

## Жидкостекольная композиция для защиты древесины от возгорания

С.А. Белых<sup>a</sup>, Ю.В. Новоселова<sup>b</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>sveta.belyh@mail.ru, <sup>b</sup>zaika21@mail.ru

Статья поступила 28.12.2015, принята 18.01.2016

*В рамках проведенного исследования, с помощью рентгенофазового анализа, определен качественный и количественный фазовый состав черных сланцев, а также обосновано их применение в качестве огнестойкого наполнителя при получении жидкостекольной композиции для защиты древесины от возгорания. В лабораторных условиях выявлены реологические свойства сырьевой смеси, огнезащитные свойства и коэффициент вспучивания полученного материала. Показана зависимость между количеством наполнителя и изменением коэффициента вспучивания огнезащитного материала. Проведен сравнительный анализ огнезащитной эффективности материала применительно к разным сортам древесины. При толщине слоя 0,2–0,3 мм расход состава жидкостекольной композиции составляет 0,35–0,5 кг/м<sup>2</sup>. Установлено, что полученная композиция для защиты древесины от возгорания позволяет обеспечить повышенную адгезионную прочность к различным деревянным поверхностям — как гладким, так и шероховатым, со всеми выступами и неровностями, без предварительной подготовки. Данное покрытие вспучивается при воздействии высоких температур и обеспечивает I группу огнезащитной эффективности.*

**Ключевые слова:** огнезащита; черные сланцы; вязкость; адгезионная прочность; коэффициент вспучивания; огнезащитная эффективность.

## Sodium silicate composition for fire protection of timber

S.A. Belyh<sup>a</sup>, Yu.V. Novoselova<sup>b</sup>

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>sveta.belyh@mail.ru, <sup>b</sup>zaika21@mail.ru

Received 28.12.2015, accepted 18.01.2016

*The phase constitution of black shales has been identified with the help of X-ray phase analysis. Their use as fireproof fillers has been justified when receiving sodium silicate composition for fire protection of timber. Rheological properties of a raw mixture have been revealed in laboratory conditions as well as fireproof properties and bloating coefficient. The relationship between the quantity of the filler and the change of bloating coefficient of the fireproof material has been shown. Comparative analysis of the material fireproof efficiency has been done in relation to various timber grades. The consumption of sodium silicate composition has been 0.35–0.5 kg/sq.m at the layer thickness of 0.2–0.3 mm. It has been found out that the sodium silicate composition received for fire protection of timber allows getting porous coating with the increased adhesive durability for various timber surfaces, both smooth and rough, with all ledges and roughness without having preliminary preparation. The coating bloats under high temperatures and provides I group of fireproof efficiency.*

**Key words:** fire protection; black shales; viscosity; adhesive durability; bloating coefficient; fireproof efficiency.

### Введение

Огнезащита зданий и сооружений является одним из важнейших направлений деятельности проектировщиков, строителей и государственных органов, осуществляющих противопожарный надзор. Федеральный закон Российской Федерации № 117-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”» вступил в силу 12 июля 2012 г. В новой редакции ФЗ № 123 ужесточены требования по обеспечению пожарной безопасности социальных объектов, однако ежегодная статистика МЧС по пожарам неутешительна. Ежедневно в России происходит в среднем 418 пожаров, при которых гибнут 40 и получают травмы 34 человека [1], материальный ущерб от пожаров исчисляется миллиардами рублей. По статистике, одной из главных причин возникновения пожаров является возгорание дре-

весных и целлюлозных материалов, происходящее от неосторожного обращения с огнем, неисправности электроприборов и др. Во время пожара счет идет на минуты, и цена этим минутам, как правило, человеческая жизнь. Поэтому при проектировании и строительстве должны быть предусмотрены такие инженерно-технические решения, которые предотвратят в случае пожара распространение огня и обеспечат возможность эвакуации людей до наступления угрозы их жизни и здоровью. В мировой практике получило распространение производство строительных материалов с повышенной устойчивостью в условиях пожара, а также огнезащитных покрытий для повышения огнестойкости древесины в готовых конструкциях.

Анализ существующих огнезащитных составов для древесины показывает, что при их разработке и подборе исходных компонентов возникают проблемы взаи-

действия огнезащитного состава с древесинным веществом, которые зависят от вида древесины, качества поверхности и вязкости огнезащитного состава. С другой стороны, выбор компонентов влияет на обеспечение требуемой огнезащитной эффективности, экологической безопасности, экономической целесообразности [2–4].

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, а также вторичные минеральные ресурсы, обладают стабильным химическим составом и физическими свойствами, определяющими основные направления их применения [4–8].

Один из крупнотоннажных отходов, 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.

Известно, что жидкое стекло составляет основу жаростойких материалов и огнезащитных покрытий [5–7]. Жидкое стекло обладает высокой температуростойкостью и является одним из наиболее перспективных и доступных вяжущих для изготовления огнезащитных составов с высокой адгезией ко многим материалам.

**Целью настоящей работы** является разработка состава и технологии получения жидкостекляной композиции для защиты древесины от возгорания. Для достижения цели в работе поставлены следующие задачи:

- 1) оценка возможности применения местных сырьевых ресурсов;
- 2) исследование черных сланцев как наполнителя в составе жидкостекляной композиции;
- 3) разработка и оптимизация составов для получения жидкостекляной композиции;
- 4) научное обоснование количественного и вещественного содержания компонентов полученного огнезащитного материала;
- 5) разработка технологии получения жидкостекляной композиции;
- 6) изучение реологических свойств сырьевой смеси, огнезащитной способности, адгезионной прочности и в целом эффективности жидкостекляной композиции для различных деревянных поверхностей.

**Экспериментальная часть.** Для получения огнезащитного покрытия в качестве связующего использованы натриевое жидкое стекло из силикат-глыбы, полученное по ГОСТ 13078, и жидкое стекло из микрокремнезема, изготовленное согласно утвержденному технологическому регламенту по так называемому «мокрому» способу, путем растворения микрокремнезема — отхода Братского завода ферросплавов в растворе щелочи (ТУ 2145-001-00279491). Использовано жидкое стекло с силикатным модулем  $n = 3$  и плотностью  $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$  как обеспечивающее наилучшие реологические свойства и показатели огнезащитной

эффективности. В работах [2–4; 8; 9] при получении огнезащитной композиции для древесины авторами показана возможность использования в качестве связующего жидкого стекла из микрокремнезема.

Для модификации жидкого стекла при варке использовали добавку тонкомолотого кварцевого песка, что позволило значительно улучшить свойства исследуемого материала. При расчете состава жидкого стекла 10 % микрокремнезема заменили тонкомолотым кварцевым песком. Песок предварительно высушен и измельчен до остатка на сите № 008 — 50 %. Таким образом удалось повысить активность и, следовательно, растворимость минеральной составляющей жидкого стекла, что положительно повлияло на адгезионную способность огнезащитной композиции [10]. При ее разработке большое внимание уделено достижению оптимальной адгезионной прочности, которая позволила обеспечить смачивание различных деревянных поверхностей — как гладких, так и шероховатых, со всеми выступами и неровностями, без применения для этого предварительной подготовки [10].

Известно, что без добавок смачивателей капля или слой раствора практически не обеспечивают необходимое условие смачивания гидрофобной поверхности. В работе [11] подробно рассмотрены процессы смачивания поверхностей горючих материалов растворами. Добавление в раствор молекул поверхностно-активных веществ — смачивателей резко уменьшает краевой угол смачивания жидкостью твердой поверхности. По мере увеличения концентрации поверхностно-активных веществ форма капли будет меняться, а угол смачивания — постепенно уменьшаться от  $180 \dots 150$  до  $90^\circ$ . При достижении  $90^\circ$  и менее произойдет качественное изменение состояния капли: она начнет постепенно растекаться по поверхности и одновременно впитываться, проникая в поры твердого материала [11]. Для улучшения адгезионных свойств жидкостекляной композиции использована добавка поверхностно-активного вещества (ПАВ) «ПО-6» [ТУ 0258-148-05744685-98] — биоразлагаемый пенообразователь, представляющий собой состав водного раствора триэтаноламиновых солей первичных алкилсульфатов со стабилизирующими добавками.

На основе лабораторных экспериментов авторами установлена эффективность черных сланцев как огнестойкого наполнителя при получении жидкостекляной композиции для защиты древесины от возгорания [2–4; 8–10; 12]. Черные сланцы образуются в результате метаморфизма осадочных пород с повышенным содержанием органической составляющей. В настоящей работе использованы черные сланцы, которые являются сопутствующим продуктом, получаемым при добыче золота в центральной части Ленского золоторудного района, приблизительно в 850 км от Иркутска.

Известно, что органические примеси при обжиге способствуют созданию восстановительной среды, что благоприятствует протеканию окислительно-восстановительных реакций. Оксиды железа определяют окислительно-восстановительные реакции при обжиге и создают благоприятные условия для интенсивного вспучивания сырья. Процессы вспучивания черных сланцев в результате реакции разложения и

восстановления окислов железа при их взаимодействии с органическими примесями изучены и использованы для получения легкого заполнителя [13].

Важным фактором, способствующим повышению вспучиваемости шихты при обжиге, является дисперсность сырья и связанный с нею рост химической активности ингредиентов. Вспучиваемость жидкостекольной композиции с черными сланцами дает дополнительное преимущество огнезащитному составу.

В качестве огнестойкого наполнителя использованы черные сланцы с усредненным химическим составом, масс. %:  $\text{SiO}_2$  — 59,1;  $\text{TiO}_2$  — 0,95;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 16,55;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 2,75;  $\text{FeO}$  — 4,6;  $\text{CaO}$  — 1,83;  $\text{MgO}$  — 3,15;  $\text{MnO}$  — 0,09;  $\text{K}_2\text{O}$  — 2,6;  $\text{Na}_2\text{O}$  — 1,45;  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 0,21;  $\text{CO}_2$  — 2,6.

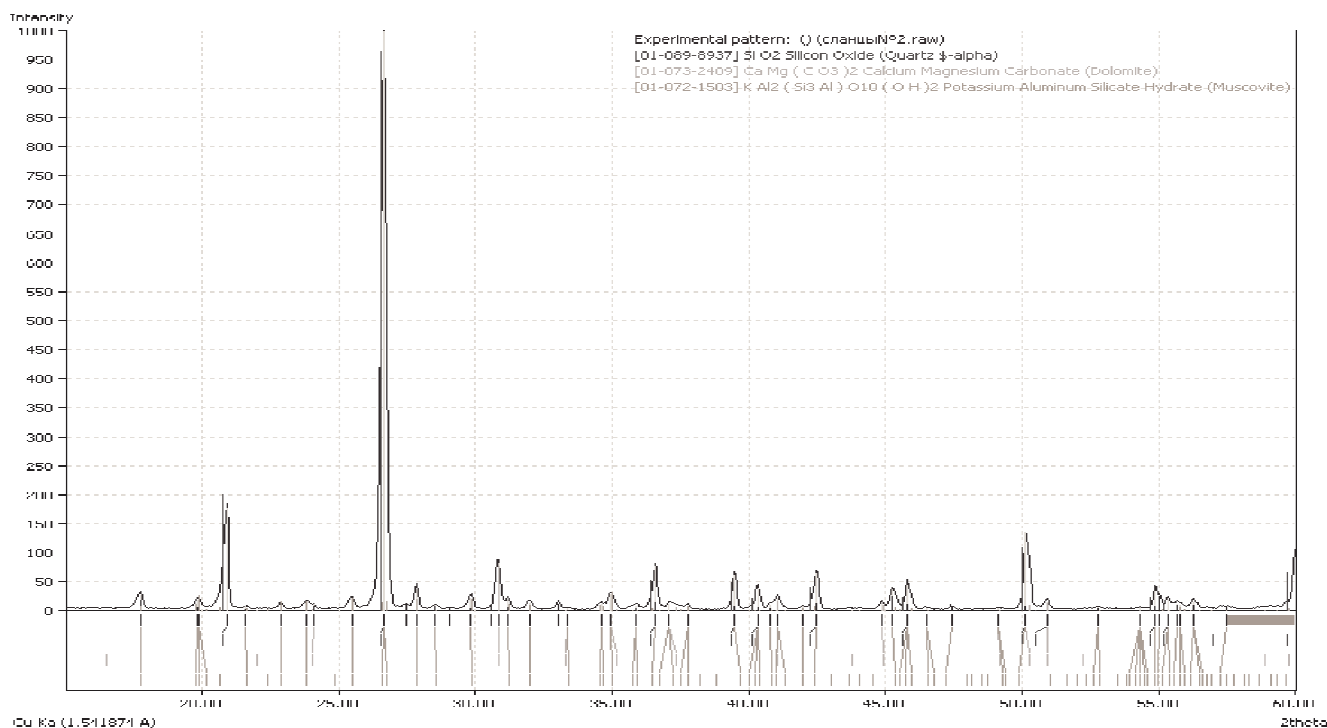


Рис. 1. Рентгенограмма черных сланцев

Эффективность огнезащитной композиции определяли на экспериментальных образцах древесины сосны и лиственницы размером 30x60x150 мм, предварительно высушенных до постоянной массы. Технологический процесс получения жидкостекольной композиции для защиты древесины от возгорания включает следующие операции: получение жидкого стекла из микрокремнезема с добавлением тонкомолотого песка и поверхностно-активной добавки; последующее введение добавки ПАВ и постепенное введение наполнителя в жидкое стекло (черные сланцы) при постоянном перемешивании с помощью высокоскоростного смесителя; разливка в емкости.

Огнезащитное покрытие наносили на поверхность деревянных образцов с помощью малярной кисти.

Условную вязкость состава сырьевой смеси определяли в лабораторных условиях, используя вискозиметр для определения вязкости лакокрасочных материалов ВЗ-4 (ГОСТ 9070-75Н). Сущность данного метода заключается в определении времени истечения компози-

С помощью рентгенофазового анализа определен, качественно и количественно, фазовый состав черных сланцев. Использована база данных ICDD PDF-2. По результатам рентгенофазового анализа черных сланцев (рис. 1) в составе кристаллической фазы по дифракционным максимумам определены  $\alpha$ -кварц ( $\text{SiO}_2$ ), мусковит ( $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) и доломит ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).

Все присутствующие минералы являются температуростойкими и используются в огнеупорной промышленности. Данным исследованием обосновано применение черных сланцев в качестве огнестойкого наполнителя при получении жидкостекольной композиции для защиты древесины от возгорания.

ционной смеси объемом 100 см<sup>3</sup> через отверстие сопла диаметром 4 мм. При получении огнезащитного покрытия проведены экспериментальные исследования по достижению оптимальной вязкости состава, обеспечивающей равномерное нанесение и качественное покрытие.

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 с разными составами оценивали с помощью экспериментальной лабораторной установки. Для этого в течение 2 мин образец древесины с нанесенным покрытием подвергали воздействию огня по методу «огневой трубы» при высоте пламени газовой горелки 23–25 см. После огне-

вых испытаний высчитывалась в процентном содержании потеря массы исследуемого образца.

Коэффициент вспучивания огнезащитного покрытия определяли как отношение толщины вспученного слоя  $h$  к исходной толщине покрытия  $h_0$  согласно ГОСТ Р 12.3.047-98 (Приложение Ф).

В работе [14] с применением методов математического моделирования авторами оптимизированы составы огнезащитного покрытия для древесины. Исследование показало, что необходимое условие смачивания древесины соблюдается при введении в состав сырьевой смеси поверхностно-активного вещества в количестве 1 %.

На основе проведенных исследований установлено, что оптимальная вязкость сырьевой смеси, позволяющая обеспечить равномерное нанесение и качественное покрытие различных деревянных поверхностей, достигнута при содержании в составе от 10 до 25 % черных сланцев. Вязкость данной сырьевой смеси позволит обеспечить равномерное нанесение огнезащитной композиции на любые деревянные поверхности (гладкие, шероховатые, со всеми выступами и неровностями). При этом предел текучести, характеризующий сопротивление огнезащитного состава сдвигу и указывающий на количество огнезащитной композиции, не стекающей под собственным весом на вертикально ориентированной деревянной поверхности, составил от 10 до 15 г/100 см<sup>2</sup>. Нанесение жидкостекольной композиции в три слоя позволило получить замкнутые поры и сократить протяженность сквозных пор, что значительно улучшило показатели огнезащитной эффективности разработанного материала.

В работе [15] проанализированы свойства огнезащитных покрытий для древесины на основе жидкого стекла по ГОСТ 13078 и жидкого стекла из микрокремнезема, полученного по упрощенной низкотемпературной технологии.

В работе [16] авторами оптимизированы составы огнезащитных материалов для древесины в зависимости от используемого связующего. Наилучшие свойства огнезащитного материала на основе жидкого стекла из микрокремнезема достигнуты при использовании в составе черных сланцев в количестве 10–25 масс. % и добавки поверхностно-активного вещества в количестве 1–2 масс. %. Для составов на жидком стекле по ГОСТ 13078 наилучшие показатели огнезащитной эффективности достигнуты при использовании в составе черных сланцев в количестве 25–50 масс. % и добавлении поверхностно-активного вещества в количестве 1 %.

Известно, что вспученный вермикулит благодаря своим высоким теплоизоляционным свойствам и способности к дегидратации является прекрасной основой для формирования различных по свойствам материалов, в том числе специальных покрытий, предназначенных для огнезащиты различных строительных конструкций [17; 18]. При проведении экспериментов с применением огнестойких наполнителей в составе сырьевой смеси на основе жидкого стекла в работе [19] 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. В результате проведенных экспериментов [19] авторами установлено, что составы с применением черных сланцев показали лучшие адгезионные свойства к деревянной поверхности и показатели огнезащитной эффективности, чем составы с применением вспученного вермикулита.

В табл. 1 представлены разработанные авторами составы жидкостекольных композиций для защиты древесины от возгорания, в табл. 2 показаны свойства разработанных огнезащитных материалов в зависимости от используемого сорта древесины. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что при использовании образцов древесины лиственницы наблюдаются меньшие потери массы после огневых испытаний в сравнении с образцами сосны. По-видимому, многие эффекты тепловыделения являются следствием разной динамики обугливания древесины различных видов, разной плотности древесины, структурных особенностей поверхностных слоев кокса, их способности к окислению.

Анализ литературных данных [20] показал, что образцам древесины хвойных пород присущи более короткое время воспламенения и время достижения пикового значения на первой стадии пламенного горения по сравнению с образцами лиственных пород. Экспериментальные исследования распространения пламени по поверхности древесных материалов [20] показали, что не только условия внешнего теплового воздействия, но и разнородность древесины влияют на характеристики распространения пламени. Влияние разнородности древесины в некоторой степени прослеживается при рассмотрении значений так называемого «индекса распространения пламени» (ИРП). Этот индекс по ГОСТ 12.1.044-89, п. 4.19, применяется для классификации строительных материалов по их способности распространять пламя по поверхности в контролируемых условиях. Строительные материалы по значению ИРП подразделяют на три класса: I — с индексом 0-25; II — 26-75; III — 76-200 и выше. Так, древесина сосны имеет индекс распространения пламени 75-82, что соответствует III классу, а для лиственницы ИРП составляет 55-74 (II класс).

Термическое разложение материалов является определяющей стадией в процессе их горения. Как было рассмотрено в работе [20], такие параметры, как температура разложения древесины, средняя скорость образования летучих продуктов, выход коксового остатка, жидкой и газовой фракций зависят от соотношения компонентов древесины. Например, температура начала разложения снижается, когда возрастает суммарное содержание гемицеллюлозы и экстрагируемых веществ по отношению к содержанию целлюлозы. Выход карбонизованного остатка растет с увеличением содержания лигнина. Выход жидкой, смолистой фракции зави-



сит от участия в пиролизе голоцеллюлозы. Таким образом, можно сделать вывод, что не только структурные различия разных пород древесины, их плотность, но главным образом химический состав оказывает влияние на процессы, связанные с развитием горения этого материала.

Таблица 1

*Составы жидкостекольной композиции для защиты древесины от возгорания*

Состав	Состав сырьевой смеси, масс. %		
	1	2	3
Жидкое стекло	73	83,5	89
ПАВ «ПО-6»	2	1,5	1
Черные сланцы	25	15	10

Таблица 2

*Свойства огнезащитных покрытий для древесины*

Свойства покрытий	Состав		
	1	2	3
Огнестойкость, потеря массы при возгорании, %			
Сосна	4,8	4,5	5,1
Лиственница	3,5	3,2	3,9
Адгезия к деревянной поверхности, баллов	1	1	1
Расход состава, кг/м <sup>2</sup>	0,5	0,45	0,35
Количество слоев нанесения	3	3	3
Условная вязкость смеси, сек (по вискозиметру ВЗ-4)	33	30	28
Коэффициент вспучивания, раз	13	15	10

В результате проделанной работы исследованы вспучивания жидкостекольной композиции в зависимости от количества введенного наполнителя. Коэффициент вспучивания характеризует степень изменения объема покрытия при вспучивании. Большой степени вспучивания соответствует меньшая теплопроводность вспененного кокса. Огнезащитные свойства жидкостекольной композиции проявляются за счет увеличения толщины слоя и изменения теплофизических характеристик при интенсивном тепловом воздействии в огневых условиях. Вспученный слой действует как физический барьер для подвода тепла от пламени к нижележащим слоям покрытия и защищаемой поверхности, уменьшая теплопередачу в десятки раз. Образующийся пористый слой обугливается, и покрытие является теплоизоляционным слоем между источником тепла и защищаемой поверхностью. Объем образовавшегося обугленного слоя в зависимости от количества введенного наполнителя составил до 15 первоначальных объемов покрытия. Изменение коэффициента вспучивания жидкостекольной композиции наблюдалось независимо от используемого сорта древесины. На рис. 2 представлена графическая зависимость, отражающая результаты экспериментов по исследованию

влияния количества наполнителя на изменение коэффициента вспучивания жидкостекольной композиции.

Анализ литературных данных [21–22] показал, что важным показателем огнезащитной эффективности материала является толщина огнезащитная эффективность. Из проведенных исследований [21–22] известно, что эмпирическая зависимость предельного времени нагрева конструкции от толщины вспенивающегося покрытия имеет вид параболы, т. е. предельное время нагрева возрастает с ростом толщины исходного покрытия в степени  $\frac{1}{2}$ .

Таким образом, можно сделать вывод, что при коэффициенте вспучивания огнезащитной композиции в 15 раз можно увеличить предельное время нагрева в 4 раза.

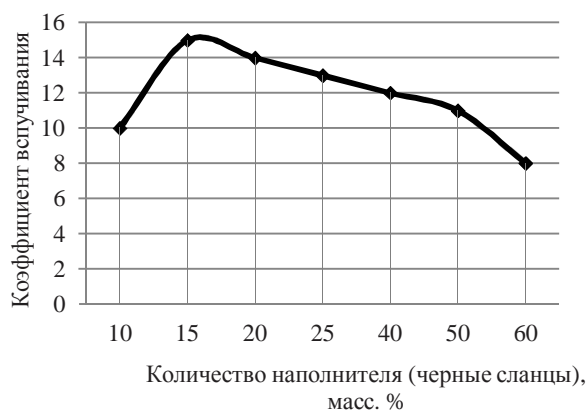


Рис. 2. Изменение коэффициента вспучивания жидкостекольной композиции в зависимости от количества наполнителя

### Заключение

На основе проведенных исследований получены следующие результаты:

- теоретически обоснованы и разработаны состав, а также технология получения жидкостекольной композиции для защиты древесины от возгорания;
- впервые разработана жидкостекольная композиция для защиты древесины от возгорания с использованием в качестве наполнителя черных сланцев, которые отличаются меньшей стоимостью по сравнению с существующими аналогами. Их использование позволит расширить номенклатуру и удешевить устройство огнезащиты различных деревянных конструкций;
- впервые 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;
- полученная жидкостекольная композиция с использованием в качестве огнестойкого наполнителя черных сланцев и добавки ПАВ позволяет обеспечить пористое покрытие с повышенной адгезионной прочностью для различных деревянных поверхностей (гладких, шероховатых, со всеми выступами и неровностями), вспучивающееся при воздействии высоких температур и обеспечивающее I группу огнезащитной эффективности;

– экономическая эффективность и технологичность жидкостекляной композиции обусловлены малым количеством компонентов, использованием доступного сырья высокой степени технологической готовности.

Вовлечение в производство вторичных минеральных ресурсов обеспечивает экономическую эффективность, экологическую стабильность и безопасность. Использование в качестве связующего для создания огнезащитной композиции жидкого стекла из микрокремнезема позволяет расширить номенклатуру строительных материалов, добиться снижения энергозатрат и упрощения технологии получения огнезащитного покрытия.

### Литература

1. Бабина Е. Огнезащита XXI века: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // Стройгазета. ru. 2014. 17 апр. URL. [www.dimark.ru](http://www.dimark.ru). (дата обращения: 12.01.2016).
2. Белых С.А., Зайцева Ю.В., Скоков Д.В. Огнезащитное покрытие для древесины на основе жидкого стекла и тонкодисперсных отходов промышленности // Материалы V Межрегиональной научно-технической конференции «Строительство: материалы, конструкции, технологии». Братск, 2007. С. 87-90.
3. Белых С.А., Новоселова Ю.В., Скоков Д.В. Тонкодисперсные отходы промышленности при получении огнезащитного покрытия для древесины // Материалы II всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». Пенза, 2007. С. 72-75.
4. Белых С.А., Зайцева Ю.В., Скоков Д.В. Огнезащитная композиция с тонкодисперсными наполнителями из вторичных минеральных ресурсов // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы всерос. научно-техн. конф. Братск, 2007. С. 154-155.
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., Зайцева Ю.В., Красичкова К.В. Оптимизация свойств жидкого стекла для получения жаростойких ячеистых материалов // Актуальные проблемы современного строительства. Строительные материалы и конструкции: материалы междунар. научно-техн. конф. Пенза, 2005. С. 103-105.
7. Белых С.А., Лебедева Т.А., Трофимова О.В. Малоэнергоёмкая 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.
8. Скоков Д.В., Зайцева Ю.В. Изучение эффекта и эффективности различных наполнителей для огнезащитных композиций // Энергия молодых – строительному комплексу: материалы научно-техн. конф. студентов инж.-строит. факультета. Братск, 2007. С. 17-19.
9. Белых 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. Белых 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. 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.

12. 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.

13. Глебов М.П., Белых С.А., Патраманская С.В. Сырьевая смесь и способ производства зернистого теплоизоляционного материала: пат. 2163898 Рос. Федерация, № 99103572/03; заявл. 23.02.99; опубл. 10.03.01, Бюл. № 28. 4 с.

14. 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.

15. Белых 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 низкотемпературной технологии // Научные технологии функциональных материалов: тез. докл. междунар. научно-техн. конф., 18-20 июня 2014 г. СПб., 2014. С. 75-78.

16. Белых 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.

17. 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.

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

19. Белых 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.

20. Серков Б.Б., Асеева Р.М., Сивенков А.Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины [Электронный ресурс] // Технологии технологической безопасности: Интернет-журн. 2012. № 2, Вып. 1 (41). URL. <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 12.02.2016).

21. Ненахов С.А., Пименова В.П. Экспериментальное изучение влияния толщины вспениваемых покрытий на огнезащитную эффективность // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. С. 2-9.

22. Павлович А.В., Владенков В.В., Изюмский В.Н., Кильчицкая С.Л. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия [Электронный ресурс] // Лакокрасочная промышленность. 2012. № 5. URL. <http://www.lkmportal.com/articles/ognezashchitnye-vspuchivayushchiesya-pokrytiya> (дата обращения: 12.02.2016).

### References

1. Babina E. Fire protection of the XXI century: problems and prospects [Elektronnyi resurs] // Stroigazeta. ru. 2014. 17 apr. URL. [www.dimark.ru](http://www.dimark.ru). (data obrashcheniya: 12.01. 2016).
2. Belykh S.A., Zaitseva Yu.V., Skokov D.V. A fireproof covering for wood on the basis of liquid glass and fine waste of the industry // Materialy V Mezhhregional'noi nauchno-

tekhnicheskoi konferentsii «Stroitel'stvo: materialy, konstruksii, tekhnologii». Bratsk, 2007. P. 87-90.

3. Belykh S.A., Novoselova Yu.V., Skokov D.V. Fine waste of the industry when receiving a fireproof covering for wood // Materialy II vserossiiskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Teoriya i praktika povysheniya effektivnosti stroitel'nykh materialov». Penza, 2007. P. 72-75.

4. Belykh S.A., Zaitseva Yu.V., Skokov D.V. Fireproof composition with fine fillers from secondary mineral resources // Estestvennye i inzhenernye nauki - razvitiyu regionov Sibiri: materialy vseros. nauchno-tekhn. konf. Bratsk, 2007. P. 154-155.

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., Zaitseva Yu.V., Krasichkova K.V. Optimization of properties of liquid glass for receiving heat-resistant cellular materials // Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva. Stroitel'nye materialy i konstruksii: materialy mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. Penza, 2005. P. 103-105.

7. Belykh S.A., Lebedeva T.A., Trofimova O.V. Low-power-intensive 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.

8. Skokov D.V., Zaitseva Yu.V. Studying of the effect and efficiency of various fillers for fireproof compositions // Energiya molodykh - stroitel'nomu kompleksu: materialy nauchno-tekhn. konf. studentov inzh.-stroit. fakul'teta. Bratsk, 2007. P. 17-19.

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

12. 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.

13. Glebov M.P., Belykh S.A., Patramanskaya S.V. Raw mix and way of production of granular heat-insulating material: pat. 2163898 Ros. Federatsiya, № 99103572/03; zayavl. 23.02.99; opubl. 10.03.01, Byul. № 28. 4 p.

14. 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. T. 1. P. 87-94.

15. 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. nauchno-tekhn. konf., 18-20 iyunya 2014 g. SPb., 2014. P. 75-78.

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

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

18. 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.

19. 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.

20. Serkov B.B., Aseeva R.M., Sivenkov A.B. Physical and chemical bases of burning and fire danger of wood (Pt. 2) [Elektronnyi resurs] // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti: Internet-zhurn. 2012. № 2, Vyp. 1 (41). URL. <http://ipb.mos.ru/ttb> (data obrashcheniya: 12.02.2016).

21. Nenakhov S.A., Pimenova V.P. Experimental studying of the thickness of the foaming coverings influence on the fireproof efficiency // Fire & Explosion Safety. 2011. T. 20. P. 2-9.

22. Pavlovich A.V., Vladenkov V.V., Izyumskii V.N., Kil'chitskaya S.L. Fire-proof bloating coverings [Elektronnyi resurs] // Paint & Coatings Industry. 2012. № 5. URL. <http://www.lkmportal.com/articles/ognezashchitnye-vspuchivayushchiesya-pokrytiya> (data obrashcheniya: 12.02.2016).