

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

5 (425)

ҚЫРҚҮЙЕК – ҚАЗАН 2017 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2017 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспаев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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 №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

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

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

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 425 (2017), 283 – 289

G. Yu. Abdugaliyeva¹, A. K. Kairakbaev², V. Z. Abdrakhimov³, M. K. Imangazin²¹East Kazakhstan State Technical University named after D. Serikbayev Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,²Kazakh-Russian International University, Aktyube, Kazakhstan,³Samara State Economic University, Samara, Russia.

E-mail: g_1102@mail.ru; kairak@mail.ru

ELECTRON-MICROSCOPIC STUDIES OF PHASE TRANSFORMATIONS OF EXPANDED CLAY ON VARIOUS STAGES OF ROASTING

Abstract. The article is devoted to electron-microscopic studies of phase transformations of expanded clay at various stages of roasting. The solution of this issue has an important scientific and practical significance in the production of ceramic products.

In the production of expanded clay the main clay raw materials are montmorillonite clays. Montmorillonite is able to absorb a large amount of water intensively, to hold it firmly and difficult to give off during drying, and also to swell strongly when moistened with an increase in volume up to 16 times. Clays, composed of montmorillonite, strongly swell in water and are very plastic.

For the production of expanded clay, the low-melting clay of the Smyshlyaevskoye deposit was used, which is a good intumescent raw material. Clay of the Smyshlyaevskoye deposit in terms of aluminum oxide content refer to semi-acid clays, and iron oxide content to the group with a high content of coloring oxides. According to the mineralogical composition, Smyshlyaev clay belongs to the group of montmorillonite clays.

To obtain information about phase transformations at various roasting temperatures of claydite, the electron microscope EMB-100BR, the "gap-through" method, a replica of the platinum carbon, was used. The samples were roasted in a laboratory oven specially designed at the university facility in accordance with the mode of a 40-meter rotating furnace.

As a result of the conducted studies, the features of phase transformations were established during the roasting of expanded clay based on montmorillonite clay with an increased content of iron oxides. It was found that in the expanded clay the appearance of glass phase and cristobalite is observed at 950 ° C, and crystallization of mullite at 1050°C. Studies have showed that when calcining claydite on the basis of montmorillonite clay, short-prismatic crystals of mullite are observed along with needle crystals, which is associated with a high content of Fe₂O₃ in the studied clay.

Keywords: expanded clay, roasting, electron microscopic microscope, mullite, montmorillonite clay.

УДК 666.591.69-12

Г. Ю. Абдугалиева¹, А. К. Кайракбаев², В. З. Абдрахимов³, М. К. Имангазин²¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан,²Казахско-Русский Международный университет, Актобе, Казахстан³Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия**ЭЛЕКТРОННОМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КЕРАМЗИТА
НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОБЖИГА**

Аннотация. Статья посвящена электронно-микроскопическим исследованиям фазовых превращений керамзита на различных стадиях обжига. Решение этого вопроса имеет важное научно-практическое значение в производстве керамических изделий.

В производстве керамзита основным глинистым сырьем являются монтмориллонитовые глины. Монтмориллонит способен интенсивно поглощать довольно большое количество воды, прочно ее удерживать и трудно отдавать при сушке, а также сильно набухать при увлажнении с увеличением в объеме до 16 раз. Глины, состоящие из монтмориллонита, сильно набухают в воде и весьма пластичны.

Для производства керамзита использовалась легкоплавкая глина Смышляевского месторождения, которая является хорошо вспучивающимся сырьем. Глина Смышляевского месторождения по содержанию оксида алюминия относится к полукислым глинам, а по содержанию оксида железа – к группе с высоким содержанием красящих оксидов. По минералогическому составу смышляевская глина относится к группе монтмориллонитовых глин.

Для получения сведений о фазовых превращениях при различных температурах обжига керамзита использовался электронный микроскоп ЭМВ-100БР, метод «на просвет», реплика платиноуглеродная. Обжиг образцов проводился в лабораторной печи специально созданной в университете установки по режиму 40-метровой вращающейся печи.

В результате проведенных исследований установлены особенности фазовых превращений при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины с повышенным содержанием оксидов железа. Установлено, что в керамзите появление стеклофазы и кристобалита отмечается при 950°C, а кристаллизация муллита при 1050°C. Исследования показали, что при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины наряду с игольчатыми кристаллами наблюдаются и короткопризматические кристаллы муллита, что связано с высоким содержанием в исследуемой глине Fe₂O₃.

Ключевые слова: керамзит, обжиг электронномикроскопический микроскоп, муллит, монтмориллонитовая глина.

Введение. Фазовый состав, текстура, морфологические особенности кристаллических фаз определяют главным образом эксплуатационные свойства керамических изделий [1-4]. Многочисленные исследования керамических изделий показывают, что конечными фазами, присутствующими в них, обычно является муллит, кристобалит, кварц, анортит, стекла в количествах, зависящих от исходного состава и условий технологической обработки [1, 5, 6]. Наличие примесей или специально введенных добавок (минерализаторов) может в значительной степени повлиять на процесс формирования керамического тела [1-6].

В производстве керамзита в качестве основного глинистого сырья, как правило, используются монтмориллонитовые глины.

Монтмориллонит способен интенсивно поглощать довольно большое количество воды, прочно ее удерживать и трудно отдавать при сушке, а также сильно набухать при увлажнении с увеличением в объеме до 16 раз. Размеры частиц монтмориллонита много меньше 0,001 мм. Глины, сложенные монтмориллонитом, сильно набухают в воде и весьма пластичны. На рисунке 1 представлены электронные микрофотографии различных монтмориллонитовых глин. Как видно из рисунка 1 глины Таганского и Смышляевского месторождений практически идентичны.

Глинистые материалы, применяемые в производстве керамзита, условно разделены на четыре группы. Первая группа представлена хорошо вспучивающимся сырьем, позволяющим в оптимальных условиях лабораторных обжигов по ступенчатому режиму термообработки получать образцы керамзита со средней плотностью в куске в пределах 0,2–0,5 г/см³ и с коэффициентом вспучивания свыше 4,5. К этой группе относятся глины Смышляевского и Таганского месторождений.

Для производства керамзита использовалась легкоплавкая глина Смышляевского месторождения, идентичная таганской, химический состав которой представлен в таблице 1, а минералогический – в таблице 2.

Как видно из таблицы 1, глина Смышляевского месторождения по содержанию оксида алюминия относится к полукислым глинам (Al₂O₃>15%), а по содержанию оксида железа – к группе с высоким содержанием красящих оксидов (Fe₂O₃>3%). По минералогическому составу смышляевская глина относится к группе монтмориллонитовых глин (таблица 2).

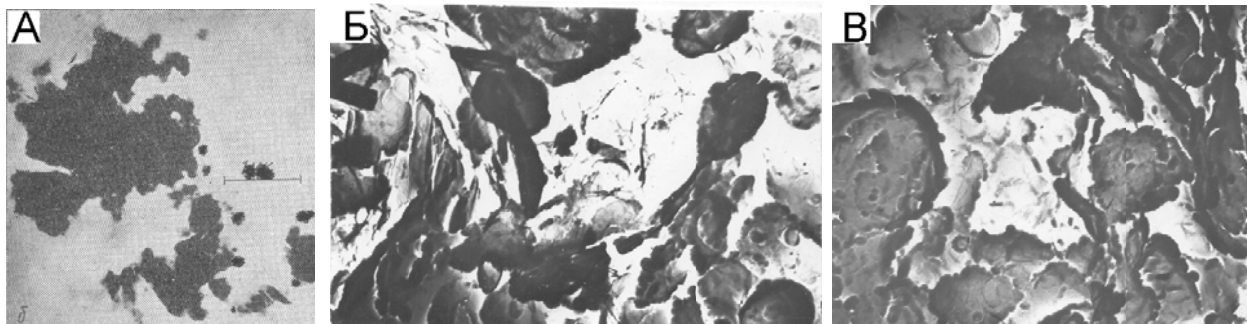


Рисунок 1 – Электронная микрофотография монтмориллонитовых глин:
 А – взята у Г. В. Куколева; Б – глина Смышляевского месторождения (Самарская область);
 В – глина Таганского месторождения (Восточный Казахстан). Увеличение Б, В x 24 000

Figure 1 – An electron micrograph of montmorillonite clays:
 А – is taken from G. V. Kukolev; B – clay of the Smyshlyaevskoye deposit (Samara region);
 С – clay of the Taganskoye deposit (East Kazakhstan). Increase B, V x 24 000

Таблица 1 – Химический состав смышляевской глины

Table 1 – Chemical composition of the Smyshlyaev clay

Содержание оксидов, мас. %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	П.п.п.
58,89	14,43	4,8	2,7	7,2	3,4	0,05	7,8

Таблица 2 – Минералогический состав смышляевской глины

Table 2 – Mineralogical composition of the Smyshlyaev clay

Содержание минералов, мас. %					
гидролюда	кварц	гипс	полево шпат	монтмориллонит	оксиды железа
5-10	25-30	3-5	8-20	45-50	5-7

В таблице 3 представлены технологические свойства смышляевской глины.

Таблица 3 – Технологические свойства смышляевской глины

Table 3 – Technological properties of the Smyshlyaev clay

Число пластичности	Содержание глинистых частиц (размером менее 0,005 мм)	Огнеупорность, °С	По Спекаемости	Оптимальная температура вспучивания, °С	Температурный интервал вспучивания, °С
25-55	55-65	1150-1200	Не спекается (вспучивается)	1160	200

Электронный микроскоп в области грубой строительной керамики применяется менее широко, чем в тонкой, технической и огнеупорной керамики. Микроскоп в основном используется для контроля производства и не уделяется достаточного внимания изучению фазовых соотношений с целью повышения однородности, стойкости, прочности и упругости изделий [7]. Кроме того, следует отметить, что микроскопия строительных глинистых материалов (кирпич, черепица, керамзит) трудна и сложна. Большинство фаз находится в этих изделиях в крайне мелкозернистом состоянии, так что они распознаются с трудом, а их оптические свойства очень сложно определить.

Производство керамзита осуществлялось по следующей технологии: глина Смышляевского месторождения подсушивалась, измельчалась на лабораторных «бегунах», просеивалась через сито

с отверстиями 1,2 мм и затворялась водой до формовочной влажности. Подготовленная глиняная масса с целью усреднения ее влажности помещалась на одни сутки в эксикатор, после чего производилось формование на ручном прессе при давлении $2,5 \text{ кг/см}^2$ в виде сферических гранул диаметром 16 мм. Обжиг образцов проводился в лабораторной печи специально созданной в университете установки по режиму 40-метровой вращающейся печи.

Для получения сведений о фазовых превращениях при различных температурах обжига керамзита использовался электронный микроскоп ЭМВ – 100БР, метод «на просвет», реплика платиноуглеродная. На рисунке 2 представлены электронно-микроскопические снимки керамзита, обожженного при различных температурах обжига.

Как видно из рисунка 2, Б при температуре обжига 850°C наблюдается аморфизация глинистых минералов, при этом остаточные кристаллы монтмориллонита наблюдаются в виде изометричных угловатых пластинок и чешуек с резко очерченными краями. Кроме того, в образцах наблюдаются мелкие кристаллы кварца и одиночные кристаллы анортита таблитчатого облика.

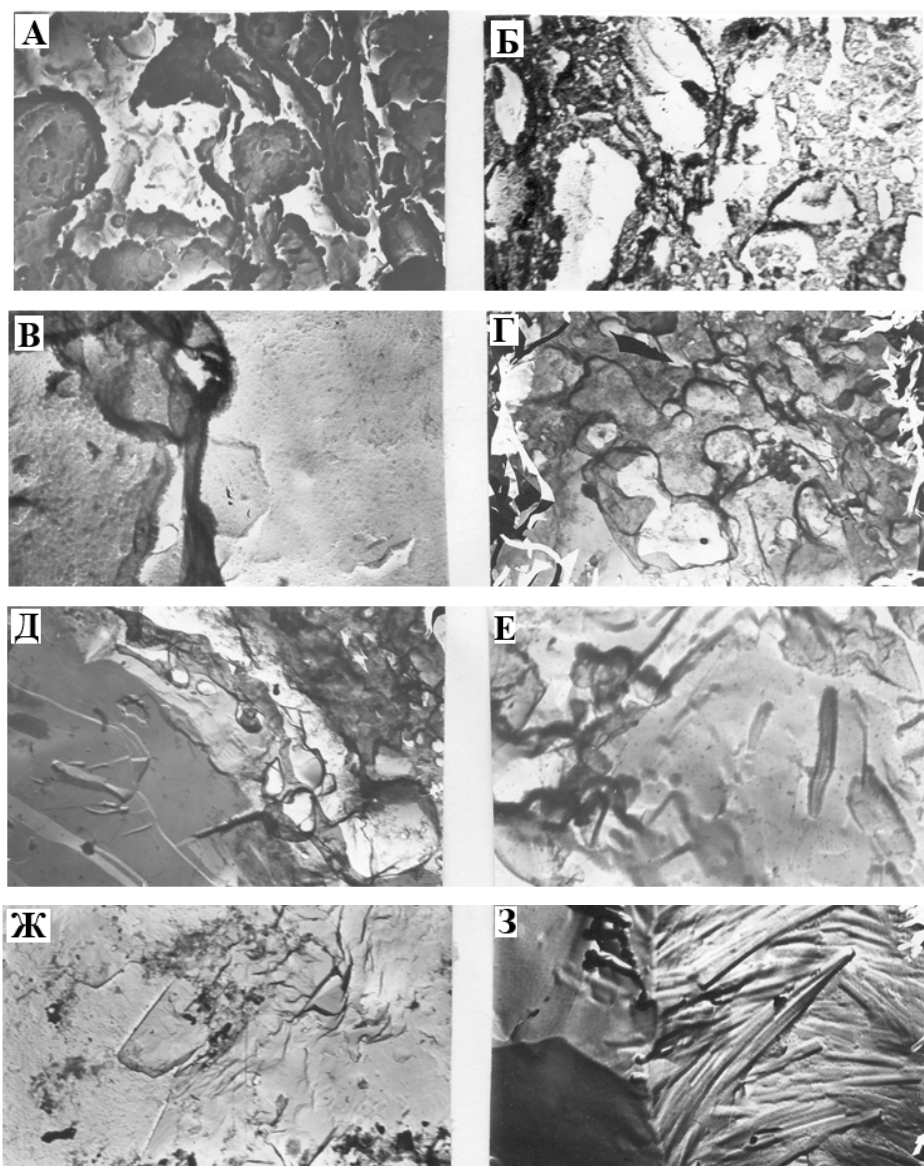


Рисунок 2 – Электронно-микроскопические снимки образцов. А – исходная глина. Температура обжига керамзита, $^\circ\text{C}$: Б – 850; В – 900; Г – 950; Д – 1000; Е – 1050; Ж – 1100; З – 1150. Увел. $\times 15\ 000$

Figure 2 – Electron microscopic images of samples. А – is the raw clay. The roasting temperature of expanded clay, $^\circ\text{C}$: В – 850; В – 900; Г – 950; Д – 1000; Е – 1050; F-1100; З – 1150. Increase $\times 15\ 000$

Повышение температуры обжига до 900°C (рисунок 2, В) приводит к более интенсивной кристаллизации. В образцах наблюдаются одиночные мелкие кристаллы кварца бипирамидального габитуса, крупные и средние кристаллы анортита таблитчатого облика.

При температуре обжига керамзита 950°C (рисунок 2, Г) кроме полей аморфизованных минералов наблюдаются скопление мелких кристаллов шпинели октаэдрического габитуса; одиночные кристаллы гематита, таблитчатого облика; появление стеклофазы и мелких одиночных кристаллов α -кристобалита низкотемпературного псевдокубической сингонии.

В работе [8] установлено, что превращение кремнезема не проходит по схеме Феннера. Первой ступенью превращения кварца всегда является не тридимит, а кристобалит. Образовавшийся за счет кремнезема в стабильной области из тридимита (870-1470°C) низкотемпературный α -кристобалит, как правило, псевдокубической сингонии.

Объемный эффект при переходе α -кварца в α -кристобалит составляет 15,4%, что способствует разрыхлению поверхности кристаллической решетки [3-6]. У разрыхленных и богатых дефектами, а также аморфных веществ, твердофазовые реакции протекают быстрее, благодаря ускоренной самодиффузии и гетеродиффузии [3-6].

Повышение температуры обжига до 1000°C (рисунок 2, Д) способствует появлению более четких полей стеклофазы; скоплению кристаллов шпинели; значительного количества кристаллов гематита (крупных и средних таблитчатого и пластинчатого облика); одиночные крупные кристаллы α -кристобалита псевдокубической сингонии; мелкие кристаллы анортита таблитчатого облика и кристаллы кварца (средние) призматического и ромбоэдрического габитуса.

При температуре обжига 1050°C (рисунок 2, Е) под микроскопом наблюдаются одиночные кристаллы короткостолбчатого муллита.

Муллит – один из часто встречающихся минералов в обожженных керамических материалах. Высокие показатели его по огнеупорности, плотности, химической стойкости и механической прочности привлекали внимание исследователей, как к получению синтетического муллита, так и к исследованию его структуры [1-6, 8]. Состав муллита долгое время являлся предметом дискуссий, в результате которых исследователи пришли к мнению, что состав муллита колеблется от $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ до $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Муллит является цепочечным силикатом [8], и ионы алюминия распадаются в нем на две группы, причем одна из них входит в решетку с координационным числом 6, а другая 4. Он рассматривается как неупорядочный алюмосиликат, занимающий промежуточное положение между упорядоченным силлиманитом и андалузитом.

Необычная форма кристаллов муллита характерна тем, что в глине Смышляевского месторождения высокое содержание оксида железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 > 7\%$). С возникновением твердых растворов замещения образуется муллит различного химического состава, при этом Fe^{3+} замещает Al^{3+} [2-4, 8]. Внедрение в твердый раствор оксидов железа приводит к кристаллизации муллита в виде короткостолбчатых вместо тончайших игл и удлиненно-призматических кристаллов. Количество стеклофазы увеличивается до 25-30%, при этом наблюдаются значительные скопления мелких кристаллов шпинели, гематита таблитчатого и пластинчатого облика и одиночные средние кристаллы кварца бипирамидального габитуса.

При температуре обжига керамзита 1100°C (рисунок 2, Ж) под микроскопом отмечаются скопления кристаллов муллита игольчатого облика; кристаллизация кристобалита тетрагональной сингонии отмечается по трещинам и краям зерен кварца. Аморфный кремнезем, образующийся в керамзите при муллитизации, растворяется в расплаве, который увеличивается при температуре 1100°C до 35–40%.

При дальнейшем увеличении температуры обжига до 1150°C в исследуемых образцах интенсифицируется образование жидкой фазы. В обожженных образцах под микроскопом наблюдается увеличение содержания стеклофазы. Показатели светопреломления стекол изменяются от 1,50 до 1,61. На рентгенограммах появляются линии, характерные для веществ с большим содержанием стеклофазы. Кристаллические фазы представлены муллитом, α -кварцем, α -кристобалитом, анортитом и гематитом. Другие кристаллические фазы (шпинели) переходят в расплав. Их присутствие не обнаруживается и под микроскопом. Матрица стекла захватывает в свою структуру также часть

анортита и гематита. В целом количество стекла в образцах, обожженных при 1150°C, составляет около 55-60%.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены особенности фазовых превращений при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины с повышенным содержанием оксидов железа. Установлено, что в керамзите появление стеклофазы и кристобалита отмечается при 950°C, а кристаллизация муллита при 1050°C. Исследования показали, что при обжиге керамзита на основе монтмориллонитовой глины наряду с игольчатыми кристаллами наблюдаются и короткопризматические кристаллы муллита, что связано с высоким содержанием в Смышляевской глине Fe₂O₃. С возникновением твердых растворов замещения образуется муллит различного химического состава, при этом Fe³⁺ замещает Al³⁺.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павлов В.Ф. Физико-химические основы регулирования фазового состава и процесса спекания при обжиге керамических масс // Тр. ин-та НИИстройкерамики. – 1979. – Вып. 34. – С. 18-28.
- [2] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Физико-химические процессы структурообразования в керамических материалах на основе отходов цветной металлургии и энергетики. – Усть-Каменогорск: изд-во Восточно-Казахстанский технический университет, 2000. – 374 с.
- [3] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Химическая технология керамического кирпича с использованием техногенного сырья. – Самара: изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2007. – 431 с.
- [4] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Основы материаловедения. – Самара: изд-во Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2006. – 495 с.
- [5] Абдрахимова Е.С., Ковков И.В., Денисов Д.Ю., Абдрахимов В.З. Физико-химические процессы при обжиге глинистых материалов различного химико-минералогического состава. – Самара: изд-во ООО «ЦПР», 2008. – 105 с.
- [6] Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Ковков И.В., Абдрахимов А.В., Вдовина Е.В., Денисов Д.Ю. Физическая и коллоидная химия самарских легкоплавких глин различного химико-минералогического состава. – Самара: изд-во ООО «ЦПР», 2007. – 132 с.
- [7] Исли Г., Фрешетт В.Д. Микроскопия керамики и цементов. – М: изд-во Госстройиздат, 1960. – 298 с.
- [8] Павлов В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. – М: изд-во Стройиздат, 1977. – 272 с.

REFERENCES

- [1] Pavlov V.F. (1979). Physical-chemical basis for regulating the phase composition and the sintering process during roasting of ceramic masses. [Works of the institute of Construction Ceramic Scientific research] 34: 18-28. (In Russian)
- [2] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. (2000). Physicochemical processes of structure formation in ceramic materials based on non-ferrous metallurgy wastes and energy. Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. (In Russian)
- [3] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. (2007). Chemical technology of ceramic bricks using technogenic raw materials. Samara, Russian. ISSN: 0233-3619. (In Russian)
- [4] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S. (2006). Fundamentals of Materials Science. Samara, Russian. ISBN: 5-9585-0150-X. (In Russian)
- [5] Abdrakhimova E.S., Kovkov I.V., Denisov D.Yu., Abdrakhimov V.Z. (2008). Physicochemical processes during firing clay materials of various chemical and mineralogical composition. Samara, Russian. (In Russian)
- [6] Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E.S., Kovkov I.V., Abdrakhimov A.V., Vdovina E.V., Denisov D.Yu. (2007). Physical and colloid chemistry of Samara low-melting clays of various chemical and mineralogical composition. Samara, Russian. ISBN: 978-5-903123-11-7. (In Russian)
- [7] Isli G., Frechette V.D. (1960). Microscopy of ceramics and cements. Moscow, Russian. (In Russian)
- [8] Pavlov V.F. (1976). Physical-chemical basis of roasting products of construction ceramics. Moscow, Russian. (In Russian)

Г. Ю. Әбдугалиева¹, А. К. Қайрақбаев², В. З. Абдрахимов³, М. Қ. Иманғазин²

¹Д. Серикбаева атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан,

²Қазақ-Орыс халықаралық университеті, Ақтөбе, Қазақстан,

³Самар мемлекеттік экономикалық университеті, Самара, Россия

КҮЙДІРУДІҢ ӘР ТҮРЛІ КЕЗЕҢДЕРІНДЕ КЕРАМЗИТТІҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫН ЭЛЕКТРОНДЫМИКРОСКОПТЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Аннотация. Мақала керамзитті күйдірудің әр түрлі кезеңдерінде оның фазалық ауысуларын электрондымикроскоптық зертеулерге арналған. Бұл мәселенің шешілуінің керамикалық бұйымдар жасау өндірісінде ғылыми және практикалық маңызы зор.

Керамзитті жасау өндірісінің негізгі сазды шикізатына монтмориллонитті саз жатады. Монтмориллонит суды өте көп мөлшерде қарқынды сіңіруге қабілетті, суді берік ұстап тұрады және құрғату кезінде суды қиын бөледі, сондай ақ, ылғалданған кезде көлемі 16 есе өсіп, қатты ісінеді. Монтмориллониттен тұратын саз суда қатты ісінеді және өте серпімді.

Керамзитті жасап шығару үшін, жақсы көтерілетін шикізат болып табылатын, Смышляевский кенорнының тезбалқығыш сазы қолданылды. Смышляевский кенорнының сазы алюминий оксидінің құрамы бойынша жартылай қышқыл саздарға жатады, ал темір оксидінің құрамы бойынша бояғыш оксидтері жоғары құрамды тобына жатады. Смышляевск сазы минералдық құрамы бойынша монтмориллонитті саздар тобына жатады.

Күйдірудің әр түрлі температурасында фазалық ауысулар туралы мәліметтерді алу үшін ЭМВ –100БР электронды микроскобы, «жарыққа» әдістемесі, платина көміртекті көшірме қолданылды. Үлгілерді күйдіру 40-метрлік айналу пешінің режимі бойынша университетте арнайы жасалған қондырғының зертханалық пешінде жүргізілді.

Орындалған зерттеулер нәтижесінде темір оксиді жоғары құрамды монтмориллонитті саз негізінде жасалатын керамзитті күйдірудегі фазалық ауысулардың ерекшеліктері анықталды. Керамзитте әйнекфазасы мен кристалиттің пайда болуы 950°C температурада, ал муллиттің кристалдануы 1050°C анықталды. Зерттеулер монтмориллонитті саз негізінде жасалған керамзитті күйдіру кезінде, зерттеліп отырған сазда Fe₂O₃ құрамының жоғары болуына байланысты, инелі кристалдармен қатар, муллиттің қысқа призмалы кристалдары пайда болатынын көрсетті.

Түйін сөздер: керамзит, күйдіру, электрондымикроскоптық микроскоп, муллит, монтмориллонитті саз.

Сведения об авторах:

Абдугалиева Гульжан Юсупхановна – доктор технических наук, профессор кафедры «Геология и горное дело» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева, Казахстан, г.Усть-Каменогорск, g_1102@mail.ru

Қайрақбаев Аят Крымович – кандидат физико-математических наук, заведующий академической кафедрой Математического моделирования Казахско-Русского Международного университета, Казахстан, г. Актөбе, kairak@mail.ru

Абдрахимов Владимир Закирович – доктор технических наук, профессор Самарского государственного экономического университета. Россия, г. Самара, 3375892@mail.ru

Иманғазин Марат – кандидат технических наук, доцент кафедры Технические и естественно-научных дисциплин Казахско-Русского Международного университета, Казахстан, г.Актөбе, m.imangazy@mail.ru

**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 described work 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 Cross Check originality detection service <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

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка Д. Н. Калкабековой

Подписано в печать 16.10.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

18,9 п.л. Тираж 300. Заказ 5.