

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.746

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-2-39-50

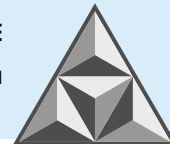
# Композиционная строительная краска с включением гематита (Ярославская обл., Россия)

**П.Б. Разговоров\*, В.В. Левандовский**

**Павел Борисович Разговоров, Владислав Владимирович Левандовский**

Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

*razgovorovpb@ystu.ru\**, *vladislavlev79@gmail.com*



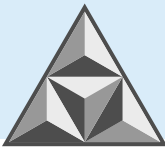
*Получена композиционная строительная краска на основе натриевого жидкого стекла, обработанного карбамидом. Установлена возможность замены традиционных минеральных компонентов в составе твердой фазы на гематит (Ярославская обл., Россия), включающий оксиды железа. Проведенные испытания показали высокую устойчивость строительной краски к статическому воздействию воды при  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ , механическому истиранию и достаточную адгезию к стеклянной подложке и оштукатуренной поверхности. Это выявляет перспективы использования гематита и снижения стоимости производства краски.*

**Ключевые слова:** композиционная строительная краска, натриево жидкое стекло, гематит, устойчивость к статическому воздействию воды, укрывистость, адгезия

**Для цитирования:**

Разговоров П.Б., Левандовский В.В. Композиционная строительная краска с включением гематита (Ярославская обл., Россия) // *Умные композиты в строительстве*. 2024. Т. 5, вып. 2. С. 39-50. URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/5160/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-2-39-50



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-2-39-50

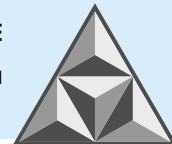
# Composite construction paint with inclusion of hematite (Yaroslavl region, Russia)

**P.B. Razgovorov\*, V.V. Levandovsky**

**Pavel B. Razgovorov, Vladislav V. Levandovsky**

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

*razgovorovpb@ystu.ru\*, vladislavlev79@gmail.com*



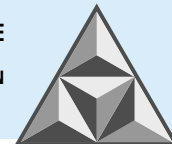
*The authors have developed a composite construction paint based on a binder - sodium liquid glass treated with urea. The authors found a possibility to replace traditional mineral components of the solid phase by hematite (Yaroslavl region, Russia), including iron oxides. The tests conducted showed high resistance of the construction paint to static water exposure at  $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ , mechanical abrasion and sufficient adhesion to glass substrate and plastered surface. This shows the prospects of hematite usage and reduction of paint production cost.*

**Keywords:** composite building paint, sodium liquid glass, hematite, resistance to static water, covering power, adhesion

**For citation:**

Razgovorov, P.B. & Levandovsky, V.V. (2024) Composite construction paint with inclusion of hematite (Yaroslavl region, Russia), *Smart Composite in Construction*, 5(2), pp. 39-50. Available at: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/5160/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-2-39-50



## ВВЕДЕНИЕ

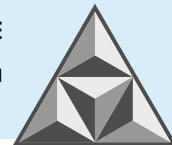
Композиционные строительные краски на основе натриевого жидкого стекла (НЖС), обработанного карбамидом, могут обладать высокими защитными свойствами, даже в том случае, когда в состав твердой фазы (ТФ) входят различные промышленные отходы, включающие оксиды железа (II, III), меди, никеля и хрома (III) [1, 2]. Подобные материалы отличаются дешевизной, негорючестью и повышенной адгезией к минеральной поверхности [3-6]. При этом характерно, что силикатное покрытие используется как для отделки стен снаружи, так и внутри помещений. Силикат не подвержен запылению, поэтому чаще им покрывают фасадные части зданий. Эти материалы также распространены в обозначениях разметок на автомобильных дорогах. Главный компонент состава краски – силикат калия [5, 6] или натрия. В то же время варианты пигментирующих добавок и наполнителей – компонентов ТФ могут существенно различаться, о чем исследователям известно уже более полувека [7]. По сравнению с другими материалами для фасадов, силикатные краски хорошо подходят для защиты кирпичных и бетонных стен. Выбор карбамида в качестве модифицирующей добавки к жидкому стеклу [2, 8] обусловлен, во-первых, обеспечением стабильности композиции при хранении в смешанном виде, а во-вторых, возможностью использования для окрашивания цоколей и кирпичных стен жилых домов [7].

Следует отметить, что в производстве российских силикатных красок и в настоящее время обычно используют калиевое жидкое стекло (КЖС), как это описано в [5, 7]. Несмотря на тот факт, что калиевые силикаты являются более дорогим сырьем, чем натриевые, на их основе удается получать более водоустойчивое связующее для красок, и это играет большую роль при оценке качества покрытий. Кроме того, композиционные силикатные краски отличает невысокая стабильность при хранении [5], поэтому ТФ, включающую пигменты (оксид цинка или диоксид титана) и наполнители (мел и тальк), требуется перемешивать со связующим компонентом непосредственно на строительной площадке. В этой связи такие краски выпускают двухупаковочными [3]: 1 – связующее (жидкое стекло), 2 – ТФ (пигментная часть), что объясняет дополнительные трудо- и энергозатраты работников строительных организаций, смешивающих компоненты перед нанесением на поверхность.

Четыре десятилетия назад на немецких предприятиях разработаны одноупаковочные силикатные краски [2] на основе калиевого жидкого стекла, модифицированного полиакрилатами, со сроком хранения до 6 мес. В свою очередь, в 1990-х годах в Ивановской государственной химико-технологической академии (Россия) проведены пионерские исследования с целью удешевления одноупаковочной краски на основе НЖС, выпускаемого в значительных объемах на предприятии АО «Ивхимром» (г. Иваново). Задача решалась одновременно путем модифицирования НЖС карбамидом [2] и удешевления состава за счет введения в ТФ отходов промышленных производств.

Одноупаковочные силикатные краски в наше время выпускают компании ALCRO-BECKERS AB и VIVACOLOR (Швеция), ALLIGATOR и CARAPOL (Германия), JUB (Словения), TIKKURILA (Финляндия) и др. Такие материалы рекомендованы для использования в странах Союза Независимых Государств [9] и России [10, 11].

Институт общей и неорганической химии Национальной Академии наук (Республика Беларусь) с 2000-х годов проводит разработку защитных композиционных материалов полифункционального назначения. В результате исследований получена краска, представляющая собой одноупаковочную композицию на основе КЖС (ГОСТ 18958-73). В состав ТФ входят также диоксид титана (пигмент) и неактивные щелочестойкие наполнители,



вододисперсный полимер, вещества, устойчивые в области высоких рН (диспергатор, загуститель, пеногаситель), и добавки, способствующие двойному окремнению силикатных покрытий и придающие поверхности гидрофобность («эффект лотоса») [9]. Такая краска обеспечивает диффузию водяного пара, высокие физико-механические свойства покрытия и хорошо защищает поверхность от влаги [9].

Однако проблема разработки одноупаковочных силикатных красок для современного строительства не потеряла актуальности, особенно с использованием НЖС, а также промышленных отходов и компонентов в невысоком ценовом диапазоне. Проведенные исследования [2] показали, что такие материалы получают в производственных условиях при реализации идеи модифицирования исходного сырья, причем в ходе несложного технологического цикла.

Цель настоящей работы – исследование возможности использования гематита (Ярославская обл., Россия) в составе ТФ одноупаковочной краски на базе НЖС и изучение физико-химических свойств покрытий, получаемых из разработанных составов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для получения композиционной строительной краски использовали натриевое жидкое стекло с силикатным модулем 2.9 и исходной плотностью 1.35–1.39 г·см<sup>-3</sup> (НЖС (1.35)) марки ETIZ, в которое вводили карбамид при 313-343 К, как это описано в [2, 8]. Модифицированный продукт имел плотность 1.40-1.43 г·см<sup>-3</sup>; его тщательно смешивали в фарфоровой ступке с рецептурным количеством воды и латекса ПВА. Затем композицию насыщали компонентами ТФ – мелом, тальком, оксидом цинка, а также гематитом (Ярославская обл., Россия) при различном содержании последнего в составе ТФ (см. рис. 1): 30, 50 мас% или полное замещение типовых веществ.

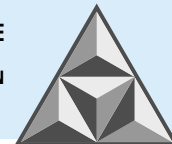


Рис. 1. Различные составы краски с добавлением гематита

Fig. 1. Various paint formulations with added hematite

Готовый композиционный материал со степенью перетира  $\approx 70$ -80 мкм по прибору «Клин» хранили в темном месте до момента нанесения на поверхность.

Краску наносили с помощью щетинной кисти или валика на хорошо очищенную и не имеющую следов влаги поверхность, как правило, в 1-2 слоя. При необходимости удаляли старые слои покрытия, а также следы жира. Фрагменты поверхности, на которой наблюдалось растрескивание старого покрытия, зачищали металлической щеткой до состояния целостного



покрытия. Трещины предварительно грунтовали раствором исходного связующего сырья (в данном случае – силиката натрия с плотностью 1.35-1.39 г·см<sup>-3</sup>). Затем проводили грунтование поверхности с применением смеси, самостоятельно полученной из 3 ч. воды и 1 ч. силиката натрия. Из-за риска быстрой карбонизации краску не приготавливали заранее; это делали непосредственно перед защитой поверхности, чтобы использовать материал в полном объеме, снизить отходы (требование экономичности).

Дисперсионные силикатные краски (их можно считать таковыми ввиду создания дисперсии пигментирующих веществ и наполнителей в жидкой фазе – растворе силиката натрия определенной плотности и латексе ПВА) не требуют проведения дополнительных операций перед осуществлением работ; достаточно открыть герметичную емкость с краской. В составе краски в данном случае имеется латекс ПВА, выполняющий роль дополнительного связующего компонента к раствору силиката натрия.

Исследование физико-механических свойств осуществляли в соответствии с разработанными и известными методиками, представленными в [1, 2].

Экспериментальные составы силикатной краски, наряду с традиционным пигментом – оксидом цинка и наполнителями (мел, тальк), включают гематит, содержащий оксиды железа и представляющий собой массу темно-бурого цвета (табл. 1.)

**Таблица 1.** Экспериментальные составы силикатной краски

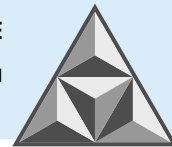
**Table 1.** Experimental compositions of silicate paint

Компоненты краски	№ образца			
	1	2	3	контрольный
Модифицированное карбамидом НЖС с плотностью 1.43 г·см <sup>-3</sup> , г	35.0	35.6	35.0	35.0
Вода, г	10.0	10.0	10.0	10.0
Сухая пигментная часть, г, в том числе:	45.0	45.0	45.0	45.0
– мел порошок, г	15.8	11.3	–	22.5
– тальк порошок, г	6.3	4.5	–	9.0
– цинковые белила, г	9.4	6.7	–	13.5
– гематит (Ярославская обл., Россия), г	13.5	22.5	45.0	–
Латекс ПВА, г	10.0	10.0	10.0	10.0
Всего, г	100.0	100.0	100.0	100.0

Все полученные экспериментальные образцы композиционной краски с включением в состав гематита (Ярославская обл., Россия) оценивали по физико-химическим характеристикам и потребительским свойствам, имеющим важное значение в отношении перспектив применения в строительстве.

*Устойчивость к статическому воздействию воды* – способность покрытия противостоять разрушающему действию воды при длительной эксплуатации окрашенной поверхности.

Для оценки устойчивости к статическому воздействию воды краску наносили щетинной кистью на стеклянные пластинки размером 120×90×1.4 мм, протертые смоченной ацетоном тканью, а затем – насухо. Покрытия выдерживали 24 ч в стеклянном шкафу при комнатной температуре. По истечении 24 ч пластину с покрытием погружали на 2/3 длины в стеклянный стакан с дистиллированной водой, выдерживали в воде 24 ч, затем извлекали из воды и вновь высушивали 1 сут. при комнатной температуре. О степени вымелывания покрытия судили по наличию отпечатков на фланели (60×60 мм) при трении о поверхность.



*Смываемость* (устойчивость к смыванию краски при механическом воздействии – истирании) – выражается в процентах покрытия, смытого с поверхности стекла водой при помощи щетки. Характеризует способность лакокрасочного покрытия противостоять атмосферным и механическим воздействиям.

Для определения смываемости на две чистые стеклянные пластинки размером 120×90×1.4 мм и с известной массой щетинной кистью наносили композиционную краску, отверждали покрытие 24 ч в стеклянном шкафу при комнатной температуре. Пластинки с покрытием вновь взвешивали на аналитических весах. Затем в течение 30 с под струей воды при температуре (293±2) К и нагрузке (20±2) Н зубной щеткой терли покрытие, осуществляя круговые движения. Затем пластинки с покрытиями высушивали в течение 24 ч в стеклянном шкафу при комнатной температуре, после чего в третий раз взвешивали на аналитических весах. Смываемость краски определяли в г·м<sup>-2</sup> – как разность масс пластинки с покрытием до испытания и после него, отнесенную к площади покрытия, а также в процентах – как массу смытого покрытия в ходе испытания, отнесенную к общей массе покрытия до испытания.

*Укрывистость* – способность композиционного материала делать невидимыми цветовые различия окрашиваемой поверхности (ГОСТ 8784-75). Она показывает, сколько сухой пленки испытуемого материала необходимо, чтобы полностью укрыть 1 м<sup>2</sup> поверхности, и характеризует его расход на единицу площади.

Кроющую способность краски (укрывистость) оценивали по ГОСТ 8784-75, раздел 3. На стеклянные пластинки размером 120×90×1.4 мм, протерты тканью с ацетоном, высушенные и взвешенные с точностью до второго десятичного знака, наносили слои разработанной краски. Стеклопластинку с материалом краски помещали на шахматную доску и наблюдали при рассеянном дневном свете на предмет просвечивания белых и черных полей (квадратов доски). В случае, если поля доски просвечивали, наносили на пластинку новые слои композиционного материала, причем до тех пор, пока различие между белыми и черными полями не переставало ощущаться. После этого пластинку взвешивали с точностью до второго десятичного знака, сушили и вновь взвешивали. Перед третьим взвешиванием удаляли потеки материала с ребер пластинки; нанесение каждого нового слоя композиционного материала на пластинку предварялось перемешиванием.

Укрывистость определяли как отношение массы пленки в граммах (после высушивания краски, нанесенной на пластинку) к общей окрашенной площади пластинки, выраженной в квадратных метрах.

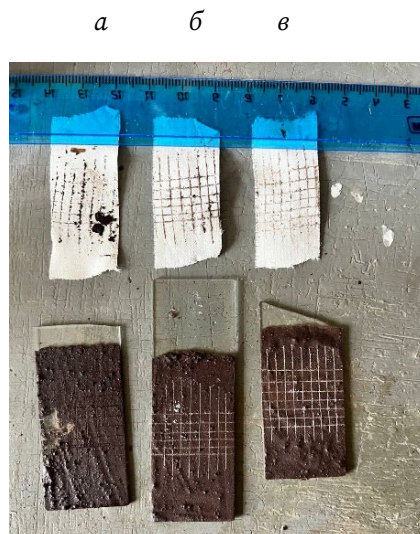
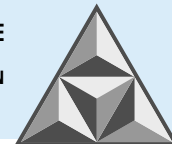
*Адгезия* – характеристика, позволяющая оценить качество сцепления покрытия с защищаемой поверхностью. Ее оценивали по методу решетчатого надреза (см. рис. 2).

Бритвенным лезвием по линейке на покрытие через 1 мм наносили пять параллельных и перпендикулярных надрезов (в виде решетки). Сверху наклеивали отрезок белой изоляционной ленты и резко отрывали. Результат в баллах связывали с количеством отслоенных в результате отрыва квадратов: 1 балл – отсутствие отслоившихся фрагментов; 2 балла – отслоение 5%; 3 балла – отслоение 35%; 4 балла – отслоение более 35% квадратов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После тестирования полученных образцов новой краски (рис. 2) выявлено, что адгезия покрытия к стеклянной подложке достаточно высока (1-2 балла). После отрыва липкой ленты от покрытия, включающего 30% гематита (рис. 2, в), для образца № 1 отмечается отсутствие отслоения краски: на ленте даже сетка решетчатых надрезов практически не отразилась.





**Рис. 2.** Адгезия к стеклу краски с включением гематита (Ярославская обл., Россия): сверху – изоляционная лента с частицами отслоившейся краски, снизу – стеклянные подложки.

Замена твердой фазы, %: а – 100; б – 50; в – 30

**Fig. 2.** Adhesion to glass of paint using hematite (Yaroslavl region, Russia): insulating tape with peeled paint particles on top, glass substrates on the bottom. Solid phase replacement, %: а – 100; б – 50; с – 30

Адгезия для образца № 2 (рис. 2, б), несмотря на более четкую видимость сетки решетчатых надрезов на липкой ленте, также оценена нами в 1 балл. Образец № 3 (полная замена компонентов ТФ на гематит) характеризуется адгезией покрытия в 2 балла:  $\approx 5\%$  по площади покрытия отслоилось от стеклянной подложки (см. рис. 2, а). Таким образом, в отношении данного показателя допускается замена в составе композиционного материала 30-50% ТФ на гематит (Ярославская обл., Россия) по массе.

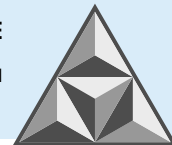
Согласно ГОСТ 18958-73, специальные требования к физико-химическим свойствам и потребительским характеристикам строительных силикатных красок не обозначены. Так, например, степень перетира краски по прибору «Клин» не регламентируется вовсе (дисперсность  $\delta \leq 150$  мкм). Тем не менее, ориентируясь на требования нормативной документации в отношении водно-дисперсионных фасадных композиционных материалов, можно обозначить рекомендуемый (оптимальный) уровень показателей: адгезия – 1 балл (отсутствует отслоение покрытия от поверхности); устойчивость к статическому воздействию воды при 293 К – без изменений; смываемость покрытия при механическом воздействии  $\leq 4$  г·м<sup>-2</sup>; укрывистость пленки  $\leq 200$ -250 г·м<sup>-2</sup>.

Результаты испытаний разработанной нами композиционной краски с включением гематита (Ярославская обл., Россия), представленные в табл. 2, показывают, что, при условии замены  $\leq 50\%$  ТФ по массе, материалы характеризуются не только достаточным уровнем адгезии к стеклу.

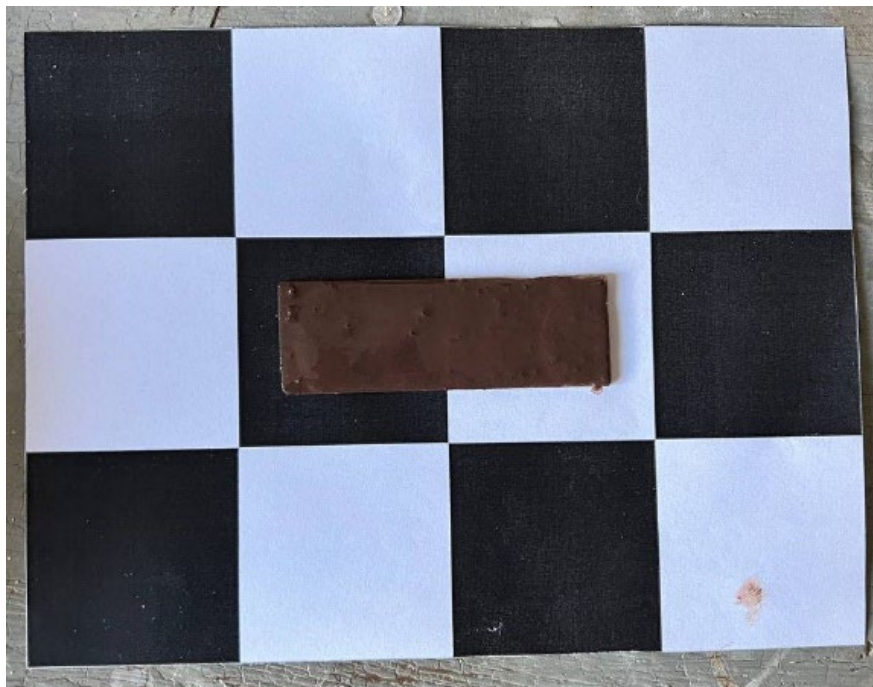
Таблица 2. Физико-химические свойства силикатной краски

Table 2. Physico-chemical properties of silicate paint

Показатель	№ образца			
	1	2	3	контрольный
Адгезия, баллы	1	1	2	2
Стойкость к статическому воздействию воды при 293 К	без изменений	вымеливает слабо	вымеливает значительно	вымеливает слабо
Смываемость, г·м <sup>-2</sup> , % по массе	7.0 ± 0.4 5.0 ± 0.3	8.0 ± 0.4 4.0 ± 0.2	21.3 ± 1.1 10.0 ± 0.5	7.0 ± 0.4 5.0 ± 0.3
Укрывистость, г·м <sup>-2</sup>	143 ± 4	187 ± 6	225 ± 7	167 ± 5



Так, смываемость пленки после высушивания покрытия с включением в состав ТФ до 50 мас% гематита (основной компонент –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) находится на уровне 4-5% ( $\approx 7-8 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ ) при истирании под нагрузкой  $(20\pm 2) \text{ Н}$ , а крошащая способность удовлетворяет необходимым требованиям: по шахматной доске (см. рис. 3) она составляет  $140-190 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ .

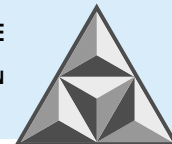


**Рис. 3.** Оценка укрывистости краски с гематитом с помощью шахматной доски

**Fig. 3.** Assessment of the coverability of hematite paint using a chessboard

После нанесения на бетонные кубики и белый кирпич разработанной композиционной краски с включением в состав ТФ гематита (Ярославская обл., Россия) покрытие приобретает глубокий красно-коричневый цвет (см. рис. 2), интенсивность которого, однако, несколько снижается (покрытие становится более светлым) при воздействии в течение 24 ч водопроводной воды при нормальных условиях (температура 293 К, давление  $1.01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ). Все составы краски не имеют выраженного запаха органических веществ, хорошо наносятся кистью на защищаемую минеральную поверхность (бетон, цемент, асбоцемент). Они могут храниться в одноупаковочном виде в течение 4-6 мес., а перед применением разводятся небольшим количеством воды до малярной консистенции и, ввиду проявления тиксотропных свойств [7], перемешиваются без значительных усилий и наносятся в 1-2 слоя на поверхность. Срок силикатизации (отверждения покрытия) не превышает 6-8 ч на воздухе (при стандартных условиях).

Более тщательный анализ результатов выявил, что рассматриваемые композиции имеют достаточную стойкость при статическом воздействии воды лишь в том случае, когда замена традиционных пигментов и наполнителей в составе ТФ на гематит не превышает 30% по массе (табл. 2, образец № 1). При этом удается сохранить приемлемый показатель смываемости покрытия как в абсолютных единицах ( $6-7 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ ), так и в процентах (5%), и высокую укрывистость пленки ( $\approx 140 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}$ ), не уступающую по расходным характеристикам контрольному образцу (стандартный состав ТФ с оксидом цинка, в отсутствие ярославского гематита). Полная замена ТФ на гематит является неприемлемой (образец № 3, табл. 2); покрытие из краски имеет малую водостойчивость; при этом расход материала повышается на 35 (контрольный образец) – 58% (образец № 1).



## ВЫВОДЫ

1. Доказана возможность применения гематита (Ярославская обл., Россия) в составе силикатных красок, изготовленных на основе модифицированного карбамидом НЖС марки ETIZ; результаты удовлетворяют требованиям ГОСТ 18958-73. При этом предпочтительным вариантом является замена  $\leq 30$  мас% сухой пигментной части на гематит.

2. Выявлено, что по истечении 14 сут. с момента проведения натуральных испытаний наносимое покрытие не потеряло целостность, не изменило цвет, а попадание осадков не нарушает структуру покрытия.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Разговоров П.Б., Игнатьев А.А., Абрамов М.А., Нагорнов Р.С.** Переработка алюмосиликатного сырья и отвалов строительства метрополитена в композиционные сорбенты для очистки водных и маслосодержащих сред // *Умные композиты в строительстве*. 2020. Т. 1. Вып 1. С. 10-26; URL: <https://ystu.editorum.ru/ru/nauka/issue/5036/view>
2. **Разговоров П.Б.** Научные основы создания композиционных материалов из технических и природных силикатов. Автореферат дис... д-ра техн. наук. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2008. 32 с.
3. **Лендова Н.А., Коробовцева Т.А., Погребницкая Г.В.** Краски на основе жидкого стекла // *ЛКМ и их применение*. 1989. № 3. С. 101-103.
4. **Корюкин А.В.** Защитно-декоративные силикатные покрытия // *ЛКМ и их применение*. 1990. № 1. С. 34-38.
5. **Соков В.Н., Баженова С.И., Петров М.А., Пепеляева А.Ю.** Фасадная негорючая краска на основе калиевого жидкого стекла: особенности состава // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2019. № 1. С. 33-37
6. Пат. 2043375 РФ. С 09 D 1/02, С 04 В 41/45. Силикатная краска / **Гизатуллина М.Ю., Васильев В.В., Яценко О.Е.** Заявл. 23.11.1992. Оpubл. 10.09.1995.
7. **Климанова Е.А., Барцевский Ю.А., Жилкин И.Я.** *Силикатные краски*. М.: Стройиздат, 1968. 86 с.
8. **Разговоров П.Б., Игнатов В.А., Койфман З.Ц., Терская И.Н.** Исследование механизма модификации жидких стекол мочевиной // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 1993. Т. 36. Вып. 1. С. 68-70.
9. **Шинкарева Е.В.** Однокомпонентная силикатная краска на основе жидкого калиевого стекла производства ОАО «Домановский ПТК». *ЛКМ и их применение*. 2013. № 6. С. 28-33.
10. Пат. 2007430 РФ. С 09 D 1/04. Силикатная краска / **Матвеев Л.Г., Лазарева В.В., Шкуро В.Г., Федотов А.И.** Заявл. 05.08.1991. Оpubл. 15.02.1994.
11. Пат. 2272820 РФ. С 09 D 1/02. Краска силикатная / **Гуляев А.А., Непомилуев А.М., Земляной К.Г.** Заявл. 06.08.2004. Оpubл. 27.03.2006.

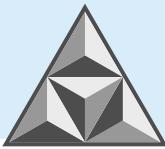
Поступила в редакцию 02.05.2024

Одобрена после рецензирования 31.05.2024

Принята к опубликованию 06.06.2024

## REFERENCES

1. **Razgovorov, P.B., Ignatyev, A.A., Abramov, M.A. & Nagornov, R.S.** (2020) Processing of raw aluminosilicates and subway construction dumps into composite sorbents for purification of water and oil-containing media. *Umnye kompozity v stroitel'stve [Smart Composite in Construction]*, 1(1), pp. 10-26. Available at: <https://ystu.editorum.ru/ru/nauka/issue/5023/view> (accessed 20.03.2024).
2. **Razgovorov, P.B.** (2008) *Scientific bases of creation of composite materials from technical and natural silicates*. PhD. Ivanovo State Chemical and Technological University. Ivanovo (in Russian).
3. **Lendova, N.A., Korobovtseva, T.A. & Pogrebitskaya, G.V.** (1989) Paints on the basis of liquid glass, *LKM i ikh primeneniye [Paint and varnish materials and their application]*, (3), pp. 101-103 (in Russian).
4. **Koryukin, A.V.** Protective and decorative silicate coatings (1990) *LKM i ikh primeneniye [Paint and varnish materials and their application]*, (1), pp. 34-38 (in Russian).



5. **Sokov, V.N., Bazhenova, S.I., Petrov, M.A. & Pepelyaeva, A.Yu.** (2019) Facade non-combustible paint on the basis of potassium liquid glass: features of the composition, *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova [Bulletin of V.G. Shukhov BGTU]*, (1), pp. 33-37 (in Russian).
6. **Gizatullina, M.Yu., Vasiliev, V.V. & Yatsenko, O.E.** Silicate paint [Silikatnaya kraska] Pat. 2043375 Russia. 1995.
7. **Klimanova, E.A., Barshchevsky, Yu.A. & Zhilkin, I.Ya.** (1968) *Silikatnye kraski [Silicate paints]*. Stroyizdat, Moscow (in Russian).
8. **Razgovorov, P.B., Ignatov, V.A., Koifman, Z.Ts. & Terskaya, I.N.** (1993) Study of the mechanism of modification of liquid glasses by urea, *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khimi. Kkhim. Tekhnol. [ChemChemTech]*, 36(1), pp. 68-70 (in Russian).
9. **Shinkareva, E.V.** (2013). "One-component silicate paint on the basis of liquid potassium glass produced by OAO "Domanovsky PTC", *LKM i ikh primenenie [Paint and varnish materials and their application]*, (6), pp. 28-33 (in Russian).
10. **Matveev, L.G., Lazareva, V.V., Shkuro, V.G. & Fedotov, A.I.** Silicate paint [Silikatnaya kraska]. Pat. 2007430 Russia. 1994.
11. **Gulyaev, A.A., Nepomiluev, A.M. & Zemlyanoy, K.G.** Silicate paint [Silikatnaya kraska]. Pat. 2272820 Russia. 2006.

*Received 02.05.2024*

*Approved after reviewing 31.05.2024*

*Accepted 06.06.2024*