

DOI: 10.12737/article_5c73fbf3898734.46559446

^{1,*}Логанина В.И., ¹Мажитов Е.Б., ²Аверин И.А., ²Карманов А.А.¹Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28²Пензенский государственный университет

Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40

*E-mail: loganin@mail.ru

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПОЛИСИЛИКАТНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ДОБАВКОЙ ГЛИЦЕРИНА

Аннотация. В статье представлены результаты исследования свойств золь силикатной краски при введении в рецептуру добавки глицерина. Показано, что введение глицерина улучшает смачиваемость высокодисперсных наполнителей и обеспечивает повышение когезионной прочности покрытий. Установлено, что введение глицерина в рецептуру краски улучшает ее розлив. Выявлен водоудерживающий эффект от введения глицерина. Установлено повышение качества внешнего вида покрытий на основе золь силикатной краски с добавкой глицерина. Показано, что наличие в рецептуре золь силикатной краски добавки глицерина способствует хранению краски при температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение более 46 суток с сохранением свойств краски, что повышает ее технологичность. Химическая структура полисиликатных растворов с добавкой глицерина осуществлялась на ИК фурье-спектрометре ФСМ 1201 с использованием приставки многократного нарушения полного внутреннего отражения МНПВО36 в спектральном диапазоне $650\text{--}3950\text{ см}^{-1}$ с разрешением 4 см^{-1} . Показано, что взаимодействие калиевого жидкого стекла и глицерина носит слабый характер и обусловлено частичным замещением ионов водорода ионами калия. Предложено механизм взаимодействия калиевого жидкого стекла и глицерина, заключающийся в частичном замещении ионов водорода H^+ ионами K^+ .

Ключевые слова: полисиликатное связующее, глицерин, ИК-спектроскопия, золь силикатная краска.

Введение. Анализ научно-технической литературы убедительно свидетельствуют о перспективности нанотехнологии для повышения качества строительных материалов [1–5]. Так, в работах [6–10] отмечается, что формование материалов из растворов с использованием золь-гель процессов получило интенсивное развитие направление в технологии керамики и неорганических композитов. О перспективности применения золя кремниевой кислоты в строительных материалах различного функционального назначения свидетельствуют также работы [11, 12]. Золь кремниевой кислоты находит применение также при получении полисиликатных растворов, которые являются пленкообразователями для золь силикатных красок.

О перспективности применения при отделке и реставрации зданий золь силикатной краски свидетельствуют публикации в научно-технической и патентной литературе [13]. В настоящее время на рынке лакокрасочных материалов имеется золь силикатная краска производства Германии. Учитывая актуальность импортозамещения, нами разработан состав золь силикатной краски, включающий полисиликатное связующее, пигменты, наполнитель, добавки [14–17]. Проведенные исследования подтвердили высокие эксплуатационные свойства покрытий на основе золь силикатной краски. Марка по морозостойкости

покрытий составляет F35, прочность при растяжении $R_p=2,296\text{ МПа}$, предельная растяжимость $0,018\text{ мм/мм}$, адгезия покрытий на растворной подложке, определяемая методом решетчатого надреза в соответствии с ГОСТ 31149-2014, составляет 2 балла.

Основная часть. Для регулирования свойств краски предложено вводить в рецептуру добавку глицерина. Было установлено, что введение данной добавки в рецептуру краски улучшает ее розлив. Так, время розлива золь силикатной краски на растворной подложке составляет 7 мин 20 сек, а при введении глицерина – 6 мин 15 сек. Наличие в рецептуре золь силикатной краски добавки глицерина способствует хранению краски при температуре $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение более 46 суток с сохранением свойств краски, что повышает ее технологичность.

Введение глицерина улучшает смачиваемость высокодисперсных наполнителей и обеспечивает превышение сил адгезии над силами когезии и препятствует отрыву покрытия от подложки.

Выявлен водоудерживающий эффект от введения глицерина. Для исследования водоудерживающей способности красок в качестве пористой поверхности применяли фильтровальную бумагу. При нанесении капли краски на фильтро-

вальную бумагу диаметром $d_{кр}$ водная фаза образует кружок вокруг капли диаметром $d_{ф}$. Диаметр этого кружка характеризует степень проникновения водной фазы в подложку. По отношению $d_{ф}/d_{кр}$ можно судить о водоудерживающей способности краски. Анализ результатов проведенных исследований свидетельствует, что значения $d_{ф}/d_{кр}$ для золь силикатной краски (без глицерина) составляет 1,448, а для краски с глицерином – 1,06, что свидетельствует о большей водоудерживающей способности золь силикатной краски с добавкой глицерина.

Анализ научно-технической литературы свидетельствует, что краски, дающие круги малого диаметра $d_{ф}$, легко наносятся на пористые поверхности, образуя качественное покрытие [18]. Результаты проведенных нами исследований показывают, что шероховатость поверхности

покрытия на основе золь силикатной краски – $R_a=9,125$ мкм, а на основе золь силикатной краски с добавкой глицерина – 6,207 мкм.

Изучение структуры полисиликатных растворов с добавкой глицерина осуществлялось на ИК фурье-спектрометре ФСМ 1201 (ООО «Инфраспек», Россия) с использованием приставки многократного нарушения полного внутреннего отражения МНПВО36 с призмой ZnSe [19–21]. Измерения проводились в спектральном диапазоне 650–3950 см^{-1} с разрешением 4 см^{-1} .

На рис.1 представлены ИК-спектры МНПВО (многократного нарушения полного внутреннего отражения) полисиликатных растворов различного состава. Для лучшей визуализации спектры сдвинуты друг относительно друга по абсолютной величине пропускания на 0,3, 0,6 и 0,9 отн. Ед/

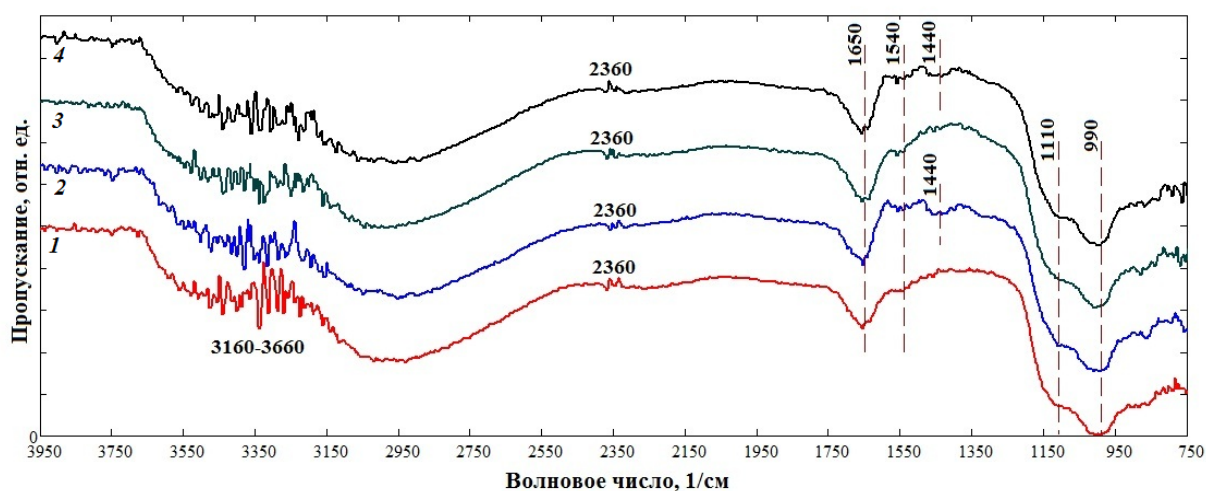


Рис. 1. ИК-спектры МНПВО полисиликатных растворов:

- 1 – калиевое жидкое стекло; 2 – калиевое жидкое стекло + глицерин;
3 – калиевое жидкое стекло + золь кремниевой кислоты; 4 – калиевое жидкое стекло + глицерин + золь кремниевой кислоты

При анализе ИК-спектров полисиликатных растворов установлены характерные полосы и пики поглощения, отвечающие как их качественному составу, так и влиянию добавки глицерина на структуру связующего. Например, на ИК-спектрах наблюдается полоса поглощения в спектральном диапазоне 900–1200 см^{-1} с локальными минимумами пропускания 990 и 1100 см^{-1} . Первый из этих минимумов отвечает валентным колебаниям Si-OH трех типов гидроксидов, что, очевидно, вызвано поликонденсацией гидратированных ионов HSiO_4 , H_3SiO_4 , а второй соответствует валентным асимметричным колебаниям мостикового кислорода Si-O-Si, а также валентным C-O колебаниям многоатомного спирта (глицерина).

Анализ ИК-спектров показывает, что в составе полисиликатного раствора содержится

вода, как в связанном, так и свободном виде. На это указывает широкая полоса поглощения 3160–3660 см^{-1} , отвечающая валентным симметричным колебаниям O-H группы (вода, связанная с полисиликатным раствором), и пик поглощения при 1650 см^{-1} , который характеризует деформационные H-O-H колебания (вода в несвязанном виде). На присутствие в исследуемых растворах малого количества растворенного атмосферного углекислого газа, указывает слабое поглощение при 1540 и 2360 см^{-1} , отвечающее деформационным и валентным асимметричным колебаниям C=O соответственно.

Главной особенностью ИК-спектров МНПВО силикатных растворов с добавкой глицерина является наличие локального минимума при 1440 см^{-1} (рис. 2), достоверная идентифика-

ция которого затруднена. Однако, поскольку данная колебательная мода присутствует только в полисиликатных растворах с добавкой глицерина, можно предположить, что она отвечает деформационным колебаниям $-\text{CH}_2\text{-CO-X}$, где X – фрагмент молекулы глицерина, взаимодействующий с калиевым жидким стеклом. При этом другие полосы и пики поглощения, характерные для глицерина и его взаимодействия с компонентами исследуемых полисиликатных растворов, явным образом не прослеживаются, что, по всей видимости, связано с малым содержанием многоатомного спирта в связующем.

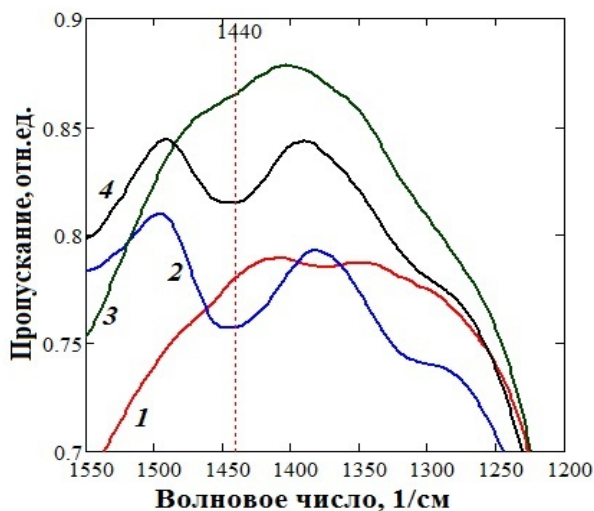


Рис. 2. Фрагмент ИК-спектров МНПВО полисиликатных растворов:

1 – калиевое жидкое стекло; 2 – калиевое жидкое стекло + глицерин; 3 – калиевое жидкое стекло + золь кремниевой кислоты; 4 – калиевое жидкое стекло + глицерин + золь кремниевой кислоты

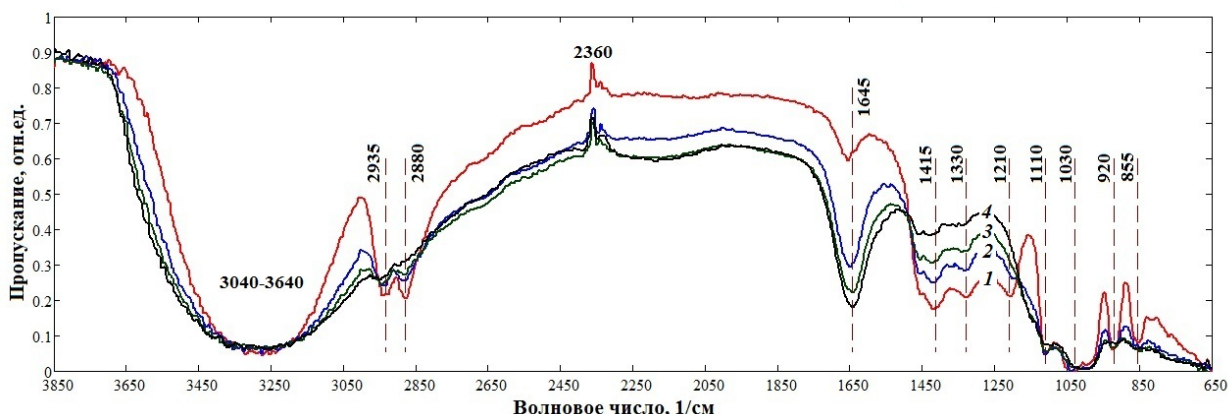


Рис. 3. ИК-спектры МНПВО полисиликатных растворов с различным содержанием калиевого жидкого стекла и глицерина: 1 – 20:80; 2 – 40:60; 3 – 60:40; 4 – 80:20

Анализ представленных ИК-спектров показывает, что для исследуемых полисиликатных растворов с различным содержанием калиевого жидкого стекла и глицерина характерны аналогичные колебательные моды. При этом характерные для глицерина полосы и пики поглощения проявляются более явно. Например, на

Обобщенные результаты анализа ИК-спектров полисиликатных растворов различного состава представлены в табл. 1.

Таблица 1

Интерпретация характеристических полос и пиков поглощения в ИК-спектрах МНПВО полисиликатных растворов различного состава

Положение линий поглощения, см^{-1}	Интерпретация
990	валентным колебаниям Si-OH трех типов гидроксидов
1110	валентные асимметричные колебания мостикового кислорода Si-O-Si; деформационные C-O многоатомного спирта
1440	деформационные $-\text{CH}_2\text{-CO-R}$
1540	деформационные C=O
1650	деформационные H-O-H
2360	валентные асимметричные C=O
3160–3660	валентные симметричные O-H

Вышеизложенное предположение о взаимодействии глицерина и калиевого жидкого стекла, проявляющееся в появлении колебательной моды $-\text{CH}_2\text{-CO-X}$, было проверено на полисиликатных растворах с различным содержанием глицерина. На рис. 3 представлены ИК-спектры МНПВО полисиликатных растворов с различным содержанием калиевого жидкого стекла и глицерина: 1 – 20:80; 2 – 40:60; 3 – 60:40; 4 – 80:20.

ИК-спектрах наблюдаются две четко выраженные полосы (2880 и 2935 см^{-1}), соответствующие валентным симметричным и асимметричным колебаниям $-\text{CH}_2-$. В спектральном диапазоне $1150\text{--}1450 \text{ см}^{-1}$, в дополнение к колебательной моде $-\text{CH}_2\text{-CO-X}$ (1440 см^{-1}), присутствуют относительно слабые пики поглощения 1210 и 1330 см^{-1} , соответствующие деформационным

колебаниями С-С и -CH₂- маятникового типа. Также в полисиликатных растворах с высоким содержанием глицерина четко выражены полосы и пики поглощения, отвечающие деформационным колебаниями R-O-H (855 см⁻¹) и С-O-H (920 см⁻¹) связей. Сильное поглощение при 1030 см⁻¹, наблюдаемое ИК-спектрах МНПВО полисиликатных растворов, по всей видимости, соответствует как валентным симметричным колебаниям мостикового кислорода Si-O-Si (калиевое жидкое стекло), так и деформационным колебаниям С-O (глицерин).

Обобщенные результаты анализа ИК-спектров полисиликатных растворов с различным содержанием калиевого жидкого стекла и глицерина представлены в табл. 2.

Таблица 2

Интерпретация характеристических полос и пиков поглощения в ИК-спектрах МНПВО полисиликатных растворов калиевого жидкого стекла и глицерина с различным содержанием компонентов

Положение линий поглощения, см ⁻¹	Интерпретация
855	деформационные R-O-H
920	деформационные колебания С-O-H
1030	валентные симметричные колебания мостикового кислорода Si-O-Si; деформационные С-O
1110	валентные асимметричные колебания мостикового кислорода Si-O-Si; деформационные С-O многоатомного спирта
1210	деформационные С-С
1330	маятниковые -CH ₂ -
1415 (1420, 1430, 1440)	деформационные -CH ₂ -CO-X
1645	деформационные Н-O-H
2360	валентные асимметричные O=C=O
2880	валентные симметричные -CH ₂ -
2935	валентные асимметричные -CH ₂ -
3040-3640	валентные симметричные O-H

На рис. 4 представлен фрагмент ИК-спектров МНПВО полисиликатных растворов с различным содержанием компонентов.

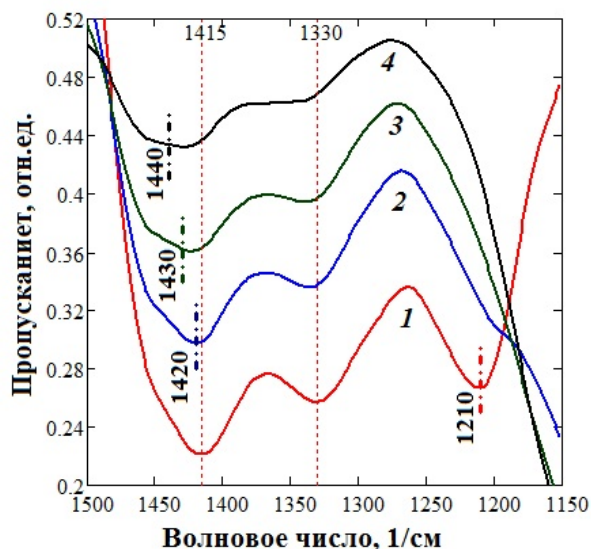
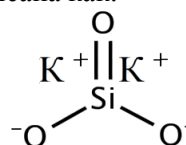
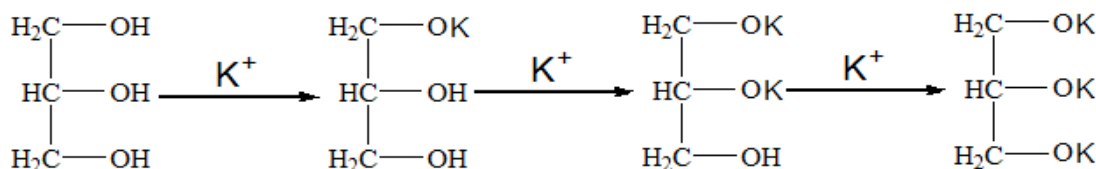


Рис. 4. Фрагмент ИК-спектров МНПВО полисиликатных растворов с различным содержанием калиевого жидкого стекла и глицерина: 1 – 20:80; 2 – 40:60; 3 – 60:40; 4 – 80:20

Исходя из анализа представленных ИК-спектров, можно сделать вывод как об уменьшении интенсивности пика поглощения, соответствующего деформационным колебаниям -CH₂-CO-X, так и о смещение его положения в длинноволновую область при увеличении содержания глицерина (с 1440 см⁻¹ до 1415 см⁻¹). Данное явление, по всей видимости, может быть объяснено следующим механизмом взаимодействия калиевого жидкого стекла и глицерина. В частности, известно, что калиевое жидкое стекло включает ионы K⁺, а его развернутая химическая формула может быть записана как:



В свою очередь глицерин, являющийся простейшим многоатомным спиртом, может вступить во взаимодействие с ионами K⁺, образовав глицерат калия:



При этом возможно, как частичное замещение ионов водорода H⁺ ионами K⁺, так и полное, в зависимости от соотношения реагирующих компонентов. Это в свою очередь обуславливает различную интенсивность и положение (1415,

1420, 1430 и 1440 см⁻¹) пика поглощения, соответствующего деформационным колебаниям -CH₂-CO-X, где X – фрагмент молекулы глицерина, в котором ионы водорода H⁺ частично или полностью замещены ионами K⁺.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королев Е.В. Проблемы и перспективы нанотехнологии в строительстве // Известия КазГАСУ. 2011. № 2 (16). С. 200–208.
2. Кукоз Ф.И., Кукоз В.Ф., Муковнин А.А. Нанотехнология: состояние, проблемы, решения, перспективы // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. №3. С. 64–66.
3. Жданок С.А., Хрусталева Б.М., Батяновский Э.И., Леонович С.Н. Нанотехнологии в строительном материаловедении: реальность и перспективы // Наука и техника. 2009. №3. С. 5–23.
4. Бальмаков М.Д., Пухаренко Ю.В. Наноконпозиционное материаловедение // Вестник гражданских инженеров. 2005. № 3(4). С. 53–57.
5. Королев Е.В., Баженов Ю.М., Береговой В.А. Модифицирование строительных материалов нанокремнекислотными трубками и фуллеренами // Строительные материалы. Наука. 2006. №8. С. 2–4.
6. Пухаренко Ю.В., Рыжов Д.И. О влиянии углеродных фуллероидных наночастиц на тепло-выделение цементного теста // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 4 (39). С. 156–161.
7. Кручинин Л.П. А.С. 477149 (СССР) Смесь для изготовления огнеупорного теплоизоляционного материала. Заявл. 01.03.78, опубл. 07.09.80. в Б.И., 1980, № 33 МКИ С 04 В.
8. Figovskiy O.L., Beylin D.A. Nanostructured Silicate Polymer Concrete // Vestnik MGSU. 2014. № 3. Pp. 197–204.
9. Логанина В.И., Давыдова О.А. Известковые отделочные составы на основе золь-гель технологии // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 50–51.
10. Greenwood P. Modified silica sols: titania dispersants and co-binders for silicate paints. PIGMENT&RESINTECHNOLOGY. 2010. Vol. 39. Issue 6. pp. 315–321 DOI: 10.1108/03699421011085803
11. Получение и применение гидрозолей кремнезема / под ред. Ю. Г. Фролова. М.: Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1979.
12. Айлер Р. Химия кремнезема. В 2 т. М.: Мир, 1982.
13. Гуляев А.А., Непомилуев А.М., Земляной К.Г. Патент РФ RU 2 272 820 Силикатная краска С09D 1/02 Патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный технический университет». Заявка № 2004124088/04, 06.08.2004 Опубликовано: 27.03.2006 Бюл. № 9.
14. Loganina V.I., Kislytsyna S.N., Mazhitov. Y.B. Structure and Properties of the Modified Binding for Silicate Paints // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. Pp. 469–474.
15. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Мажитов Е.Б. Разработка рецептуры золь-силикатной краски // Региональная архитектура и строительство. 2017. №3. С. 51–53.
16. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Мажитов Е.Б. Длительная прочность покрытий на основе золь-силикатной краски // Вестник МГСУ. 2018. Том 13. Выпуск 7. С. 877–884.
17. Логанина В.И., Кислицына С.Н., Мажитов Е.Б. Свойства жидкого стекла с добавкой золя кремниевой кислоты // Известия вузов. Строительство. 2017. №8. С. 74–79.
18. Быховский А. И. Растекание. Киев: «Наукова думка», 1983.
19. Кудашов А.А. Исследование качественного и количественного состава золь-ортокремневой кислоты // Молодой ученый. 2013. №6. С. 63–68.
20. Аверин И.А., Карпова С.С., Мошников В.А., Никулин А.С., Печерская Р.М., Пронин И.А. Управляемый синтез тонких стекловидных пленок // Нано- и микросистемная техника. 2011. № 1. С. 23–25.
21. Логанина В.И., Аверин И.А., Мажитов Е.Б., Карманов А.А. Состав полисиликатного связующего для силикатных красок // Академический Вестник УРАЛНИИпроект РААСН. 2017. №4. С. 69–72.

Информация об авторах

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры управления качеством и технология строительного производства. E-mail: loganin@mail.ru. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028, Пенза, ул. Титова, 28.

Мажитов Еркебулан Бисенгалиевич, аспирант кафедры управления качеством и технология строительного производства. E-mail: mazhitov201090@gmail.com. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Россия, 440028, Пенза, ул. Титова, 28.

Аверин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры нано-и микроэлектроники. E-mail: nano-micro@mail.ru. Пензенский государственный университет. Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40.

Карманов Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры нано-и микроэлектроники. E-mail:nano-micro@mail.ru. Пензенский государственный университет. Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40.

Поступила в ноябре 2018 г.

© Логанина В.И., Мажитов Е.Б., Аверин И.А., Карманов А.А., 2019

^{1,*}Loganina V.I., ¹Mazhitov E.B., ²Averin I.A., ²Karmanov A.A.

¹Penza State University of Architecture and Construction

Russia, 440028, Penza, st. Titova, 28

²Penza State University

Russia, 440026, Penza, st.Red, 40

* E-mail: loganin@mail.ru

ASSESSMENT OF A POLYSILICATE BINDING STRUCTURE WITH GLYCERINE ADDITIVE

Abstract. The article presents the results of the study of sol-silicate paint properties with the addition of glycerin. The introduction of glycerol improves the wettability of highly dispersed fillers and provides an increase in the cohesive strength of coatings. It is established that the introduction of glycerin improves paint's spill. Water-retaining effect from the introduction of glycerol is identified. The quality increase of coatings based on sol-silicate paint with the addition of glycerin is established. It is shown, that the addition of glycerin in the sol-silicate paint promotes the paint storage at a temperature of -5 °C for more than 46 days while preserving the properties of the paint, which increases its manufacturability. The chemical structure of polysilicate solutions with the addition of glycerin is carried out on FSM 1201 IR Fourier spectrometer using the attachment of multiple violation of the total internal reflection of MNPVO36 in the spectral range of 650–3950 cm^{-1} with a resolution of 4 cm^{-1} . It is shown that the interaction of potassium liquid glass and glycerin is weak and due to the partial replacement of hydrogen ions with potassium ions. A mechanism is proposed for the interaction of potassium liquid glass and glycerin, which consists in the partial replacement of hydrogen ions by H^+ ions by K^+ ions.

Keywords: polysilicate binder, glycerin, IR spectroscopy, sol-silicate paint

REFERENCES

1. Korolev E.V. Problems and prospects of nanotechnology in construction. News of KazGASU. 2011, no. 2 (16), pp. 200–208.
2. Kukoz F.I., Kukoz V.F., Mukovnin A.A. Nanotechnology: state, problems, solutions, prospects. News of universities. North Caucasus region. Engineering science, no. 3, pp. 64–66.
3. Zhdanok S.A., Khrustalev B.M., Batyanovskiy E.I., Leonovich S.N. Nanotechnologies in building materials science: reality and prospects. Science and technology, 2009, (3), pp. 5–23.
4. Balmakov M.D., Puharenko Yu.V. Nanocomposite materials science. Bulletin of civil engineers, 2005, no. 3 (4), pp. 53–57.
5. Korolyov Ye.V., Bazhenov Yu.M., Beregovoy V.A. Modification of building materials by carbon tubes and fullerenes by nan. Construction materials-The science, 2006, no. 8, pp. 2–4.
6. Puharenko Yu.V., Ryzhov D.I. On the effect of carbon fulleroid nanoparticles on heat dissipation of cement paste. Bulletin of civil engineers, 2013, no. 4 (39), pp. 156–161.
7. Figovskiy O.L., Beylin D.A., Kruchinin L.P. A.S. 477149 (USSR) Mix for the manufacture of refractory insulating material. Appl, 01.03,78, publ. 09/07/80. in BI, 1980, N 33 MKI S 04 V
8. Figovskiy O.L., Beylin D.A. Nanostructured Silicate Polymer Concrete. Vestnik MGSU, 2014, no. 3, pp. 197–204.
9. Loganina V.I., Davydova O.A. Alvestic finishing compositions based on sol-gel technology. Construction materials, 2009, vol. 3, pp. 50–51.
10. Greenwood P. Modified silica sols: titania dispersants and co-binders for silicate paints. PIGMENT & RESINTECHNOLOGY, 2010, vol. 39, issue 6, pp. 315–321. DOI: 10.1108 / 03699421011085803.
11. Frolova Yu.G. Preparation and use of silica hydrosols. M.: Trudy MKhTI them. DI Mendeleev, 1979.
12. Ailer P. Chemistry of silica. In 2 t. M.: Mir, 1982.
13. RF Patent RU 2 272 820 Silicate Paint C09D 1/02 Gulyaev Anatoly Alekseevich, Nepomiluev Andrey Mikhailovich, Zemlyanoy Kirill Gennadyevich. No. 2004124088/04.

14. Loganina V.I., Kislitsyna S.N., Mazhitov Y.B. Structure and Properties of the Modified Binding for Silicate Paints. Materials Science Forum, 2018, vol. 931, pp. 469–474.

15. Loganina V.I., Kislitsyna S.N., Mazhitov E.B. Development of the formulation of the sol-silicate paint. Regional architecture and construction, 2017, no. 3, pp. 51–53.

16. Loganina V.I., Kislitsyna S.N., Mazhitov E.B. The durability of coatings based on sol silicate paint. Vestnik MGSU, 2018, vol. 13, issue 7, pp. 877–884.

17. Loganina V.I., Kislitsyna S.N., Mazhitov E.B. Properties of liquid glass with the addition of

silica sol. Proceedings of the universities, Construction, 2017, no. 8, pp. 74–79.

18. Bykhovsky A.I. Spreading. Kiev: "Naukova Dumka", 1983.

19. Kudashov A.A. Study of the qualitative and quantitative composition of sols of orthosilicic acid. Young Scientist, 2013, no. 6, pp. 63–68.

20. Averin I.A., Karpova S.S., Moshnikov V.A., Nikulin A.S., Pecherskaya P.M., Pronin I.A. Controlled synthesis of thin vitreous films. Nano- and microsystem technology, 2011, no.1, pp. 23–25.

21. Loganina V.I., Averin I.A., Mazhitov E.B., Karmanov A.A. Composition of polysilicate binder for silicate paints. Academic Bulletin URAL-NIIproekt RAACS, 2017, no.4, pp. 69–72.

Information about the authors

Loganina, Valentina I. DSc, Professor. E-mail: loganin@mail.ru. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028, Penza, st. Titova, 28.

Mazhitov, Erkebulan B. Postgraduate student. E-mail: mazhitov201090@gmail.com. Penza State University of Architecture and Construction. Russia, 440028, Penza, st. Titova, 28.

Averin, Igor A. DSc, Professor. E-mail: nano-micro@mail.ru. Penza State University. Russia, 440026, Penza, st. Krasnaya, 40.

Karmanov, Andrei A. PhD, Associate Professor. E-mail: nano-micro@mail.ru. Penza State University. Russia, 440026, Penza, st. Krasnaya, 40.

Received in November 2018

Для цитирования:

Логанина В.И., Мажитов Е.Б., Аверин И.А., Карманов А.А. Оценка структуры полисиликатного связующего с добавкой глицерина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №2. С. 14–20. DOI: 10.12737/article_5c73fbf3898734.46559446

For citation:

Loganina V.I., Mazhitov E.B., Averin I.A., Karmanov A.A. Assessment of a polysilicate binding structure with glycerine additive. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 2, pp. 14–20. DOI: 10.12737/article_5c73fbf3898734.46559446