.T. Janke C.J. Extracting Uranium from Seawater: Promising AI Series Adsorbents. Ind. Eng. Chem. Res. 55, 15/ -2016. –P. 4103–4109.

5 Gilligan R., Nikolosk A.N. The extraction of uranium from brannerite – A literature review //Minerals Engineering. -2015. -Vol.71. -P. 34-48.

6 Hidayah N., Abidin S. The evolution of mineral processing in extraction of rare earth elements using solid–liquid extraction over liquid–liquid extraction: A review //Minerals Engineering. –Vol. 112, –2017. –P. 103-113.

INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF NATURAL ALUMOSILICATES OF NORTH-KAZAKHSTAN DEPOSIT

Kenzhaliev B.K.^{1,2}, * Berkinbayeva AN¹, Surkova T.Yu.¹,
ORCID: 0000-0003-1474-8354 0000-0002-2569-9087 0000-0001-8271-125X
Dosymbayeva Z.D.¹, Chukmanova M.T.^{1,2}, Abdikerim B.E.^{1,2}
0000-0001-9144-208X 0000-0002-9626-3205

¹“Institute of Metallurgy and Ore beneficiation” JSC, Almaty, Kazakhstan

²JSC “The Kazakh National research technical University after K.I. Satpaev”,
Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Elemental and phase compositions of natural aluminosilicates of the North Kazakhstan deposit are studied. It has been established that the main phases of the aluminosilicate raw materials are quartz, clinoptilolite, albite, in smaller quantities there are diopside, hematite, lomontite, erinite. The ratio of the main constituents of SiO₂/Al₂O₃ cations for aluminosilicate (zeolite), which characterizes its resistance to aggressive substances and high temperatures, is found. By the method of thermal analysis, it is established that the composition of aluminosilicate, in small amounts, also includes harmonica, shabazite, calysilite, afrosiderite, muscovite. New data on the structural features, physical and chemical properties of aluminosilicates (zeolites) of the North Kazakhstan deposit have been obtained.*