

## Жидкое стекло из микрокремнезема в качестве связующего при получении огнезащитной композиции для древесины

С.А. Белых<sup>1 a</sup>, Ю.В. Новоселова<sup>1 b</sup>, А.И. Кудряков<sup>2 c</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, пл. Соляная 2, Томск, Россия

<sup>a</sup>smit1@brstu.ru, <sup>b</sup>zaika21@mail.ru, <sup>c</sup>kudeakow@mail.tomsknnet.ru

Статья поступила 12.09.2016, принята 21.10.2016

*Проведены исследования по использованию жидкого стекла из микрокремнезема в качестве связующего при получении жидкостекляной композиции для защиты древесины от возгорания. Показано влияние силикатного модуля и плотности жидкого стекла из микрокремнезема на адгезию к деревянной поверхности и показатели огнезащитной эффективности. Наилучшие огнезащитные свойства и адгезия к деревянной поверхности достигнуты при использовании жидкого стекла с силикатным модулем  $n = 3$  и плотностью  $1,25 \text{ г/см}^3$ . Установлено, что введение в состав жидкого стекла при варке добавки поверхностно-активного вещества в количестве 1 % и добавки кварцевого песка, заменяющей 10 % микрокремнезема, позволяет значительно улучшить адгезию и обеспечить ровное прочное покрытие на любых деревянных поверхностях (без предварительной обработки). Определены закономерности минерализации жидкого стекла разными огнестойкими наполнителями. Проведен сравнительный анализ свойств огнезащитных покрытий на основе жидкого стекла, полученного по ГОСТ 13078, и жидкого стекла из микрокремнезема, полученного по низкокзатратной технологии путем растворения микрокремнезема в растворе щелочи. Установлено, что использование жидкого стекла из микрокремнезема с силикатным модулем  $n = 3$  и плотностью  $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$  позволяет получить жидкостекляные композиции для защиты древесины от возгорания с высокой адгезией к деревянной поверхности, обеспечивающие 1-ю группу огнезащитной эффективности. Показано влияние влажности древесины на адгезионную способность огнезащитных композиций.*

**Ключевые слова:** жидкое стекло; микрокремнезем; черные сланцы; вспученный вермикулит; адгезия; огнезащитная композиция.

## Liquid microsilica glass as a binding when receiving fireproof composition for wood

S.A. Belykh<sup>1 a</sup>, Yu.V. Novoselova<sup>1 b</sup>, A.I. Kudyakov<sup>2 c</sup>

<sup>1</sup>Bratsk State University; 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>2</sup>Tomsk State Architectural and Construction University; 2 Solyanaya Ploshchad, Tomsk, Russia

<sup>a</sup>smit1@brstu.ru, <sup>b</sup>zaika21@mail.ru, <sup>c</sup>kudeakow@mail.tomsknnet.ru

Received 12.09.2016, accepted 21.10.2016

*Research has been done on the use of liquid microsilica glass as a binding when receiving fireproof composition for wood. Influence of the silicate module and the density of liquid microsilica glass on adhesion to a wooden surface has been demonstrated, as well as indicators of fireproof efficiency. The best fireproof properties and adhesion to a wooden surface have been reached when using liquid glass with the silicate module  $n=3$  and with the density of  $1.25 \text{ g/cm}^3$ . It has been found out that the appending of the surface-active agent in the amount 1% and the additive of quartz sand replacing 10% of microsilica to the composition of the liquid glass when cooking allows to improve the adhesion considerably and to provide an equal strong covering on any wooden surfaces (without preliminary processing). Regularities of the mineralization of liquid glass have been determined with different fire-resistant fillers. Comparative analysis has been carried out for the properties of fireproof coverings based on liquid glass, received in accordance with GOST 13078, and on liquid microsilica glass, received on low-cost technology by means of dissolving microsilica in alkali solution. It has been found out that the use of liquid microsilica glass with the silicate module  $n=3$  and the density of  $\rho=1.25 \text{ g/cm}^3$  allows to receive liquid glass compositions for wood protection against ignition with high adhesion to a wooden surface providing the first group of fireproof efficiency.*

**Key words:** liquid glass; microsilica; black slates; exfoliated vermiculite; adhesion; fireproof composition.

### Введение

На основе анализа научно-технической и патентной литературы установлено, что огнезащита древесины и изделий из нее посредством нанесения на поверхность лаков, красок, вспучивающихся покрытий является более современным и совершенным способом, чем

пропитка растворами солей (антипиренов) [1]. Ассортимент существующих огнезащитных композиций для древесины мал и представлен либо дорогостоящей импортной продукцией, либо композициями на полимерных связующих в органических растворителях, что небезопасно с точки зрения экологии и технологии.

Известно, что жидкое стекло составляет основу жаростойких материалов и современных огнезащитных покрытий [2–10]. Жидкое стекло характеризуется высокой температуроустойчивостью и является одним из наиболее перспективных и эффективных вяжущих для производства огнезащитных композиций.

Анализ существующих огнезащитных составов на основе жидкого стекла показывает, что при их разработке и подборе исходных компонентов возникают проблемы адгезии огнезащитного состава к деревянной поверхности, которая зависит от вида древесины, качества поверхности и вязкости огнезащитной композиции. При нанесении покрытия важны такие технологические параметры, как простота и технологичность изготовления, стабильность и однородность составов. Выбор компонентов влияет на обеспечение требуемой огнезащитной эффективности, экологической безопасности, экономической целесообразности.

Доступность и дешевизна исходного сырья, простота технологии изготовления делают конкурентоспособными строительные материалы из вторичных минеральных ресурсов. В Братске и регионе Восточной Сибири имеется ряд промышленных предприятий, побочные продукты которых образуют крупнотоннажные вторичные минеральные ресурсы с высокой степенью технологической готовности, обладающие стабильным химическим составом и физическими свойствами, определяющими основные направления их применения [5–10].

Один из крупнотоннажных побочных продуктов производства кристаллического кремния Братского завода ферросплавов, микрокремнезем, является основой для получения жидкого стекла, малоэнергоёмкий способ получения которого разработан и усовершенствован с участием ученых кафедры строительного материаловедения и технологий Братского государственного университета (патент РФ № 2056353, МПК С 04 В 28/04) [8–10].

Целью настоящей работы является исследование жидкого стекла из микрокремнезема в качестве связующего при получении огнезащитной композиции для древесины.

Жидкое стекло — это основной исходный компонент для получения огнезащитной композиции. Исходные свойства жидкого стекла влияют на адгезию, огнезащитную способность и эффективность. Конечные свойства композиции предопределяются ее технологическими свойствами, количественным и качественным содержанием.

**Экспериментальная часть.** Для проведения исследований были изготовлены экспериментальные образцы древесины сосны размером 30x60x150 мм (ГОСТ 16363-98). Образцы перед испытаниями высушены до постоянной массы при температуре 40–45 °С.

Для оценки адгезии к деревянной поверхности и огнезащитной эффективности жидкого стекла из микрокремнезема осуществлялось его нанесение в два слоя на образцы древесины с помощью малярной кисти. Адгезию огнезащитной композиции к деревянной поверхности определяли экспериментально, по методу решетчатых надрезов, описанному в ГОСТ 15140. Сущность данного метода заключается в нанесении на готовое покрытие решетчатых надрезов и визуальной оценке состояния покрытия по четырехбалльной системе.

Огнезащитную эффективность покрытия оценивали с помощью экспериментальной лабораторной установки. Для этого в течение 2-х минут образец древесины с нанесенным покрытием подвергали воздействию огня по методу «огневой трубы», при высоте пламени газовой горелки 23–25 см. После огневых испытаний определяли потерю массы исследуемого образца в процентах.

В работе [11] авторами установлено, что свойства огнезащитной композиции существенно изменяются в зависимости от используемого связующего.

Было изучено изменение адгезии к деревянной поверхности и огнезащитной эффективности жидкостекольной композиции в зависимости от силикатного модуля и плотности жидкого стекла из микрокремнезема. На рис. 1 представлена диаграмма адгезии к деревянной поверхности, на рис. 2 приведены графические зависимости огнезащитной эффективности составов на основе жидкого стекла из микрокремнезема.

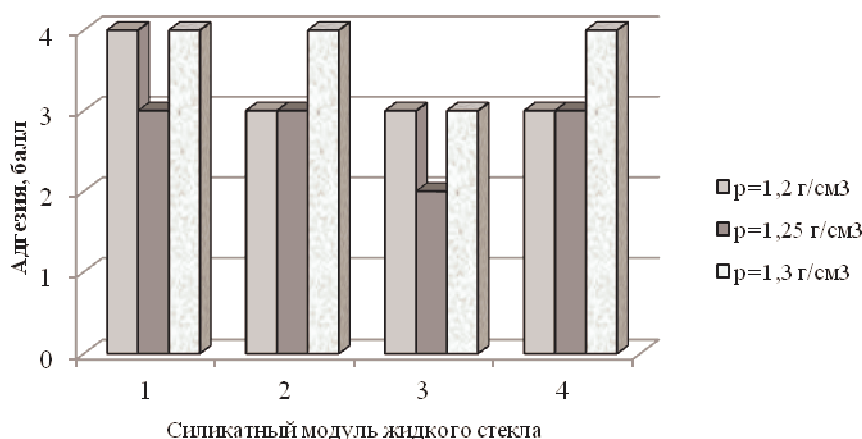


Рис. 1. Адгезия к деревянной поверхности в зависимости от силикатного модуля и плотности жидкого стекла из микрокремнезема

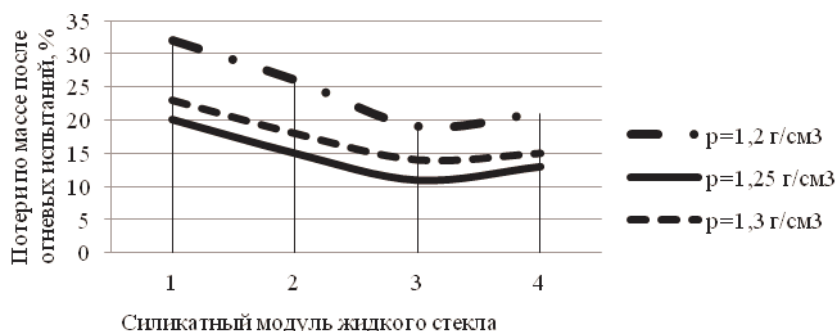


Рис. 2. Зависимость огнезащитной эффективности от силикатного модуля и плотности жидкого стекла из микрокремнезема

После проведения огневых испытаний наименьшие потери по массе (11 %) наблюдались у образцов, покрытых жидким стеклом с силикатным модулем  $n = 3$  и плотностью  $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$ . Как известно, потери массы происходят в результате удаления химически связанной воды после кристаллизации в области высоких температур, и при уменьшении силикатного модуля ее доля увеличивается. Наиболее эффективный теплоизолирующий слой образуется при использовании жидкого стекла с силикатным модулем  $n = 3$ . При  $n < 3$  возросшая водоудерживающая способность среды практически останавливает кристаллизацию и высыхание пленки. Результаты данного эксперимента согласуются с исследованиями [12].

Как известно, смачивание древесины — необходимое условие ее взаимодействия с нанесенным покрытием [13]. Для обеспечения смачивания древесины в состав огнезащитных композиций вводят поверхностно-активные вещества, молекулы которых адсорбируются на поверхности раздела фаз, снижая поверхностное натяжение и повышая адгезионную прочность [13].

Для улучшения адгезионных свойств жидкого стекла из микрокремнезема в его состав вводили добавку поверхностно-активного вещества (ПАВ) — пенообразователь «ПО-6» (ТУ 0258-148-05744685-98) в количестве 1 %. Адгезионные свойства зависят от применяемых наполнителей, которые вводят с различными целями. Для улучшения качества жидкого стекла при варке в смесь вводили тонкомолотый кварцевый песок, соответствующий ГОСТ 8736-2014. При расчете состава жидкого стекла 10 % микрокремнезема заменили тонкомолотым кварцевым песком. Песок предварительно высушен и измельчен до остатка на сите № 008 50 %. Введение молотого песка позволило значительно улучшить однородность, увеличить нерасслаиваемость за счет повышения растворимости минеральной составляющей жидкого стекла. Введение ПАВ в комплексе с кварцевым песком в состав жидкого стекла позволило получить ровное прочное покрытие. Адгезия в этом случае составила 1 балл.

Известно, что для снижения плотности, улучшения теплозащитных свойств, повышения трещиностойкости огнезащитного покрытия широко используются материалы с низкой насыпной плотностью (вермикулиты, отходы металлургической промышленности) [2–4; 6; 12; 17]. Вспученный вермикулит благодаря своим высоким теплоизоляционным свойствам и способности к дегидратации является прекрасной основой для формирова-

ния различных по свойствам материалов, в том числе специальных покрытий, предназначенных для огнезащиты различных строительных конструкций [14; 15].

В качестве наполнителей для приготовления огнезащитных композиций использовали вспученный вермикулит и черные сланцы, которые являются сопутствующей породой, получаемой при добыче золота на территории Иркутской области [16]. Наполнители предварительно высушены до постоянной массы и измельчены на дисковом истирателе до остатка на сите № 008 50 %.

Технологический процесс получения жидкостекляной композиции включает следующие операции: получение жидкого стекла из микрокремнезема с добавлением тонкомолотого песка и поверхностно-активной добавки, последующее введение наполнителей в жидкое стекло (вермикулит, черные сланцы), совместное перемешивание с помощью высокоскоростного смесителя, разливание в емкости. Огнезащитное покрытие наносили на поверхность деревянного образца с помощью малярной кисти.

Теоретическими исследованиями установлено, что при наполнении полимеров микроструктура определяется закономерностями наполнения и характером адгезионного контакта [18]. Исследование закономерностей при наполнении жидких стекол и установление условий формирования адгезионного контакта «жидкое стекло – наполнитель» позволит управлять структурными характеристиками и, как следствие, свойствами жидкостекляной композиции.

Отмечено, что наполнение жидкого стекла тонкодисперсным веществом возможно до определенной степени, характеризуемой максимальным пределом насыщения, после которого происходит резкое снижение подвижности смеси. При дальнейшей минерализации усложняется однородное перемешивание, смесь начинает комковаться и теряет способность разжижаться при приложении внешней нагрузки, то есть становится нетехнологичной. Резкое снижение подвижности при достижении максимального предела насыщения обусловлено началом структурирования жидкого стекла. В основе этого явления лежат процессы адсорбции частиц полимеризующейся матрицы на зернах наполнителя [18]. При степени насыщения, превышающей максимальный предел, толщина прослоек связующего снижается вплоть до нарушения непрерывности сетчатой структуры, при этом возрастают силы

трения между частицами, снижается подвижность смеси, исчезают тиксотропные свойства.

Были исследованы закономерности наполнения жидких стекол из микрокремнезема и жидкого стекла из силикат-глыбы (ГОСТ 13078). В табл. 1 приведены закономерности наполнения жидкого стекла в зависимости от его вида и используемого наполнителя.

Таблица 1

*Пределы насыщения жидкого стекла наполнителями*

Жидкое стекло	Черные сланцы, масс. %	Вспученный вермикулит, масс. %
из микрокремнезема $n = 3; \rho = 1,25 \text{ г/см}^3$	50	40
из силикат-глыбы ГОСТ 13078	60	45

Для выявления эффективности работы наполнителей в составе с жидким стеклом проведены поисковые эксперименты. В качестве связующего использовали жидкое стекло из микрокремнезема и жидкое стекло по ГОСТ 13078. В первой серии экспериментов в качестве наполнителя использованы черные сланцы в количестве 10; 25 и 40 масс. %, остальное — жидкое стекло. Во второй серии экспериментов применялся вспученный вермикулит в количестве 10; 25 и 40 мас. %, остальное —

жидкое стекло. При проведении лабораторных экспериментов с применением разных наполнителей в составе сырьевой смеси на основе жидкого стекла исследованы разные технологические приемы повышения огнезащитной эффективности. Сырьевая смесь на основе жидкого стекла и вспученного вермикулита отличалась большей вязкостью, а слой нанесения получался большей толщины, нежели покрытие с использованием черных сланцев. Сырьевая смесь на основе жидкого стекла и черных сланцев отличалась меньшей вязкостью, более быстрым нанесением и более тонким слоем на поверхности деревянного образца. При температурном воздействии наблюдалось вспучивание огнезащитного состава с использованием черных сланцев.

На рис. 3 представлены графические зависимости, отражающие результаты экспериментов по определению адгезии для жидкостекольных композиций с различными наполнителями, на рис. 4 — графические зависимости огнезащитной эффективности для покрытий из жидкостекольных композиций.

В результате проведенных экспериментов установлено, что наилучшие показатели адгезии и огнезащитной эффективности жидкостекольных композиций достигнуты при использовании в качестве наполнителя черных сланцев.

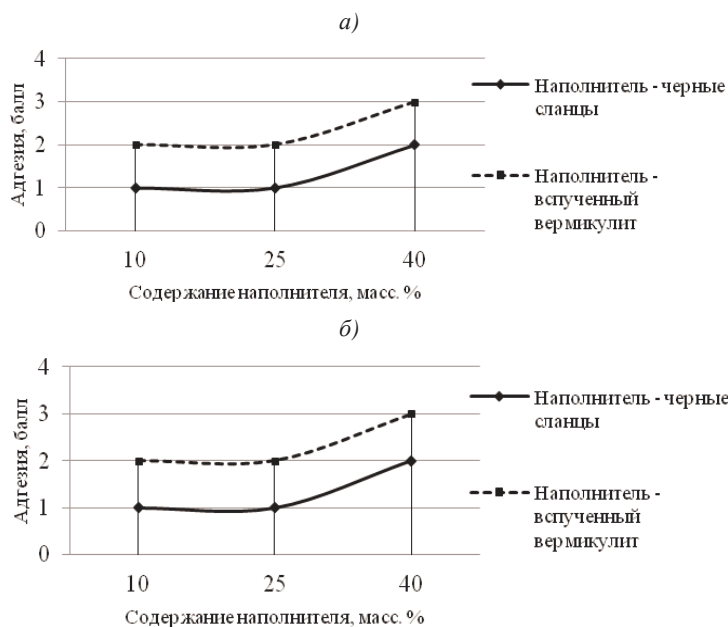


Рис. 3. Адгезия в зависимости от содержания наполнителя: а — жидкое стекло из микрокремнезема; б — жидкое стекло по ГОСТ 13078

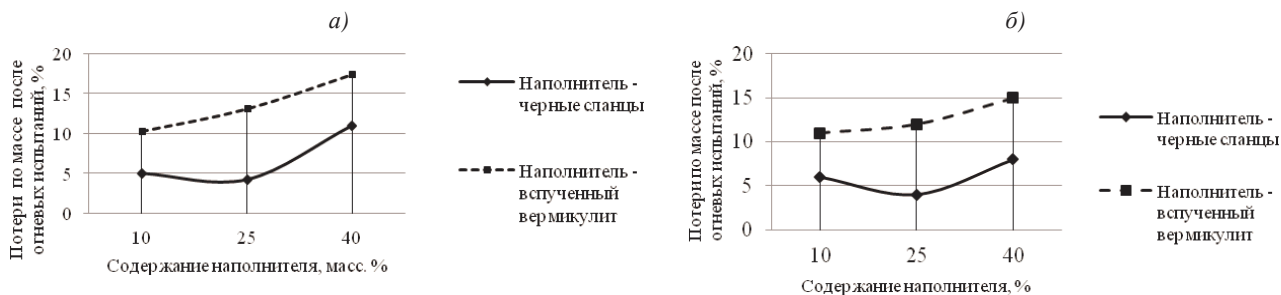


Рис. 4. Огнезащитная эффективность в зависимости от содержания наполнителя: а — жидкое стекло из микрокремнезема; б — жидкое стекло по ГОСТ 13078

Для улучшения адгезии и огнезащитной эффективности жидкостекольной композиции необходимо дополнительное введение добавки поверхностно-активного вещества в состав жидкостекольной композиции. Экспериментальными исследованиями [16; 19] установлено, что для улучшения адгезии и огнезащитной эффективности жидкостекольных композиций необходимо введение в состав сырьевой смеси добавки ПАВ в количестве 1–2 масс. %.

В ходе научных исследований и лабораторных экспериментов на кафедре строительного материаловедения и технологий Братского государственного университета проведен сравнительный анализ свойств огнезащитных покрытий на основе жидкого стекла, полученного по ГОСТ 13078, и жидкого стекла из микрокремнезема.

На рис. 5, 6 показано влияние содержания минерального наполнителя (черные сланцы) на огнезащитную эффективность (рис. 5) и адгезию жидкостекольных композиций (рис. 6) при использовании в качестве связующего жидкого стекла, полученного по ГОСТ 13078, и жидкого стекла из микрокремнезема. Судя по графической зависимости (рис. 5), потери по массе при огневых испытаниях значительно меняются после увеличения в составе количества наполнителя более 20 масс. %. При использовании в качестве связующего жидкого стекла из микрокремнезема увеличение количества наполнителя ведет к увеличению потерь по массе при огневых испытаниях. Это может быть связано с нарушением структуры материала в связи с избытком твердых частиц. В жидком стекле из микрокремнезема уже присутствует значительное количество твердых частичек нерастворенного микрокремнезема. Известно, что если в составе пеностекольной смеси будет избыток твердых частиц, то сумма поверхности пенных пленок окажется недостаточной, чтобы все твердые частицы разместились на них [18]. В данном случае происходит растрескивание и осыпание материала на ранних этапах теплового воздействия. Нарушение структуры материала также приводит к нарушению адгезионных свойств (рис. 6).

Можно отметить, что наилучшие свойства огнезащитного материала на основе жидкого стекла из микрокремнезема достигнуты при использовании в составе черных сланцев в количестве 20 масс. %. Огнезащитное покрытие на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078 характеризуется снижением потерь по массе при огневых испытаниях при содержании в составе черных сланцев в количестве 20–35 %. Дальнейшее увеличение содержания черных сланцев от 35 до 50 масс. % не оказывает существенного влияния на огнезащитные свойства. Таким образом, наилучшие свойства огнезащитного материала на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078 достигнуты при использовании в составе черных сланцев в количестве 20–25 масс. %.

На рис. 7, 8 представлены графические зависимости, отражающие влияние количественного содержания добавки ПАВ на огнезащитную эффективность (рис. 7) и адгезию (рис. 8) жидкостекольных композиций. Представленные графические зависимости подтверждают, что при использовании в качестве связующего жидкого стекла из микрокремнезема наилучшие показатели огнезащитной эффективности и адгезион-

ные свойства материала достигнуты при использовании добавки ПАВ в количестве 1–2 масс. %. Для составов на жидком стекле по ГОСТ 13078 оптимальным является содержание добавки ПАВ в количестве 1 %.

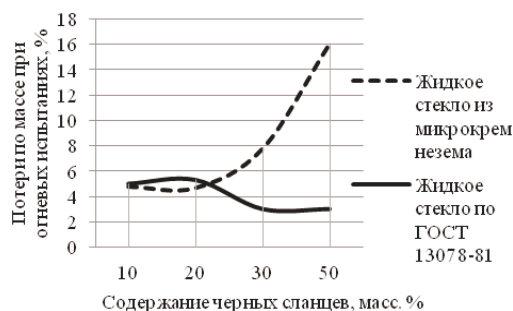


Рис. 5. Влияние количественного содержания черных сланцев на огнезащитную эффективность жидкостекольных композиций

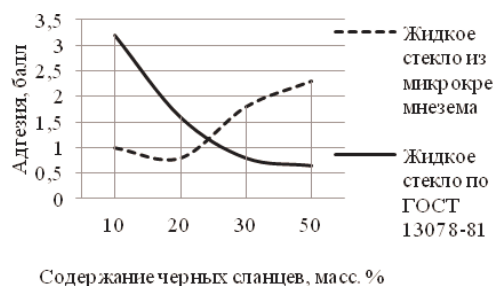


Рис. 6. Влияние количественного содержания черных сланцев на адгезию жидкостекольных композиций

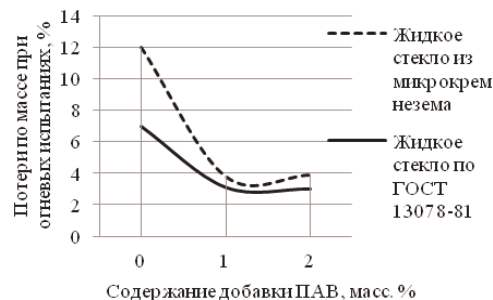


Рис. 7. Влияние количественного содержания ПАВ на огнезащитную эффективность жидкостекольных композиций

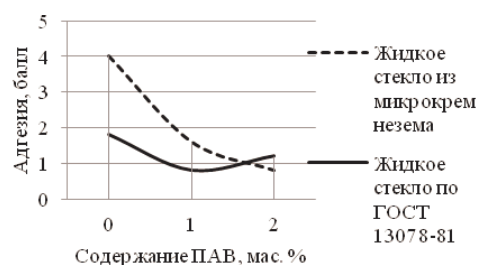


Рис. 8. Влияние количественного содержания ПАВ на адгезию жидкостекольных композиций

На основе проведенных исследований установлено, что жидкое стекло из микрокремнезема, приготовленное по низкотемпературной технологии, является эффективным связующим при получении огнезащитного покрытия для древесины, обеспечивая 1-ю группу огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363-98.

В настоящей работе проведены исследования изменения адгезии жидкостекольной композиции к дере-

вянной поверхности в зависимости от влажности древесины.

Образцы древесины размером 30x60x150 мм предварительно были высушены в сушильном шкафу при температуре 60 °С до постоянной массы, затем образцы помещали в специально подготовленные эксикаторы.

Влажность образцов после выдерживания в эксикаторе измеряли с помощью игольчатого измерителя влажности ИВ-60 (660). Для контроля измерений влажность вычисляли по формуле согласно ГОСТ 16483.7-71:

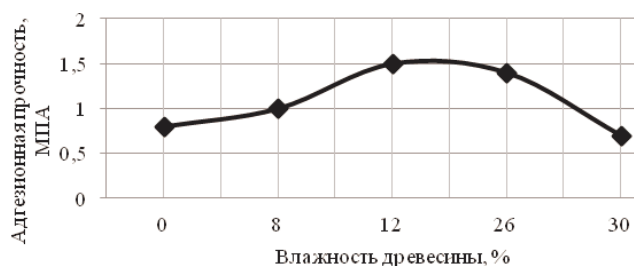
$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\% ,$$

где  $W$  — влажность, %;  $m_1$  — масса влажного образца, г;  $m_2$  — масса абсолютно сухого образца, г.

В зависимости от времени выдерживания в эксикаторе достигнута влажность образцов 8, 12, 26 и 30 %.

Жидкостекольную композицию наносили кистью в три слоя на поверхность образцов с разной влажностью. Образцы с нанесенным покрытием высушивались в естественных условиях при комнатной температуре. Через 15 суток после обработки огнезащитным составом проводили испытания на адгезию методом отрыва стальных дисков с использованием адгезиметра ОНИКС-АП 477.

На основе проведенных исследований построена графическая зависимость, отражающая влияние влажности древесины на адгезионную способность жидкостекольной композиции (рис. 9).



**Рис. 9.** Изменение адгезионной прочности жидкостекольной композиции в зависимости от влажности древесины до ее обработки

Исходя из результатов исследований (рис. 9), можно сделать следующий вывод: влажность древесины перед нанесением огнезащитной композиции оказывает существенное влияние на конкретные правила проведения огнезащитной обработки. Так, для покрытия жидкостекольной композицией оптимальным пределом является влажность древесины от 12 до 26 %. Это подтверждается тем, что равновесная влажность 25 % близка к пределу насыщения древесины и, соответственно, связанная влага в этом случае максимально размягчает ткани древесины, способствуя более равномерному распределению жидкостекольной композиции в порах. Более низкую адгезионную прочность при обработке абсолютно сухой древесины можно объяснить тем, что при низкой влажности происходит усушка, и за короткое время огнезащитные составы не способны размягчить (увлажнить) поверхность и обеспечить равномерное покрытие по всей поверхности древесины. Это также объясняется тем, что сухая древесина не находится в коллоидном состоянии, а является застеклованной [20]. Повышение влажности древесины свя-

ше 26 % ведет к снижению адгезионной прочности жидкостекольной композиции. Можно предположить, что при такой влажности уже насыщенные микрокапилляры клеточной стенки древесины и макрокапилляры несвободны, что не обеспечивает благоприятные условия для покрытия огнезащитным составом.

### Заключение

На основе проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Разработана жидкостекольная композиция для защиты древесины от возгорания с использованием в качестве связующего жидкого стекла из микрокремнезема, приготовленного по низкочастотной технологии путем растворения микрокремнезема в растворе щелочи.

2. Получена жидкостекольная композиция на основе названного связующего с использованием в качестве наполнителя черных сланцев и добавки ПАВ.

3. Полученная жидкостекольная огнезащитная композиция позволяет обеспечить качественное покрытие с повышенной адгезионной прочностью для различных деревянных поверхностей (гладких, шероховатых, со всеми выступами и неровностями), вспучивающееся при воздействии высоких температур и обеспечивающее 1-ю группу огнезащитной эффективности.

4. Экономическая эффективность и технологичность жидкостекольной композиции обусловлены малым количеством компонентов, а также использованием доступного сырья высокой степени технологической готовности.

### Литература

1. Маковой В.А. Направления развития огнезащиты материалов, изделий и конструкций, огнезащитных веществ и материалов // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2016. № 1 (25). С. 6-13.
2. Казанская Л.И., Абдуллин И.А., Валеев Н.Х. Разработка огнезащитного покрытия для деревянных конструкций // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2010. № 11. С. 67-74.
3. Гвоздева О.Н. Огнезащитные составы на основе жидкого стекла и расширяющегося графита // Строительные материалы. 2004. № 4. С. 33-35.
4. Перцев В.Т., Зайцев А.Н., Никулина Т.Д. Огнезащитное покрытие специального назначения на основе силикатного связующего // Интерстроймех 2004: материалы междунар. науч.-технической конф. Воронеж, 2004. С. 211.
5. Белых С.А., Лебедева Т.А., Зайцева Ю.В., Красичкова К.В. Сырьевая смесь для изготовления жаростойкого ячеистого материала: пат. 2278087 Рос. Федерация. № 2005101497/03, заявл. 25.01.05; опубл. 20.06.06, Бюл. № 17. 3 с.
6. Белых С.А., Лебедева Т.А., Трофимова О.В. Малоэнергетическая технология получения жаростойкого материала на основе наполненного жидкого стекла // Перспективные материалы в строительстве и технике (ПМСТ-2014): материалы междунар. науч. конф. молодых ученых. Томск, 2014. С. 255-259.
7. Новоселова Ю.В. Управление свойствами огнезащитного покрытия для древесины // Материалы XIII (XXXV) Всероссийской научно-технической конференции «Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири». Братск, 2014. С. 85-86.
8. Белых С.А., Новоселова Ю.В. Оптимизация составов сырьевой смеси при получении огнезащитного покрытия для древесины на основе жидкого стекла и местных сырьевых ресурсов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 87-94.

9. Бельх С.А., Новоселова Ю.В., Скоков Д.В. Огнезащитное покрытие для древесины на основе жидкого стекла и тонкодисперсных отходов промышленности // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 2. С. 176-182.

10. Бельх С.А., Новоселова Ю.В. Особенности получения огнезащитного покрытия для древесины на основе жидкого стекла // Материалы VI(XII) Всероссийской научно-технической конференции «Молодая мысль: наука, технологии, инновации». Братск, 2014. С. 15-17.

11. Бельх С.А., Новоселова Ю.В. Свойства огнезащитных покрытий для древесины на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078-81 и жидкого стекла из микрокремнезема, полученного по упрощенной низкзатратной технологии // Научное издание «Технологии функциональных материалов: тез. докл. междунар. науч.-технической конф., 18-20 июня 2014 г. СПб., 2014. С. 75-78.

12. Еремина Н.В., Авакумов Е.Г., Зелинский В.Ю. Жидкостекляная огнезащитная композиция на основе механически активированного глинозема // Стекло и керамика. 2005. № 2. С. 28-30.

13. Воевода С.С., Макаров С.А., Молчанов В.П., Бастриков Д.Л., Крутов М.А. Закономерности смачивания горючих материалов водой и водными растворами смачивателей // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20, № 5. С. 36-40.

14. Васильевская Н.Г., Енджиевская И.Г., Слакова О.В., Баранова Г.П. Теоретические аспекты процесса вспучивания вермикулита татарского месторождения // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер. Техника и технологии. 2012. Т. 5, № 3. С. 294-300.

15. Енджиевская И.Г., Васильевская Н.Г., Слакова О.В. Составы для огнезащитных покрытий на основе вспученного вермикулита татарского месторождения // Вестн. Том. гос. архит.-строит. ун-та. 2012. № 1. С. 117-122.

16. Бельх С.А., Новоселова Ю.В. Жидкостекляная композиция для защиты древесины от возгорания // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 1 (29). С. 120-126.

17. Бельх С.А., Новоселова Ю.В. Обоснование выбора сырьевых компонентов при получении огнезащитного материала для древесины на основе жидкого стекла // Материалы II Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь, наука, технологии: идеи и перспективы (МНТ-2015)». Томск, 2015. С. 475-478.

18. Лебедева Т.А. Ячеистые стеновые материалы на основе минерализованных пен из жидкого стекла: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2004. 28 с.

19. Бельх С.А., Новоселова Ю.В. Разработка состава и способа получения огнезащитного материала для древесины на основе силикат-натриевых композиций // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 4 (28). С. 124-132.

20. Тычино Н.А. Особенности практического применения огне- и биозащитных средств для пропитки древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2002. Т. 11, № 6. С. 38-43.

#### References

1. Makovei V.A. Directions of the materials, products and designs, fireproof substances and materials fire protection development // Chrezvychainye situatsii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost'. 2016. № 1 (25). P. 6-13.

2. Kazanskaya L.I., Abdullin I.A., Valeev N.Kh. Fireproof covering for wooden designs elaboration // Herald of Kazan Technological University. 2010. № 11. P. 67-74.

3. Gvozdeva O.N. Flame retardants based on liquid glass and the expanding graphite // Stroitel'nye materialy. 2004. № 4. P. 33-35.

4. Pertsev V.T., Zaitsev A.N., Nikulina T.D. Special fire-resistant coating based on silicate binders // Interstroimekh 2004: materialy mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf. Voronezh, 2004. P. 211.

5. Belykh S.A., Lebedeva T.A., Zaitseva Yu.V., Krasichkova K.V. Raw mix for the heat-resistant cellular material production: pat. 2278087 Ros. Federatsiya. № 2005101497/03, zayavl. 25.01.05; opubl. 20.06.06, Byul. № 17. 3 p.

6. Belykh S.A., Lebedeva T.A., Trofimova O.V. Low-powerintensive technology of heat-resistant material receiving on the basis of the filled liquid glass // Perspektivnye materialy v stroitel'stve i tekhnike (PMST-2014): materialy mezhdunar. nauch. konf. molodykh uchenykh. Tomsk, 2014. P. 255-259.

7. Novoselova Yu.V. Management of fireproof covering properties for wood // Materialy XIII (XXXV) Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri». Bratsk, 2014. P. 85-86.

8. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Raw mix compositions optimization when receiving a fireproof covering for wood on the basis of liquid glass and local raw material resources // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2014. Т. 1. P. 87-94.

9. Belykh S.A., Novoselova Yu.V., Skokov D.V. A fireproof covering for wood on the basis of liquid glass and fine waste of the industry // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2013. Т. 2. P. 176-182.

10. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Features of fireproof covering receiving for wood on the basis of liquid glass // Materialy VI(XII) Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Molodaya mysl': nauka, tekhnologii, innovatsii». Bratsk, 2014. P. 15-17.

11. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Properties of fireproof coverings for wood on the basis of liquid glass in accordance with GOST 13078-81 and liquid glass made of the microsilicon dioxide received on the simplified low-cost technology // Naukoemkie tekhnologii funktsional'nykh materialov: tez. dokl. mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf., 18-20 iyunya 2014 g. SPb., 2014. P. 75-78.

12. Eremina N.V., Avakumov E.G., Zelinskiy V.Yu. Liquid glass fire resistant composition based on mechanically activated alumina // Glass and ceramics. 2005. № 2. P. 28-30.

13. Voevoda S.S., Makarov S.A., Molchanov V.P., Batrikov D.L., Krutov M.A. Regularities of combustible materials wetting with water and water solutions of wetting agents // Fire & Explosion Safety. 2011. Т. 20, № 5. P. 36-40.

14. Vasilovskaya N.G., Endzhievskaya I.G., Slakova O.V., Baranova G.P. Theoretical aspects of process of expansion of vermiculite Tartar deposits // Journal of Siberian Federal University. Ser. Engineering & Technologies. 2012. Т. 5, № 3. P. 294-300.

15. Endzhievskaya I.G., Vasilovskaya N.G., Slakova O.V. Formulations for fire-resistant coatings based on exfoliated vermiculite Tartar deposits // Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building. 2012. № 1. P. 117-122.

16. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Liquid glass composition for protection of wood against ignition // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2016. № 1 (29). P. 120-126.

17. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Justification of the choice of input products when receiving fireproof material for wood on the basis of liquid glass // Materialy II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh «Molodezh', nauka, tekhnologii: idei i perspektivy (MNT-2015)». Tomsk, 2015. P. 475-478.

18. Lebedeva T.A. A wire Mesh wall materials on the basis of mineralized foams from liquid glass: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Tomsk, 2004. 28 p.

19. Belykh S.A., Novoselova Yu.V. Structure development and the way of fireproof material receiving for wood on a basis silicate - sodium compositions // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2015. № 4 (28). P. 124-132.

20. Tychino N.A. Features practical application of fire and bio protective equipment for the impregnation of wood // Fire & Explosion Safety. 2002. Т. 11, № 6. P. 38-43.