



2,515; 2,034 Å) (рис.3) и приводит к росту прочности вяжущего на основе  $\beta$ - $C_2S$  от 11 до 61 МПа, а на основе  $\gamma$ - $C_2S$  – до 90 МПа (табл. 2). Значительный рост прочности отмечается на образцах из  $\gamma$ - $C_2S$  с 5%-ым содержанием извести (до 90 МПа). Результаты ДТА подтверждают различия фазового состава гидросиликатов и их количества, что способствуют повышенным значениям прочности вяжущего на основе  $\gamma$ - $C_2S$ .

**Табл. 1. Вяжущие свойства автоклавированного  $C_2S$  с добавкой извести**

Количество добавки СаО, масс.%	$\beta$ - $C_2S$		$\gamma$ - $C_2S$	
	СаО <sub>своб.</sub> , масс.%	Прочность на сжатие, МПа	СаО <sub>своб.</sub> , масс.%	Прочность на сжатие, МПа
0	следы	11	следы	3
5	5,7	18	4,6	9
10	8,6	17	9,9	9

**Табл. 2. Вяжущие свойства автоклавированного  $C_2S$  с добавкой извести и кварцевого песка**

Количество добавки СаО, масс.%	$\beta$ - $C_2S$ +SiO <sub>2</sub> =1:1		$\gamma$ - $C_2S$ +SiO <sub>2</sub> =1:1	
	СаО <sub>своб.</sub> , масс.%	Прочность на сжатие, МПа	СаО <sub>своб.</sub> , масс.%	Прочность на сжатие, МПа
0	0	55	0	56
5	0	61	0	90
10	0	47	0	51

Таким образом, автоклавная обработка ускоряет процессы гидратации  $\gamma$ - и  $\beta$ - $C_2S$ . Реакции гидратации модификаций  $C_2S$  активизируются с увеличением времени автоклавной обработки и при изменении концентрации жидкой фазы по SiO<sub>2</sub> и Са(ОН)<sub>2</sub>. Активизация белитовых фаз шлака позволяет предположить о возможности получения вяжущего автоклавного твердения на основе отвалных шлаков ОЭМКа.

#### Список литературы

1. Боженков, П.И. Технология автоклавных материалов/П.И. Боженков.–Ленинград: Стройиздат.–1978.–367 с.
2. Бутт, Ю.М. Твердение вяжущих при повышенных температурах/Ю.М. Бутт, Л.Н. Рашкович.–Москва: Стройиздат.–1965.–223 с.

УДК 66.047

Д.А. Затвардницкий, Н.Ю. Михайленко, Н.Н. Клименко, Е.А. Рязанцева

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

### ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ МЕДСОДЕРЖАЩИХ ФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ

The chemical degradation process patterns of the copper containing phosphate glasses in aqueous medium were examined, and the influence of their chemical composition (molar ratio of calcium, phosphorous and copper oxides) on their chemical durability in aqueous medium.

Исследованы закономерности процесса деградации медьсодержащих фосфатных стекол в водных средах и установлено влияние состава данных стекол (мольного соотношения оксидов кальция, меди и фосфора в составе стекол) на их химическую стойкость в водных средах



Основным отличительным свойством фосфатных стекол является их относительно низкая гидролитическая устойчивость и контролируемая растворимость, что позволяет использовать эти стекла в качестве водорастворимой матрицы, обеспечивающей доставку различных ионов, в том числе бактерицидных (медь, серебро), в раствор.

Целью работы являлось исследование зависимости растворимости медьсодержащих фосфатных стекол от их состава (соотношения оксидов кальция и фосфора, содержания в стеклах оксидов меди и алюминия).

Получены кальцийборфосфатные стекла, модифицированные оксидами алюминия и меди (Таблица 1).

Табл. 1. Химический состав исследованных стекол

Соотношение CaO/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (мол %)	Компоненты, мол %				
	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO
Серия I					
0,5	27	54	4	-	15
0,7	33	48	4	-	15
0,9	38	43	4	-	15
1,1	43	38	4	-	15
1,25	45	36	4	-	15
Серия II					
0,5	26	50	4	4	16
0,7	31	45	4	4	16
0,9	36	40	4	4	16
1,1	40	36	4	4	16
1,25	42	33	4	4	16
Серия III					
(CaO+CuO)/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,5	32	63	5	-	-
	24	63	5	-	8
	16	63	5	-	16
	8	63	5	-	24
	-	63	5	-	32

Стекла синтезировали в электрической лабораторной печи при температуре 1200 °С с выдержкой 15 минут и выработывали на металлическую плиту в виде дисков и палочек. Помол стекла осуществляли в фарфоровых ступах, отбирали фракцию с размером зерен 0,5-0,8 мм, и кипятили навеску (1 г порошка) в 100 мл дистиллированной воды в течение часа.

Гидролитическую устойчивость стекол определяли по потерям массы порошка стекла после кипячения а также по выходу в раствор содержащихся в стекле ионов кальция, фосфора и меди. Потери массы определяли по взвешиванию образцов до и после кипячения, выход ионов кальция в раствор определяли измерением потенциала кальциевого электрода в стандартном и исследуемом растворе, выход ионов фосфора и меди определяли методом дифференциальной фотометрии.

Потери массы образцов II серии составляют от 0,5 до 2 масс %, I серии – от 0,9 до 4,5 масс %, и уменьшаются с увеличением содержания оксида кальция в составе стекла. Образцы с соотношением CaO/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> равным 1,25 начали интенсивно кристалли-



зоваться в процессе выработки, поэтому результаты определений для этих образцов не являются представительными.

Потери массы образцов I серии выше, чем потери массы соответствующих им образцов II серии, что объясняется присутствием в стеклах II серии 5%-ной добавки оксида алюминия, который повышает гидролитическую устойчивость фосфатных стекол.

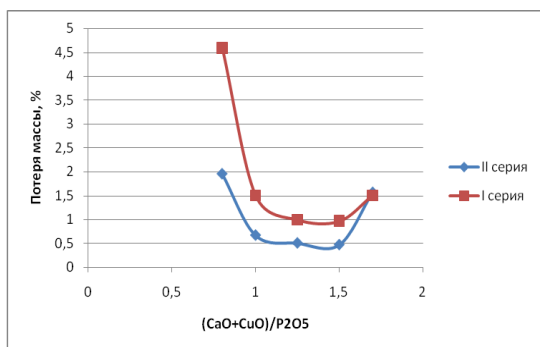


Рис. 1. Потери массы стекол I и II серии после кипячения

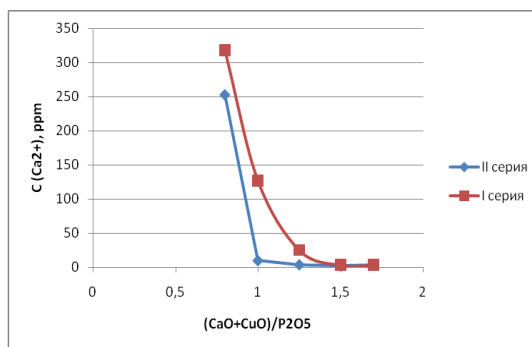


Рис. 2. Выход ионов кальция в раствор из стекол I и II серии после кипячения

Особое внимание следует обратить на резкое снижение потерь массы в области составов с соотношением  $(CaO+CuO)$  от 0,8 до 1,0, и происходящую затем стабилизацию значений данного параметра. Это связано с переходом структуры стекол от метафосфатной к пиррофосфатной, что позволяет делать вывод о том, что медь играет в структуре данных стекол ту же роль, что и кальций, а именно иона модификатора.

Выход ионов кальция в раствор характеризуется широким диапазоном концентраций. Несмотря на увеличение содержания оксида кальция в стекле, выход ионов кальция в раствор снижается, что свидетельствует о повышении гидролитической устойчивости стекол с увеличением содержания в них оксида кальция и, соответственно, уменьшением содержания оксида фосфора.

Выход ионов фосфора для стекол I и II серии снижается соответственно снижению содержания фосфора в их составе, что не позволяет делать по данной зависимости однозначных выводов о гидролитической устойчивости данных стекол.

Для кривых выхода ионов меди в раствор соблюдается выявленная закономерность – выход ионов меди снижается с увеличением содержания оксида кальция в составе стекол, за исключением кристаллизующихся составов. При этом концентрация ионов меди в растворах, полученных после кипячения стекол первой серии, выше, чем для соответствующих составов второй серии. Максимальная концентрация ионов меди в растворе составила 92 ppm и наблюдалась для стекла первой серии с мольным соотношением  $(CaO+CuO)/P_2O_5$ , равным 0,8.

Для стекол III серии после кипячения наиболее высокие потери массы соответствуют составам с 0% и 32% CuO. Максимальную потерю массы имеет образец, содержащий 32% CuO, в котором весь оксид кальция был замещен на оксид меди, что позволяет сделать вывод о том, что меднофосфатные стекла сходного с кальцийфосфатными стеклами состава обладают меньшей гидролитической устойчивостью, чем последние.

Для третьей серии стекол выход кальция в раствор снижается с уменьшением содержания кальция в их составе, что не позволяет делать по данной зависимости однозначных выводов о гидролитической устойчивости данных стекол.

Выход ионов фосфора максимален для состава, содержащего 32% CuO. Данные по выходу ионов фосфора в раствор для данной серии коррелируют с данными по соот-



ветствующим потерям массы для этих составов. Для стекол третьей серии концентрация ионов меди растет с увеличением содержания меди в стекле.

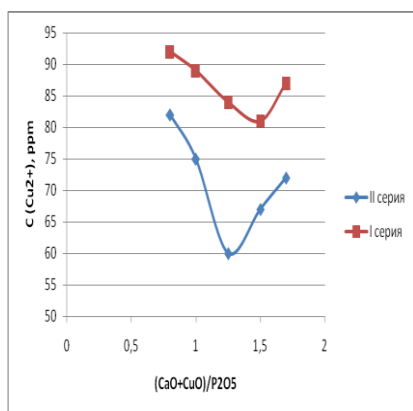


Рис. 3. Выход ионов меди в раствор из стекол I и II серий после кипячения

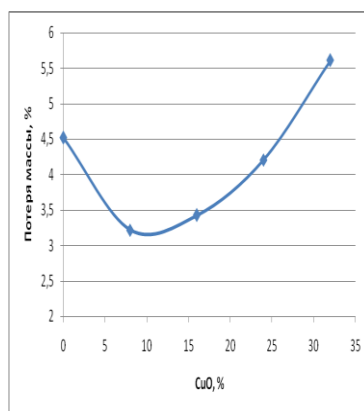


Рис. 4. Потери массы стекол III серии после кипячения

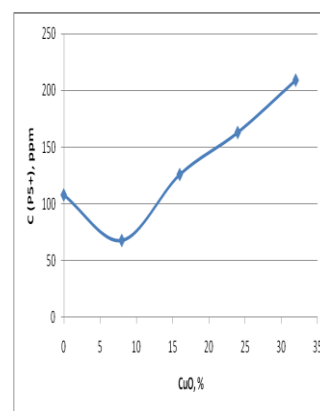


Рис. 5. Выход ионов фосфора в раствор из стекол III серии после кипячения

Таким образом, проведенное исследование процесса деградации медьсодержащих фосфатных стекол в водных средах показало, что увеличение соотношения (CaO+CuO)/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в их составе приводит к увеличению гидролитической устойчивости данных стекол по отношению к воде. Резкое падение гидролитической устойчивости в области составов с соотношением (CaO+CuO)/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 0,8 до 1,0 и последующая стабилизация параметра позволяют делать вывод о том, что медь в структуре данных стекол является модификатором, как и кальций. Также было выявлено, что в отношении данных стекол действует известная по литературным данным закономерность – добавление в их состав оксида алюминия повышает их химическую стойкость. Медьфосфатные стекла являются менее гидролитически устойчивыми, чем кальцийфосфатные (замена в составе стекол оксида кальция на оксид меди снижает их гидролитическую устойчивость).

УДК 666.64

А.В. Мосьпан

Государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

## НОВЫЕ КОНГЛОМЕРАТНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИТЫ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ЦЕЛЕВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Sound- and thermalinsulation properties of silicate concrete autoclave hardening investigated over adding to their composition of components with different poral structure – crushed thermal- and soundinsulation foarmglasses.

Исследованы звуко- и теплоизоляционные свойства силикатного бетона автоклавного твердения при введении в его состав компонентов с различной поровой структурой – дробленых тепло- и звукоизоляционных пеностекол.

Действующий в настоящее время уровень энергосберегающих строительных норм для стен жилых и производственных помещений показывает экономическую неприемлемость использования многих традиционных плотных стеновых материалов и требует