

ТЭХНІЧНАЯ ХІМІЯ І ХІМІЧНАЯ ТЭХНАЛОГІЯ
TECHNICAL CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING

УДК 676.22.017
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2026-62-1-71-77>

Поступила в редакцию 17.10.2023
Received 17.10.2023

Х. А. Бабаханова¹, Д. И. Абдирахманова¹, З. К. Галимова¹, И. Г. Громыко²

¹*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан*

²*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь*

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОСКОПИИ
В ИССЛЕДОВАНИИ СОСТАВА КРАСКИ ДЛЯ ОФСЕТНОЙ ПЕЧАТИ**

Аннотация. Исследованы состав и свойства металлизированной краски на основе канифоли из смолы черешневого дерева с целью уменьшения процента импортной составляющей и расширения номенклатуры металлизированных красок. Состав металлизированной краски на основе канифоли из смолы черешневого дерева изучен методом ИК-спектроскопии. Анализ ИК-спектров краски на основе канифоли из смолы черешневого дерева и краски китайского производства позволил определить наличие метиленовых и метильных групп фенантренового скелета смоляных кислот канифоли. Стабильность краски определяли по стандартной методике с учетом времени ее высыхания на непитьвающей поверхности. Выявлено, что краска из альтернативного сырья обладает меньшим временем высыхания, что является одним из необходимых условий офсетного печатного процесса. Перспективность применения метода ИК-спектроскопии при производстве печатной краски объясняется оперативностью и качественным определением химического состава и сравнением соответствия метиленовых и метильных функциональных групп. Использование краски на основе канифоли из смолы черешневого дерева способствует частичному решению сырьевой проблемы и увеличению номенклатуры печатных красок.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, металлизированная бумага, состав краски, канифоль из смолы черешневого дерева, оптическая плотность

Для цитирования. Применение метода ИК-спектроскопии в исследовании состава краски для офсетной печати / Х. А. Бабаханова, Д. И. Абдирахманова, З. К. Галимова, И. Г. Громыко // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2026. – Т. 62, № 1. – С. 71–77. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2026-62-1-71-77>

Kh. A. Babakhanova¹, D. I. Abdiraxmanova¹, Z. K. Galimova¹, I. G. Gromiko²

¹*Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan*

²*Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus*

**APPLICATION OF IR SPECTROSCOPY METHOD IN STUDYING THE COMPOSITION
OF INK FOR OFFSET PRINTING**

Abstract. The main component of the printing ink binder is pine resin rosin. This work examines the composition and properties of metallized paint based on rosin derived from cherry tree resin in order to reduce the percentage of imported components and expand the range of metallized paints. The composition of metallized paint based on rosin from cherry tree resin was studied by IR spectroscopy. A comparative analysis of the infrared spectra of paints based on rosin from cherry tree resin and those made in China, taken for comparison, showed their chemical identity. The stability of the paint was determined using standard methods and was characterized by its drying time on a non-absorbent surface. It was revealed that paint made from alternative raw materials has a shorter drying time, which is one of the necessary conditions for the offset printing process. The potential of IR spectroscopy as a method in printing ink production is demonstrated by its efficiency and ability to accurately determine the chemical composition and degree of similarity to reference samples. Using a paint with an identical composition based on cherry tree resin rosin can help address raw material shortages and expand the range of printing inks.

Keywords: IR spectroscopy, metallized paper, paint composition, cherry tree resin rosin, optical density

For citation. Babakhanova Kh. A., Abdiraxmanova D. I., Galimova Z. K., Gromiko I. G. Application of ir spectroscopy method in studying the composition of ink for offset printing. *Vesti Natsyynal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2026, vol. 62, no. 1, pp. 71–77 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2026-62-1-71-77>

Введение. Для придания специального и защитного эффекта этикеточно-упаковочной продукции используются современные способы печати и соответствующие их требованиям запечатываемые материалы. К эффективным и экономичным способам относится производство продукции при использовании декоративной металлизированной бумаги, отпечатанной глубокой печатью красками с алюминиевыми и цветными транспарентными пигментами¹.

Часто в качестве запечатываемого материала используется чистая алюминиевая фольга, полученная путем напыления металлического порошка на поверхность [1]. Для производства металлизированной бумаги применяют три основных способа: вакуумную металлизацию, ламинирование и металлизацию переносом². Часто применяются «вакуумные» металлизированные бумаги, полученные в результате технологического процесса путем осаждения паров алюминия на поверхность предварительно лакированной бумаги, способствующие приданию декоративных и защитных свойств [2]. Однако сложность и многоступенчатость технологических процессов являются их недостатками, так как напрямую влияют на трудоемкость и себестоимость выпускаемой продукции. Альтернативным и наиболее дешевым способом является производство с использованием матовых или блестящих металлизированных печатных красок, удачно имитирующих благородные металлы и не требующих специальных операций, дополнительных настроек печатной машины при подготовке к печати тиража. Кроме того, использование современных офсетных металлизированных красок на основе растительных масел³ позволяет качественно печатать без добавления спирта в увлажняющий раствор. Минимальная подача увлажняющего раствора способствует более быстрому высыханию оттисков и получению наилучшего эффекта металлического блеска [3, 4].

Металлизированные краски в различных оттенках, от классических золотых и серебряных до более необычных, например медных или бронзовых, используются в производстве этикеточно-упаковочной продукции для косметики, парфюмерии, всевозможных напитков и других пищевых продуктов⁴. Основой металлизированных красок являются алюминиевые порошки, пудры и пасты, придающие красивый металлический эффект и защищающие их от воздействия влаги, тепла и света. Используемые в качестве связующего компонента растительные масла (льняное, тунговое, дегидратированное касторовое, талловое, сафлоровое, соевое и др.) отвечают за склеивание пигментов, отчего зависят печатные свойства краски (раскат, нанесение тонкого слоя, переход с поверхности на поверхность, закрепление на бумаге) [5, 6]. При введении минерального масла в краску происходит значительное возрастание глянца оттиска, так как растворенная смола остается на поверхности оттиска, выравнивая его поверхность путем изменения микрогеометрии. Введение в состав краски льняного масла также увеличивает глянец, за счет улучшения растекания выравнивается микрогеометрия поверхности оттиска. Повышению глянца оттисков способствует также окислительная полимеризация льняного масла, которое участвует в процессе пленкообразования. В зависимости от свойств растительных масел меняется поверхностная активность краски, то есть характер взаимодействия с запечатываемыми поверхностями, ее поведение в процессе печатания и способность закрепляться на оттиске [7, 8]. Отсюда следует, что для обеспечения в конкретных производственных условиях стабильного качества печати надо правильно выбирать и использовать краску, что достаточно сложно. Это объясняется прежде всего разнообразием используемых компонентов и случайным составлением красочных композиций без учета межмолекулярных взаимодействий компонентов красок, определяющих их поведение в печатном процессе и условия переноса краски на бумагу, что сказывается на качестве оттиска.

¹ См.: Author's certificate USA 4233195. Metallic printing inks and metallized papers printed therewith : 26.02.1979 : 11.11.1980 / W. Ralph Mills. – URL: <https://patents.google.com/patent/US4233195A/en> (дата обращения: 07.10.2023).

² См.: Патент RU 2481953, кл. B31D1/02. Способ изготовления металлизированной этикеточной бумаги : № 2003133220 : заявлено 27.10.2011 : опубл. 20.05.2013 / Колодкин С. В., Петров А. А. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2481953C1/ru> (дата обращения: 07.10.2023).

³ См.: Работа с металлизированными красками для офсетной печати. – URL: <https://compuart.ru/article/18398> (дата обращения: 07.10.2023).

⁴ См.: Металлизированные краски в современном дизайне интерьеров. – URL: <https://an-d.asia/metallizirovannyye-kraski-v-sovremennom-dizajneintererov.html> (дата обращения: 07.10.2023).

Одним из решений этой проблемы является разработка состава и рецептуры краски в зависимости от вида связующего компонента и поверхностных характеристик запечатываемого материала. Разработан состав металлизированных красок на основе смешивания пентаэритритовых эфиров канифольно-малеинового аддукта и канифоли с добавлением бронзовых порошков для печати на мелованных бумагах, при этом обеспечена достаточная скорость высыхания и закрепления, блеск на поверхности оттисков¹. Кроме этого, в состав краски введены эфиры низшего спирта и органической кислоты для увеличения процента переноса краски с формы на тиражные оттиски². Для красок на основе канифольно-малеиновой смолы, этерифицированной пентаэритритом, предложена металлическая пудра в качестве красящего пигмента, добавляемая непосредственно перед печатью тиража. Как видно, в различном составе металлизированных красок больший процент составляют смолы с высоким содержанием канифоли [9].

Цель настоящей работы – изучение возможности применения ИК-спектроскопии для идентификации состава металлизированной краски из альтернативного сырья – канифоли из смолы черешневого дерева вместо канифоли из сосновой живицы, который является дефицитом для Республики Узбекистан. Для этого необходимо решить следующие задачи: выполнить идентификацию состава металлизированной краски, полученной из смолы черешневого дерева, а также провести сравнительный анализ его спектра со спектром используемого образца методом ИК-спектроскопии; исследовать влияние состава краски на ее интенсивность и стабильность, предложить рекомендации по ее применению.

Экспериментальная часть. ИК-спектроскопия успешно применяется для идентификации различных по структуре веществ. ИК-методики для анализа металлизированных красок включают ИК-Фурье-спектроскопию (FTIR) и ИК-микроскопию, позволяющие определить качественный и количественный состав компонентов краски (связующих, пигментов, добавок) и их структурные особенности. Эти методы подходят для жидких и твердых образцов, давая информацию о химических связях, что влияет на физические свойства (например, адгезию) и химическую стойкость [10]. В работе [11] применен метод ИК-Фурье-спектрометром Nicolet iS50 от Thermo Scientific для идентификации клея на канифольной основе из живицы черешневого дерева при производстве бумаги.

Объекты и методы исследования. Используемый в данной работе ИК-Фурье-спектрометр NICOLET iS50 является компактным и универсальным прибором для исследований на высоком уровне research grade. Внешний вид и оптическая схема спектрометра приведена на рис. 1.

Преимуществом является безграничный аналитический потенциал, вплоть до интеграции с другими ATR-, Raman- и NIR-методами. Например, FT-рамановский спектрометр NICOLET iS50 FTIR позволяет анализировать полимеры и добавки в сыром виде и до готового продукта. Встроенное устройство с алмазным кристаллом универсального и компактного ИК-спектрометра от Thermo Scientific позволяет регистрировать спектры в ближних, средних и дальних ИК-диапазонах вплоть до 100 см^{-1} . Поглощение излучения описывается законом Бугера–Ламберта–Бера, который определяет ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде. При построении получается спектр в зависимости от пропускания, оптической плотности, длины волны, частоты или волнового числа.

Объектом исследования является металлизированная краска, в составе которой смола из черешневого дерева, смесь льняного и соевого масел. Для улучшения цвета использован микрокальцит, алюминиевая пудра, для быстрого высыхания добавлен сиккатив (алкидный лак). Краска китайского производства взята для сравнения.

Для проведения тестов качества печати получены пробные оттиски (плашки) металлизированными красками на пробопечатном устройстве IGT CB 100-E Zhongshan Nuobang color equipment. По оттискам определили интенсивность и стабильность краски.

¹ См.: Авторское свидетельство № 318609, МПК С 09d 11/00, С09D 11/10. Печатная краска : заявлено 10.11.1968 : опубл. 28.10.1971 / Тремут В. М., Левченко В. Т., Фиалкова Г. А., Луговой И. А. – URL: <https://patentdb.ru/patent/318609> (дата обращения: 07.10.2023).

² См.: Авторское свидетельство № 556168, М. кл. 2, С 09D 11/10. Печатная краска : заявлено 03.07.1975 : опубл. 30.04.1977 / Фишбейн П. С., Ерофеева С. А., Гольдштейн Д. Д., Гожельник В. Я., Зайцева Л. А. – URL: <https://patentdb.ru/patent/556168> (дата обращения: 07.10.2023).

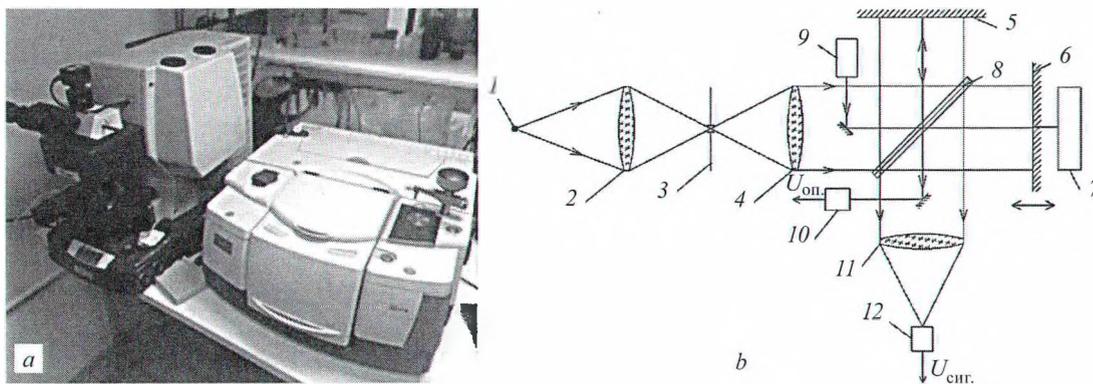


Рис. 1. ИК-Фурье-спектрометр NICOLET iS50: внешний вид (а) и оптическая схема (б): 1 – источник излучения, 2, 4 – коллимирующая оптика, 3 – входная диафрагма, 5 – неподвижное зеркало, 6 – подвижное зеркало, 7 – привод зеркала, 8 – светоделительная пластинка, 9 – лазер опорного канала, 10 – фотоприемник опорного канала, 11 – фокусирующая оптика, 12 – фотоприемник сигнала

Fig. 1. IR-Fourier spectrometer NICOLET iS50: appearance (a) and optical design (b): 1 – radiation source, 2, 4 – collimating optics, 3 – input diaphragm, 5 – fixed mirror, 6 – movable mirror, 7 – mirror drive, 8 – beam splitter plate, 9 – reference channel laser, 10 – reference channel photodetector, 11 – focusing optics, 12 – signal photodetector

Результаты и их обсуждение. В результате анализа получены ИК-спектры образцов, которые представлены на рис. 2. ИК-спектры скорректированы с использованием алгоритма коррекции приставки НВПО, входящего в программный пакет OMNISC. Сравнение ИК-спектров металлизированной краски из смолы черешневого дерева (рис. 2, а) и готовой краски китайского производства, взятой для сравнения (рис. 2, б), показывает, что химический состав их близок.

В сравниваемых спектрах присутствуют характеристические полосы поглощения С–О-связи циклической ангидридной группы с максимумом при 1 731 (1 501) и 2 207 (2 193) см^{-1} . Кроме того, в обоих спектрах имеются полосы 2 853 и 2 954 см^{-1} , отвечающие за симметричные и асимметричные валентные колебания С–Н-связей метиленовых и метильных групп фенантренового скелета смоляных кислот канифоли; 1 731 см^{-1} – характеристическая полоса валентных колебаний С=О-группы в карбоксильной группе СООН для ненасыщенных кислот; 1 457, 1 377, 1 363 см^{-1} – группа полос поглощения, характеризующая деформационные (плоские ножничные) колебания С–Н-связи метиленовых и метильных групп фенантренового скелета смоляных кислот канифоли; 1 259 см^{-1} – валентные колебания С–О-связи в карбоксильной группе. Как следует из анализа результатов обработки спектров, качественный и частично количественный состав совпадают в обоих образцах.

Интенсивность краски оценивали по значениям оптической плотности, определенным с помощью портативного спектроденситометра ET 120 HD в отраженном свете. По результатам измерений, представленных в таблице, выявлена идентичная интенсивность.

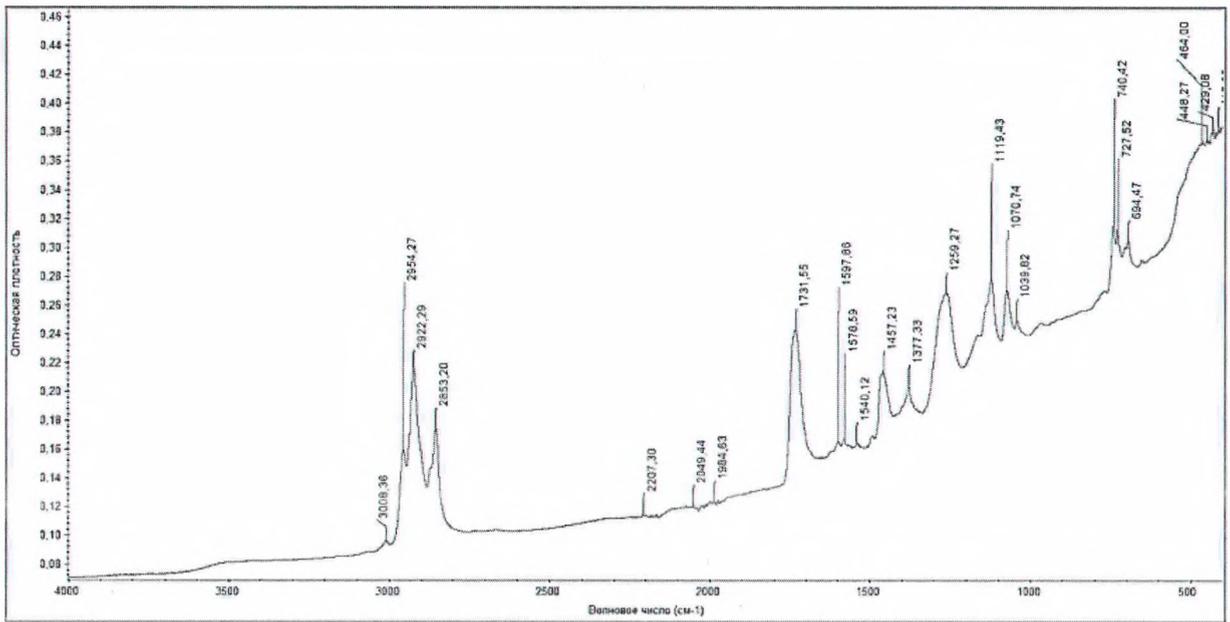
В процессе печатания характеристикой стабильности краски является время ее высыхания на непитывающей поверхности. Стабильность металлизированных красок оценивали по стандартной методике ГОСТ 6591¹, основанной на прокатывании металлического шарика по тонкому слою печатной краски, нанесенной на непитывающую поверхность. Из таблицы видно, что краска, изготовленная из альтернативного сырья, обладает меньшим временем высыхания, что является одним из необходимых условий для офсетной печати.

Печатные свойства красок

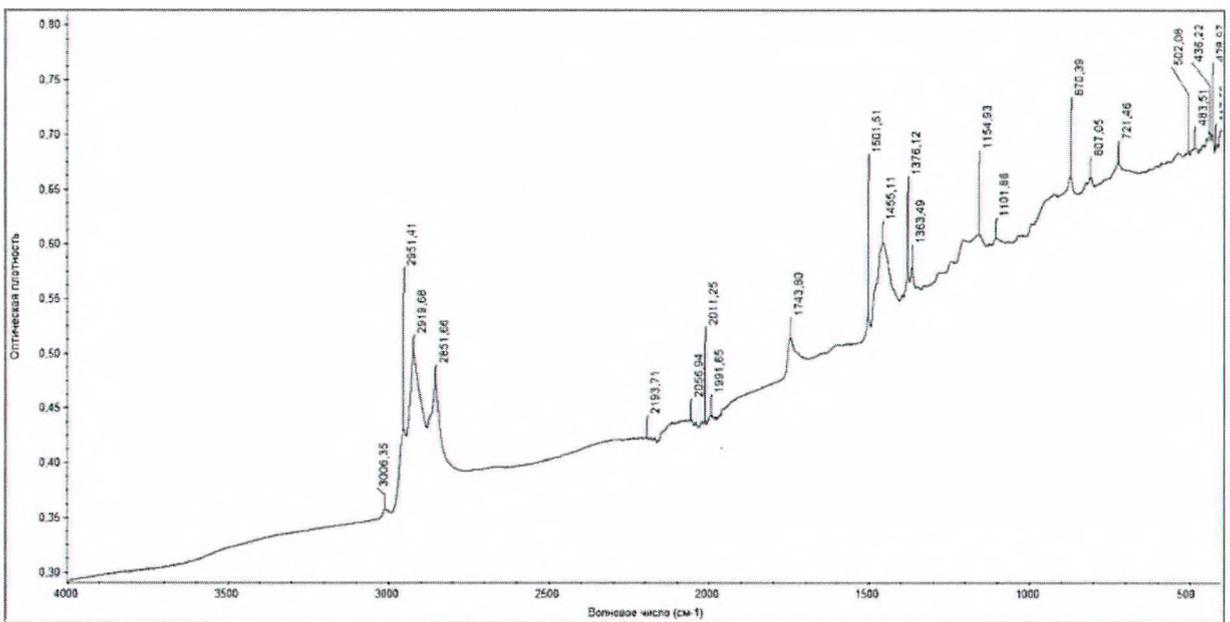
Printing properties of inks

Показатели	Краски	
	Китайского производства	Из альтернативного сырья
Время высыхания при 20 °С, час	2–3	2–2,5
Оптическая плотность, Δ	0,40–0,45	0,43–0,48

¹ См.: Краски печатные. Метод определения времени высыхания или пленкообразования : ГОСТ 6591. – Введен 01.01.1975. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 4 с.



a



b

Рис. 2. Инфракрасные спектры металлизированной краски из смолы черешневого дерева (a) и краски китайского производства сравнения (b)

Fig. 2. Infrared spectra of metallized paint made from cherry tree resin (a) and Chinese-made paint taken for comparison (b)

Заклучение. Полученные с помощью метода ИК-спектроскопии результаты исследования состава краски подтвердили перспективность данного метода, позволили оперативно и качественно определить химический состав. Использование смолы черешневого дерева при производстве печатной краски частично решит сырьевую проблему и будет служить развитию полиграфической промышленности.

Список использованных источников

1. Лаковые композиции в производстве металлизированной бумаги / И. В. Любавина, А. Н. Зарубина, А. Н. Иванкин [и др.] // Лесной вестник. – 2016. – № 6. – С. 102–106.
2. Композиционные материалы из отходов металлизированной бумаги на термопластичном связующем / А. Ю. Гранкин, А. Н. Зарубина, А. С. Савицкий, А. А. Шевляков // Лесной вестник. – 2017. – Т. 21. № 4. – С. 83–88. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2017-4-83-88>
3. Медяк, Д. М. Исследование стойкостных свойств специальных печатных красок / Д. М. Медяк, Н. Э. Трусевич // Труды БГТУ. Сер. 4. Принт- и медиатехнологии. – 2020. – № 1. – С. 11–16.
4. Нечипоренко, Н. А. Выбор концентрата и определение его оптимального содержания в увлажняющем растворе для листовой офсетной печати / Н. А. Нечипоренко, А. В. Бердовщикова, М. А. Бозоян // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2013. – № 6. – С. 30–42.
5. Исследование влияния краски на качество офсетной печати / Х. А. Бабаханова, З. К. Галимова, Д. И. Абдирахманова, А. А. Садриддинов // Universum: технические науки. – 2024. – № 11 (128). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18620> (дата обращения: 02.10.2025).
6. Бабаханова, Х. А. Исследование влияния свойств металлизированных красок на качество печати / Х. А. Бабаханова, З. К. Галимова, Д. И. Абдирахманова // Universum: технические науки. – 2023. – № 10 (115). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16145> (дата обращения: 02.10.2025).
7. Казарцев, Е. С. Разработка рекомендаций по введению вспомогательных материалов в современные краски для печати на листовых офсетных машинах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13 / Казарцев Егор Сергеевич ; Моск. гос. ун-т печати. – М., 2007. – 18 с.
8. Особенности работы с металлизированными красками // Label World. – 2007. – № 10. – URL: <https://labelworld.ru/oktyabr2007/osobennosti-raboty-s-metallizirovannymi-kraskami> (дата обращения: 02.10.2025).
9. Пискарев, В. В. Современные алкидные краски, их свойства, состав, использование в дизайне и спектр применения / В. В. Пискарев, Е. А. Викторова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 17. – С. 89–91.
10. Перспективы использования ИК-Фурье-спектроскопии в целях идентификации лакокрасочных покрытий / П. Е. Юдин, С. С. Петров, Е. В. Александров, А. А. Акулинин // Территория Нефтегаз. – 2013. – № 3. – С. 26–32.
11. Применение методов инфракрасной спектроскопии в исследовании составов для проклейки бумаги / Х. А. Бабаханова, А. А. Садриддинов, М. М. Абдуназаров [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2022. – Т. 22, № 6. – С. 1048–1054. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2022-22-6-1048-1054>

References

1. Lyubavina I. V., Zarubina A. N., Ivankin A. N., Serdyukova Yu. V., Proshina O. P. Varnish compositions in the production of metallized paper. *Lesnoy Vestnik = Forestry Bulletin*, 2016, no. 6, pp. 102–106 (in Russian).
2. Grankin A. Yu., Zarubina A. N., Savitsky A. S., Shevlyakov A. A. Composite materials from metallized paper waste with a thermoplastic binder. *Lesnoy Vestnik = Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 4, pp. 83–88 (in Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2017-4-83-88>
3. Medyak D. M., Trusevich N. E. Research of special print inks sustainable properties. *Trudy BGTU. Ser. 4. Print-i mediatekhnologii = Proceedings of BSTU. Issue 4, Print and Media Technologies*, 2020, no. 1, pp. 11–16 (in Russian).
4. Nechiporenko N. A., Berdovshchikova A. V., Bozoyan M. A. Selecting a concentrate and determining its optimal content in a moisturizing solution for sheet-fed offset printing. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela = Proceedings of the institutions of higher education. Issues of the graphic arts and publishing*, 2013, no. 6, pp. 30–42 (in Russian).
5. Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K., Abdirahmanova D. I., Sadriddinov A. A. Study of the influence of paint on the quality of offset printing. *Universum: technical sciences*, 2024, no. 11 (128). Available at: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/18620> (accessed 2 October 2025) (in Russian).
6. Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K., Abdirahmanova D. I. Study of the influence of the properties of metallized inks on print quality. *Universum: technical sciences*, 2023, no. 10 (115). Available at: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16145> (accessed 2 October 2025) (in Russian).
7. Kazartsev E. S. *Development of recommendations for the introduction of auxiliary materials into modern inks for printing on sheet-fed offset machines* [dissertation abstract]. Moscow, 2007. 19 p. (in Russian).
8. Features of working with metallized paints. *Label World*, 2007, no. 10. Available at: <https://labelworld.ru/oktyabr2007/osobennosti-raboty-s-metallizirovannymi-kraskami> (accessed 2 October 2025) (in Russian).
9. Piskarev V. V., Viktorova E. A. Modern alkyd paints, their properties, composition, use in design and range of applications. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Technological University], 2014 vol. 17, no. 17, pp. 89–91 (in Russian).
10. Yudin P. E., Petrov S. S., Aleksandrov E. V., Akulinin A. A. Prospects for the use of Fourier transform infrared spectroscopy for the identification of coated paints. *Territoriya Neftgaz* [Territory Oil and Gas], 2013, no. 3, pp. 26–32 (in Russian).
11. Babakhanova Kh. A., Sadriddinov A. A., Abdunazarov M. M., Babakhanova M. A., Gromyko I. G. Application of infrared spectroscopy methods in studying compositions for paper sizing. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2022, vol. 22, no. 6, pp. 1048–1054 (in Russian). <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2022-22-6-1048-1054>

Информация об авторах

Бабаханова Халима Абишевна – доктор технических наук, профессор. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (ул. Шохжахон, 5, 100100, Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: halima300@inbox.ru

Абдирахманова Доно Икрамовна – докторант. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (ул. Шохжахон, 5, 100100, Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: donoabdirahmanova@mail.ru

Галимова Зулфия Камировна – кандидат технических наук. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (ул. Шохжахон, 5, 100100, Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: z.galimova8282@mail.ru

Громыко Ирина Григорьевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Республика Беларусь). E-mail: gromyko@belstu.by

Information about the authors

Babakhanova Khalima Ab. – Dr. Sci. (Engineering), Professor. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhjakhon Str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: halima300@inbox.ru

Abdirahmanova Dono I. – Doctoral Student. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhjakhon Str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: donoabdirahmanova@mail.ru

Galimova Zulfiya K. – Ph. D. (Engineering). Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhjakhon Str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: z.galimova8282@mail.ru

Gromyko Irina G. – Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk Republic of Belarus). E-mail: gromyko@belstu.by