

Zn(bddo)(NCS)<sub>2</sub> and Cd<sub>2</sub>(bddo)(NCS)<sub>4</sub> // J. Chem. Soc., Dalton Trans. – 1989. – С. 2309–2314.

5. Накомото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. М.: «Мир», 1966. – 411 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА

*В.А. Лотов, д.т.н., проф.,*

*Ш.А. Хабибулин, аспирант*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,*

*тел. (3822)-563-169*

*E-mail: habibulin1990@mail.ru*

Будучи крупнотоннажным продуктом неорганического синтеза, натриевое жидкое стекло находит широкое применение в качестве связки, материала для изготовления покрытий и различных композитов, а также при синтезе таких кремнеземсодержащих веществ, как силикагель, белая сажа и цеолиты [2]. Благодаря склонности силикатных анионов к поликонденсации в водных растворах, жидкое стекло представляет собой типичную нанодисперсную систему [1]. Наряду с несомненными достоинствами, жидкое стекло обладает существенными недостатками – неспособностью к объемному твердению и низкой водостойкостью композиционных материалов на его основе, которые обусловлены наличием подвижных катионов натрия [4]. Решение данных проблем позволит использовать жидкое стекло в качестве частичной замены такому широко используемому вяжущему материалу, как портландцемент, производство которого весьма энерго- и материалоемко, неэкологично и требует значительных капитальных затрат [2].

Целью настоящего исследования являлась разработка вяжущего на основе жидкого стекла, обладающего способностью к объемному твердению и высокими адгезионно-когезионными характеристиками.

В настоящей работе использовалось натриевое жидкое стекло с силикатным модулем 3,0. Массовое содержание твердой фазы (Na<sub>2</sub>O·3SiO<sub>2</sub>) составляло 44 % при плотности 1500 кг/м<sup>3</sup>. Для определения наиболее подходящей кальцийсодержащей добавки испытывали предел прочности при сжатии образцов-кубиков с ребром 25 мм в возрасте 1 суток воздушно-сухого твердения. Образцы получали прессованием сырьевой смеси на основе песка, жидкого стекла и таких кальцийсодержащих добавок, как портландцемент марок ЦЕМ-I-42,5 и ЦЕМ-II-32,5, оксид, гидроксид, а также карбонат и сульфат кальция. В результате, в качестве кальцийсодержащей добавки к жидкому стеклу выбран портландцемент марки ЦЕМ-I-42,5, обеспечивший наибольшую прочность образцам (рис.1).

Предварительная модификация портландцемента полярным этилсиликатом-40 позволяет временно гидрофобизировать и нейтрализовать поверхность высоко реакционноспособных частиц цемента, способствуя при этом равномерному распределению добавки цемента по объему жидкого стекла. Вяжущее готовили

смешением с жидким стеклом равных масс портландцемента и этилсиликата и после отверждения и сушки на воздухе исследовали методами физико-химического анализа веществ.

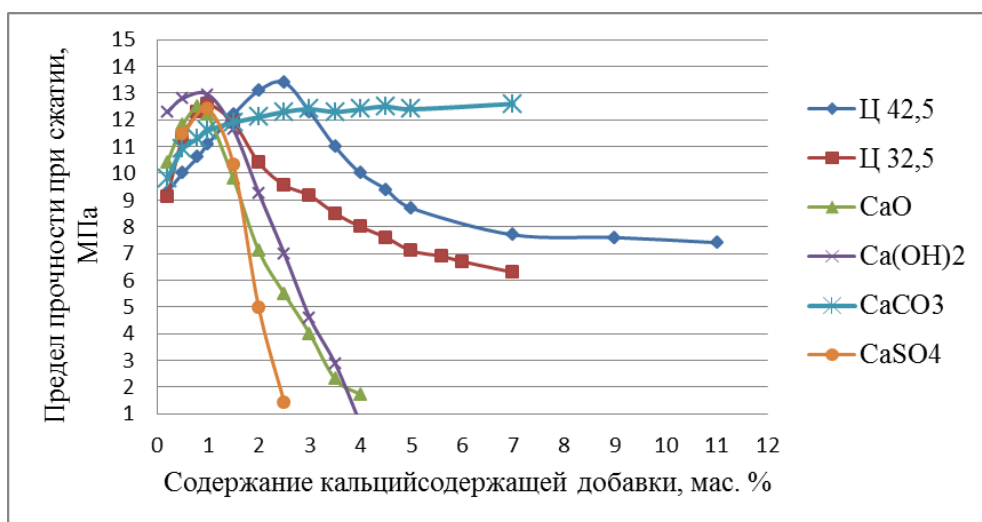
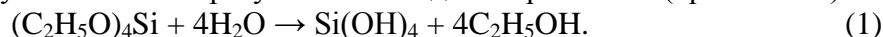


Рис. 1. Влияние типа кальцийсодержащей добавки на предел прочности при сжатии образцов.

Взаимодействие в системе «портландцемент-этилсиликат-жидкое стекло» протекает, по-видимому, согласно следующей общей схеме. Кремнийорганические оболочки первыми вступают в реакцию с жидким стеклом, образуя в результате гидролиза прослойки кремнегеля. Этот процесс временно ограничивает доступ компонентов жидкого стекла к поверхности частиц цемента. При взаимодействии жидкого стекла с этилсиликатом протекает реакция щелочного гидролиза последнего [5], в результате чего образуется коллоидный кремнезем (кремнезоль):



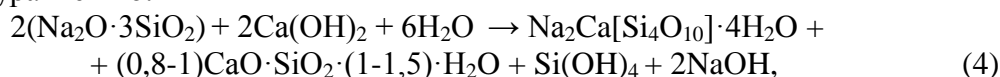
Кремнезоль в щелочной среде склонен к поликонденсации с образованием кремнегеля, обладающего высокой клеящей способностью, по схеме:



Взаимодействие воды, входящей в состав жидкого стекла, с цементом протекает согласно реакциям [6]:



Образующийся по реакции (1) гидроксид кальция взаимодействует с жидким стеклом по уравнению:



из которого следует, что наряду с простыми тоберморитоподобными гидросиликатами кальция ( $d=1,1125$  нм;  $0,3074$  нм;  $0,2844$  нм;  $0,1834$  нм) образуются сложные гиролитоподобные натрий-кальциевые гидросиликаты ( $d=0,4245$  нм;  $0,3363$  нм;  $0,2854$  нм;  $0,1884$  нм), а также кремнегель.

На дифференциальной термограмме вяжущего (рис. 2) присутствует широкий пик с максимумом при  $60$  °С, соответствующий удалению адсорбционной воды и этилового спирта. Дальнейшее нагревание приводит к постепенной дегидратации разнообразных продуктов реакции (1) с образованием ксерогеля. Потеря основной

массы воды происходит до 500 °С, после чего масса образца остается неизменной вплоть до температуры более 1000 °С.

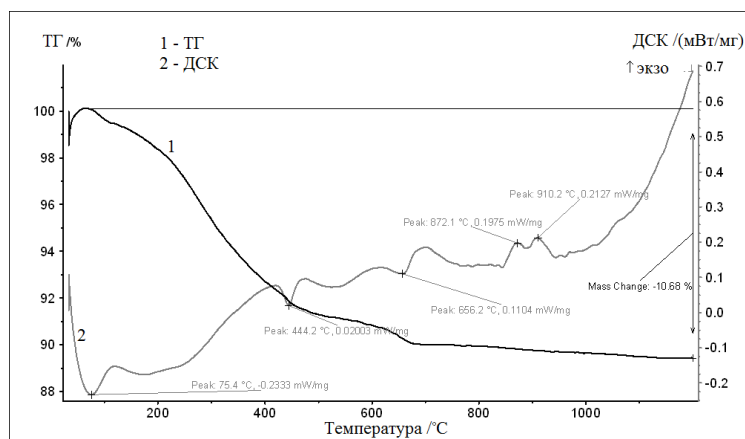


Рис. 2. Дериватограмма вяжущего после отверждения и сушки.

На рентгеновской дифрактограмме вяжущего (рис. 3) отсутствуют рефлексы при 0,490 нм, 0,3112 нм и 0,2628 нм, а на кривой ДТА отсутствует пик при 485 °С, соответствующий дегидратации свободного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [3], что говорит о полном связывании кальция в водонерастворимые натрий-кальциевые гидросиликаты, образующиеся по реакции (2).

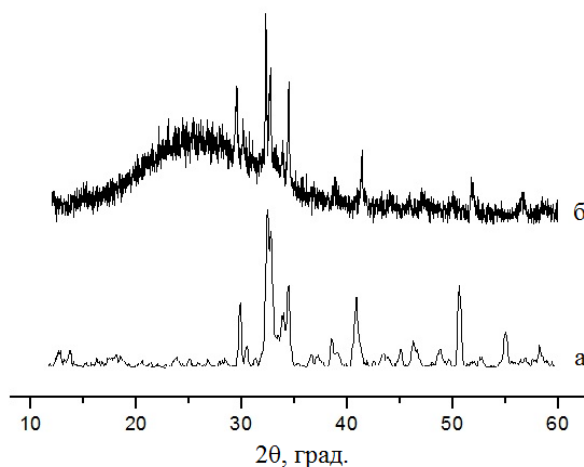


Рис. 3. Рентгенограмма модифицированного жидкостекольного вяжущего после отверждения и сушки. а) портландцемент марки ЦЕМ-I-42,5; б) вяжущее.

В процессе сушки вяжущего происходит удаление свободной воды и образование кремнеземистого ксерогеля. Образцы для испытаний размером 25×25×25 мм формовали в пресс-форме при удельном давлении 15 МПа. После предварительного твердения при температуре 25 °С в течение 0,5 часа образцы подвергали сушке в течение 3 ч при температуре 200 °С.

Использование разработанного вяжущего позволяет получать высокопрочные изделия на основе жидкостекольного вяжущего и песка без тонкого помола последнего. Так, образцы на основе кварцевого песка крупностью менее 0,5 мм при содержании вяжущего 19,7 мас. % имеют плотность 1650 кг/м<sup>3</sup> и прочность при

сжатии 34 МПа, а на основе кварцевого песка, молотого в течение 30 минут в шаровой мельнице, при том же содержании вяжущего – плотность 1700 кг/м<sup>3</sup> и прочность при сжатии 67 МПа. Вяжущее хорошо смачивает отдельные песчинки, образуя прочные адгезионные контакты, что позволяет легко получать высокопрочную структуру.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- при использовании в качестве добавки к жидкому стеклу комбинации портландцемента и этилсиликата-40 получено вяжущее, обладающее способностью к объемному твердению и хорошими адгезионно-когезионными характеристиками;
- оптимальные составы сырьевой смеси для получения водостойкого и объемно-твердеющего вяжущего содержат в качестве компонентов жидкое стекло – 82,6 мас. %, портландцемент – 8,7 мас. % и этилсиликат – 8,7 мас. %;
- сушка изделий при максимальной температуре до 200 °С приводит к улучшению структуры вяжущего за счет практически полного удаления органической составляющей этилсиликата, а также дегидратации кремнегеля, приводящей к образованию водонерастворимого ксерогеля.

### Список литературы:

1. Айлер Р. Химия кремнезема. Растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия. Ч 1. – М.: Мир, 1982.
2. Василик Г.Ю. Цементная промышленность России в 2013 году // Цемент. – 2013. – №6. – С. 20 – 33.
3. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981.
4. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло. – С-Пб.: Стройиздат, 1996.
5. Семченко Г.Д. Золь-гель процесс в керамической технологии. – Харьков, 1997.
6. Усова Н.Т., Кутугин В.А., Лотов В.А., Лукашевич О.Д. Композиционные материалы на основе высокожелезистого шлама водоподготовки // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – №3. – С. 36–39.

### ИСПЫТАНИЕ ДАТЧИКА АММОЛЫТ PLUS 700 IQ ФИРМЫ WTW НА МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ АММОНИЯ ХЛОРИСТОГО

*А.Л. Хуснулина, студент гр.8ГМ31,*

*Д.Ю. Колоколов, м.н.с.,*

*Л.Р. Меринова, м.н.с.,*

*Р.В. Сазонов, к.ф.-м.н., с.н.с.*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина,30,*

*тел.(3822)-701-777,*

*E-mail: alenaxyc@gmail.com*

Вследствие разложения живых организмов и их продуктов жизнедеятельности происходит выделение аммиака и ионов аммония, которые в свою очередь