

УДК 691.175.5/8

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ САМОСБОРКИ НАНОСТРУКТУР В ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ «АЛЮМОСИЛИКАТЫ – ОЛИГОПЕПТИДЫ»

**Баталин Б.С., Южаков К.Н., Сеньков С.А., Нечаева А.Е., Хорошавина А.И.**  
 ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,  
 Пермь, e-mail: bobata@list.ru

Статья продолжает описание результатов экспериментов по исследованию влияния коллоидного раствора олигопептидов (КРОП) на свойства дисперсий силикатных материалов, проводимых по заданию Минобрнауки РФ. Целью этой работы является изучение возможности наномодификации дисперсных систем, какими являются многие сырьевые смеси для получения строительных материалов. Было установлено, что взаимодействие таких дисперсий с КРОП выражается, в первую очередь, в повышении агрегативной устойчивости этих дисперсий, причем выяснено, что степень дезагрегации частиц дисперсий фазы тем выше, чем меньше величина Fsi, характеризующая связности кремния силиката или алюмосиликата с кислородом. Установлено, что формруемость таких систем под воздействие КРОП улучшается тем значительней, чем ниже связность кремнезема дисперсной фазы с кислородом (Fsi). Улучшается и спекаемость таких систем, и тоже в тем большей степени, чем ниже Fsi. Эти закономерности установлены по повышению прочности экспериментальных образцов, соответственно отформованных и спеченных при одинаковых условиях.

**Ключевые слова:** дисперсная система, олигопептиды, силикаты, алюмосиликаты, связность кремнекислородного каркаса, наноструктура, формовочная прочность, прочность спека

## RESEARCH OPPORTUNITIES SELF-ASSEMBLY OF NANOSTRUCTURES IN DISPERSE SYSTEMS «ALUMINOSILICATE – OLIGOPEPTIDES»

**Batalin B.S., Yuzhakov K.N., Senkov S.A., Nechayeva A.E., Khoroshavina A.I.**  
 FGBOU VPO «Perm National Research Polytechnic University», Perm, e-mail: bobata@list.ru

The article goes on to describe the results of experiments on the effect of colloidal solution oligopeptide (CROP) on the properties of silicate materials variances conducted on the instructions of Ministry of Education of the Russian Federation. The aim of this work is to study the possibility nanomodifikatsii disperse systems, what are the many commodity mix for building materials. It was found that the interaction of these dispersions with a crop is expressed primarily in increasing aggregate stability of these dispersions, and found that the degree of disaggregation phase particle dispersion is higher, the lower the Fsi, characterizes the connectivity of silicon or silica-alumina silicate and oxygen found that the formability of systems under the impact of the CROP improves the more significant the lower the connectivity of the dispersed phase of silica and oxygen (Fsi). And improving the sinterability of these systems, and also in the greater extent than lower Fsi. These patterns are set to increase the strength of the experimental samples, respectively molded and sintered under the same conditions.

**Keywords:** disperse system, oligopeptides, silicates, aluminosilicates, connection of the silicon frame, nanostructure, forming strength, durability spec

Ранее нами было установлено, что коллоидный раствор олигопептидов (КРОП), введенный в керамическую массу, позволяет существенно увеличить формруемость керамических масс, повысить прочность керамического черепка и его морозостойкость при снижении плотности [1].

Была высказана гипотеза о возможности образования наноструктурных элементов уже на стадии получения исходной керамической массы, включающей глину, отощающую добавку в виде кварцево-полевошпатового песка и воду. При введении в такую массу некоторого количества КРОП происходит увеличение пластичности смеси, другими словами, в данном случае КРОП вызывает пластификацию смеси как поверхностно активное вещество, позволяющее значительно снизить содержание воды в смеси и одновременно повысить формруемость керамической массы. Этот вывод сделан на основании экспериментального исследования, результаты которого представлены на графике (рис. 1).

Мерой формруемости считали прочность сырца, полученного при давлении 150 МПа, при постоянном составе твердой части керамической массы.



Рис. 1. Зависимость формовочной влажности керамической массы от содержания воды и КРОП. Цифры на графике – значения прочности в кг/см²

В [2] было высказано предположение, что за счет присутствия КРОП формиру-

ется плотная керамическая масса, КРОП, вступая в контакт с глинистыми минералами, вызывает их дезагрегацию, что приводит к образованию более регулярной микроструктуры сырца. При сушке КРОП сохраняется в межзерновом пространстве материала, а при последующем обжиге играет роль темплата. Во время обжига КРОП частично выгорает, создавая регулярную микропористость наноразмеров. Одновременно сохранившиеся наночастицы углерода играют роль инициаторов кристаллизации силикатного расплава, образующегося при обжиге. За счет описанных процессов керамический черепок приобретает повышенную прочность, пониженную плотность и высокую морозостойкость.

В последующих экспериментах было исследовано поведение силикатных и алюмосиликатных дисперсий в воде в присутствии КРОП.

Было установлено, что взаимодействие таких дисперсий с КРОП выражается, в первую очередь, в повышении агрегативной устойчивости этих дисперсий, причем выяснено, что степень дезагрегации частиц дисперсий фазы тем выше, чем меньше величина  $F_{Si}$ , характеризующая связности кремния силиката или алюмосиликата с кислородом [3, 4, 5]. При величине  $F_{Si}$  более чем 0,333, агрегативная устойчивость дисперсионной фазы за счет КРОП при температуре до 100°C практически не изменяется.

Следующая серия экспериментов ставила целью выяснить, имеет ли место какое-либо взаимодействие между КРОП и дисперсиями тех же веществ с  $F_{Si}$  выше 0,333 при более высоких температурах.

С этой целью из материалов, использованных в экспериментах по влиянию КРОП на агрегативную устойчивость дисперсий, (таблица), формовали образцы-цилиндры диаметром и высотой 2 см.

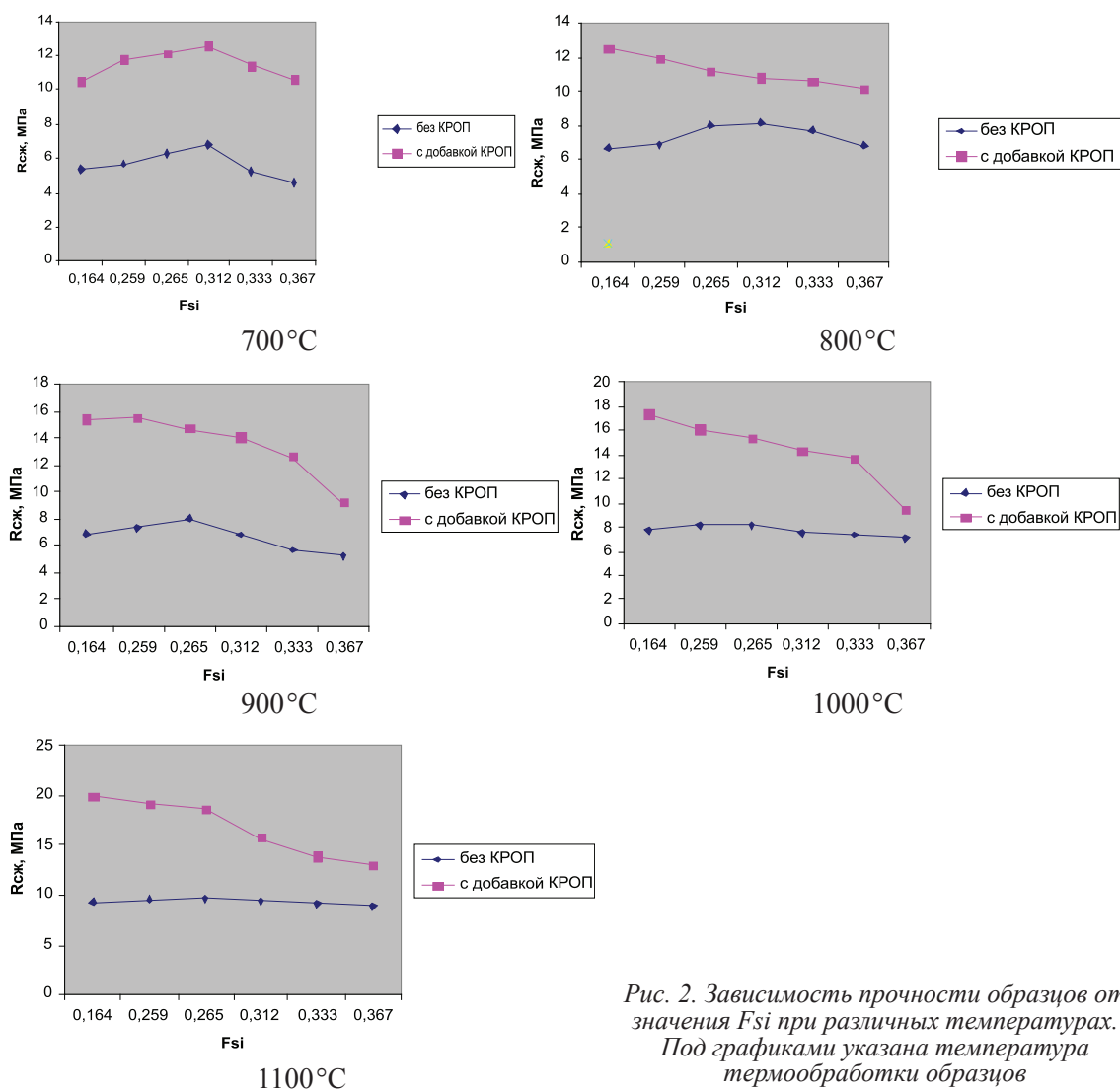


Рис. 2. Зависимость прочности образцов от значения  $F_{Si}$  при различных температурах. Под графиками указана температура термообработки образцов

Характеристики использованных материалов

Материал	Fsi	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг
Цемент	0,164	390
Терриконик	0,259	410
Иллит	0,265	410
Диабаз	0,312	410
Монтмориллонит	0,333	410
Фарфор	0,367	410
Микрокремнезем	0,456	1260

В данном случае в качестве связки использовали жидкое стекло с относительной

плотностью 1,32 г/см<sup>3</sup> с силикатным модулем 2,89 в количестве 4% от массы сухого вещества. Образцы формовали при давлении 15 МПа. В сырьевую смесь для половины образцов добавлял 5% КРОП.

При этом было обнаружено, что смесь микрокремнезема с жидким стеклом и КРОП образует плотную упругую каучукоподобную массу, не поддающуюся формованию при выбранном давлении. По этой причине исследования свойств смесей с микрокремнеземом были проведены по другой методике и будут описаны в отдельной статье. Особенно интересными оказались эксперименты по исследованию водостойкости таких составов.

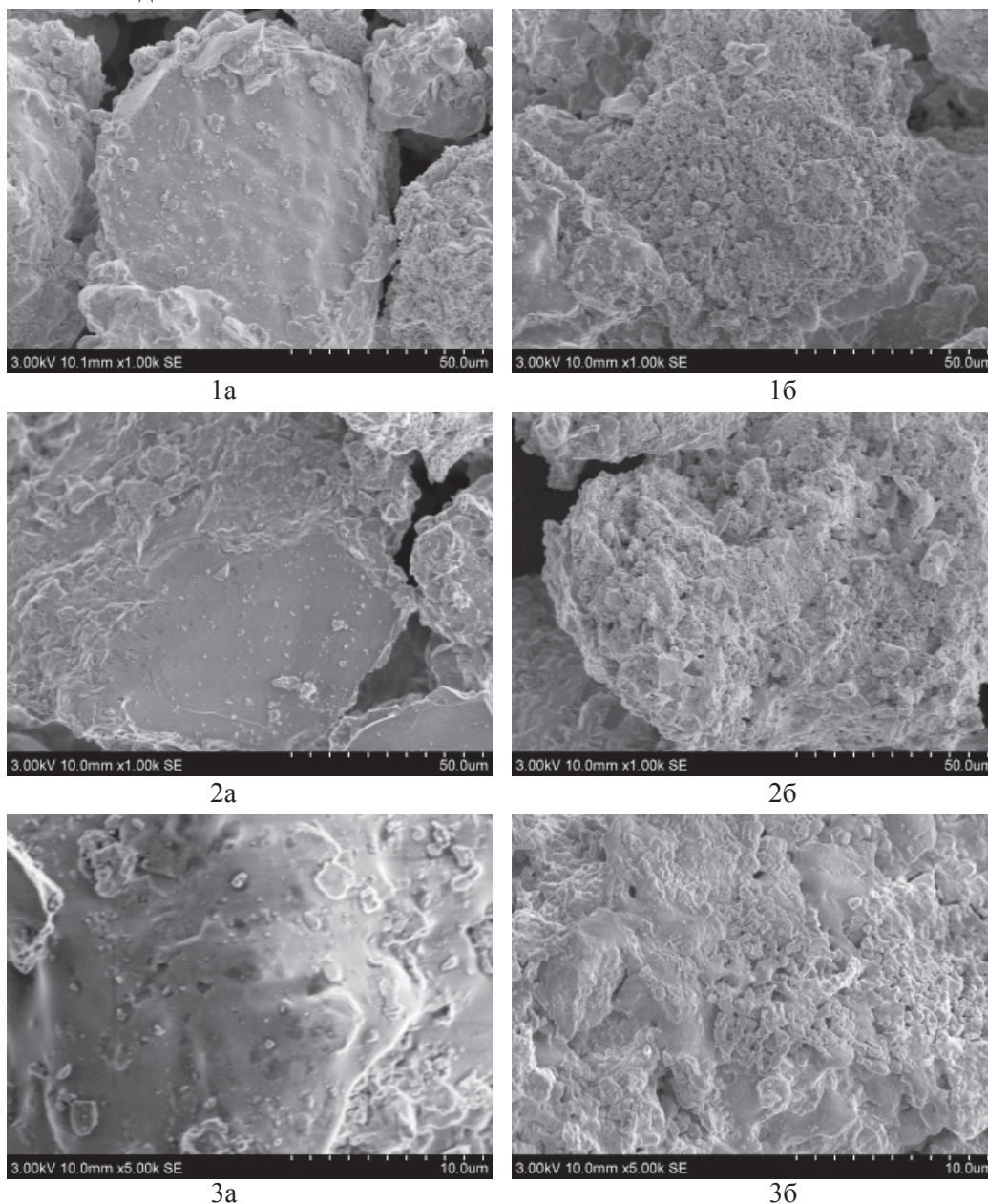


Рис. 3. Электронно-микроскопические фотографии с изломов образцов спеков при температуре 1100°С: 1а и 1б – иллит; 2а и 2б – диабаз; 3а и 3б – монтмориллонит: а – без добавки; б – с добавкой 5% КРОП

После формования остальные образцы высушивали при температуре 85–90°C, а затем обжигали в муфельной печи при температурах 700, 800, 900 и 1050°C.

Обожженные образцы после охлаждения испытывали на прочность при сжатии, водопоглощение, водостойкость, определяли их плотность.

На рис. 2 показана зависимость прочности от степени связности кремния с кислородом при разных температурах. Судя по результатам испытаний, влияние КРОП на прочность спека зависит от  $F_{Si}$ , тем заметнее, чем ниже значение этого параметра силиката и выше температура обжига.

Электронно-микроскопическое исследование спеков показывает, что в присутствии КРОП степень кристаллизации спеков всегда выше, а кристаллики мельче, чем без КРОП.

Электронно-микроскопическое исследование спеков показывает, что в присутствии КРОП степень кристаллизации спеков всегда выше, а кристаллики мельче, чем без КРОП (рис. 3).

На основании описанных экспериментов можно заключить, что влияние коллоидного раствора олигопептидов на структурообразование спеченных алюмосиликатов тем значительней, чем меньше степень связности кремния с кислородом в исследованных силикатах. В то же время, это влияние тем сильнее, чем выше температура при которой происходит спекание образцов.

Проведенные эксперименты позволяют утверждать, что выбранный для оценки степени влияния КРОП на свойства дисперсии силикатов в воде параметр  $F_{Si}$  может служить критерием по крайней мере для прогноза направления изменения таких свойств, как степень дисперсности, агрегативная устойчивость и прочность спека.

### Список литературы

1. Баталин Б.С., Белозерова Т.А., Сеньков С.А. Влияние коллоидного раствора олигопептидов на свойства керамических материалов // Электронный журнал «Исследовано в России», 045. – 2011. – С. 579–588. – <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2011/045.pdf>.
2. Баталин Б.С., Белозерова Т.А., Шаманов В.А. Композиционная ячеистая керамика // Материалы научно-практической конференции. – Челябинск, 2009.
3. Баталин Б.С., Правина Н.А. Адгезионная прочность контактной зоны стеклокompозиционных материалов // Стекло и керамика. – 1992. – № 6. – С. 12–14.
4. Земцов А.Е., Тренихин М.В. Структура поверхности и поверхностные свойства наночастиц сульфида кадмия // Труды I-й Международной Российско-Казахстанской конференции по химии и химической технологии.
5. Лукашин А.В., Елисеев А.А. Слоистые двойные гидроксиды. – Интернет ресурс. [fmg.inorg.chem.msu.ru](http://fmg.inorg.chem.msu.ru) [www.hsms.msu.ru](http://www.hsms.msu.ru).

### References

1. Batalin B.S., Belozerova T.A., Senkov S.A. Vlijanie kolloidnogo rastvora oligopeptidov na svojstva keramicheskikh materialov. Jelektronnyj zhurnal «Issledovano v Rossii», 045, pp. 579–588, 2011 <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2011/045.pdf>.
2. Batalin B.S., Belozerova T.A., Shamanov V.A. Kompozitsionnaja jacheistaja keramika // Materialy nauchno – prakticheskoy konferencii, Cheljabinsk, 2009.
3. Batalin B.S., Pravina N.A. Adgezionnaja prochnost kontaktnoj zony steklokompozitsionnykh materialov. Steklo i keramika. 1992, no. 6, pp. 12–14.
4. Zemcov A.E., Trenihin M.V. Struktura poverhnosti i poverhnostnye svojstva nanochastic sul'fida kadmija // Trudy I-j Mezhdunarodnoj Rossijsko-Kazahstanskoj konferencii po himii i himicheskoy tehnologii.
5. Lukashin A.V., Eliseev A.A. Sloistye dvojnje gidroksidy. Internet resurs. [fmg.inorg.chem.msu.ru](http://fmg.inorg.chem.msu.ru) [www.hsms.msu.ru](http://www.hsms.msu.ru)

### Рецензенты:

Онорин С.А., д.х.н., профессор кафедры химии и биотехнологии Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь;

Пономарев А.Б., д.т.н., профессор кафедры строительного производства и геотехники Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 22.10.2012.