

ПИГМЕНТНАЯ ПЕЧАТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Е.Б. Санжеева, Д.Р. Шарипов, О.В. Козлова, О.И. Одинцова

Елена Батуевна Санжеева (ORCID 0009-0006-3669-4448)

Группа компаний «БТК Текстиль», ул. Ворошилова, 2, Шахты, Российская Федерация

E-mail: elenasanzheeva1982@gmail.com

Денис Русланович Шарипов (ORCID 0009-0004-3151-5311)

ООО «Стройпленки», ул. Репина, 90, Октябрьский, Российская Федерация, 452613

E-mail: sharipovdr7@gmail.ru

Ольга Витальевна Козлова (ORCID 0009-0002-6169-7094)*, Ольга Ивановна Одинцова (ORCID 0000-0001-5002-2601)

Кафедра химической технологии волокнистых материалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, пр. Шереметевский, 7, Иваново, Российская Федерация, 153000

E-mail: ovk-56@mail.ru*, odolga@yandex.ru

В статье рассмотрены перспективные экологически безопасные технологии и композиции для пигментной печати хлопчатобумажных и хлопкополиэфирных тканей. Большая потребность в разработке экотехнологий обусловлена ужесточением Международных требований к безопасности текстильных материалов и изделий. Авторами статьи проведен анализ использования отечественных полимерных связующих в пигментной печати, оценена эффективность применения их в сравнении с зарубежным аналогом. Из серии выпускаемых российскими предприятиями полимерных связующих отобран препарат Ларус-21э – водная дисперсия метакрилового сополимера, соответствующая необходимым нормам экологической безопасности и не содержащая оксиэтилированных алкилфенолов. Показана технологическая целесообразность применения его в печати пигментами. Оценен комплекс колористических и технологических характеристик получаемых окрасок, и показана зависимость этих свойств от вводимых дополнительно в печатную композицию сшивающих веществ, которые значительно повышают устойчивость получаемых окрасок к физико-химическим воздействиям (мокрому и сухому трению, стиркам). Спектрофотометрические исследования тканей, модифицированных акриловыми связующими в присутствии различных сшивателей, подтвердили наличие химических взаимодействий, протекающих в условиях термообработки горячим воздухом при 160 °С, которые обуславливают значительное повышение прочности получаемых окрасок в результате образования пространственно-сшитых структур. Таким образом, сформулированы технологические регламенты по применению разработанных отечественных композиций для печати пигментами по тканям различного ассортимента.

Ключевые слова: акриловые сополимеры, текстильные материалы, текстильные пигменты, фиксаторы, сшивающие добавки, Арео-free, экологически безопасная технология

Для цитирования:

Санжеева Е.Б., Шарипов Д.Р., Козлова О.В., Одинцова О.И. Пигментная печать текстильных материалов с использованием экологически безопасных препаратов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2026. Т. 69. Вып. 8. С. 124–134. DOI: 10.6060/ivkkt.20266908.7068.

For citation:

Sanzheeva E.B., Sharipov D.R., Kozlova O.V., Odintsova O.I. Pigment printing of textile materials using environmentally friendly preparations. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2026. V. 69. N 8. P. 124–134. DOI: 10.6060/ivkkt.20266908.7068.

PIGMENT PRINTING OF TEXTILE MATERIALS USING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PREPARATIONS

E.B. Sanzheeva, D.R. Sharipov, O.V. Kozlova, O.I. Odintsova

Elena B. Sanzheeva (ORCID 0009-0006-3669-4448)

Group of companies "BTK Textile", Voroshilova st., 2, Shakhty, Russia

E-mail: elenasanzheeva1982@gmail.com

Denis R. Sharipov (ORCID 0009-0004-3151-5311)

OOO Stroyplenki, Repina st., 90, Oktyabrsky, 452613, Russia

E-mail: sharipovdr7@gmail.ru

Olga V. Kozlova (ORCID 0009-0002-6169-7094)*, Olga I. Odintsova (ORCID 0000-0001-5002-2601)

Department of Chemical Technology of Fibrous Materials, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevskiy ave., 7, Ivanovo, 153000, Russia

E-mail: ovk-56@mail.ru*, odolga@yandex.ru

The article discusses promising environmentally friendly technologies and compositions for pigment printing of cotton and cotton-polyester fabrics. The growing need for eco-friendly technologies is driven by increasingly stringent international safety requirements for textile materials and products. The authors analyze the use of domestic polymer binders in pigment printing and evaluate their effectiveness in comparison with foreign counterparts. Larus-21 EI, an aqueous dispersion of a methacrylic copolymer that meets the necessary environmental safety requirements and is free of oxyethylated alkylphenols, was selected from a series of polymer binders produced by Russian companies. Its technological feasibility for use in pigment printing was demonstrated. The coloristic and technological characteristics of the resulting dyes were evaluated, and the dependence of these properties on additional cross-linking agents added to the printing composition was demonstrated. These cross-linking agents significantly increase the stability of the resulting dyes to physical and chemical influences (wet and dry friction, washing). Spectrophotometric studies of fabrics modified with acrylic binders in the presence of various crosslinkers confirmed the presence of chemical interactions occurring during hot air treatment at 160 °C, which significantly enhance the durability of the resulting colors due to the formation of spatially crosslinked structures. Therefore, technological guidelines have been formulated for the use of these domestically developed pigment printing compounds on various fabrics.

Keywords: acrylic copolymers, textile materials, textile pigments, fixatives, cross-linking additives, Apeo-free, environmentally friendly technology

ВВЕДЕНИЕ

Внимание, которое сегодня уделяется защите окружающей среды, отражает общую озабоченность по поводу ее местного и глобального загрязнения [1-5]. Экологические проблемы текстильной промышленности требуют решения следующих задач:

- улучшение систем очистки воздуха на рабочих местах и улавливание вредных веществ и пыли, выбрасываемых в атмосферу в процессе производства.

- повышение эффективности анализа содержания неорганических и органических соединений в сточных водах текстильных предприятий. Внедрение экспресс-методик и разработка технологий, которые значительно снижают концентра-

цию этих веществ до уровней, установленных международными экологическими стандартами.

- развитие экологической сертификации и нормирования текстильной продукции.

- учет экологических аспектов на ранних стадиях проектирования при разработке новых технологий.

В данной статье внимание уделено перспективным экологически безопасным технологиям и композициям для пигментного колорирования текстильных материалов.

Отделочные фабрики России, которые в последнее время практически полностью перешли на пигментную печать, применяют преимущественно текстильные пигменты и композиции зарубежного производства. Поставщиками текстильной химии

для пигментного колорирования в настоящее время являются Китай, Индия и Турция.

Зарубежные композиции для пигментной печати, предлагаемые на рынке текстильной промышленности, различаются в зависимости от целей, для которых они предназначаются, и могут быть мало- и многокомпонентными, предусматривающими включение от 3 до 6 функциональных составляющих. Сложность такого состава совершенно оправдана стремлением достичь наиболее высоких колористических эффектов и придать тканям улучшенные потребительские и эксплуатационные свойства.

Современным требованиям к лакокрасочной продукции по защите окружающей среды и здоровья человека отвечают экологически безопасные пигментные пасты. Организованная в 1980 г. итальянская компания Eurocolori S.r.l., начиная с 2000 г. инвестировала более 20% общих ресурсов компании в развитие исследовательской деятельности отделения Eurocolori Research & Development, благодаря которой было исключено содержание в рецептурах веществ, классифицируемых как опасные для здоровья человека и окружающей среды. Благодаря данному важному достижению продукция компании Eurocolori маркируется как NO-VOC и APEO-free [6-9].

Маркировка NO-VOC и APEO-free характеризует продукцию как «Защита здоровья человека» и «Защита окружающей среды».

NO-VOC означает, что продукт не содержит в рецептуре вещества, классифицируемые как опасные для здоровья человека. В состав таких соединений входят формальдегид, толуол, ацетон, гликоли, растворители и ароматические соединения в соответствии с Директивой ЕС 2004/42/ЕС. Материалы с маркировкой NO-VOC считаются экологичными и безопасными, если в них отсутствуют летучие органические соединения, оказывающие влияние на развитие Парникового эффекта. [10]. Чаще всего такие материалы сертифицированы по международным стандартам, например, EU Ecolabel, Nordic Swan, GREENGUARD / GREENGUARD Gold [11-13].

APEO-free означает: отсутствие в соединениях алкилфенолэтоксилатов и других веществ, классифицируемых как опасные для окружающей среды; используемая система смачивания и диспергирования является продуктом с высокой способностью к биологическому разложению и с низким фактором негативного влияния на окружающую среду.

Традиционно для печати пигментами по текстильным материалам используют композиции,

включающие полимерное связующее, загуститель и вспомогательные препараты, которые отвечают за эффективность процесса нанесения пигментной композиции и осуществления условий закрепления пигментов на текстильном материале.

Связующими веществами, как правило, служат акриловые полимеры. Благодаря им на поверхности ткани образуется эластичная, прозрачная и мягкая пленка, которая эффективно закрепляет пигменты. В этом случае практически все торгующие на рынке текстильной химии зарубежные фирмы предлагают два варианта композиций: упрощенную (содержит полимерное связующее, загуститель и эмульгатор); полную (включает полимерное связующее, загуститель, фиксатор, эмульгатор, катализатор и иные компоненты).

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследования явились 100% хлопчатобумажные ткани арт. 42 поверхностной плотности 100 г/м², хлопкополиэфирные ткани арт. 81009 с поверхностной плотностью 140 г/м².

В исследовании использовали полимерные акриловые связующие отечественных производителей: Эмультекс 5БН (ОАО «Пигмент», г. Тамбов), Рузин-14и (ООО «Сван», г. Дзержинск Нижегородской обл.), Лакротен-Э64 (ООО «Оргхимпром», г. Дзержинск Нижегородской обл.), некоторые из которых в настоящее время применяются в составе печатных композиций на отечественных предприятиях [14, 15].

По рекомендации ученых ИГХТУ специалистами компании «Сван» разработан новый препарат Ларус-21эи (Л-21эи), который по мономерному составу не отличается от термореактивного Рузина-14и, но отвечает требованиям безопасности в результате отсутствия в его составе оксигетилированных алкилфенолов.

В качестве зарубежного аналога в работе использовано стирол-акриловое связующее биндер-83 (Б-83) (швейцарской компании Archroma), которое довольно долгое время применялось на российских текстильных предприятиях.

В работе в качестве сшивающих компонентов использованы выпускаемые отечественными производителями препараты: глиоксаль (ГЛ), глицедиловый эфир (ГЭ), метилакрилат (МА) и фиксирующий агент N (ФN).

Технология печати заключалась в том, что хлопчатобумажную ткань печатают с помощью сетчатых шаблонов печатной композицией состава, включающего, в г/кг: акриловое полимерное связую-

щее – 40-100, загуститель акриловый – 12-15, пигмент – 20, эмульгатор – 0-3. Далее напечатанные образцы сушат горячим воздухом при температуре 80 °С, после чего проводят процесс термофиксации горячим воздухом при температурах от 140 до 160 °С в течение 2-3 мин.

Критериями оценки качества напечатанных тканей служат основные показатели окрасок, которые необходимо соблюдать согласно ГОСТ-9733 и серии ИСО-105. Это показатели интенсивности окраски к/с (оцениваемые, по функции Гуревича-Кубелки-Мунка), прочности окрасок к сухому, мок-

рому трению, жесткости грифа (по углу отклонения образца от горизонтали).

Спектроскопические исследования модифицированных полимерными связующими тканей проводились с использованием инфракрасного ИК-Фурье-спектрометра Avatar 360 FT-IR ESP в диапазоне частот 400-4000 см⁻¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены сравнительные результаты печати принтексами голубым ТП и красным при использовании Ларуса-21эи и некоторых связующих отечественного и зарубежного производства.

Таблица 1

Технические результаты печати пигментами по хлопчатобумажной ткани
Table 1. Technical results of pigment printing on cotton fabric

Наименование связующего	Гриф ткани, град	Интенсивность (k/s)	Прочность окраски к трению, балл	
			Сухое	Мокр.
Принтекс голубой ТП				
Биндер-83	45	8,2	3-4	3
Эмультекс 5БН	41	8,0	3-4	2-3
Лакротен	40	7,7	3-4	3
Рузин-14и	44	7,9	3-4	3
Ларус-21эи	48	8,1	4	3
Принтекс красный				
Биндер-83	48	12,7	3-4	3
Эмультекс 5БН	49	12,1	3-4	2-3
Лакротен	47	12,4	3-4	3
Рузин-14и	46	11,9	4	3
Ларус-21эи	49	12,6	3	3

Из приведенных данных видно, что жесткость грифа исследуемых образцов соответствует уровню аналога Биндера-83, различия в интенсивности окрасок не значительны, по прочностным показателям все образцы имеют удовлетворительные показатели, но наилучшим связующим зарекомендовал себя Ларус-21эи – прочность окраски к сухому трению выше, чем у аналогов при наиболее мягком грифе.

Таким образом, можно сделать вывод, что по колористическим и прочностным характеристикам все образцы отечественных связующих являются конкурентоспособными по техническим, а Ларус-21эи и по экологическим соображениям в сравнении с зарубежным аналогом.

При формировании высококачественного пленочного покрытия из дисперсий полимеров, а, следовательно, получения качественных прочных окрасок, необходимо при реализации технологии печати соблюдать требования технологического регла-

мента. Это концентрационные, температурно-временные параметры процесса печати (температура, время фиксации), реологические свойства печатной композиции (вязкость), наличие добавок, отвечающих за печатно-технические свойства и адгезию ее к текстильному материалу и металлическим деталям оборудования. Без учета этих факторов возникают проблемы, связанные с нестабильностью реологических свойств печатных красок, быстрым пленкообразованием, приводящим к налипанию печатной краски к деталям машины, забиванию сетки шаблонов, низкой прочностью получаемых окрасок.

Порядок приготовления печатной композиции и назначение компонентов имеет огромное значение при получении качественной печати. Рекомендации зарубежных компаний предусматривают следующий порядок приготовления печатной краски: в воду при перемешивании добавляются эмульгатор, аммиак (в случае необходимости коррекции pH), акриловое связующее, мягчитель,

фиксатор (при высоких концентрациях пигмента, а следовательно, получении высокой устойчивости окрасок к трению и мокрым обработкам), загуститель, пеногаситель и пигмент. Количество компонентов в пигментной печатной краске зависит от рекомендаций компаний производителей, качества подготовки текстильного материала, технологических условий предприятия и требований, предъявляемых к устойчивости окрасок.

Как показано в работах ученых ИГХТУ [16, 17], оптимальными условиями фиксации пигментов на текстильном материале являются: тем-

пература горячего воздуха – 160 °С, время обработки – 2 мин. На примере Ларуса-21эи и пигмента красного в концентрациях 80 и 20 г/кг соответственно получено подтверждение оптимальных условий проведения процесса закрепления пигмента (см. табл. 2).

Поскольку технология ориентирована на конкретное оборудование – печатные машины с цилиндрическими сетчатыми шаблонами типа «Stork» (Нидерланды), «Unica Reggiani» (Италия), «Zimmer» (Австрия), «Buzer» (Швейцария), где оптимальная температура фиксации составляет 130-170 °С, а

Таблица 2

Влияние температурно-временных параметров фиксации пигментов горячим воздухом на интенсивность получаемых окрасок
Table 2. The influence of temperature and time parameters of pigment fixation with hot air on the intensity of the resulting colors

Температурно-временные параметры фиксации горячим воздухом					
110 °С, 6мин	130 °С, 5мин	140 °С, 4мин	150 °С, 3мин	160 °С, 2 мин	170 °С, 1,5мин
					
Интенсивность окраски по показателю k/s					
4,1	4,8	5,5	5,9	6,5	6,5

Таблица 3

Колористические показатели хлопчатобумажной ткани, напечатанной пигментами
Table 3. Coloristic indices of pigment-printed cotton fabric

Наименование связующего	Координаты цвета в						Система CIE Lab			Насыщенность	Цветовой тон
	R	G	B	X	Y	Z	a*	b*	L	C	H
Розовый											
Биндер -83	126	61	98	100,2	72,9	97,08	59,4	-13,4	88,4	61,0	-12,7
Эмультекс 5БН	142	74	138	120,1	86,7	136,6	64,3	-26,1	94,6	69,4	-22,1
Рузин-14и	153	67	141	123,9	83,0	139,6	76,9	-30,4	93,0	82,7	-21,6
Ларус-21эи	133	60	122	108,1	73,6	120,8	71,1	-27,5	88,7	76,3	-21,2
Оливковый											
Биндер -83	46	69	34	50,7	64,6	33,7	-26,2	36,9	84,3	50,8	-54,6
Эмультекс 5БН	55	82	38	60,0	76,8	37,7	-28,5	42,0	90,2	45,2	-55,8
Рузин-14и	49	78	31	54,4	72,4	30,8	-33,4	47,7	88,1	58,2	-55,0
Ларус-21эи	50	78	34	55,5	72,6	33,7	-31,1	43,7	88,2	53,6	-54,1
Синий											
Биндер -83	22	45	132	51,1	41,9	130,7	33,0	-64,0	70,8	72,0	-62,7
Эмультекс 5БН	26	46	135	54,0	43,4	133,7	35,9	-63,8	71,8	73,2	-60,6
Рузин-14и	37	63	149	67,5	59,3	147,6	26,3	-54,4	81,5	67,4	-64,2
Лакротен	24	42	126	50,0	39,7	124,8	36,5	-63,3	69,3	73,1	-60,1
Бирюзовый											
Биндер -83	44	75	124	69,6	70,0	122,8	7,1	-31,6	87,0	32,4	-77,3
Эмультекс 5БН	36	63	119	61,0	58,8	117,9	12,7	-38,8	81,2	33,5	-71,9
Рузин-14и	32	56	113	55,6	52,4	111,9	15,7	-41,6	77,5	41,5	-69,4
Лакротен	33	58	101	54,4	54,0	100,0	8,2	-32,5	78,5	40,8	-75,9

время обработки соответственно 3-1 мин, то эти условия использованы в дальнейшем.

Проведен анализ колористических характеристик пигментной печати по хлопчатобумажным тканям при использовании проблемных цветов – бирюзового, синего, оливкового и розового, у которых могут смещаться оттенки в зависимости от природы связующего.

Колористические показатели полученных окрасок сведены в табл. 3, а на графиках a^*b^* (рис. 1) на примере оливкового и розового пигментов показано местоположение полученных цветов в системе CIELab.

Результаты, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что гриф тканей, прочность окрасок к трению и интенсивность окрасок (по показателю насыщенности C) в ряде случаев лучше, чем при использовании зарубежной композиции. По цветовым характеристикам отмечена высокая чистота получаемых окрасок и незначительные изменения цветового тона (в пределах минимальных различий в цвете – ΔE не превышает 1,5 – 2 ед. LAB).

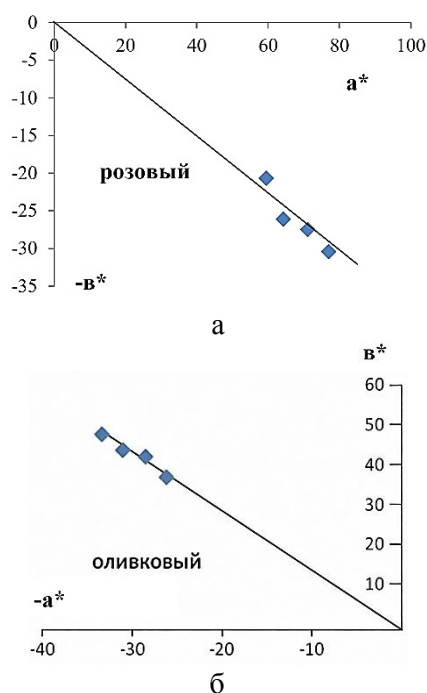


Рис. 1. Местоположение полученных цветов в системе CIELab* b^* при использовании печатных композиций, представленных в табл. 3

Fig. 1. The location of the obtained colors in the CIELab* b^* system when using the printed compositions presented in Table 3

На примере розового и оливкового цветов на рис. 1 показано, как хорошо укладываются на линию неизменного цветового тона эти цвета неза-

висимо от применяемых связующих, что подтверждает высокое качество акриловых пленок (их прозрачность и отсутствие желтизны, которая могла бы вызвать изменение оттенка). Отличие в насыщенности цвета при использовании разных связующих можно объяснить различием в мономерном составе полимеров и природе используемых эмульгаторов.

Известно, что при пигментном колорировании тканей с вложением синтетических волокон очень трудно получить удовлетворительные прочности окрасок, и чем больше в составе ткани синтетики, тем в большей степени эта проблема усугубляется.

Решением этой проблемы является дополнительное введение в состав печатной композиции сшивающих компонентов, то есть препаратов, имеющих в своей структуре функциональные группы, и могут образовывать либо химические связи с волокнами, либо образовывать пространственно-сшитые структуры в полимерной матрице. Последнее позволяет упрочнять в структуре частицы пигментов и тем самым приводить к упрочнению окрасок к физико-химическим воздействиям.

По опыту работы предприятий известно, что если при колорировании хлопчатобумажных тканей пигментами достаточным бывает введения связующего, загустителя и пигмента, а качество окрасок можно регулировать и улучшать путем поднятия концентраций связующего до 80-90 г/кг, то для смесовых тканей (особенно хлопкополиэфирных) этого недостаточно. И, как правило, помимо более высоких концентраций связующего (а иногда на некоторых предприятиях ее поднимают до 120-150 г/кг) дополнительно используют сшивающие вещества – фиксаторы. Следовательно, состав композиций в зависимости от волокнистого состава текстильного материала будет отличаться.

Учитывая результаты многократных испытаний на тканях различного ассортимента и при использовании пигментов отечественного и зарубежного производства, нами был предложен состав пигментной композиции на основе Ларуса-21эи, в которую вошли следующие компоненты:

- Ларус-21эи – 60 г/кг;
- акриловый загуститель – 15 г/кг;
- сшивающий препарат (фиксатор) – 10 г/кг;
- принтафикс красный КВ – 20 г/кг.

В табл. 4 приведены основные колористические и прочностные показатели окрасок, полученные при использовании композиций без и с включением в них сшивающих агентов.

Таблица 4

Влияние добавок фиксатора на колористические показатели окрасок на хлопко-лавсановой ткани 50/50%
 Table 4. The effect of fixative additives on the coloristic properties of dyes on cotton-lavsan fabric 50/50%

№	Сшиватель	Координаты цвета			HUE (тон)	Sat. (нас.)	Трение балл
		R	G	B			
	-	177	66	77	236	164	3
1	ГЛ	163	50	49	236	170	4
2	ГЭ	192	78	64	235	165	4
3	ФН	183	75	66	235	164	4
4	МА	181	70	58	235	160	4

Как можно видеть из данных табл. 4, наличие фиксатора в пигментной композиции не приводит к изменению цветового тона, а интенсивность окрасок в некоторых случаях даже увеличивается, повышается устойчивость окрасок к трению. Наиболее эффективным сшивающим препаратом является глицедиловый эфир.

В табл. 5 представлены результаты печати хлопкополиэфирной ткани пигментом алым КГ при изменении концентрации глицедилового эфира в пигментном составе с 10 до 30 г/кг. Установлено, что с повышением концентрации фиксатора повышается и прочность окрасок к трению на 0,5-1 балл и насыщенность цвета.

Таблица 5

Влияние вида и концентрации фиксатора на колористические показатели окрасок
 Table 5. Effect of fixative type and concentration on coloristic indicators of dyes

Показатели	Б-83	Л-21эи	Л-21эи +ГЛ	Л-21эи +ГЭ	Л-21эи +МА
С ш., г/кг	25	-	10	20	30
R	255	255	255	255	255
G	76	100	104	90	70
B	84	98	100	86	68
HUE	2	2	2	2	2
Satur.	211	208	213	214	218
Трение, балл					
-сухое	4	4	4	4	4-5
-мокрое	3	2-3	3	3	3
Стирк 40, балл	5	5	5	5	5
Гриф, град	гриф ткани практически не меняется и равен 65-66 град				
Вязкость, dPas *	60	67	68	66	68

Примечание: * вязкость красок приведена после введения в композицию пигмента

Note: * paint viscosity is given after the addition of pigment to the composition

Сравнительный анализ данных по долям цветов R, G и B (табл. 5), показывает, что с увеличением концентрации фиксатора в композиции чистота цвета возрастает (при одинаковом количестве красной составляющей (R = 255), полученный цвет тем чище, чем меньше количества G и B составляющих в цвете).

В этом случае с повышением концентрации фиксатора сухое трение закономерно улучшается, тогда, как на мокром трении это заметно не сказывается. И чаще второй показатель находится на уровне 2-3 баллов и улучшается на 0,5-1 балл только после заключительной отделки полимерами.

Одним из методов, используемым для изучения межмолекулярного взаимодействия и строения веществ, является ИК- спектроскопический метод. Полосы инфракрасного спектра обладают уникальными свойствами и реагируют на любые изменения, происходящие в молекуле, особенности формирования комплексов и их поведение, а также на изменения конформации макромолекул [18, 19].

Для регистрации спектров полимерных связующих был использован Инфракрасный Фурье спектрометр Avatar 360 FT-IR ESP. Спектральным методом исследованы ткани, модифицированные полимерным препаратом Ларусом-21эи и в сочетании с различными сшивающими добавками – глиоксалем, фиксатором М, глицедиловым эфиром. На рис. 2, на примере Ларуса-21эи и одного из сшивателей, приведены ИК спектры модифицированных тканей. В табл. 6 сведены экспериментально полученные частоты ИК спектров всех сочетаний.

Из данных, представленных на рис. 2 и в табл. 6, видно, что ИК спектры изучаемых систем содержит несколько характеристических полос. Это валентные колебания алифатической СН-группы $\nu_{\text{сн2}} = 2951-2916 \text{ см}^{-1}$, валентные симметрические колебания связи – $\text{CH}_2 - \nu_{\text{сн2}} = 2880 \text{ см}^{-1}$, деформационные ножничные колебания связи данной связи $\delta = 1420 \text{ см}^{-1}$, маятниковое деформационное колебание связи – $\text{CH}_2 - \delta (\text{CH}_2)_x = 732 \text{ см}^{-1}$ полимерной молекулы.

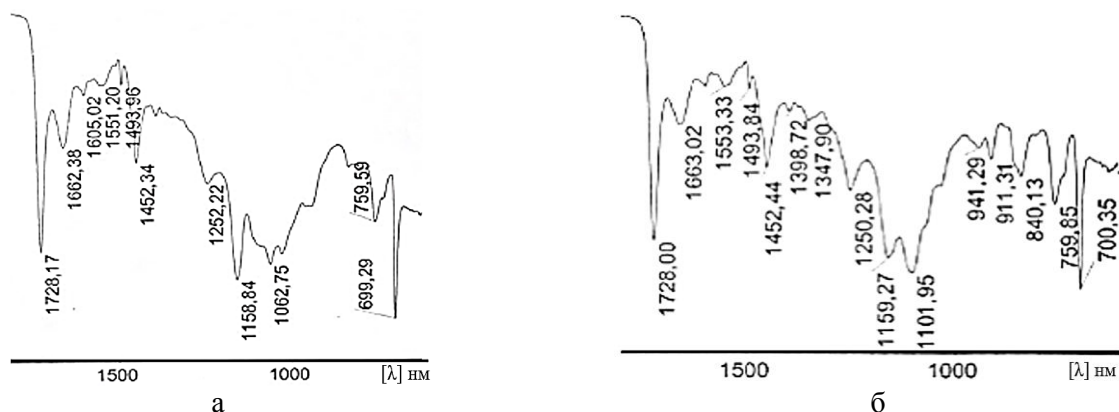


Рис. 2. ИК спектры модифицированных тканей при использовании: а - Л-21эи, б - Л-21эи +ГЭ

Fig. 2. IR spectra of modified fabrics using: а - L-21ei, б - L-21ei + GE

Таблица 6

Типы колебаний в изучаемых системах
Table 6. Types of vibrations in the studied systems

Л-21эи	Л-21эи+ФА	Л-21эи+ГЛ	Л-21эи +ГЭ	Типы колебаний	Комментарии
Волновое число, см ⁻¹					
3207,06				$\nu_{N^+ = C}$	Вал. колеб. $N^+ = C$ в лактаме
3028,16	3025,17	3028,16		$\nu_{st - C-H}$	Вал. колеб. алифатической CH_2 -группы
	2959,39	2959,39		$\nu_{st - C-H}$	
2956,40			2956,40	ν_{C-C}	Вал. колеб. $C-C$
2928,77	2928,11	2928,25	2928,69	ν_{sCH_2}	Симметричные вал. колеб. $C-H$
2872,37	2872,03	2871,57	2871,82	$\nu_{st C=O}$	Вал. колеб. карбонильной группы в лактаме
1728,17	1728,06	1727,80	1728,00		
1662,38	1662,83	1662,13	1663,02		
1605,02		1605,02			
1551,20	1550,71	1551,18	1553,33	$\nu_{st C=N}$	Вал. колеб. $C = N$
1493,96	1493,95	1493,99	1493,84	δ_{OH}	Деф. колеб. связанной OH группы
1452,34	1452,20	1451,96	1452,44	$\gamma_{C-C-C}, \delta_{N-H} \text{ и } C-N$	Деф. колеб. гетероциклического кольца $C-C-C$, связей NH и $C-N$ в циклических амидах
				ω_{CH_2-CH}	Вeerные колебания CH_2-CH
	1396,91	1398,72	1398,72	δ_{NH}	Деф. колеб. CH
			1347,90		
1252,22	1249,23	1252,22	1250,28	δ_{sCH_2}	Ножничные Деф. колеб. CH_2
1158,84	1158,82	1158,80	1159,27		
	1114,59	1113,65	1101,95	γ_{CCC}	Деф. колеб. угла CCC
1062,75	1064,67	1064,80			
	1033,97	1027,99		Δ_{CH}	Ножничные Деф. колеб. CH
	941,29	940,98	941,29		
			911,31		
			840,13		
759,59	760,15	760,09	759,85	$\delta_{(CH_2)_x}$	Маятниковое Деф. колеб. CH_2
699,29	699,53	699,40	700,35	δ_{OH}	Внеплоскостные Деф. колеб. группы OH

Несомненно, важным отличием является отсутствие пика 1605 см^{-1} , отвечающего предположительно за поглощение карбонильной группы ($\nu_{C=O}$). Также в ИК спектре наблюдается смещение в коротковолновую область полосы поглощения 1706 см^{-1} ,

отвечающей за поглощение амидной группы, с образованием новой полосы при 1645 см^{-1} [20-25].

О наличии взаимодействия и образования межмолекулярных комплексов свидетельствует также зависимость интенсивности пиков от положения, которая представлена на рис. 3.

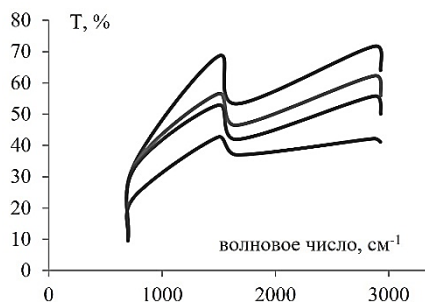


Рис. 3. Сравнение интенсивности пиков в ИК спектрах изучаемых систем: сверху вниз - L-21ei, L-21ei+FN, L-21ei+GL, L-21ei+GE

Fig. 3. Comparison of peak intensities in the IR spectra of the studied systems: from top to bottom - L-21ei, L-21ei+FN, L-21ei+GL, L-21ei+GE

Полученные данные свидетельствуют о том, что в композиции L-21ei с ГЛ и L-21ei с ГЭ пики расположены ниже. Данное явление связано со структурными изменениями, вызванными с частичным разрывом эфирных связей и образованием новых химических связей, упрочняющих структуру полимера. Последнее способствует более прочному закреплению пигментов в полимерной системе в результате образования пространственно-сшитых структур.

Таким образом, представленные в статье результаты исследований позволяют с успехом перейти на технологию с применением экологически безопасного препарата, каким является Ларус-21ei, что гарантирует соответствие продукции текстильных предприятий требованиям международных гигиенических и экологических стандартов, а также

расширит ее реализацию, повысит престиж товаропроизводителей экотекстиля. Кроме того, наличием в промышленных стоках оксигетилированных алкилфенолов затрудняет процессы биологического окисления органических загрязнений [26-28], а, следовательно, препятствует биологической очистке сточных вод и ухудшению физико-химических показателей качества воды.

ВЫВОДЫ

Разработаны рекомендации по применению исследованных композиций для печати пигментами по тканям различного ассортимента.

Методом ИК-спектроскопии подтверждено формирование химических сшивок между гидроксильными и карбоксильными группами стирол-акрилового полимера и эпоксидными группами сшивающего агента.

Работа выполнена в рамках Государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2026-0004 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The work was carried out within the framework of the State assignment for the implementation of research, topic No. FZZW-2026-0004 using the resources of the Center for the Shared Use of Scientific Equipment of ISUCT.

The authors declare the absence of a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тананаев Л.Г., Мешалкин В.П. Актуальные направления использования современных функционализированных материалов в радиоэкологии мирового океана. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 8. С. 24-34. DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6430.
2. Латышев А.В., Братасюк Н.А., Зуев В.В. Модификация полиуретано-полимерных антикоррозионных покрытий эпоксидными смолами. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2025. Т. 68. Вып. 7. С. 138-151. DOI: 10.6060/ivkkt.20256807.7210.
3. Чугунов А.Д., Филатова Е.Г. Решение проблем экологической безопасности путем сорбционного извлечения ионов ртути(II), никеля(II), цинка(II) и меди(II) из водных растворов и техногенных образований. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 9. С. 6-19. DOI: 10.6060/ivkkt.20236609.6884.
4. Филатова Е.Г., Соболева В.Г. Извлечение нефти и нефтепродуктов из водных растворов природными адсорбентами. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2019. Т. 62. Вып. 6. С. 131-137. DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5836.

REFERENCES

1. Tananaev L.G., Meshalkin V.P. Current trends in the use of modern functionalized materials in the radioecology of the world ocean. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 8. P. 24-34 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6430.
2. Latyshev A.V., Bratasyuk N.A., Zuev V.V. Modification of polyurethane-polyurea anti-corrosion coatings with epoxy resins. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2025. V. 68. N 7. P. 138-151 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20256807.7210.
3. Chugunov A.D., Filatova E.G. Solving Environmental Safety Problems by Extracting Mercury(II), Nickel(II), Zinc(II), and Copper(II) Ions from Aqueous Solutions and Man-Made Formations. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 9. P. 6-19 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20236609.6884.
4. Filatova E.G., Soboleva V.G. Extraction of oil and petroleum products from water solutions by natural adsorbents. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2019. V. 62. N 6. P. 131-137 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20196206.5836.

5. **Макрушин Н.А., Гартман В.Л., Вейнбендер А.Ю., Дульнев А.В., Замуруев О.В.** Влияние поверхностно-активных веществ на процесс пропитки в производстве катализаторов конверсии метана. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2020. Т. 63. Вып. 8. С. 66-72. DOI: 10.6060/ivkkt.20206308.6075.
6. APEO Free URL: <https://www.dystar.com/ap eo/> (дата обращения 20.01.2026).
7. **Ali Aldalbahi, Mehrez E. El-Naggar, Mohamed H. El-Newehy, Mostafizur Rahaman, Mohammad Rafe Hattshan, Tawfik A. Khattab.** Effects of Technical Textiles and Synthetic Nanofibers on Environmental Pollution. *Polymers*. 2021. V. 13. N 1. P. 155. DOI: 10.3390/polym13010155.
8. Полное техническое описание дисперсии стирол акрилового сополимера https://homa.ru/upload/iblock/b16/novopol-117AF-_-polnoe-tekhnicheskoe-opisanie-dispersii.pdf?ysclid=mkzs74bd5i929294859 (дата обращения 20.01.2026).
9. Директива об ограничении применения нонилфенолов URL: http://www.professional-laboratory.co.uk/product_38.html (дата обращения 20.01.2026).
10. Экологичные решения: сертифицированные ЛКМ с низким VOC <https://www.an-d.asia/articles/ekologichnye-resheniya-sertifitsirovannye-lkm-s-nizkim-voc/> (дата обращения 20.01.2026).
11. NORDIC SWAN ECO LABEL <https://ecotide.ru/sertifikaty/nordic-ecolabel/?ysclid=mkzsnh5bm604875063> (дата обращения 20.01.2026).
12. Certificates Ecolabel EU и Nordic Swan Ecolabel. What does it mean? <https://f-kraski.ru/articles/sertifikaty-ecolabel-eu-i-nordic-swan-ecolabel-cto-eto-znachit/?ysclid=mkzsx3hshu50786432> (дата обращения 20.01.2026).
13. **Reznikova V.** Formaldehyde is an environmental problem in the textile industry. Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei. Chișinău, Republica Moldova, 29-31 Martie 2022. V. II. P. 498-501.
14. Акриловые дисперсии АО «Пигмент» <https://krata.ru/catalog/akrilovye-i-pva/> (дата обращения 29.01.2026).
15. Текстиль и кожа ООО «Сван» <https://swan-nn.ru/tekstil-i-kozha> (дата обращения 29.01.2026).
16. Текстиль и кожа ООО «Оргхимпром» <https://orgchimprom.ru/produksiya/tekstil-i-kozha> (дата обращения 29.01.2026).
17. **Козлова, О.В., Щитова, Н.П., Алешина, А.А.** Подработка цветов камуфлированного рисунка с использованием триады пигментов на базе данных спектрофотометрических исследований. *Изв. вузов. Технол. текстил. промыш.* 2009. № 2 (314). С. 52-56.
18. **Зеленкова Т.Н., Козлова О.В., Ширманова В.В., Хакхин С.Н.** Использование акриловых полимеров в переводной печати по хлопчатобумажным тканям. *Росс. хим. журн.* 2018. Т. 62. № 3. С. 18-22.
19. **Слепчук И., Семешко О.Я., Асаулюк Т.С., Сарибекова Ю.Г.** Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки и свойства стиролакриловых полимерных пленок. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2018. Т. 61. Вып. 7. С. 67-75.
20. **Мельникова О.А., Самкова И.А., Мельников М.Ю., Петров А.Ю., Ельцов О.С.** ИК-спектроскопическое изучение химической структуры полимерных комплексов лекарственных веществ на основе поливинилпирролидона. *Усп. совр. естествозн.* 2016. № 8. С. 42-49.
21. **Анисимова Н.А.** Идентификация органических соединений. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ. 2009. С. 42-73.
5. **Макрушин Н.А., Гартман В.Л., Замуруев О.В., Вейнбендер А.Я., Дульнев А.В.** Influence of surface-active substances on impregnation process in production of methane conversion catalysts. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 8. P. 66-72 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20206308.6075.
6. APEO Free URL: <https://www.dystar.com/ap eo/> (date of access 20.01.2026).
7. **Ali Aldalbahi, Mehrez E. El-Naggar, Mohamed H. El-Newehy, Mostafizur Rahaman, Mohammad Rafe Hattshan, Tawfik A. Khattab.** Effects of Technical Textiles and Synthetic Nanofibers on Environmental Pollution. *Polymers*. 2021. V. 13. N 1. P. 155. DOI: 10.3390/polym13010155.
8. Full technical description of styrene acrylic copolymer dispersion https://homa.ru/upload/iblock/b16/novopol-117AF-_-polnoe-tekhnicheskoe-opisanie-dispersii.pdf?ysclid=mkzs74bd5i929294859 (date of access 20.01.2026).
9. Directive on the restriction of Nonylphenols URL: http://www.professional-laboratory.co.uk/product_38.html (date of access 20.01.2026).
10. Eco-friendly solutions: certified paints and varnishes with low VOC <https://www.an-d.asia/articles/ekologichnye-resheniya-sertifitsirovannye-lkm-s-nizkim-voc/> (accessed 20.01.2026).
11. NORDIC SWAN ECO LABEL <https://ecotide.ru/sertifikaty/nordic-ecolabel/?ysclid=mkzsnh5bm604875063> (дата обращения 20.01.2026).
12. Certificates Ecolabel EU и Nordic Swan Ecolabel. What does it mean? <https://f-kraski.ru/articles/sertifikaty-ecolabel-eu-i-nordic-swan-ecolabel-cto-eto-znachit/?ysclid=mkzsx3hshu50786432> (дата обращения 20.01.2026).
13. **Reznikova V.** Formaldehyde is an environmental problem in the textile industry. Conferința Tehnico-Științifică a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor, Universitatea Tehnică a Moldovei. Chișinău, Republica Moldova, 29-31 Martie 2022. V. II. P. 498-501.
14. Acrylic dispersions of JSC "Pigment" <https://krata.ru/catalog/akrilovye-i-pva/> (date of access 01/29/2026).
15. Textiles and leather LLC "Swan" <https://swan-nn.ru/tekstil-i-kozha> (date of access 01/29/2026).
16. Textiles and Leather, Orgkhimprom LLC <https://orgchimprom.ru/produksiya/tekstil-i-kozha> (accessed January 29, 2026).
17. **Kozlova O.V., Shchitova N.P., Aleshina A.A.** Refinement of camouflage pattern colors using a triad of pigments based on spectrophotometric research data. *Izv. Vuzov. Tekhnol. Tekst. Promysh.* 2009. N 2 (314). P. 52-56 (in Russian).
18. **Zelenkova T.N., Kozlova O.V., Shirmanova V.V., Khakhin S.N.** Use of acrylic polymers in transfer printing on cotton fabrics. *Ross. Khim. Zh.* 2018. V. 62. N 3. P. 18-22 (in Russian).
19. **Slepchuk I., Semeshko O.Ya., Asauluk T.S., Saribekova Yu.G.** Study of the influence of cross-linking agents on the characteristics of the spatial network and properties of styrene-acrylic polymer films. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2018. V. 61. N 7. P. 67-75 (in Russian).
20. **Melnikova O.A., Samkova I.A., Melnikov M.Yu., Petrov A.Yu., Eltsov O.S.** IR spectroscopic study of the chemical structure of polymer complexes of medicinal substances based on polyvinylpyrrolidone. *Usp. Sovrem. Estestvozn.* 2016. N 8. P. 42-49 (in Russian).
21. **Anisimova N.A.** Identification of organic compounds: a tutorial (for students majoring in chemistry). Gorno-Altaysk: RIO GAGU. 2009. P. 42-73 (in Russian).

22. **Тарасевич Б.Н.** ИК спектры основных классов органических соединений (справочные материалы) URL: <https://studizba.com/files/show/pdf/54167-1-b-n-tarasevich-ik-spektry-osnovnyh.html> (дата обращения 25.01.2026).
23. **Fischer E.J., Cuccato D., Storti G., Morbidelli M.** Effect of the Charge Interactions on the Composition Behavior of Acrylamide/Acrylic Acid Copolymerization in Aqueous Medium. *Eur. Polym. J.* 2017. V. 98. P. 302-312. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2017.11.022.
24. **Алеева С.В., Шипова С.Е., Шаммут Ю.А., Кокшаров С.А.** Взаимодействие иономеров полиуретана с лигнином биомодифицируемого льняного волокна: исследование механизма сополимеризации. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2026. Т. 69. Вып. 3. С. 105-116. DOI: 10.6060/ivkkt.20266903.7282.
25. **Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А.** Исследование восстановительной деструкции лигнина методом ИК-спектроскопии. *Журн. прикл. спектр.* 2020. Т. 87. № 5. С. 694-699. DOI: 10.1007/s10812-020-01069-0.
26. **Скоробогатко, Д.С., Головков, А.Н., Кудинов, И.И., Куличкова, С.И.** К вопросу об экотоксичности и эффективности различных классов промышленных неионогенных пав, используемых при очистке металлических поверхностей в процессе капиллярного контроля деталей авиационной техники. *Авиац. матер. и технол.* 2021. № 4 (65). С. 98-106. DOI: 10.18577/2713-0193-2021-0-4-98-106.
27. **Гришин Р.А., Козлова О.В., Санжеева Е.Б.** Новый текстильный материал с теплоотражающими свойствами. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва).* 2025. Т. LXIX. № 4. С. 41-46. DOI: 10.6060/rcj.2025694.6.
28. **Санжеева Е.Б.** Переводная печать как один из современных способов получения рисунков на текстильных материалах. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва).* 2025. Т. LXIX. № 2. С. 108-119. DOI: 10.6060/rcj.2025692.13.
22. **Tarasevich B.N.** IR spectra of the main classes of organic compounds (reference materials). URL: <https://studizba.com/files/show/pdf/54167-1-b-n-tarasevich-ik-spektry-osnovnyh.html> (date of access 01/25/2026).
23. **Fischer E.J., Cuccato D., Storti G., Morbidelli M.** Effect of the Charge Interactions on the Composition Behavior of Acrylamide/Acrylic Acid Copolymerization in Aqueous Medium. *Eur. Polym. J.* 2017. V. 98. P. 302-312. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2017.11.022.
24. **Aleeva S.V., Shipova S.E., Shammut Yu.A., Koksharov S.A.** Interaction of polyurethane ionomers with lignin of biomodified flax fiber: study of the copolymerization mechanism. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2026. V. 69. N 3. P. 105-116 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20266903.7282.
25. **Aleeva S., Lepilova O., Koksharov S.** Study of reducing destruction of lignin by FT -IR Spectroscopy. *J. Appl. Spectr.* 2020. V. 87. N 5. P. 779-783. DOI: 10.1007/s10812-020-01069-0.
26. **Skorobogatko D.S., Golovkov A.N., Kudinov I.I., Kulichkova S.I.** On the ecotoxicity and efficiency of various classes of industrial non-ionic surfactants used in cleaning metal surfaces during capillary testing of aircraft parts. *Aviats. Mater. Tekhnol.* 2021. V 4. N 65. P. 98-106 (in Russian). DOI: 10.18577/2713-0193-2021-0-4-98-106.
27. **Grishin R.A., Kozlova O.V., Sanzheeva E.B.** A new textile material with heat-reflecting properties. *Ross. Khim. Zhurn.* 2025. V. LXIX. N 4. P. 41-46. DOI: 10.6060/rcj.2025694.6.
28. **Sanzheeva E.B.** Transfer printing as one of the modern ways of obtaining drawings on textile materials. *Ross. Khim. Zhurn.* 2025. V. LXIX. N 2. P. 108-119. DOI: 10.6060/rcj.2025692.13.

Поступила в редакцию 26.02.2026

Принята к опубликованию 14.04.2026

Received 26.02.2026

Accepted 14.04.2026