

## Возможности применения фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами

Елена Л. Владимирцева<sup>1</sup> elvladimirtseva@mail.ru  
 Любовь В. Шарнина<sup>2</sup> sharnina51@mail.ru  
 Анна А. Миронова<sup>1</sup> mironova.anna05@mail.ru

<sup>1</sup> Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр-т, 7, г. Иваново, 153000, Россия

<sup>2</sup> Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, пр-т Строителей, 33, г. Иваново, 153040, Россия

**Реферат.** Работа направлена на поиск новых препаратов и технологических приемов обработки текстильных материалов, позволяющих достигать высокое качество продукции с минимальными затратами и практическим отсутствием вредных производственных выбросов. На кафедре Химической технологии волокнистых материалов Ивановского государственного химико-технологического университета проводятся исследования по использованию нерастворимых алюмосиликатов в технологии отделки текстильных материалов: накоплен опыт применения силикатов для модификации свойств шерстяного волокна и для очистки отработанных красильных растворов от прямых, активных и кислотных красителей. В статье рассматривается возможность применения фторированного алюмосиликата (ФТАС), имеющего брутто-формулу  $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{AlF}_3$ , который является побочным продуктом металлургического производства, при колорировании текстильных материалов пигментными красителями. Уникальность этого препарата заключается в том, что в отличие от обычных нерастворимых алюмосиликатов ФТАС сочетает нерастворимую (оксиды кремния и алюминия) и растворимую (фторид алюминия) фракции. Известно, что, несмотря на ограниченную растворимость в воде (0,41% по массе при 25 °С), фторид алюминия каталитически активен и в этом качестве используется в ряде химических процессов. Благодаря наличию водорастворимого фторида алюминия ФТАС имеет кислую реакцию. Это, а также мелкодисперсность и белый цвет нерастворимой части порошка позволяют использовать его как в качестве наполнителя для купажирования печатных красок, так и катализатора процесса фиксации красителя на волокне. Из оценки колористических и прочностных показателей полученных окрасок следует, что фторированный алюмосиликат может успешно заменить промышленно выпускаемые катализаторы. Дополнительным положительным свойством является увеличение срока хранения готовой печатной композиции. Ограниченная растворимость фторида алюминия, с одной стороны, и распределение его в структуре нерастворимых оксидов алюминия и кремния, с другой, делает препарат каталитически не активным при комнатной температуре, что положительно влияет на стабильность печатной краски. Другим вариантом применения фторированного алюмосиликата в сочетании с пигментами может быть обесцвечивания отработанных красильных растворов. При этом ведущую роль играет высокая сорбционная активность фторированного алюмосиликата по отношению к пигментам. Если в водную дисперсию пигмента поместить мелкодисперсный ФТАС, то, оседая, он будет захватывать краситель. За 24 часа дисперсия полностью обесцветится. При этом осевший порошок приобретает оттенок пигмента. Представленные в работе результаты исследований позволяют говорить о технологических возможностях использования фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами, в которых востребованы как его сорбционная способность, так и каталитическая активность.

**Ключевые слова:** текстильные материалы, фторированный алюмосиликат, пигменты, красители, печатание тканей, катализатор, сорбция

## Using of fluorinated aluminum silicate in the process coloring of textile materials with pigments

Elena L. Vladimirtseva<sup>1</sup> elvladimirtseva@mail.ru  
 Lyubov' V. Sharnina<sup>2</sup> sharnina51@mail.ru  
 Anna A. Mironova<sup>1</sup> mironova.anna05@mail.ru

<sup>1</sup> Ivanovo state university of chemistry and technology, Sheremetevskii Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia

<sup>2</sup> Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Stroiteley Av., 33, Ivanovo, 153040, Russia

**Summary.** The aim of the work is to search for new drugs and technologies for processing textile materials to achieve high quality products with minimum costs and practical absence of harmful industrial emissions. Studies on the use of insoluble aluminum silicate in practical application in the textile industry are conducted at the Ivanovo State University of Chemical Technology. The experience of using silicates for modifying the properties of wool fibre and purification of exhaust dyeing solutions from direct, active and acidic dyes has been accumulated. The article considers the possibility of using fluorinated aluminum silicate ( $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{AlF}_3$ ), which is a by-product in manufacture of aluminum fluoride, when coloring textile materials with pigment dyes. The uniqueness of this preparation lies in the fact that fluorinated aluminum silicate combines two fractions: insoluble (silicon and aluminum oxides) and soluble (aluminum fluoride). Aluminum fluoride has a limited solubility in water (0.41% by weight at 25 °C), but is catalytically active and is used in a number of chemical processes as a catalyst. Due to the presence of water-soluble aluminum fluoride, fluorinated aluminum silicate has an acidic reaction. This powder is finely dispersed and its insoluble part has a white color, so it can be used as filler for blending printing inks and a catalyst for the dye fixing process on the fibre. The color and strength characteristics of the obtained stains convincingly prove that the fluorinated aluminum silicate can successfully replace commercially available catalysts. An additional positive feature is an increase in the shelf life of the finished printed composition. The limited solubility of aluminum fluoride, on the one hand, and its distribution in the structure of insoluble alumina and silicon oxides, on the other, makes the preparation catalytically inactive at room temperature, which positively affects the stability of the ink. Another option for the use of fluorinated aluminum silicate in combination with pigments can be purification of exhaust dyeing solutions. In this case, the high sorption activity of fluorinated aluminum silicate with respect to pigments plays a leading role. If fine dispersed fluorinated aluminum silicate is placed in the aqueous dispersion of the pigment, then, settling, it will capture the dye. Within 24 hours, the dispersion completely discolored. At the same time, the settled powder acquires a pigment tint. The results of the research presented in this paper make it possible to talk about the technological possibilities of using fluorinated aluminum silicate in the coloring of textile materials with pigments in which both its sorption ability and catalytic activity are in demand.

**Keywords:** fibre materials, fluorinated aluminum silicate, pigmen dye, fabric printing, catalyst, sorption

Для цитирования

Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Миронова А.А. Возможности применения фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 307–312. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-307-312

For citation

Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Mironova A.A. Using of fluorinated aluminum silicate in the process coloring of textile materials with pigments. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 307–312. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-307-312

### Введение

Отделочное производство текстильной промышленности характеризуется многообразием технологических процессов, широким ассортиментом используемых химических реагентов, красителей и отделочных препаратов, большим энерго- и водопотреблением. Совокупность технического оснащения и технологических решений определяет, в конечном итоге, себестоимость, качество и экономичность выпускаемой продукции на внутреннем и мировом рынках.

Поскольку при разработке новых технологичных отделок текстильных материалов необходимо принимать во внимание факторы экологичности, экономичности и технологичности производства решающее значение приобретает поиск новых препаратов и умелое использование различных технологических приемов обработки, позволяющих достигать высокого качества продукции с минимальными затратами и практическим отсутствием вредных производственных выбросов.

Одним из принципиальных путей решения проблемы экологии является использование на технологические нужды веществ и препаратов, которые по своей сути не представляют опасности для человека.

На кафедре ХТВМ ИГХТУ не первый год ведутся работы по использованию нерастворимых алюмосиликатов в технологии отделки текстильных материалов: накоплен опыт применения силикатов для модификации свойств шерстяного волокна [1], для очистки отработанных красильных растворов [2].

В процессе исследований была отмечена высокая сорбционная активность и оригинальность «поведения» фторированного алюмосиликата (ФТАС), являющегося побочным продуктом в производстве фторида алюминия [3, 4]. Уникальность его заключается в том, что в отличие от обычных нерастворимых алюмосиликатов ФТАС сочетает нерастворимую (оксиды кремния и алюминия) и растворимую (фторид алюминия) фракции.

В статье рассматривается возможность применения ФТАС при колорировании текстильных материалов пигментными красителями. В последние годы пигменты приобрели большую популярность у производителей тканей. Несомненным достоинством этого класса красителей являются разнообразие цветов и оттенков, простота использования, возможность нанесения на любые термоустойчивые волокна, а главное – сокращения технологического цикла за счёт исключения операции промывки. Непрерывно растет спрос на новые оригинальные эффекты пигментной печати с применением экологически безопасных наполнителей.

Основной принцип пигментной печати заключается в том, что закрепление красителей на волокне не связано с проявлением действия сил сродства между ними, а осуществляется с помощью связующих, фиксирующих частицы нерастворимого красителя в двух- и трехмерной сетке. Непременным условием образования такой связи является наличие катализатора, в качестве которого обычно используются потенциально кислые соли [5, 6], проявляющие свои кислотные свойства на стадии термообработки.

Благодаря наличию водорастворимого фторида алюминия ФТАС имеет кислую реакцию. Это, а также мелкодисперсность и белый цвет нерастворимой части порошка позволяют использовать его как в качестве наполнителя для купирования печатных красок, так и катализатора процесса фиксации красителя на волокне.

Другим вариантом применения фторированного алюмосиликата в сочетании с пигментами может быть обесцвечивания отработанных красильных растворов.

### Материалы и методы

Объектом исследования являлся фторированный алюмосиликат (ФТАС), имеющий брутто формулу  $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{AlF}_3$ . Кроме оксидов алюминия и кремния, ФТАС содержит в своем составе 2–6% фторида алюминия. Несмотря на ограниченную растворимость в воде (0,41% по массе при 25 °С), фторид алюминия каталитически активен и в этом качестве используется в ряде химических процессов [7]. Размер частиц порошка ФТАС сопоставим с размерами частиц пигментных красителей, а белизна порошка (85%) близка к этому показателю для оксида титана (84%) и гидроксида алюминия (90%), применяемых для производства белых пигментов.

В работе были использованы технические красители производства Турции, отличающиеся цветом и химическим строением – пигменты: голубой MB, красный R2B, фиолетовый VRE, золотисто-желтый K2R, оранжево-красный OR, пурпурный PP4, коричневый BR.

Печать вели по хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения с поверхностной плотностью 250 г/м<sup>2</sup>, композициями для пигментной печати производства России (композиция I), Германии (композиция II), Турции (композиция III). Основными составляющими композиций являются загуститель, придающий печатной краске необходимые реологические характеристики, а также связующее вещество и фиксатор, закрепляющие краситель на волокне. Кроме них в состав входят различные текстильно-вспомогательные вещества (ТВВ) – смягчители, эмульгаторы и пр. и катализатор, активирующий при повышении температуры процесс «пришивки» красителя к волокну.

Составы наносили на текстильный материал через сетчатые шаблоны, сушили и термофиксировали при температуре 160°C в течение 2 мин. Качество печати определялось по устойчивости к сухому и мокрому трению (по ГОСТ 9733.27–83) и к стирке (ГОСТ 9733.0–83). Колористические характеристики печатного рисунка оценивались по интенсивности окраски. Для этого измеряли коэффициент отражения от материала R на спектрофотометре "Specol-11" при соответствующих длинах волн и рассчитывали функцию K/S по формуле Гуревича – Кубелки – Мунка (ГКМ)[8]:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_\lambda)^2}{2R_\lambda} - \frac{(1 - R_s)^2}{2R_s}, \quad (1)$$

Где K – коэффициент поглощения света, окрашенным волокном; S – коэффициент рассеяния этим же волокном; R<sub>λ</sub> – спектральный коэффициент отражения окрашенной ткани.

После этого с помощью компьютерной программы, определяли положение цвета на координатной плоскости в координатах a и b в равноконтрастной системе CIE L\*a\*b\*.

Для оценки эффективности очистки отработанных растворов от пигментов навеску фторированного алюмосиликата (5 г) помещали в высокий химический стакан, добавляли 2 мл дисперсии красителя (1 г/л) и доводили дистиллированной водой до 100 мл. Контроль вели комплексно визуальным и инструментально, определяя изменение мутности, цвета и оптической плотности дисперсий при длине волны

характерной для данного цвета красителя (на фотоколориметре) [8], а также окраски осадков глины. На спектрофотометре «Spekord 450 – M» с автоматической регистрацией данных были получены спектры поглощения раствора над осадком в диапазоне длин волн 350–750 нм. Контроль проводился с момента приготовления дисперсий ежедневно в течение 3 суток отстаивания.

### Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты колорирования хлопчатобумажной ткани пигментными композициями, в которых использовали фирменные катализаторы и ФТАС.

Как следует из оценки колористических и прочностных показателей окрасок, полученных с применением композиций различных фирм, алюмосиликат успешно заменяет промышленно выпускаемые катализаторы.

Дополнительным положительным свойством, отмеченном при использовании ФТАС, является увеличение срока хранения композиции. Как известно, готовые печатные составы на предприятиях обычно используются в течение одной – двухрабочих смен, т. к. они сохраняют свои свойства не более суток [5, 6]. Длительное их хранение вызывает ухудшение качества печати, что связано с нарушением реологических характеристик печатного состава [6]. Так, композиции II и III загустевают и теряют свою пластичность, при этом резко падает интенсивность отпечатка. Композиция I напротив, разжижается, становится водянистой, поэтому напечатанные с ней рисунки не имеют четкого контура (таблица 1).

Таблица 1.

Влияние природы катализатора на качество пигментной печати

Table 1.

Influence of the catalyst on the quality of pigment printing

Пигмент Pigment	Показатель Mark	Печатный составы   Pigment composition					
		Композиция I Composition I		Композиция II Composition II		Композиция III Composition III	
		Катализатор I Catalyst I	ФТАС fluorinated aluminum silicate	Катализатор II Catalyst II	ФТАС Fluorinated aluminum silicate	Катализатор III Catalyst III	ФТАС Fluorinated aluminum silicate
Голубой MB   Blue MB	Интенсивность, K/S Color intensity, K/S	34,1	34,9	40,9	39,8	39,4	33,3
	Устойчивость к стирке Washfastness	4/5/4	4/5/4	4/5/5	5/5/5	4/4/4	4/5/4
	Устойчивость к трению (Friction fastness) – сухому (dry) – мокрому (wet)	4/4 4/3	4/4 4/3	5/4 4/4	5/5 4/4	4/4 4/3	5/4 4/3
красный R2B   Red R2B	Интенсивность, K/S Color intensity, K/S	38,4	40,6	43,6	42,0	44,1	42,3
	Устойчивость к стирке Washfastness	3/4/3	3/4/4	4/5/4	5/4/4	4/3/4	4/4/4
	Устойчивость к трению (Friction fastness) – сухому (dry) – мокрому (wet)	4/5 3/3	5/4 4/4	4/4 3/3	4/4 4/3	4/3 3/3	4/4 4/3

В присутствии ФТАС этого не происходит. Ограниченная растворимость фторида алюминия, с одной стороны, и распределение его в структуре нерастворимых окислов алюминия и кремния, с другой, делает  $AlF_3$  каталитически не активным при комнатной температуре. Поэтому порошок ФТАС, фактически, представляет собой «депо» для хранения  $AlF_3$  и высвобождает его только на стадии фиксации. Это позволяет увеличить срок хранения готовых составов с 24 до 72 часов без ухудшения качества печати.

При увеличении содержания ФТАС в печатном составе до 2,5–10 г/кг, минерал может выступать в роли не только катализатора, но и наполнителя для «разбавления» цвета. При этом были получены оригинальные колористические эффекты. При соотношении краситель: ФТАС 1:5 изменялась не только насыщенность окраски, но и оттенок цветного пигмента. Подтверждением этого являются координаты цвета образцов, напечатанных одним и тем же красителем с алюмосиликатом и белым пигментом в качестве наполнителя (рисунок 1).

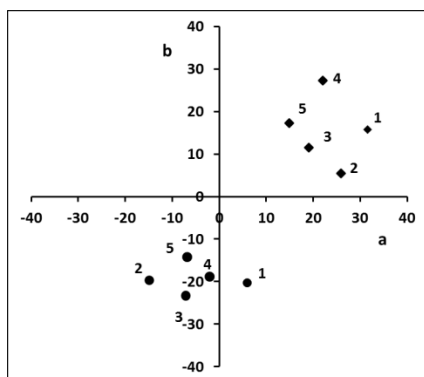


Рисунок 1. Координаты цвета образцов напечатанных пигментами «♦» – красным R2B и «●» – голубым MB: 1 – Исходный; 2 – Композиция I + ФТАС; 3 – Композиция III + ФТАС; 4 – Композиция I + белый пигмент; 5 – Композиция III + белый пигмент

Figure 1. The color coordinates of the samples that are printed with pigments "♦" – Red R2B and "●" – Blue MB: 1 – Original; 2 – Composition I + fluorinated aluminum silicate; 3 – Composition III + fluorinated aluminum silicate; 4 – Composition I + white pigment; 5 – Composition III + white pigment

Вектор изменения координат цвета при этом направлен в сторону отрицательных значений, что придает расцветкам более «холодные» оттенки, чем при печати с белым пигментом. Например, голубой пигмент приобретает бирюзовый, а красный – розовый оттенки.

При увеличении содержания ФТАС до соотношения 1:10, кроме изменения цветовых характеристик расцветок было отмечено

появление эффекта «мелкозернистой» печати, особенно заметного на темном фоне. Этого нельзя достичь при использовании обычного белого пигмента, отпечаток с которым тусклый и невыразительный (рисунок 2).

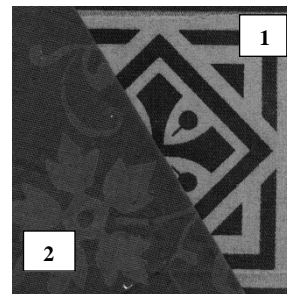


Рисунок 2. Печать по темной ткани пигментом красным R2B в присутствии: 1 – ФТАС; 2 – белого пигмента

Figure 2. Printing on dark fibre material with pigment red R2B in the presence of: 1 – fluorinated aluminum silicate; 2 – white pigment

Появление такого оригинального эффекта на наш взгляд связано с сорбционной активностью, которую проявляет фторированный алюмосиликат по отношению к пигментным красителям. Можно предположить, что в печатном составе между красителем и ФТАС образуются ассоциаты, с наружным расположением красителя на частице алюмосиликата. Благодаря этому цвет пигмента не теряется на темном фоне, образуя рисунок, который визуально кажется выпуклым. Прочностные характеристики таких расцветок не уступают традиционной печати.

На сорбционной активности ФТАС по отношению к пигментам основывается и процесс очистки отработанных растворов от пигментных красителей. Выше уже отмечалось, что ткани, колорированные пигментами, не нуждаются в промывке, однако краситель все равно может попасть в сточные воды при очистке оборудования, барок, сетчатых шаблонов. В этом случае перспективным может быть использование ФТАС в качестве адсорбента. Если в водную дисперсию пигмента поместить мелкодисперсный ФТАС, то, оседая, он будет захватывать краситель.

На рисунке 3 представлены данные по изменению оптической плотности растворов пигментов сразу после приготовления, через день и через 5 дней отстаивания с ФТАС. Полученные данные свидетельствуют о том, что за 24 часа система практически полностью обесцветится. При этом осевший порошок приобретает оттенок пигмента.

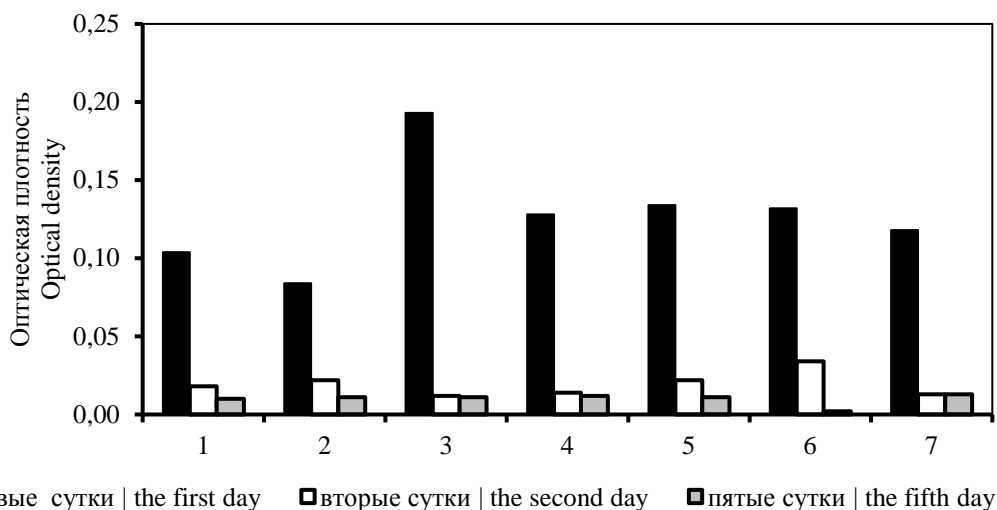


Рисунок 3. Изменение оптической плотности в присутствии ФТАС дисперсий пигментов: 1 – красного R2B; 2 – голубого MB; 3 – фиолетового VRE; 4 – золотисто-желтого K2R; 5 – оранжево-красного OR; 6 – пурпурного PP4; 7 – коричневого BR

Figure 3. The optical density in the presence of fluorinated aluminum silicate of pigments dispersions: 1 – Red R2B; 2 – Blue MB; 3 – Violet VRE; 4 – Golden yellow K2R; 5 – Orange-red OR; 6 – purple PP4; 7 – Brown BR

Подтверждением полного удаления красителей также служат спектры поглощения раствора над осадком. На рисунке 4 в качестве примера представлены спектры пигментов красного R2B и голубого MB в день приготовления и через сутки отстаивания. Как видно из рисунка, после отстаивания пигментов с ФТАС в области характеристического пика, определяющего цвет красителя, интенсивность поглощения снижается, полоса поглощения практически исчезает, что говорит о полном извлечении красителя из раствора.

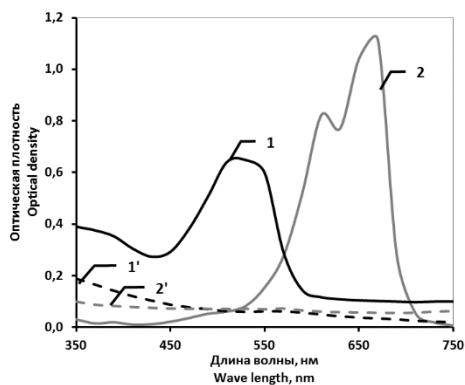


Рисунок 4. Спектры поглощения красителей 1 – красного R2B и 2 – голубого MB «'» – присутствие в дисперсии порошка ФТАС

Figure 4. The Absorption Spectra of Dye: 1 – Red R2B; 2 – Blue MB «'» – with the presence of fluorinated aluminum silicate.

### Заключение

Представленные в работе результаты исследований позволяют говорить о перспективности использования фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами, и новых технологических возможностях в которых будут востребованы как его сорбционная способность, так и каталитическая активность.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Вельбой М.А. Улучшение потребительских свойств шерсти // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2012. Т. 17. № 3. С. 91–95
- 2 Вельбой М.А., Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Шамсудинова Э.Г. Оценка сорбционной активности глинистых минералов по отношению к растворам прямых и активных красителей // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2014. Т. 57. № 3. С. 81–86
- 3 Боярко Г.Ю., Хатьков В.Ю. Добыча и потребление фтористого минерального сырья в России. Ч. 1 // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 3. С. 165–169
- 4 Петлин И.В., Дьяченко А.Н. Технико-экономическая оценка эффективности производства фторида алюминия // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 6. С. 36–39
- 5 Мельников Б.Н. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник. Иваново: Изд-во Талка. 2003. 484 с.

- 6 Мельников Б.Н. и др. Прогресс техники и технологии печатания тканей. М.: Легкая индустрия, 1980. 264 с.
- 7 Раков Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов. М.: Изд-во МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1990. 162 с.
- 8 Кричевский Г.Е. Методы исследования в текстильной химии. Справочник. М.: Легпромбытиздат, 1993. 401 с.

#### REFERENCES

- 1 Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Velboy M.A. Improving the consumer properties of wool. *Tekhnologiya legkoi promyshlennosti*. [Technology of light industry] 2012. vol.17. no. 3. pp. 91–95 (in Russian)
- 2 Velboy M.A., Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Shamsuddinova E.G. The sorptive activity of clay minerals in relation to solutions of direct and reactive dyes. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya legko ipromyshlennosti* [[Technology of light industry] 2014. vol.57. no. 3. pp. 81–86 (in Russian)
- 3 Boyarko G.Yu., Khatkov V.Yu. Extraction and consumption of fluoride mineral raw materials in Russia. Part 1.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Елена Л. Владимирцева** к.т.н., ст.н.с., доцент, кафедра химической технологии волокнистых материалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр-т, г. Иваново, 153000, Россия, elvladimirtseva@mail.ru

**Любовь В. Шарнина** д.т.н., профессор, каф. пожарной безопасности объектов защиты, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, пр-т Строителей, 33, г. Иваново, 153040, Россия, sharnina51@mail.ru

**Анна А. Миронова** студент, кафедра химической технологии волокнистых материалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр-т, г. Иваново, 153000, Россия, mironova.anna05@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Елена Л. Владимирцева** написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

**Любовь В. Шарнина** консультация в ходе исследования

**Анна А. Миронова** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 11.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.05.2018

*Izvestiya Tmskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Tomsk Polytechnic University] 2004. vol. 307. no. 3. pp. 165-169 (in Russian)

4 Petlin I.V., Dyachenko A.N. Technical and economic assessment of the efficiency of aluminum fluoride production *Izvestiya Tmskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Tomsk Polytechnic University] 2011. vol. 318. no. 6. pp. 36-39 (in Russian)

5 Melnikov B.N. Otdelka khlopchatobumazhnykh tkanei [Finishing of cotton fabrics: reference book] Ivanovo, Talka Publishing House. 2003. 484 p. (in Russian)

6 Melnikov B.N. et al. Progress tekhniki i tekhnologii [The progress of technology and technology of printing fabrics] Moscow, Light Industry, 1980. 264 p. (in Russian)

7 Rakov E.G. Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh [Chemistry and technology of inorganic fluorides] Moscow, Publishing House of the Moscow Art Theater. DI. Mendeleyev, 1990. 162 p. (in Russian)

8 Krichevsky G.E. Metody issledovaniya v tekstilnoi khimii [Methods of research in textile chemistry] Moscow, Legprombytizdat, 1993. 401 p. (in Russian)

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Elena L. Vladimirtseva** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical technology of fibre materials department, Ivanovo state university of chemistry and technology, Sheremetevskii Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia, elvladimirtseva@mail.ru

**Lyubov' V. Sharnina** Dr. Sci. (Engin.), professor, fire safety of protection facilities department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Stroiteley Av., 33, Ivanovo, 153040, Russia, sharnina51@mail.ru

**Anna A. Mironova** student, chemical technology of fibre materials department, Ivanovo state university of chemistry and technology, Sheremetevskii Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia, mironova.anna05@mail.ru

#### CONTRIBUTION

**Elena L. Vladimirtseva** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Lyubov' V. Sharnina** consultation during the study

**Anna A. Mironova** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.11.2018

ACCEPTED 5.17.2018