

фосфаты кальция. Совокупность свойств многослойного покрытия повышает функциональность композиционного титанового имплантата, обеспечивая его биосовместимость и биоактивность.

Таким образом, золь-гель метод является высокоперспективным для использования в химических технологиях при получении материалов с качественно новыми функциональными свойствами. Он позволяет не только получать новые наноматериалы, но и улучшать свойства материалов, полученных в традиционных технологиях, путем модифицирования функциональной поверхности и придания ей новых требуемых свойств.

#### Литература

1. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал. [Электронный ресурс]. – <http://www.portalnano.ru>
2. Краткий обзор мирового рынка нанотехнологий в 2009 году. [Электронный ресурс]. – <http://www.abercade.ru/research/analysis/3908.html>
3. Основы золь-гель технологии нанокмпозитов / А.И. Максимов, В.А. Мошников, Ю.М. Таиров, О.А. Шилова. – СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. – 156 с.
4. Химия и технология нанодисперсных оксидов / Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 309 с.
5. Петровская Т.С., Борило Л.П. Применение наноструктурированных пленок для повышения функциональности титанового имплантата//Известия высших учебных заведений. Серия «Физика». – Томск, 2014 - Том 57. – № 7/2. – С.121-126.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ЖИДКОГО СТЕКЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ

Я. Е. Буймов, Ю. Е. Алексеевская

Научный руководитель профессор О.В. Казьмина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одним из приоритетных направлений высотного строительства является возведение зданий отвечающих требованиям безопасности. Высотные здания относятся к объектам повышенной опасности с массовым пребыванием людей. Возможные пожары могут привести к большим человечески жертвам, поэтому актуальность обеспечения пожарной безопасности "высоток" не вызывает сомнения. Особенностями пожарной опасности высотных зданий являются: быстрое распространение пожара по объему здания, вертикальным коммуникациям и фасадам; сложность и длительность тушения, связанная с трудностями подачи средств тушения и доступа пожарных подразделений из-за большой высоты; продолжительное время эвакуации людей. Поэтому вопросами разработки технологии получения противопожарных остекленных конструкций занимаются во всем мире [1 – 5].

Изготовление противопожарного стекла осуществляется путем формирования между листами стекла светопрозрачного терморазбухающего геля, который проявляет свои защитные свойства только при воздействии высоких температур. При температурах эксплуатации гель должен оставаться прозрачным и не подвергаться старению в течение всего срока службы конструкции. Для получения терморазбухающего слоя используются гелевые композиции на основе органических и неорганических веществ. Органические композиции выделяют токсичные газы при термическом воздействии. Неорганические гели, например, на основе раствора силикатов щелочных металлов лишены этого недостатка, но требуют введения специальных модифицирующих добавок, которые обеспечивают устойчивость гелеобразных высоковязких систем в условиях хранения и производства стеклянных конструкций.

Цель работы – исследовать влияние модифицирующих добавок органической и неорганической природы на свойства жидкостекольной композиции пригодной для получения противопожарного остекления.

Как показал литературный анализ, составы жидкостекольных композиций, которые можно использовать в качестве терморазбухающего геля, достаточно разнообразны и являются как минимум двухкомпонентными. Гели на основе жидкого стекла дополнительно содержат различные компоненты, например, такие как поливиниловый спирт, коллоидный кремнезем, сорбит, гидроксид тетраметиламмония и т.д. Данные составы являются нестабильными, при их хранении наблюдается помутнение раствора и незначительная потеря прозрачности. В качестве базового состава выбрана композиция, состоящая из жидкого стекла с дополнительно введенным сорбитом и гидроксидом тетраметиламмония. Гидроксид тетраметиламмония выступает агентом против старения и сохраняет светопрозрачность гелиевого слоя. Сорбит относится к отверждающим компонентам, который обладает адсорбционной способностью к воде. Присутствие воды необходимо для протекания реакций гидролиза и поликонденсации, что в конечном итоге влияет на процесс формирования прозрачного геля.

Из литературных данных известно, что для получения огнезащитного геля с улучшенными свойствами в качестве основы необходимо иметь раствор силиката натрия с более высоким модулем. Такие виды растворимых стекол обладают наибольшей огнестойкостью. В связи с этим в работе опробован вариант дополнительного введения в раствор силиката натрия золя диоксида кремния в виде аэросила промышленной марки А-175.

Модифицирующими добавками выбраны коллоидный кремнезем в виде аэросила и глицерин. Аэросил увеличивает скорость гелеобразования, глицерин играет роль вспенивающего реагента и увеличивает

пластичность композиции. Характеристика компонентов, используемых для получения терморазбухающего геля, приведена в таблице 1. По ранее полученным данным уставлено, что оптимальным количеством аэросила является 7 мас. %, глицерина – 10 мас. % [6]. В данной работе приведены результаты исследований, полученные на жидкостекольных композициях двух составов (табл. 2).

Таблица 1

**Характеристика компонентов, используемых для получения терморазбухающего геля**

Название	Формула	pH	плотность	Специфические свойства
Жидкое стекло	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	11.8 3	1.485 г/см <sup>3</sup>	силикатный модуль 2.5
Глицерин	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	< 7	1.260 г/см <sup>3</sup>	температура кипения 290°C
Тетраметиламмония гидроксид	$(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$	2.87	1.240 г/см <sup>3</sup>	20 % водный раствор
Сорбит	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$	5.0- 7.5	1,49 г/см <sup>3</sup>	температура кипения 296°C
Коллоидный кремнезем (суспензия)	$\text{SiO}_2$	3,8 -4,5	40 -60 г/дм <sup>3</sup>	размер частиц от 10 до 40 нм

Таблица 2

**Составы и свойства жидкостекольных композиций**

Компоненты жидкостекольной композиции	Содержание компонента, мас.%	
	состав 1	состав 2
Жидкое стекло	82	75
Гидроксид тетраметиламмония	3	3
Глицерин	10	10
Сорбит	5	5
Аэросил	-	7
Свойства композиции		
Условная вязкость, Пас с	98,32	98,87
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,430	1,445
Водородный показатель	11,440	11,310

Исследование поведения композиций при нагревании проведенное в интервале температур от 30 до 90 °С показало следующее. С увеличением температуры процесс гелеобразования протекает интенсивнее по сравнению с процессами, идущими при комнатной температуре. При добавлении аэросила терморазбухающая композиция достигает состояния геля при температуре 75°C (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты исследования скорости гелеобразования при нагревании**

Состав	Время испытания, мин	Температура, °С	Показатель текучести	Тип раствора
1	В момент испытания	23,5	0,34	вязкотекучее состояние
	10	30	0,36	слабый гель
	20	40	0,37	
	30	50	0,37	
	40	60	0,39	
	50	75	0,4	
	60	90	0,4	
2	В момент испытания	23,5	0,34	вязкотекучее состояние
	10	30	0,37	слабый гель
	20	40	0,45	
	30	50	0,55	
	40	60	0,57	
	50	75	0,6	

Полученные композиции были нанесены на образцы листового стекла и обработаны в сушильном шкафу при температуре 75 °С. Лабораторные образцы противопожарных стекол испытаны на огнестойкость путем воздействия пламени горелки. Установлено, что при температуре от 350 до 530°C прозрачный гель

переходит в пористый изолирующий материал. При этом интенсивное обугливание геля наступает при температуре 500°C и выше. В отличие от образцов без модифицирующих добавок (аэросила и глицерина), для полученных образцов исследуемых составов не наблюдается вытекание геля.

Таким образом, установлено влияние модифицирующих добавок органической (глицерин) и неорганической (аэросил) природы на свойства жидкостекольной композиции. Введение в композицию аэросила в количестве 7 мас % увеличивает силикатный модуль до 3, что приводит к увеличению вязкости и в конечном итоге росту скорости гелеобразования. Наряду с химическим составом на поведение жидкого стекла активное влияние оказывает ее температура. В случае использования аэросила достаточной для образования геля является температура 75 °С.

#### Литература

1. Akonda M.H., Kandola B.K., Horrocks A.R., Myler P. The effect of fibrous reinforcement on optical and impact performance of fibre-reinforced transparent glass composites. *Journal of Materials Science*, 49 (2014) pp. 1903 – 1913.
2. Dembele S., Rosario R. A. F., Wang Q. S. and al. Thermal and Stress Analysis of Glazing in Fires and Glass Fracture Modeling with a Probabilistic Approach. *Numerical heat transfer part b-fundamentals*, 58 (2010) pp. 419 – 439.
3. Dembele S, Rosario Ricardo A. F, Wen Jennifer X. Thermal breakage of window glass in room fires conditions - Analysis of some important parameters. *Building and Environment*, 54 (2012) pp. 61 – 70.
4. Guangzheng Shao, Qingsong Wang, Han Zhao and al. Maximum temperature to withstand water film for tempered glass exposed to fire. *Construction and Building Materials*, 57 (2014) pp. 15-23.
5. Kang Kai. Assessment of a model development for window glass breakage due to fire exposure in a field model. *Fire safety journal*, 44 (2009) pp. 415 – 424.
6. Буймов Я.Е., Мартынова А.В. Прозрачный терморазбухающий гель для противопожарного остекления // Молодежь наука технологии: идеи и перспективы (МНТ-2014): Материалы I Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2014. – С. 243 – 244.

### МАГНИЙСИЛИКАТНЫЕ ВОДОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕЛЕВОЙ СВЯЗКИ

С.К. Казанцева

Научный руководитель доцент Н.А. Митина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

Разнообразие природных минеральных ресурсов Российской Федерации способствует развитию широкого ассортимента строительных материалов. Сейчас широкое развитие получили строительные материалы на основе цементных и гипсовых вяжущих.

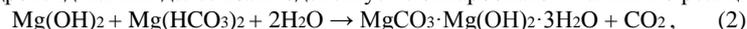
Однако в последнее время на рынке строительных материалов начинают вновь появляться строительные материалы и изделия на основе магниезального вяжущего. Основным ограничением широкого использования магниезальных вяжущих является повышенная влажность окружающего воздуха, так как в таких условиях прочность затвердевшего материала резко падает, причиной этому является образование водорастворимых продуктов гидратации и твердения [1,3].

При использовании традиционных жидкостей затворения растворов хлоридов и сульфатов магния в конечных продуктах присутствуют такие вещества как тригидроксидхлорид ( $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) или тригидроксисульфат ( $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) магния, которые способны растворяться в воде. Этим обусловлена низкая водостойкость изделий на основе магниезального вяжущего. Для уменьшения гигроскопичности и увеличения водостойкости, наряду с применением минеральных добавок, целесообразно использовать другие виды жидкостей затворения. Целесообразность применения затворителей, отличающихся от растворов солей магния, это получение водонерастворимых соединений. Так, нами предлагается использовать в качестве жидкости затворения раствор бикарбоната магния, получаемый карбонизацией газа суспензии MgO в автоклаве при давлении 0,9 МПа.

При взаимодействии каустического магнезита с водным раствором  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  сначала протекает реакция гидратации:



Образовавшийся гидроксид магния далее взаимодействует с бикарбонатом магния по реакции:



с образованием гидрата гидрокарбоната магния и диоксида углерода, который вступая во взаимодействие с избытком гидроксида магния, образует вторичный бикарбонат магния:



Вторичный бикарбонат магния вновь взаимодействует с гидроксидом магния с образованием новой порции гидрата гидрокарбоната магния, который вместе с гидроксидом магния образует первичные продукты гидратации магниезального цемента, обеспечивающих его твердение в процессе перекристаллизации первичных коллоидных продуктов в кристаллическое состояние. В результате протекания реакций гидратации и твердения с участием бикарбоната магния образуются нерастворимые в воде соединения -  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и  $\text{MgCO}_3$ , а также гидрокарбонаты магния различного состава. За счет этого образцы магниезального вяжущего не разрушаются в