

Анализ полученных данных показывает, что разработанная информационно-математическая модель срезаемых слоев шпона позволяет прогнозировать вид шпона и его количество. В частности, увеличение выхода радиального шпона при строгании параллельно образующей составило в среднем 34 % для сырья с образующей, описываемой параболой, и 12 % для сырья с образующей, описываемой параболой Нейля, в сравнении со строганием параллельно оси круглого лесоматериала.

Заключение

Добавление к ранее построенной модели кряжа модели с образующей в виде параболы Нейля.

Предложенная информационно-математическая модель срезаемых слоев шпона позволяет в режиме реального времени производить оценку вида строганого шпона, его выход и планировать уровень соответствующих показателей, изменяя схему продольного раскроя кряжа.

Одной из самых сложных задач при работе с натуральным шпоном считается сохранение общего рисунка древесины на всех поверхностях деталей изделия. Разработанная информационно-математическая модель позволяет при использовании 3D принтеров для прототипирования виртуально срезаемых листов шпона дать реальную оценку его художественным свойствам. Та-

ким образом, данная модель может помочь дизайнеру добиться впечатления идеальной гармонии рисунка, создаваемого текстурой древесины, даже при многокомпонентных фасадах.

Литература

1. Калитеевский Р.Е. Информационные технологии в лесопилении. СПб.: Профи, 2010. 192 с.
2. ГОСТ 2977-82. Шпон строганный. М.: Изд-во стандартов, 1986. 9 с.
3. Бегункова Н.О. Применение информационных технологий для оценки вида строганого шпона // Теоретические и практические вопросы развития научной мысли в современном мире: сборник статей II Международной научно-практической конференции. 29-30 апреля 2013 г.: в 4 ч. Ч.4. Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. С. 39 – 43.
4. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: ВНИИЛМ, 2004. 552 с.

References

1. Kaliteevsky R. E. Information technologies in sawmilling. SPb.: Profi, 2010. 192 s.
2. The State Standard (GOST) 2977-82. The sliced veneer. M.: Izd-vo standartov, 1986. 9 s.
3. Begunkova N. O. The IT application to assess the sliced veneer type // Teoreticheskiye i prakticheskiye voprosy razvitiya nauchnoy mysli v sovremennom mire: sb. st. II mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ufa, 2013. Ch. 4. S. 39-43.
4. Anuchin N. P. Forest resource assessment. M.: VNIILM, 2004. 552 s.

УДК 69.002.68; 666.9

Особенности формирования структуры и свойств модифицированной жидкостекольной композиции

М.Ю. Иванов

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия
nis@brstu.ru

Статья получена 24.05.2013, принята 21.08.2013

Представлены результаты исследований формирования структуры и свойств модифицированной жидкостекольной композиции из микрокремнезема. Разработаны составы и способ получения модифицированной жидкостекольной композиции с поризованной структурой для производства эффективного зернистого теплоизоляционного материала. Выявлены закономерности изменения характеристик жидкостекольной композиции (времени синтеза, кинематической вязкости, поверхностного натяжения) в зависимости от ее силикатного модуля, вида и количества модификаторов: активных минеральных добавок (глиежа и золы-уноса), промежуточных и попутных продуктов сульфатно-целлюлозной переработки древесины (сульфатного мыла, пека таллового и пека таллового омыленного). Указанные модифицирующие добавки способствуют снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз сырьевой смеси и увеличению числа контактов, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на процессе получения жидкостекольной композиции в целом. Изучены процессы структурообразования и их взаимосвязь со свойствами жидкостекольной композиции из микрокремнезема. Введение добавок глиежа и золы-уноса способствует увеличению кристаллической фазы жидкостекольной композиции (возрастает прочность связей и наблюдается большая степень полимеризации кремнекислородных анионов), а добавок сульфатного мыла, пека таллового и пека таллового омыленного – увеличению рентгеноаморфной фазы (установлено наличие эфирных составляющих целлюлозы).

Ключевые слова: жидкое стекло, жидкостекольная композиция, силикатный модуль, микрокремнезем, модифицирующие добавки, зернистый теплоизоляционный материал.

Features of forming structure and properties of the modified liquid glass composition

M.Yu. Ivanov

Bratsk State University, 40 Makarenko st., Bratsk, Russia
nis@brstu.ru

Received 24.05.2013, accepted 21.08.2013

The results of the research into the formation of the structure and properties of the modified liquid glass composition made of microsilica have been presented. The composition and the technique to obtain the porous structured modified liquid glass composition to produce effective granular heat insulation material have been developed. The mechanisms of changes in the liquid glass composition characteristics (synthesis time, kinematic viscosity, surface tension) depending on its silica modulus, the kind and quantity of modifiers: active mineral admixtures (burnt clay and fly ash), intermediate and by-products of the sulphate cellulose wood processing (sulfate soap, tall oil pitch and saponified tall oil pitch) have been revealed. These modifiers help reduce the surface tension at the raw material mixture phase boundary and increase the number of contacts, which, in turn, favorably affect the process of obtaining the liquid glass composition as a whole. The structure formation processes and their relationship with the properties of the modified liquid glass compositions made of microsilica have been studied. The introduction of burnt clay and fly ash contributes to the increase in the crystal phase of the liquid glass composition (the bonding strength increases and a greater degree of silicon-oxygen anions polymerization is observed). The sulfate soap, tall oil pitch and saponified tall oil pitch admixtures make for increasing the X-ray amorphous phase (the presence of the cellulose essential components has been established).

Keywords: liquid glass, liquids glass composition, silica modulus, microsilica, modifying admixtures, granular heat insulation material.

Введение. Жидкое стекло – материал, обладающий множеством уникальных свойств и применяющийся в различных сферах деятельности, основной из которых является строительство.

Жидкое стекло используют для изготовления кислотоупорного цемента и бетона, строительных смесей, пропитывающих антисептических средств, огнезащитных (антипиреновых) красок и покрытий, укрепления слабых грунтов, гидроизоляции, склеивания целлюлозных материалов и т. д.

Тем не менее, несмотря на более чем сорокалетний опыт производства и применения жидкого стекла в отечественной строительной промышленности, зависимость его физико-химических свойств от состава полностью не изучена.

Так, подавляющее большинство публикаций посвящено анализу характеристик жидкого стекла без каких-либо добавок. Использование же последних является обязательным, поскольку жидкое стекло без добавок не позволяет длительное время сохранять на должном уровне строительно-эксплуатационные характеристики материалов, получаемых из него.

Жидким стеклом называют водные щелочные растворы силикатов, представляющие собой густую жидкость, химический состав которой может быть представлен формулой $R_2O \cdot nSiO_2 + mH_2O$, где R – щелочной катион (Na^+ , K^+ , Li^+ или NH_4^+); n – силикатный модуль жидкого стекла (отношение кремнеземистого компонента к щелочному); m – количество молекул воды. Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев в качестве щелочного катиона используется Na^+ , вследствие чего жидкое стекло является натриевым ($Na_2O \cdot nSiO_2 + mH_2O$) [1].

Известно, что основным достоинством водных щелочных растворов силикатов является их способность на стадии приготовления сырьевой смеси сохранять вязкопластическое состояние. Эта особенность повышает эффективность и технологичность производства

материалов на их основе, а также обуславливает широкое применение жидкого стекла в строительстве, в частности, при производстве зернистых теплоизоляционных материалов [2 – 10].

Свойства модифицированной жидкостекольной композиции. Натриевое жидкое стекло, используемое для получения зернистых утеплителей, может быть представлено, как отмечалось выше, в виде системы $Na_2O-SiO_2-H_2O$. Эта система характеризуется наличием в ее составе большого количества различных кристаллических и аморфных соединений. Основой многообразных кристаллических форм жидкого стекла является ортокремниевая кислота $Si(OH)_4$, существующая и в виде аморфного гидратированного кремнезема $SiO_2 \cdot mH_2O$ [1].

Исключительное многообразие возможных состояний системы $Na_2O-SiO_2-H_2O$ создает предпосылки для модифицирования натриевого жидкого стекла с целью регулирования его свойств и показателей качества материалов, из него получаемых.

В качестве объекта исследования в данной работе рассматривается жидкостекольная композиция из микрокремнезема – высоковязкая масса (продукт гидро-термальной обработки водной суспензии, включающей микрокремнезем (отход производства кристаллического кремния и кремнийсодержащих сплавов на ООО «Братский завод ферросплавов»), гидроксид натрия и добавки в установленных соотношениях), которую затем гранулируют и сортируют по фракциям после охлаждения до температуры 18 ± 20 °С [11].

По качественным характеристикам жидкостекольная композиция для получения зернистого теплоизоляционного материала отличается от традиционно используемого натриевого жидкого стекла по ГОСТ 13078-81*. Для оценки состава и свойств жидкостекольной композиции использовались значения силикатного модуля n .

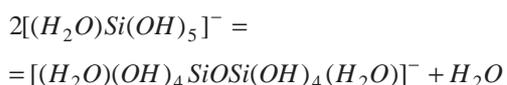
Проведенные ранее исследования [12] показали, что

рациональные значения силикатного модуля для получения жидкостекольной композиции из микрокремнезема (при дальнейшей переработке ее в зернистый утеплитель) находятся в пределах от 3 до 5.

Расход модифицирующих добавок назначался также на основании работы [12] и с учетом общепринятых норм для добавок определенного типа.

В таблице 1 представлены данные, характеризующие влияние модифицирующих добавок на основные свойства жидкостекольной композиции из микрокремнезема. Проанализировав полученные результаты, можно отметить следующее.

С увеличением силикатного модуля наблюдается снижение длительности синтеза жидкостекольной композиции. Известно, что при получении жидкостекольной композиции происходит взаимодействие кремнеземистого (SiO_2) и щелочного (Na_2O) компонентов [13]. Очевидно, что с увеличением силикатного модуля возрастает и содержание (концентрация) SiO_2 с одновременным снижением содержания (концентрации) Na_2O в единице объема жидкостекольной композиции. Эта закономерность согласуется с данными [14], показывающими, что увеличение доли SiO_2 способствует большей степени полимеризации образующегося геля кремнезема в линейный полимер по схеме



Таким образом, повышенное значение силикатного модуля способствует более интенсивному протеканию указанного процесса и уменьшению длительности синтеза жидкостекольной композиции из микрокремнезема.

Введение в состав сырьевой смеси модифицирующих добавок также ускоряет процесс получения жидкостекольной композиции. Тонкодисперсные активные минеральные добавки являются дополнительным источником SiO_2 , причем содержание последнего в глиеже Богучанского месторождения выше, чем в составе золы-уноса ТЭЦ-7 ОАО «Иркутскэнерго» (в среднем, 64,42 и 50,13 масс. % соответственно) [15 – 16]. Следовательно, синтез жидкостекольной композиции с добавкой глиежа, в силу рассмотренного ранее, осуществляется быстрее и ускоряется с увеличением расхода добавки (таблица 1).

Наиболее интенсивно (независимо от силикатного модуля) протекает процесс получения жидкостекольной композиции из микрокремнезема, модифицированной промежуточными и попутными продуктами сульфатно-целлюлозной переработки древесины на ОАО «Группа "Илим"», филиал в г. Братске. Известно, что поверхностно-активные свойства сульфатного мыла, пека таллового и пека таллового омыленного проявляются еще на стадии приготовления сырьевой смеси [17]. Можно предположить, что указанные модифицирующие добавки способствуют снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз сырьевой смеси и увеличению числа контактов, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на процессе получения жидкостекольной композиции в целом.

Самое значительное влияние на сокращение дли-

тельности синтеза оказывает добавка сульфатного мыла. Причина этого видится в большем содержании в составе сульфатного мыла смоляных и жирных кислот по сравнению с пеком талловым и пеком талловым омыленным [18 – 20].

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что наиболее интенсивно осуществляется синтез жидкостекольной композиции из микрокремнезема с силикатным модулем 5 и модифицирующей добавкой сульфатного мыла. Увеличение расхода указанной добавки также снижает длительность варки жидкостекольной композиции.

Данные таблицы 1 показывают, что с увеличением силикатного модуля n (содержания SiO_2) жидкостекольной композиции возрастает ее плотность. Эта тенденция прослеживается и при введении модифицирующих добавок.

Такие свойства, как вязкость и поверхностное натяжение, являются в большей степени технологическими, то есть, определяющими особенности производства работ с жидкостекольной композицией [21].

Экспериментально установлено, что с увеличением силикатного модуля возрастает кинематическая вязкость жидкостекольной композиции из микрокремнезема и снижается ее поверхностное натяжение на границе раздела фаз (таблица 1).

Полученные результаты согласовываются с данными [14] и объясняются ионной теорией. Так, если катион оксида (SiO_2) является комплексобразующим, то рост его содержания (то есть, увеличение силикатного модуля) будет способствовать повышению вязкости жидкого стекла или жидкостекольной композиции вследствие увеличения размеров комплексных ионов или повышения их концентрации. Вместе с тем, SiO_2 характеризуется как поверхностно неактивный оксид, то есть, обладающий наименьшим поверхностным натяжением [21].

Способствует увеличению вязкости жидкостекольной композиции из микрокремнезема и введение модифицирующих добавок глиежа и золы-уноса. Причем в большей степени вязкость возрастает при увеличении расхода добавки глиежа (таблица 1), содержание SiO_2 в составе которого выше, чем в составе золы-уноса [14].

Также тонкодисперсные активные минеральные добавки (глиеж и зола-унос) способствуют снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз, поскольку характеризуются наличием в своем составе оксидов алюминия и кальция (Al_2O_3 , CaO , как и SiO_2 , относятся к поверхностно неактивным оксидам) [22].

Вязкость и поверхностное натяжение жидкостекольной композиции из микрокремнезема снижают промежуточные и попутные продукты сульфатно-целлюлозной переработки древесины, что, вероятно, связано с поверхностно-активным действием последних. Адсорбируясь на поверхности раздела фаз, указанные модифицирующие добавки вовлекают в сырьевую смесь дополнительное количество воздуха и, тем самым, способствуют уменьшению вязкости и поверхностного натяжения. Наиболее заметным влиянием на данные свойства жидкостекольной композиции характеризуется добавка сульфатного мыла (таблица 1).

Свойства жидкостекольной композиции

Силикатный модуль	Модифицирующая добавка (% от массы микрокремнезема)	Свойства жидкостекольной композиции из микрокремнезема				
		Длительность получения, мин.	Плотность, кг/м ³	Вязкость кинематическая, 10 ⁻⁶ м/с	Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ Н/м	
3	глиеж	0,00	40,00	1400,00	3,72	43,40
		10,00	38,00	1424,00	7,08	41,80
		20,00	35,00	1449,00	11,28	41,20
4		0,00	25,00	1469,00	10,87	41,00
		10,00	23,00	1487,00	15,74	38,70
		20,00	22,00	1512,00	20,74	37,80
5		0,00	10,00	1535,00	17,17	37,50
		10,00	9,00	1560,00	25,75	36,20
		20,00	8,00	1584,00	30,33	35,10
3	зола-унос	0,00	40,00	1400,00	3,72	43,40
		10,00	39,00	1444,00	6,69	42,00
		20,00	36,00	1490,00	11,00	41,50
4		0,00	25,00	1469,00	10,87	41,00
		10,00	24,00	1497,00	14,85	39,00
		20,00	23,00	1520,00	18,90	37,90
5		0,00	10,00	1535,00	17,17	37,50
		10,00	9,00	1566,00	24,15	36,60
		20,00	9,00	1590,00	28,47	35,40
3	сульфатное мыло	0,00	40,00	1400,00	3,72	43,40
		1,00	35,00	1403,00	3,19	31,70
		2,00	30,00	1407,00	2,90	22,50
4		0,00	25,00	1469,00	10,87	41,00
		1,00	22,00	1472,00	6,22	30,00
		2,00	20,00	1476,00	5,15	22,00
5		0,00	10,00	1535,00	17,17	37,50
		1,00	7,00	1537,00	14,31	27,20
		2,00	6,00	1540,00	11,50	19,00
3	пек талловый	0,00	40,00	1400,00	3,72	43,40
		1,00	37,00	1407,00	3,30	32,00
		2,00	31,00	1412,00	3,0	23,40
4		0,00	25,00	1469,00	10,87	41,00
		1,00	23,00	1474,00	7,04	31,60
		2,00	21,00	1480,00	5,43	23,50
5		0,00	10,00	1535,00	17,17	37,50
		1,00	8,00	1539,00	14,54	28,50
		2,00	7,00	1545,00	11,86	20,20
3	пек талловый омыленный	0,00	40,00	1400,00	3,72	43,40
		1,00	37,00	1405,00	3,40	33,10
		2,00	32,00	1409,00	3,05	24,80
4		0,00	25,00	1469,00	10,87	41,00
		1,00	23,00	1472,00	7,30	32,30
		2,00	21,00	1475,00	5,62	24,40
5		0,00	10,00	1535,00	17,17	37,50
		1,00	8,00	1538,00	14,92	29,20
		2,00	7,00	1542,00	11,95	21,10

Таким образом, малая длительность процесса синтеза и более высокая вязкость делают более подходящей для дальнейшего получения зернистых теплоизоляционных материалов жидкостекольную композицию с силикатным модулем 5.

Процессы структурообразования модифицированной жидкостекольной композиции. С целью изучения природы кристаллических фаз и процессов синтеза новообразований пробы модифицированной жидкостекольной композиции из микрокремнезема исследовались с помощью рентгенофазового и ИК-спектроскопического методов анализа.

На рис. 1 представлены рентгенограммы продуктов гидратации жидкостекольной композиции с силикатным модулем 5 с модифицирующими добавками и без них.

Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что жидкостекольная композиция без добавок (рис. 1а) состоит, преимущественно, из рентгеноаморфной фазы (отмечаются максимальное аморф-

ное гало и малая степень упорядоченности структуры). Кристаллическая фаза присутствует в незначительном количестве. Идентификация межплоскостных расстояний позволяет предположить наличие α -кristобалита ($d/n = 0,251$ нм) и β -кварца ($d/n = 0,334$ нм) [23].

Жидкостекольная композиция с добавками промежуточных и попутных продуктов сульфатно-целлюлозной переработки древесины характеризуется меньшим количеством кристаллической фазы, поскольку рефлекс α -кristобалита и β -кварца менее интенсивны (рис. 1 г – е).

Рентгенограммы продуктов гидратации жидкостекольной композиции из микрокремнезема с тонкодисперсными активными минеральными добавками (рис. 1 б, в) свидетельствуют о большем количестве кристаллической фазы (наблюдаются дополнительные рефлексы β -кварца ($d/n = 0,425$ нм)) и о более высокой степени упорядоченности структуры.

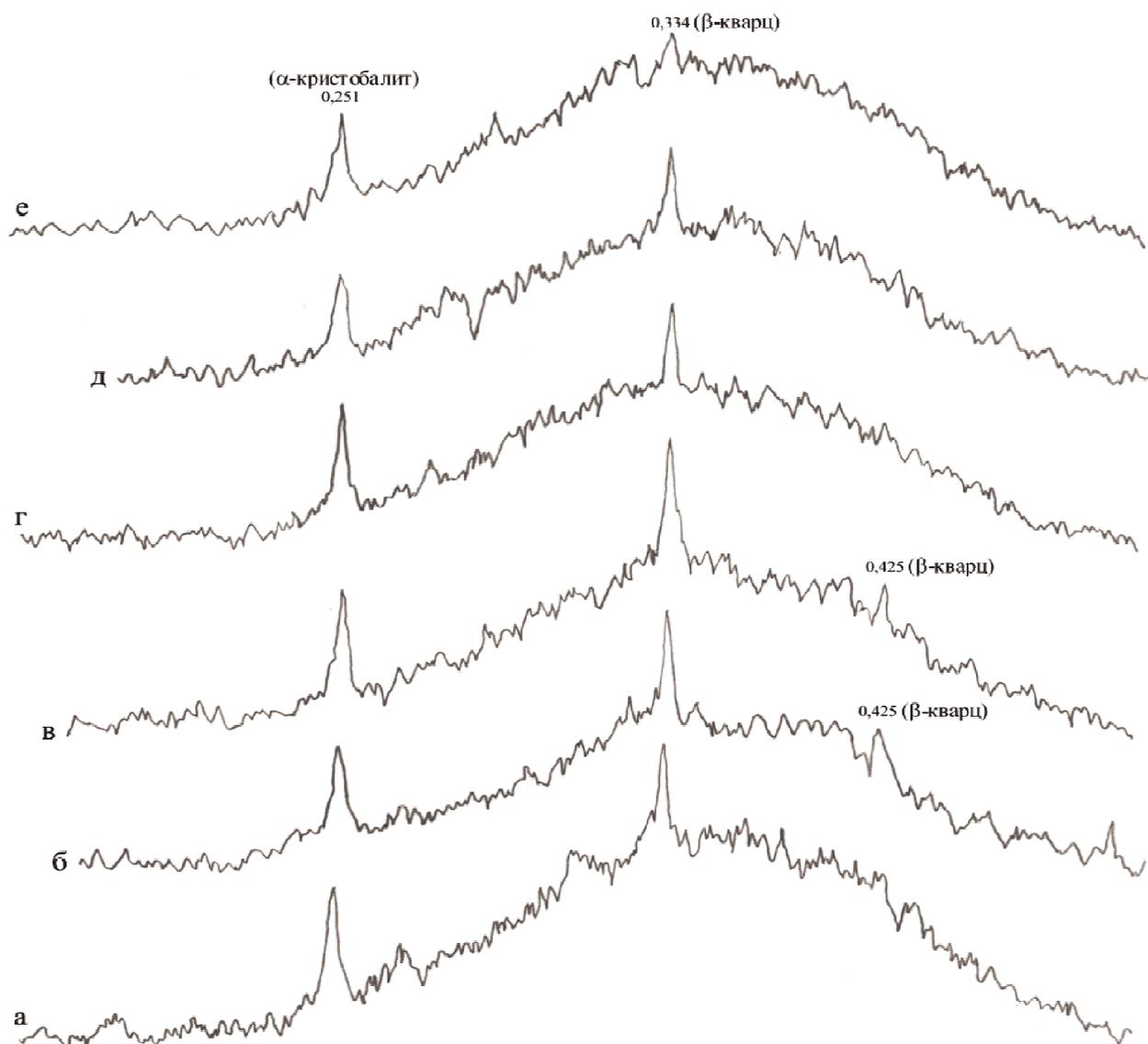


Рис. 1. Рентгенограммы продуктов гидратации жидкостекольной композиции из микрокремнезема: а – без добавки; б – с добавкой глиежа; в – с добавкой золы-уноса; г – с добавкой сульфатного мыла; д – с добавкой пека таллового; е – с добавкой пека таллового омыленного

полос поглощения в области $1049,1 \div 1023,4 \text{ см}^{-1}$ позволяет высказать предположение о «разрыхлении» цепочки *Si-O-Si* связей эфирными составляющими целлюлозы, существование которых обуславливают как природа указанных модифицирующих добавок, так и характер спектральной картины в области $785,3 \div 1049,1 \text{ см}^{-1}$.

Заключение

1. Основные свойства жидкостекольной композиции из микрокремнезема находятся в прямой зависимости от ее силикатного модуля и вида и количества модифицирующих добавок. Так, синтез высокомолекулярной жидкостекольной композиции протекает более интенсивно, поскольку с увеличением силикатного модуля возрастает содержание SiO_2 с одновременным снижением содержания NaOH в единице объема жидкостекольной композиции.

2. Введение модифицирующих добавок также способствует ускорению синтеза жидкостекольной композиции. Тонкодисперсные активные минеральные добавки (глиеж Богучанского месторождения и зола-унос ТЭЦ-7 ОАО «Иркутскэнерго») являются дополнительным источником SiO_2 , а промежуточные и попутные продукты сульфатно-целлюлозной переработки древесины на ОАО «Группа "Илим"», филиал в г. Братске, способствуют снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз сырьевой смеси и увеличению числа контактов.

3. Увеличение силикатного модуля и введение добавок глиежа и золы-уноса приводят к возрастанию кинематической вязкости и снижению поверхностного натяжения жидкостекольной композиции. Добавки сульфатного мыла, пека таллового и пека таллового омыленного за счет своих поверхностно-активных свойств способствуют уменьшению вязкости и поверхностного натяжения жидкостекольной композиции.

4. Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о том, что модифицированная жидкостекольная композиция состоит преимущественно из рентгеноаморфной фазы. Кристаллическая фаза присутствует в незначительном количестве и представлена α -кristобалитом и β -кварцем.

5. Введение добавок сульфатного мыла, пека таллового и пека таллового омыленного способствует увеличению рентгеноаморфной, а добавок глиежа и золы-уноса – увеличению кристаллической фазы жидкостекольной композиции из микрокремнезема.

6. Результаты ИК-спектроскопического анализа свидетельствуют о наличии в жидкостекольной композиции различно сгруппированных между собой кремнекислородных тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ с высокой степенью полимеризации.

7. Введение добавок глиежа и золы-уноса способствует увеличению прочности связей, содержания твердой фазы в жидкостекольной композиции из микрокремнезема и большей степени полимеризации кремнекислородных анионов. ИК-спектры продуктов гидратации жидкостекольной композиции, модифицированной добавками сульфатного мыла, пека таллового и пека таллового омыленного, свидетельствуют о наличии в ней эфирных составляющих целлюлозы.

Литература

1. Кудяков А.И., Иванов М.Ю. Зернистые теплоизоляционные материалы на основе силикат-натриевых композиций с добавками продуктов сульфатно-целлюлозной переработки древесины // Вестн. Том. гос. архитектурно-строительного ун-та. 2009. № 4. С. 78-88.
2. Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220927 Рос. Федерация. № 2002110483/03; заявл. 19.04.02; опубл. 10.01.04, Бюл. № 1. 6 с.
3. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2246462 Рос. Федерация. № 2003124577/03; заявл. 06.08.03; опубл. 20.02.05, Бюл. № 5. 5 с.
4. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь для гранулированного теплоизоляционного материала и способ его получения: пат. 2274620 Рос. Федерация. № 2004128504/03; заявл. 27.09.04; опубл. 20.04.06, Бюл. № 11. 5 с.
5. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2290377 Рос. Федерация. № 2005122340/03; заявл. 14.07.05; опубл. 27.12.06, Бюл. № 36. 4,6 с.
6. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2290377 Рос. Федерация. № 2005122383/03; заявл. 14.07.05; опубл. 27.12.06, Бюл. № 36. 4,6 с.
7. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2290377 Рос. Федерация. № 2005122337/03; заявл. 14.07.05; опубл. 27.12.06, Бюл. № 36. 4,5 с.
8. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2290379 Рос. Федерация. № 2005122341/03; заявл. 14.07.05; опубл. 27.12.06, Бюл. № 36. 4,5 с.
9. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2295508 Рос. Федерация. № 2005122339/03; заявл. 14.07.05; опубл. 20.03.07, Бюл. № 8. 4,5 с.
10. Иванов М.Ю. Энергоэффективные утеплители в строительстве // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири. Юбил. вып. к 55-летию Брат. гос. ун-та. 2012. Т.3. С. 161-166.
11. Радина Т.Н., Свергунова Н.А., Рубайло И.С., Иванов М.Ю. Способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2234474 Рос. Федерация. № 2002103461/03; заявл. 06.02.2002; опубл. 10.10.2003, Бюл. № 23. 6 с.
12. Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Разработка производства гранулированного теплоизоляционного материала повышенной водостойкости на основе местного техногенного сырья // Труды Братского государственного технического университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2002. Т.2. С. 60-62.
13. Иванов М.Ю. Технология производства энергоэффективного зернистого теплоизоляционного материала // Труды Братского государственного технического университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2012. Т.3. С. 166-170.
14. Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостекольной композиции: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2007. 201 с.
15. Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2220928 Рос. Федерация. № 2002111463/03; заявл. 29.04.02; опубл. 10.01.04, Бюл. № 1. 6 с.
16. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения зернистого теплоизоляционного материала: пат. 2246463 Рос. Федерация. № 2003131117/03; заявл. 22.10.03; опубл. 20.02.05, Бюл. № 5. 5 с.
17. Кудяков А.И., Иванов М.Ю. Технологические особенности производства зернистых теплоизоляционных материалов на основе модифицированной жидкостекольной композиции // Вестн. Том. гос. архитектурно-строительного ун-та. 2008. № 2. С. 162-169.
18. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2257358 Рос. Федерация. № 2004109729/03; заявл. 30.03.04; опубл. 27.07.05, Бюл. № 21. 5 с.
19. Кудяков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2264363 Рос. Федерация. № 2004109730/03; заявл. 30.03.04;

опубл. 20.11.05, Бюл. № 7. 5 с.

20. Кудряков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала: пат. 2267468 Рос. Федерация. №2004109731/03; заявл. 30.03.04; опубл. 10.01.06, Бюл. № 1. 5 с.

21. Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостеклольной композиции: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Томск, 2007. 25 с.

22. Кудряков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе жидкого стекла из микрокремнезема и золы-уноса // Проектирование и строительство в Сибири. 2006. № 2. С. 21-22.

23. Кудряков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированного жидкого стекла из микрокремнезема // Строит. материалы. 2004. № 11. 12 с.

24. Кудряков А.И., Свергунова Н.А., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостеклольной композиции: моногр. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. 204 с.

References

1. Kudyakov A.I., Ivanov M.Yu. Granular heat insulation materials based on sodium silicate compositions containing the products of wood sulphate cellulose processing// Vestn. Tom. gos. arkhitekturno-stroitel'nogo un-ta. 2009. № 4. S. 78-88.

2. Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2220927 Ros. Federatsiya. № 2002110483/03; yayavl. 19.04.02; opubl. 10.01.04, Byul. № 1. 6 s.

3. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2246462 Ros. Federatsiya. № 2003124577/03; yayavl. 06.08.03; opubl. 20.02.05, Byul. № 5. 5 s.

4. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix for granular heat insulation material and the technique to produce it: pat. 2274620 Ros. Federatsiya. № 2004128504/03; yayavl. 27.09.04; opubl. 20.04.06, Byul. № 11. 5 s.

5. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2290376 Ros. Federatsiya. № 2005122340/03; yayavl. 14.07.05; opubl. 27.12.06, Byul. № 36. 4,6 s.

6. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2290377 Ros. Federatsiya. № 2005122383/03; yayavl. 14.07.05; opubl. 27.12.06, Byul. № 36. 4,6 s.

7. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2290378 Ros. Federatsiya. № 2005122341/03; yayavl. 14.07.05; opubl. 27.12.06, Byul. № 36. 4,5 s.

8. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2290379 Ros. Federatsiya. № 2005122341/03; yayavl. 14.07.05; opubl. 27.12.06, Byul. № 36. 4,5 s.

9. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2295508 Ros. Federatsiya. № 2005122339/03; yayavl. 14.07.05; opubl. 20.03.07, Byul. № 8. 4,5 s.

10. Ivanov M.Yu. Energy-saving heat-insulating materials in construction // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye i inzhenernyye nauki – razvitiyu regionov Sibiri. 2012. T. 3. S. 161-166.

11. Radina T.N., Svergunova N.A., Rubaylo I.S., Ivanov M.Yu. The technique to produce granular heat insulation material: pat. 2234474 Ros. Federatsiya. № 2002103461/03; yayavl. 06.02.02; opubl. 10.10.03, Byul. № 26. 6 s.

12. Radina T.N., Ivanov M.Yu. The development of production of granular heat insulation material characterized by the increased water-resisting property based on local technogene raw material // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye i inzhenernyye nauki. 2002. T. 2. S. 60-62.

13. Ivanov M.Yu. The production technology to manufacture energy-saving granular heat-insulating material // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye i inzhenernyye nauki. T. 3. S. 166-170.

14. Ivanov M.Yu. Granular heat-insulating material based on the modified liquid glass composition: dis. ... kand. tekhn. nauk. Tomsk, 2007. 201 s.

15. Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2220928 Ros. Federatsiya. № 2002111463/03; yayavl. 29.04.02; opubl. 10.01.04, Byul. № 1. 6 s.

16. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2246463 Ros. Federatsiya. № 2003131117/03; yayavl. 22.10.03; opubl. 20.02.05, Byul. № 5. 5 s.

17. Kudyakov A.I., Ivanov M.Yu. Production features of the manufacturing granular heat insulation materials based on the modified liquid glass composition// Vestn. Tom. gos. arkhitekturno-stroitel'nogo un-ta. 2008. № 2. S. 162-169.

18. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2257358 Ros. Federatsiya. № 2004109729/03; yayavl. 30.03.04; opubl. 27.07.05, Byul. № 21. 5 s.

19. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2264363 Ros. Federatsiya. № 2004109730/03; yayavl. 30.03.04; opubl. 20.11.05, Byul. № 7. 5 s.

20. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Raw mix and the technique to produce granular heat insulation material: pat. 2267468 Ros. Federatsiya. № 2004109731/03; yayavl. 30.03.04; opubl. 10.01.06, Byul. № 1. 5 s.

21. Ivanov M.Yu. Granular heat-insulating material based on the modified liquid glass composition: avtoref. ... dis. kand. tekhn. nauk. Tomsk, 2007. 25 s.

22. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Granular heat insulation material based on liquid glass made of microsilica// Proektirovaniye i stroitel'stvo v Sibiri. 2006. № 2. S. 21-22.

23. Kudyakov A.I., Radina T.N., Ivanov M.Yu. Granular heat insulation material based on the modified liquid glass made of microsilica// Stroit. materialy. 2004. № 11. S. 12.

24. Kudyakov A.I., Svergunova N.A., Ivanov M.Yu. Granular heat insulation material based on the modified liquid glass composition: monogr. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arkhitekturno-stroitel'nogo un-ta. 2010. 204 s.