УДК 665.947.834/667.5.033
DOI 10.47367/0021-3497_2025_2_175

ПРИМЕНЕНИЕ СЭМ И ЭДС-АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЧАТНОЙ КРАСКИ НА ПОВЕРХНОСТИ БУМАГИ

APPLICATION OF SEM AND EDS ANALYSIS TO STUDY THE DISTRIBUTION OF PRINTING INK ELEMENTS ON THE PAPER SURFACE

Х.А. БАБАХАНОВА, Д.И. АБДИРАХМАНОВА, З.К. ГАЛИМОВА, Н.Х. АТАХАНОВА

Kh.A. BABAKHANOVA, D.I. ABDIRAXMANOVA, Z.K. GALIMOVA, N.X. ATAXANOVA

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic Uzbekistan)

E-mail: halima300@inbox.ru; donoabdiraxmanova@mail.ru; z.galimova8282@mail.ru

В статье изучено распределение элементов металлизированной печатной краски, в составе которой в качестве связующего использована смола из черешневого дерева, на поверхности мелованной бумаги с помощью СЭМ и ЭДС-анализа. Распределение элементов и глубину впитывания краски в структуру бумаги количественно оценивали по границе раздела краска – подложка по СЭМ-изображениям поперечных срезов, полученным на растровом электронном микроскопе JSMIT-200. Сравнение элементного состава краски показало, что в краске из альтернативного сырья выявлен меньший уровень интенсивности сигнала рентгеновского излучения таких элементов, как углерод, кислород, кальций. При этом отсутствует хлор, но обнаружено содержание кремния. Содержание кремния в составе печатных красок способствует обеспечению качества оттиска за счет снижения водопоглощения краски, устранению пенообразования, усилению текучести при сохранности поверхностного блеска краски. Элементное картирование показало, что в составе краски из альтернативного сырья на 21,63% меньше содержание кислорода, что предопределяет степень эмульгирования, то есть степень поглощения воды, ликвидирует опасность окисления металлических пигментов (потери блеска) и позволит исключить использование специальных добавок для металлизированных красок. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования смолы из черешневого дерева в составе краски и перспективности используемого метода СЭМ и ЭДС-анализа для изучения распределения элементов печатной краски на поверхности запечатываемого материала.—

The article studies the distribution of elements of metallized printing ink, where cherry tree resin is used as a binder, on the surface of coated paper using SEM and EDS analysis. The distribution of elements and the depth of ink absorption into the paper structure were quantitatively assessed at the ink–substrate interface using SEM images of cross sections obtained on a JSMIT-200 scanning electron microscope. A comparison of the elemental composition of the paint showed that in paint made from alternative raw materials, a lower level of intensity of the X-ray signal of elements such as carbon, oxygen, and calcium was detected. There is no chlorine, but silicon content is detected. The silicon content in the composition of printing inks helps ensure the quality of the print by reducing water absorption of

the ink, eliminating foaming, and increasing fluidity while maintaining the surface gloss of the ink. Elemental mapping showed that paint made from alternative raw materials contains 21.63% less oxygen. A lower oxygen content in the composition of printing ink will determine the degree of emulsification, that is, the degree of water absorption, eliminate the danger of oxidation of metallic pigments (loss of gloss) and eliminate the use of special additives for metallized inks. The results obtained indicate the possibility of using cherry tree resin in the paint composition and the prospects of the SEM and EDS analysis method used to study the distribution of printing ink elements on the surface of the printed material.

Ключевые слова: металлизированная краска, смола из черешневого дерева, мелованная бумага, метод сканирующей электронной микроскопии, ЭДС-анализ, распределение элементов, глубина проникновения, оттиск.

Keywords: metallized paint, cherry tree resin, coated paper, scanning electron microscopy method, EDS analysis, distribution of elements, penetration depth, print.

Стабильность качества печатного оттиска во всем тираже зависит от комплекса факторов: параметров допечатного, печатного и постпечатного технологического процессов, свойств основных взаимодействующих материалов – бумаги, краски, увлажняющего раствора и т. п. Для оперативной оценки процесса взаимодействия краски и бумаги, распределения красочного слоя и его закрепления обычно используют значения оптической плотности, косвенно характеризующие толщину красочного слоя на поверхности запечатываемого материала. Для глубокого изучения толщины и распределения элементов печатной краски на поверхностном слое используют современные и высокоточные методы сканирующей электронной микроскопии [1...3], для элементного анализа состава тонких слоев на поверхности материалов применяется рентгеновская спектроскопия [4, 5], позволяющая выявить идентичность состава, что является необходимым при разработке или совершенствовании технологии производства экономичного продукта при замене дефицитного компонента состава на доступное альтернативное сырье [6, 7].

На полиграфическом рынке использование металлизированных печатных красок при производстве упаковочной продукции является востребованным и эффективным, так как обеспечивается защита продукта от фальсификации и облагораживается внешний вид за счет удачной имитации драгоценных металлов. Для полного обеспечения полиграфических предприятий металлизированными красками требуется увеличить объем их производства. Одним из решений этой проблемы является поиск новых доступных компонентов сырья и замена дефицитных. По результатам многочисленных научных работ выявлено, что в качестве связующего краски обычно используются различные смолы и производные дефицитной канифоли из живицы соснового дерева. Использование смолы из черешневого дерева в составе металлизированной краски перспективно, так как доступно и направлено на сокращение процента использования или частичную замену канифоли из живицы соснового дерева [8…15]. Для рекомендации краски нового состава к промышленному применению следует изучить ее свойства и выявить особенности распределения элементов печатной краски на поверхности запечатываемого материала, что является актуальным для обеспечения стабильности качества печати.

Целью данной работы является применение СЭМ и ЭДС-анализа для изучения распределения элементов и глу-

бины впитывания металлизированной печатной краски, в составе которой в качестве связующего использована смола из черешневого дерева, на поверхности мелованной бумаги.

Распределение элементов и глубину впитывания краски в структуру бумаги количественно оценивали по границе раздела краска – подложка по СЭМ-изображениям поперечных срезов (рис. 1), полученным на растровом электронном микроскопе JSMIT-200. На СЭМ-изображениях под номером 1, 2, 3 представлены поперечные срезы оттисков при увеличении 400х, 300х, 200х, отпечатанных взятой для сравнения краской Pantone Silver 877 (Китай); под номером 4, 5, 6 – краской из альтернативного сырья.

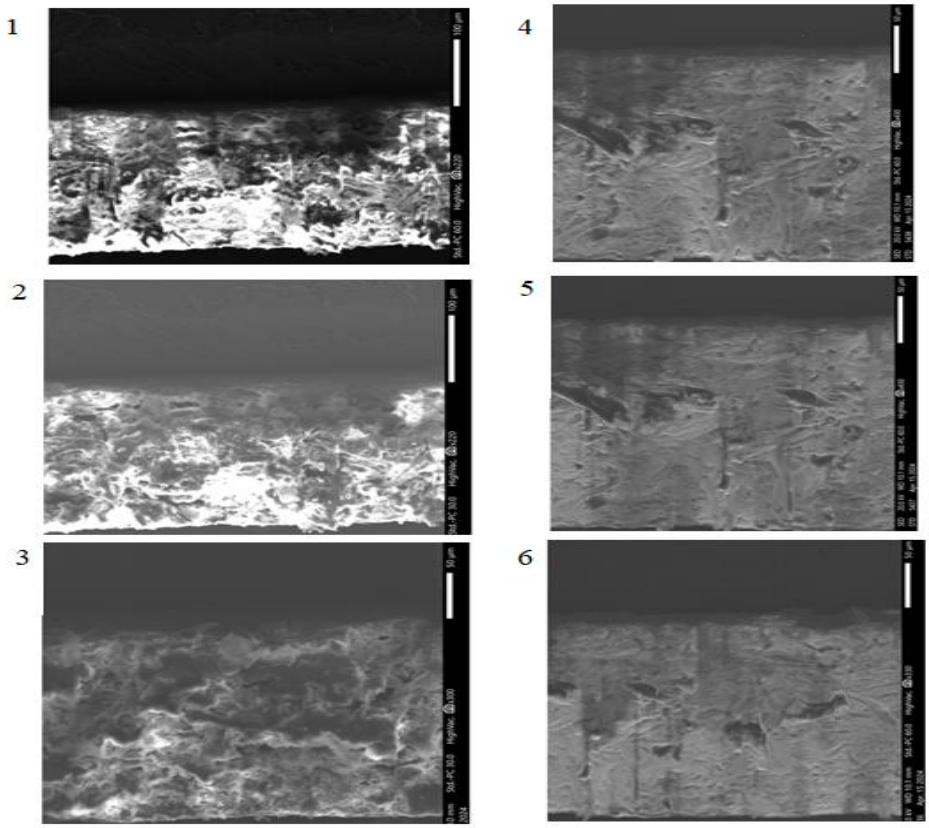

Рис. 1

К преимуществам растрового электронного микроскопа JSM-IT200 относится простота и удобство в использовании, быстрый анализ с интегрированным переходом от оптической микроскопии (ОМ) к СЭМ, эффективность за счет увеличения мощности (до 500000х) и глубины резкости.

Как видно из рис. 1, темная часть изображения соответствует слою краски, при этом толщина красочного слоя составляет в среднем 11,5 мкм при печати металлизированной краской Pantone Silver 877 (Китай), взятой для сравнения, и 12 мкм при печати краской из альтернативного сырья.

При рентгеновской спектроскопии элементный состав поверхностных слоев определяется через регистрацию оже-электронов с помощью электронного дифференцирования полученной кривой распределения электронов по энергиям. Высокая чувствительность метода к состоянию поверхностных слоев материала обусловлена небольшими величинами глубины выхода оже-электронов, равными 0,4 …3,0 нм.

При элементном картировании с использованием ЭДС-спектрометра Oxford X–Max 80 при напряжении 10 кВт и времени регистрации 40 с электронный луч сканировался в двух измерениях по площади образца, и характеристические рентгенов-

ские спектры, генерируемые электронным лучом, получены попиксельно. На рис. 2 представлен микроснимок картирования элементов краски Pantone Silver 877 (Китай), на рис. 3 – микроснимок картирования элементов краски из альтернативного сырья.

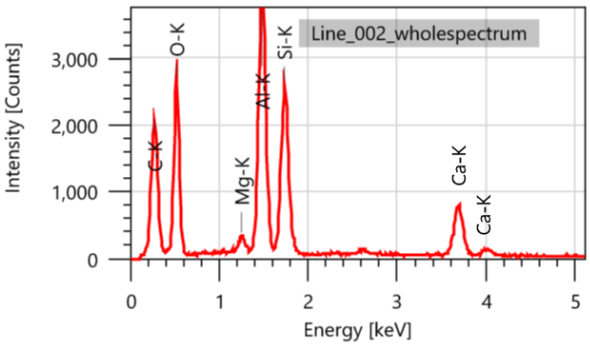

Рис. 2

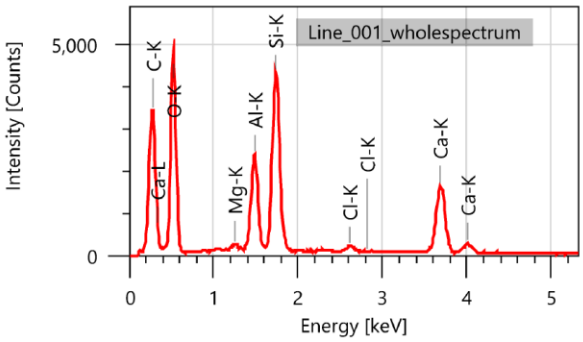

Рис. 3

Сравнение элементного состава рассматриваемых красок показало (рис. 2, 3), что в краске из альтернативного сырья выявлен меньший уровень интенсивности сигнала рентгеновского излучения таких элементов, как углерод, кислород, кальций. При этом отсутствует хлор, но обнаружено содержание кремния. Содержание кремния в составе печатных красок способствует обеспечению качества оттиска за счет снижения водопоглощения краски, устранению пенообразования, усилению текучести при сохранности поверхностного блеска краски.

Результаты элементного анализа состава красок представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Элементы	Краска Pantone Silver 877 (Китай)			
	Линейная масса,%	Атомная масса,%	Линейная масса,%	Атомная масса,%
	Макроэлементы			
C-K	47.89±0.04	59.12±0.05	43.91±0.03	54.96±0.04
O-K	34.79±0.05	32.25±0.05	40.23±0.06	37.80±0.05
Al-K	**4.05±0.01**	**2.22±0.01**	**3.00±0.01**	**1.67±0.01**
Si-K	9.01±0.02	4.76±0.01	4.15±0.01	2.22±0.01
Ca-K	3.67±0.01	1.36±0.00	8.14±0.02	3.05±0.01
	микроэлементы			
Mg-K	0.20±0.00	0.12±0.00	0.22±0.00	0.14±0.00
S-K	0.11±0.00	0.05±0.00	0.13±0.00	0.06±0.00
Cl-K	0.28±0.00	0.12±0.00	0.23±0.00	0.10±0.00
Сумма	100,0			

Таблица 2

Элементы	Краска из альтернативного сырья			
	Линейная масса,%	Атомная масса,%	Линейная масса,%	Атомная масса,%
	Макроэлементы			
C-K	50.95±0.04	63.67±0.05	47.41±0.05	59.30±0.06
O-K	25.96±0.05	24.35±0.04	32.82±0.07	30.82±0.06
Al-K	**10.68±0.02**	**5.94±0.01**	**7.37±0.02**	**4.11±0.01**
Si-K	7.61±0.01	4.07±0.01	5.97±0.02	3.19±0.01
Ca-K	3.87±0.01	1.45±0.00	5.37±0.02	2.01±0.01
	Микроэлементы			
Mg-K	0.56±0.00	0.35±0.00	0.42±0.01	0.26±0.00
Na-K	0.08±0.00	0.05±0.00	0.16±0.01	0.10±0.00
S-K	0.05±0.00	0.03±0.00	0.10±0.00	0.05±0.00

При офсетной печати краски в основном закрепляются на поверхности запечатываемого материала при окислении под действием кислорода. Во время сушки молекулы связываются, образуя прочную красочную пленку. Для протекания печатного процесса без осложнений необходимо, чтобы краска быстро и сразу насыщалась водой. Если же краска пересыщается водой или увлажняющим раствором (больше 40…50 % воды), то возникают проблемы при получении качественного оттиска: появляется разнооттеночность, снижается оптическая плотность на оттисках, а также краска долго сохнет. Меньшее впитывание краской воды тоже нежелательно, так как краска «уходит» от воды на края валиков печатного цилиндра.

Анализ данных табл. 1, 2 показал, что в составе краски из альтернативного сырья на 21,63% меньше содержание кислорода, что предопределяет степень эмульгирования, то есть степень поглощения воды, ликвидирует опасность окисления металлических пигментов (потери блеска) и позволит исключить использование специальных добавок для металлизированных красок.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования смолы из черешневого дерева в составе краски и перспективности используемого метода СЭМ и ЭДС-анализа для изучения распределения элементов печатной краски на поверхности запечатываемого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Светлова О.А.* Особенности контроля цвета в полиграфии // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып.12. С. 433…436.

2. https://researchpark.spbu.ru/methods-nanoc-rus/2491-meth-nanoc-rus-01.

3. *Weilie Zhou, Zhong Lin Wang.* Scanning Microscopy for Nanotechnology (Techniques and Applications). Springer, 2006. 522 p.

4. *Зеер Г.М., Фоменко О.Ю., Ледяева О.Н.* Применение сканирующей электронной микроскопии в решении актуальных проблем материаловедения // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 4. 2009. №2. pp. 287…293.

5. *Комисов А. А., Осипова О. А., Шепель Р.Н. и др*. Методика анализа картирования элементного состава ткани миокарда с применением сканирующего трансмиссионного микроскопа // Научный результат. Сер. Медицина и фармация. 2015. Т. 1. №4 (6). С. 36...39. – doi: 10.18413/2313-8955-2015-1-4-36-39.

6. *Брандон Д., Каплан У.* Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля // М.: Техносфера. 2004. 384 с.

7. *Криштал М.М., Ясников И.С., Полунин В.И. и др.* Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения. М.: Техносфера, 2009. 208 с.

8. *Быков Ю. А., Карпухин С. Д., Бойченко М. К. и др.* Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный анализ. Аппаратура, принцип работы, применение. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2003. – http://lab.bmstu.ru/ rem/index/htm

9. *Бердовщикова А.В.* Нормализация технологического процесса печати на металлизированных подложках способом листовой плоской офсетной печати без термосушки: дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 120 с.

10. *Jasurek B. et al*. Study of Rheological Properties and Tack of Offset Printing Inks International cirele. Issue No 4. 2011. P. 18…23.

11. *Бабаханова Х.А., Абдуназаров М.М., Шин И.Г., Галимова З.К.* Управление режимными параметрами самонаклада при печати на бумаге с малой плотностью // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №2 (404). С. 157...164.

12. *Любавина И.В., Зарубина А.Н. и др.* Лаковые композиции в производстве металлизированной бумаги // Лесной вестник. 2016. №6. С.102…106.

13. *Абдирахманова Д.И., Бабаханова Х.А., Галимова З.К.* Анализ влияния состава металлизированных красок на качество печати // Вестник Гулистанского государственного университета. 2024. №1. С. 19...24.

14. *Медяк Д.М., Трусевич Н.Э.* Исследование стойкостных свойств специальных печатных красок // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. Минск: БГТУ, 2020. № 1 (231). С. 11…16.

15. *Абдирахманова Д.И., Бабаханова Х.А., Галимова З.К.* Печатная краска из альтернативного сырья // O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. Тошкент. № 1. 2024. С. 101...108.

REFERENCES

1. *Svetlova O.A.* Features of color control in printing // Izvestiya TulGU. Texnicheskie nauki. 2020. Vip. 12. Pp. 433….436.

2. https://researchpark.spbu.ru/methods-nanoc-rus/2491-meth-nanoc-rus-01.

3. *Weilie Zhou, Zhong Lin Wang*. Scanning Microscopy for Nanotechnology (Techniques and Applications). Springer, 2006. 522 p.

4. *Zeyer G.M., Fomenko O.Y.,.Ledyayeva O.N* Application of scanning electron microscopy in solving current problems in materials science // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 4 (2009/2) P. 287…293.

5. *Komisov A. A., Osipova O. A., Shepel R.N. et al*. Methodology for analysis of mapping the elemental composition of myocardial tissue using a scanning transmission microscope // Nauchniy rezultat. Ser. Meditsina i farmatsiy. 2015. T. 1. No. 4(6). P. 36…39. – doi: 10.18413/2313-8955-2015-1-4-36-39.

6. *Brandon D., Kaplan U.* Microstructure of materials. Research and control methods. M.: Texnosfera, 2004. 384 p.

7. *Krishtal M.M., Yasnikov I.S., Polunin V.I. et al*. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis in examples of practical application. M.: Texnosfera, 2009. 208 p.

8. *Bikov Y. A., Karpuxin S. D., Boychenko M. K. et al*. Scanning electron microscopy and X-ray spectral analysis. Equipment, operating principle, application. M.: MGTU im. N. E. Baumana. 2003. – http://lab.bmstu.ru/ rem/index/htm

9. *Berdovshikova A.V*. Normalization of the technological process of printing on metallized substrates using sheet-fed flat offset printing without heat drying: dis. ... kand. texn. nauk. Moscow, 2015. 120p.

10. *Jasurek B. et al*. Study of Rheological Properties and Tack of Offset Printing Inks International cirele Issue No 4. 2011. P. 18…23.

11. *Babakhanova Kh.A., Abdunazarov M.M., Shin I.G, Galimova Z.K*. Management of self-feeder mode when printing on paper with low density // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2 (404). P. 157...164.

12. *Lyubavina I.V., Zarubina A.N*. Varnish compositions in the production of metallized paper // Lesnoy vestnik. 2016. No. 6. P. 102...106.

13. *Abdirakhmanova D.I., Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K*. Analysis of the influence of the composition of metallized inks on print quality // Vestnik Gulistanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2024. No 1. P. 19...24.

14. *Medyak D.M., Trusevich N.E*. Study of the fastness properties of special printing inks // Trudy BGTU. Seriya 4. Print- i mediatekhnologii. Minsk: BGTU, 2020. No. 1. P. 11...16.

15. *Abdirakhmanova D.I., Babakhanova Kh.A., Galimova Z.K*. Printing ink from alternative raw materials // O‘zbekiston to‘qimachilik jurnali. Toshkent. No. 1. 2024. P.101...108.

Рекомендована кафедрой химической и полиграфической инженерии Ташкентского института текстильной и легкой промышленности. Поступила 25.12.24.