

*L.M. Ulyev et al.*] // *Chemical Engineering Transaction*. – 2005. – Vol. 7. – P. 103 – 108. **4.** *Азми А.С.* Оптимизация теплообменной системы установки ректификации сырой нефти / *А.С. Азми, Й. Клемеш, С. Нгатири* // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2003. – № 3. – 97 с. **5.** *Promvitak P.* Grassroots Design of Heat Exchanger Networks of Crude Distillation Unit / [*P. Promvitak, K. Siemanond, S. Bunluesriruang et al.*] // *Chemical Engineering Transactions*. – 2009. – Vol. 18, Part 1. – P. 219 – 224. **6.** *Смит Р.* Основы интеграции тепловых процессов / [*Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский и др.*]. – Харьков: ХГПУ, 2000. – С. 457.

*Поступила в редколлегию 16.10.09*

УДК 614.84

**А.А. ЧЕРНУХА, А.А. КИРЕЕВ**, канд. хим. наук, УГЗУ, г. Харьков,  
**О.Б. СКОРОДУМОВА**, докт. техн. наук, УИПА, г. Харьков

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ**

Досліджено процеси фазоутворення у вогнезахисній композиції на основі силікату натрію та карбонату калію. Вивчено механізм процесу. Встановлено, що використання карбонату калію забезпечує контрольоване газовиділення при термообробці композиції, завдяки чому зберігається цілісність вогнезахисного покриття.

The phase formation processes in fire-proofing composites based on sodium silicate and potash have been studied. The behavior of the process was studied. It is established that potash use provides for the controlled gas-emission process during the thermal treatment of the composite and its integrity.

В последнее время активно ведутся разработки по созданию эффективных методов повышения пожаробезопасности производственных и жилых зданий. В этой связи особенно актуальны исследования, связанные с разработкой эффективных огнезащитных покрытий. Известны составы огнезащитных покрытий на основе жидкого стекла, использование которого обусловлено способностью к вспучиванию при температурах возгорания [1]. Недостатком таких покрытий является неконтролируемый размер и коалесценция пор, образующихся при вспучивании жидкого стекла.

Целью работы являлась разработка огнезащитного покрытия на основе жидкого стекла с контролируемой пористостью.

По сведениям [2], водные растворы силиката натрия имеют сильно ще-

лочную реакцию и могут подвергаться гидролизу. При  $\text{pH} < 10,9$  они теряют свою устойчивость и могут частично выделять кремниевую кислоту. Этот факт обуславливает детальное изучение процессов поликонденсации кремниевой кислоты и их влияния на формирование огнезащитного покрытия.

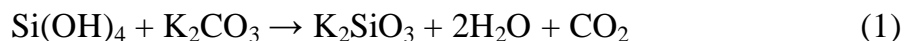
Смешение концентрированного раствора карбоната калия с раствором метасиликата натрия (жидким стеклом) приводит к достаточно быстрому гелеобразованию по всему объему исследуемой смеси.

Известно [3, 4], что при использовании высококонцентрированных растворов полимеров, переведенных в студнеобразное состояние, при старении не наблюдается отделения синергетической жидкости.

Это объясняется тем, что она может бесконечно долгое время сохраняться в геле в виде микро- и субмикронных участков, так как для выделения этой жидкости во внешнюю среду необходимо образование открытой капиллярной пористости. О субмикроскопическом отделении жидкости можно судить по помутнению гелевой системы.

При исследовании полученного геля под микроскопом в отраженном свете наблюдается плотная бесцветно-мутная гелевая матрица с равномерно расположенными включениями мелких, белого цвета кристаллов призматической формы. Учитывая, что при частичном гидролизе силиката натрия выделяется кремниевая кислота, а также принимая во внимание приведенные сведения о процессах ее поликонденсации, рассмотрим процессы, происходящие в исследуемом геле на основе силиката натрия и карбоната калия.

При смешении раствора жидкого стекла с раствором карбоната калия с последним вступает в химическую реакцию кремниевая кислота, являющаяся полупродуктом частичного гидролиза силиката натрия, с образованием калиевого силиката:



Эта реакция протекает до полного израсходования карбоната калия.

Второй продукт реакции, угольная кислота  $[\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2]$ , может реагировать с силикатом натрия, также имеющимся в растворе, с образованием различных карбонатов:



Присутствие в смеси карбонатов натрия компенсирует заряд на частицах кремниевой кислоты и вызывает ее поликонденсацию с последующей коагуляцией смеси и гелеобразованием [5 – 7].

Выдвинутые предположения подтверждаются рентгенографически: на дифрактограмме исследуемой смеси присутствуют четкие дифракционные максимумы слабой интенсивности водного карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и троны – двойной соли карбоната и двуводного гидрокарбоната натрия (рис. 1).

Дифракционные максимумы, соответствующие водному карбонату натрия, характеризуются меньшей интенсивностью и большей степенью диффузности, что позволяет предположить несовершенную кристаллическую структуру этой соли и ее меньшее содержание по сравнению с тронной [8].

Присутствие гало на дифрактограмме указывает на содержание рентгеноаморфной составляющей в исследуемой смеси.

Принимая во внимание наличие гало и приведенные выше реакции, можно предположить, что рентгеноаморфная составляющая полученного геля содержит силикат калия в полуаморфном состоянии, а также различные полупродукты процесса поликонденсации метакремниевой кислоты.

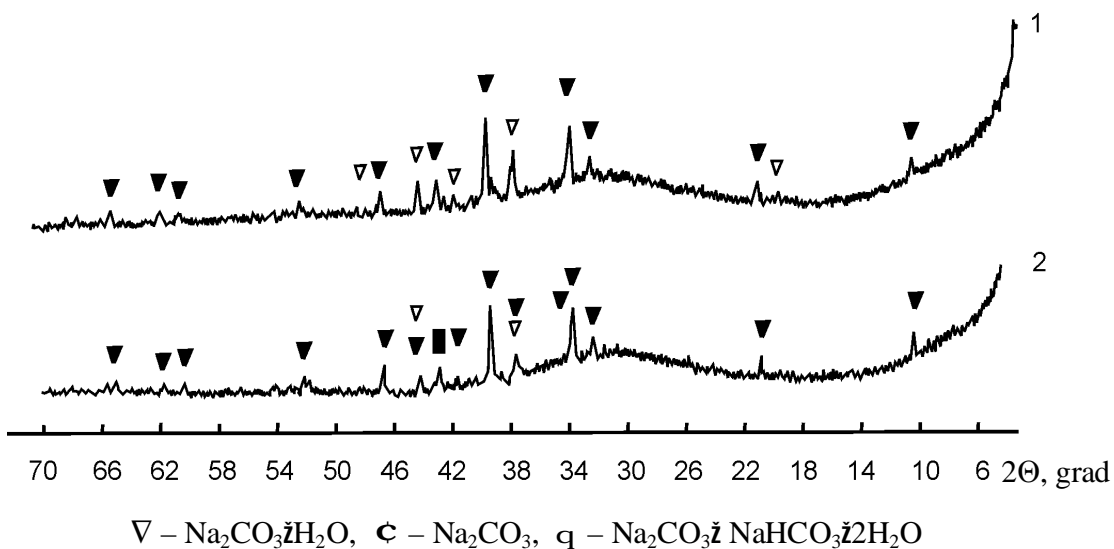


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ смеси карбоната калия и силиката натрия:  
1 – нетермообработанной, 2 – термообработанной при 500 °С

На рис. 2 представлены кривые нагрева смеси солей натрия и калия. На кривой ДТА присутствует глубокий эндотермический эффект при 150 °С, сопровождающийся значительной (до 45 %) потерей массы (табл.). Согласно сведениям [1] и результатам рентгенофазового анализа можно предположить,

что этот эффект соответствует удалению кристаллогидратной воды из карбоната натрия, а также сопровождается разложением троны.

Слабо выраженный эндотермический эффект при 420 °С сопровождается дополнительными потерями массы до 3 % и соответствует остаточному терморазложению троны до безводного карбоната натрия.

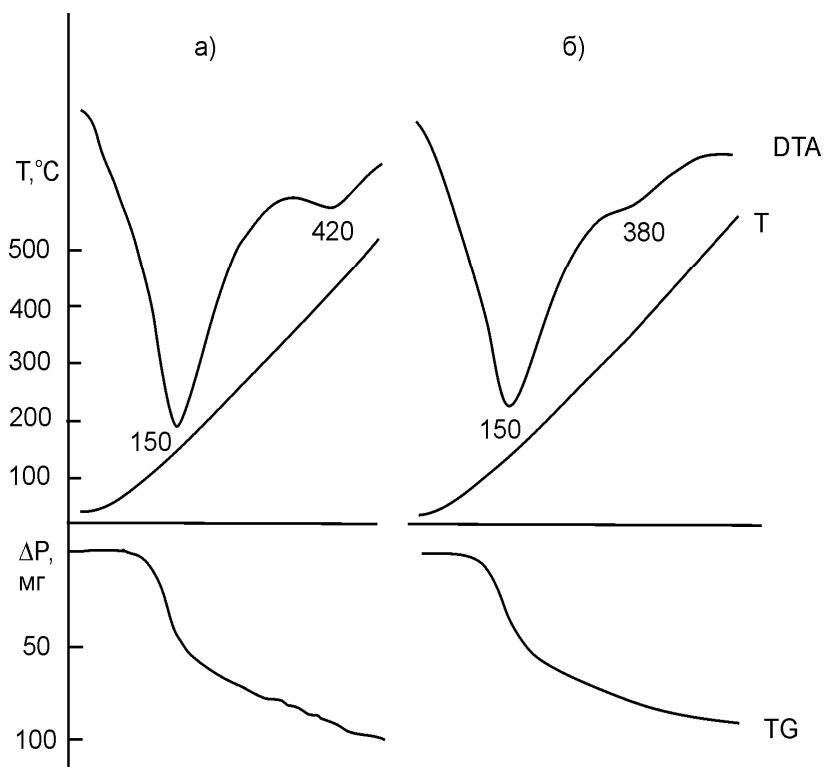


Рис. 2. Дифференциально-термический анализ  
а) смеси карбоната калия и силиката натрия и б) огнезащитной смеси

Таблица

Потери массы в смеси солей натрия и калия при термообработке

Температура, °С	Потери массы		Прирост потерь, %
	мг	%	
100	5,1	5,05	0
150	45,9	45,4	40,4
200	61,2	60,6	15,2
250	71,4	70,7	10,1
300	78,2	77,4	6,4
350	86,7	85,8	8,4
400	88,4	87,5	1,7
450	95,2	94,3	6,8
500	100	100	5,4

Результаты ДТА согласуются с выводами рентгенофазового анализа: при термообработке смеси до 500 °С происходит отщепление молекулы воды в водном карбонате натрия, что сопровождается на дифрактограмме появлением набора дифракционных максимумов, соответствующих безводному карбонату натрия и исчезновению характеристических максимумов  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Интенсивность основных дифракционных максимумов трона несколько снижается, что можно предположительно отнести к частичной потере солью кристаллогидратной воды.

Интенсивность гало не изменяется (рис. 3).

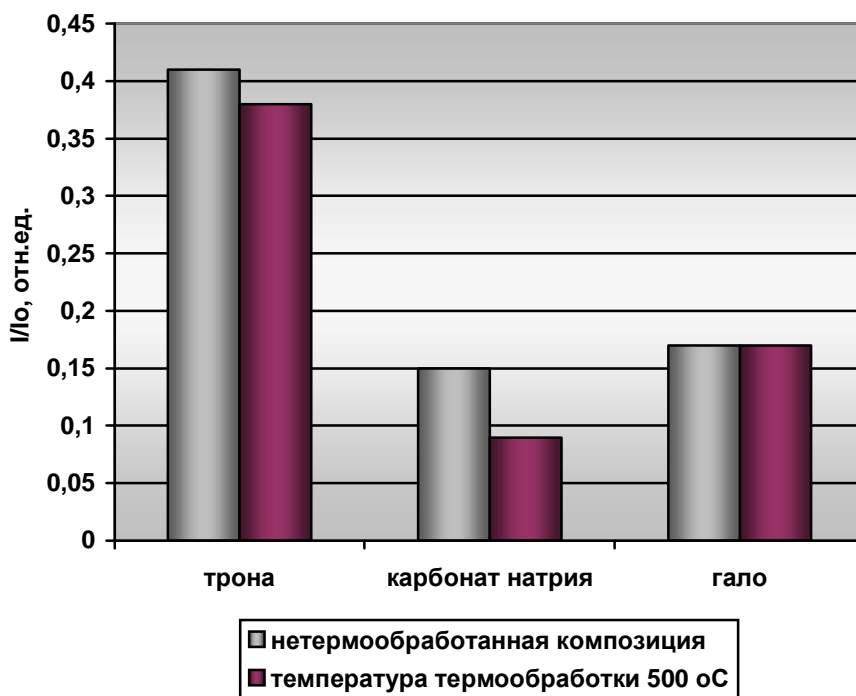


Рис. 3. Изменение интенсивности характеристических дифракционных максимумов в зависимости от температуры термообработки огнезащитного покрытия.

Дифракционные максимумы  $d$ , Å: трона – 2,647,  
водный карбонат натрия – 2,37, гало – 3,40

Введение в состав гелеобразной смеси асбеста и вспученного вермикулита не изменяет механизм фазообразования в нетермообработанном покрытии, о чем свидетельствует форма ДТА-кривой покрытия, приведенная на рис. 2.

Исследование огнезащитного покрытия под микроскопом показало присутствие стекловидного вещества, состоящего из мелких остеклованных

частиц размером 3 – 5 мкм, объединенных в пористые агрегаты размером до 40 – 50 мкм (рис. 4).

Диаметр пор в агрегатах составляет 5 – 10 мкм.

Поры между агрегатами имеют размер 60 – 80 мкм.

Реже встречаются отдельные крупные поры размером 150 – 300 мкм.

По-видимому, образование самых мелких пор связано с выделением углекислого газа при реакции кремниевой кислоты с карбонатом калия.

Эта реакция протекает достаточно медленно из-за ограниченного количества выделившейся в процессе гидролиза силиката натрия кремнекислоты, поэтому ярко выраженной коалесценции пузырьков газа в гелевой смеси не наблюдается.

Средний размер пор образуется, по-видимому, при удалении из смеси физической воды, расположенной в пустотах между крупными глобулами геля.

Крупные поры образуются вследствие коалесценции пор среднего размера в процессе термообработки.

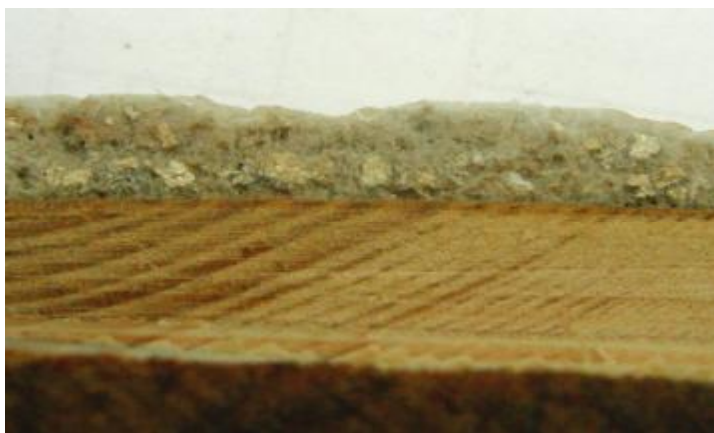


Рис. 4. Вид огнезащитного покрытия на срезе

Как видно из рисунка 4, вспучивание огнезащитного покрытия не приводит к его разрушению.

Остеклованные частицы геля образуют плотный соединительный слой с деревянной поверхностью без сколов.

Введение в состав геля вермикулита и асбеста не нарушает целостности покрытия.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Использование двухкомпонентного состава геля на основе жидкого стекла и карбоната калия обеспечивает, вследствие своих химических особенностей, последовательное протекание реакций образования карбонатов натрия.

2. Последовательное прохождение указанных реакций обеспечивает контролируемое газовыделение при термообработке смеси и тем самым обеспечивает целостность огнезащитного покрытия.

**Список литературы:** 1. *Жартовський В.М.* Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика / *В.М. Жартовський, Ю.В. Цанко.* – К.: Наукова думка, 2006. – 248 с. 2. Химическая энциклопедия. – М.: Большая российская энциклопедия. – 1992. – Т. 3. – 641с. 3. *Папков С.П.* Студнеобразное состояние полимеров / *С.П. Папков.* – М.: Химия. – 1974. – 256 с. 4. *Карнаухова Т.М.* Исследование структурообразования в золях кремнезема методом спектра мутности / *Т.М. Карнаухова, Н.К. Иванов, М.С. Захаров* // Коллоидный журнал. – 1985. – № 6. – С. 1180 – 1183. 5. *Айлер Р.* Химия кремнезема. / *Р. Айлер*; [пер. с англ. *Л.Т. Журавлев*]. – М.: Мир, 1982. – 416 с. 6. *Слиякова И.Б.* Кремнийорганические адсорбенты: Получение, свойства, применение / *И.Б. Слиякова, Т.И. Денисова.* – К.: Наукова думка, 1988. – 192 с. 7. *Неймарк И.Е.* Силикагель: его получение, свойства и применение / *И.Е. Неймарк, Р.Ю. Шейнфайн.* – К.: Наукова думка, 1973. – 200 с. 8. *Баталин Ю.В.* Сульфат натрия и природная сода / *Ю.В. Баталин, М.А. Урасин, И.Л. Шаманский.* – М: Химия. – 1969. – 232 с.

*Поступила в редколлегию 27.10.09*

УДК 614.16

***С.Р. АРТЕМЬЕВ***, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ. ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ. ПЕРЕДОВЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ.**

В статті розглянуто достатньо актуальну проблему нестачі питної води у світі. Проаналізовано причини виникнення вказаної проблеми та показано наслідки її невирішення. На прикладі передових технологій, застосованих в Англії, показано один з варіантів вирішення зазначеної проблеми, з урахуванням поточного вдосконалення системи міського водопостачання та водовідведення.

In the article the issue enough of the day of lack of drinking-water is considered in the world. Reasons of origin of the indicated problem are analysed and the consequences of its undecision are rotined. On the example of front-rank technologies, applied in England, one of variants of decision of the noted problem is rotined, taking into account current perfection of the city water system.