

2. Долгополов А.Г. Релейная защита управляющих реакторов / А.Г. Долгополов. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2011. – 152 с.: ил.

3. Федин В.Т. Электропередачи переменного тока повышенной мощности / В.Т. Федин, Ю.Д. Головач, Г.И. Селиверстов, М.С. Чернецкий. – Минск.: Наука и техника, 1993. – 224 с.

УДК 621.89:621.436

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
БУМАГИ ДЛЯ ОЦЕНКИ МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СВОЙСТВ
МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ «КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ»**

Корнеева Валерия Константиновна, канд. техн. наук, доцент
lerakor1974@mail.ru

Капцевич Вячеслав Михайлович, д-р техн. наук, профессор
slavakar47@mail.ru

Закревский Игорь Владимирович, старший преподаватель
iv_zakrevski@mail.ru

Спиридович Павел Михайлович, магистрант
spiridovich-pavel95@mail.ru

Остриков Виталий Викторович, студент
globuscoles@gmail.com

Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Исследована морфология поверхности и химический состав офисной бумаги и доказана возможность и целесообразность ее использования для оценки моюще-диспергирующих свойств экспресс-методом «капельной пробы» моторного масла.

Ключевые слова: офисная бумага, капельная проба, моюще-диспергирующие свойства, морфология, химический состав

**STUDYING THE MICROSTRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION
OF PAPER TO EVALUATE THE DETERGENT AND DISPERSIVE
PROPERTIES OF MOTOR OIL BY THE "DRIP SAMPLE" METHOD**

Korneeva Valeria Konstantinovna, candidate of technical science, associate professor

Kaptssevich Vyacheslav Mikhailovich, Doctor of Engineering. sciences, professor

Zakrevsky Igor Vladimirovich, Senior Lecturer

Spiridovich Pavel Mikhailovich, master's student

Ostrikov Vitaly Viktorovich, student

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

The surface morphology and chemical composition of office paper have been studied, and the possibility and expediency of its use for assessing detergent and dispersant properties by the express method of a "drop test" of motor oil has been proved.

Keywords: office paper, drop test, detergent-dispersant properties, morphology, chemical composition

Метод «капельной пробы» (*Blotter Spot*) в настоящее время является одним из наиболее распространенных и простых экспресс-методов оценки моюще-диспергирующих свойств и загрязненности моторного масла. Он заключается в нанесении капли моторного масла на фильтровальную бумагу и последующем анализе полученной хроматограммы.

Для проведения метода «капельной пробы» авторы [2–4] предлагают использовать различные виды бумаги: фильтрующие «синюю ленту» и «красную ленту», а также обычную бумагу. По *ASTM D7899-19* [5] рекомендуется использование бумаги *Durieux nl22*, которая на территории стран СНГ отсутствует.

В работе [1] нами проведено сравнение хроматограмм, полученных на различных типах бумаги (рис. 1), и было установлено, что наиболее равноосное пятно с четко и выражено сформированными зонам ядра и диффузионной зоны формируется на офисной бумаге *SvetoCopy*.

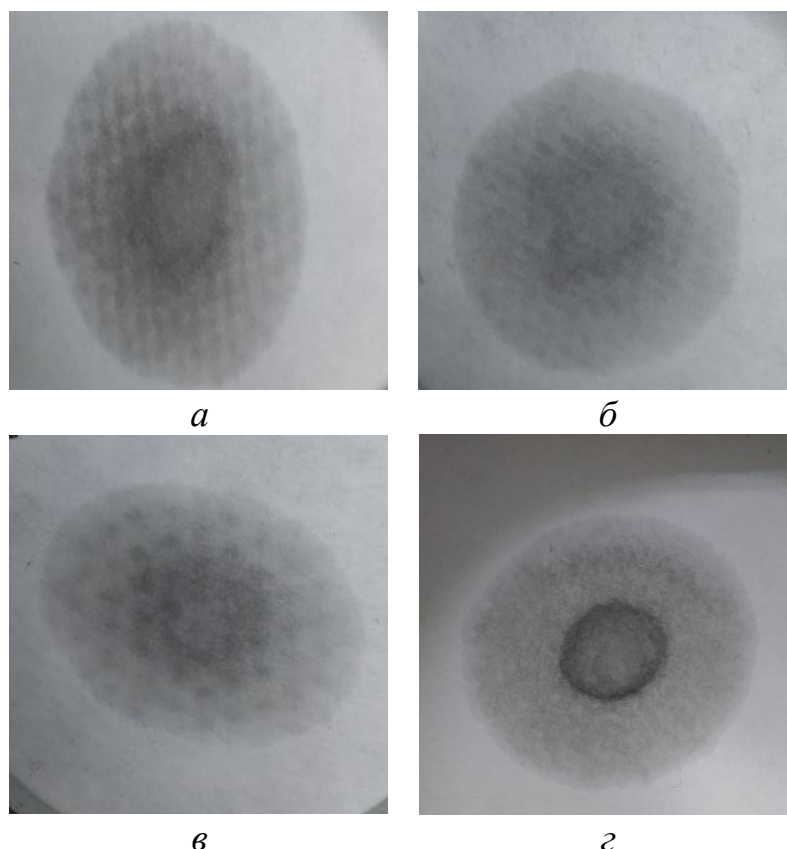


Рисунок 1 – Хроматограммы, полученные на различных типах бумаги: а – «синяя лента»; б – «красная лента»; в – «белая лента»; г – офисная бумага

Целью настоящей работы является изучение морфологии и химического состава офисной бумаги.

Исследование морфологии поверхности офисной бумаги *SvetoCopy* (рис. 2) проводили на аттестованном сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «*Mira*» фирмы «*Tescan*» (Чехия). Микроскоп оснащен детекторами вторичных электронов (*SE*) и обратно отраженных электронов (*BSE*), которые позволяют проводить исследование образцов в двух режимах. При съемке образцов в режиме вторичных электронов (*SE*), контраст на

изображении создается за счет отражения электронного пучка от поверхности образца. В случае исследования при помощи детектора обратно отраженных электронов (*BSE*), контраст на картинке создается за счет атомного номера элементов образца.

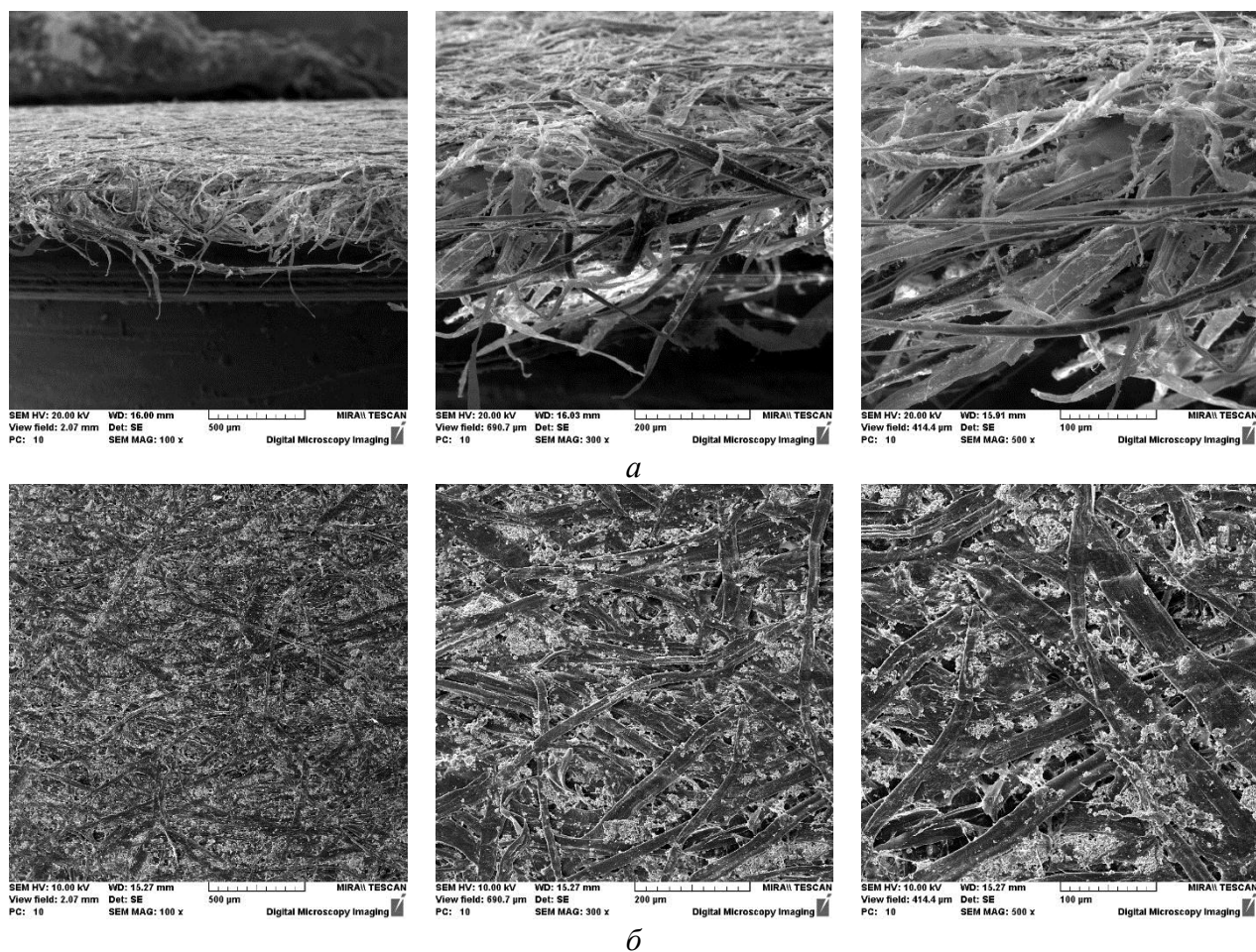


Рисунок 2 – Морфология поверхности офисной бумаги *SvetoCopy* при различных увеличениях: *а* – вид сбоку; *б* – вид сверху

Проведенные исследования офисной бумаги позволяют заключить, что ее структура представляет собой полотно из плотно свойлокованных целлюлозных плоских ленточных волокон шириной 10–50 мкм с толщиной полотна порядка 100 мкм. Кроме целлюлозных волокон на микроструктурах виды частицы порошкообразного материала.

Исследование элементного состава офисной бумаги проводили с помощью микрорентгеноспектрального анализатора фирмы «*Oxford Instruments Analytical*» (Великобритания). Определяемые при помощи анализа элементы – от *B* до *U*; минимальный предел обнаружения элемента – 0,5 %. Исследование проводили по линии (концентрационные кривые распределения элементов) (рис. 3). На концентрационных кривых распределения элементов по оси *Y* указана интенсивность (имп/с) рентгеновского излучения элементов образца, которая пропорциональна концентрации элементов. Погрешность обоих методов исследования составляет 5–10 %.

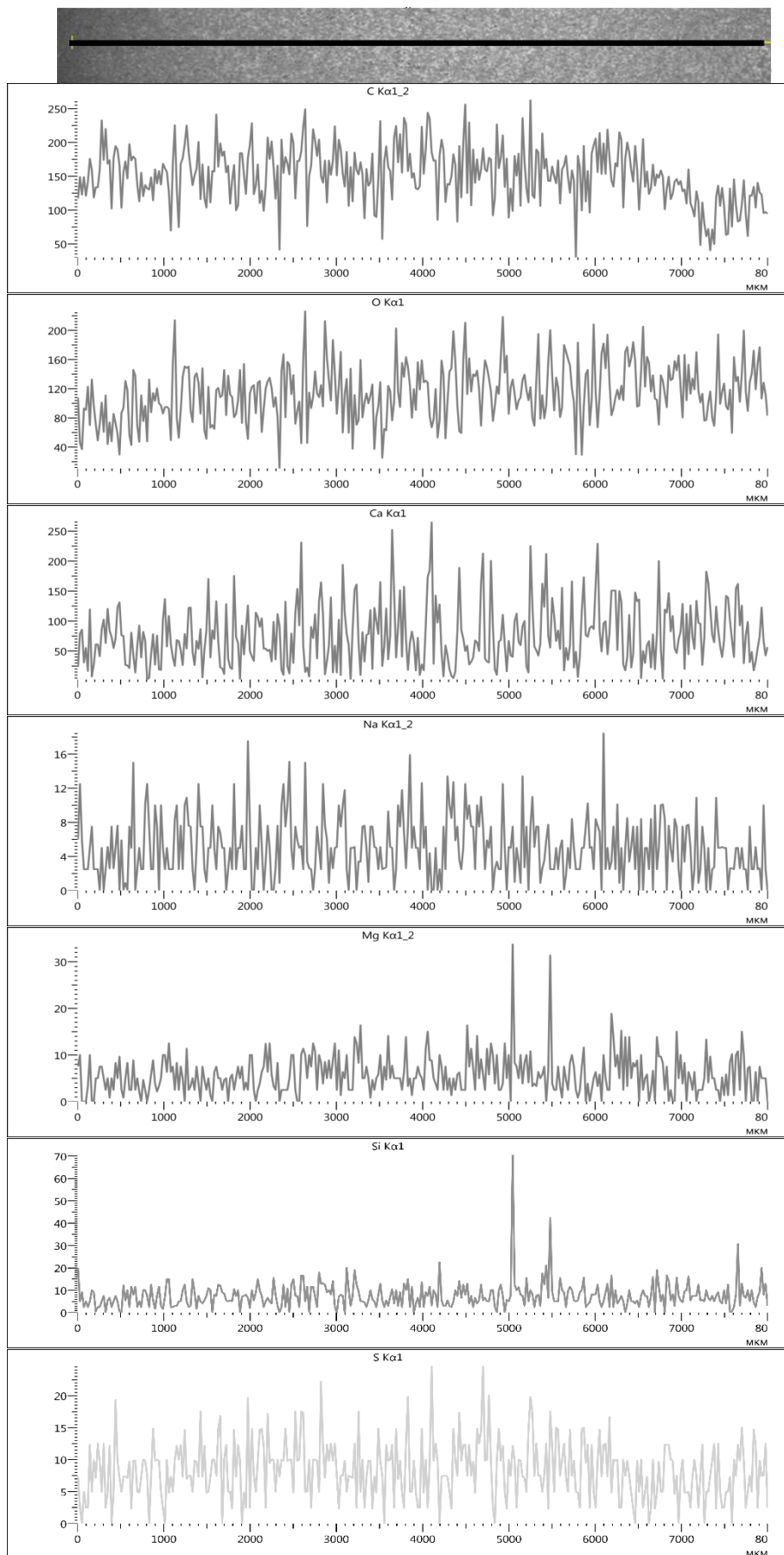


Рисунок 3 – Микроструктура образца в средней зоне и результаты микрорентгеноспектрального анализа по линии и концентрационные кривые распределения элементов (углерода *C*, кислорода *O*, кальция *Ca*, натрия *Na*, магния *Mg*, кремния *Si* и серы *S*)

Исследованный химический состав бумаги соответствует химическому составу целлюлозных волокон, основой которых являются такие элементы, как углерод и кислород. Большое содержание кальция в бумаге свидетельствует о использовании при ее отбеливании наполнителя карбоната кальция CaCO_3 , что объясняет наличие порошковых включений в структуре бумаги (см. рис. 2).

Результаты исследования структуры и микрорентгеноспектрального анализа офисной бумаги *SvetoCopy* визуально подтвердили равномерность ее порораспределения и химический состав, что позволяет рекомендовать эту бумагу для оценки моюще-диспергирующих свойств моторного масла методом капельной пробы.

Литература:

1. Корнеева, В.К. Выбор фильтрующей подложки для оценки работоспособности моторного масла методом «Капельной пробы» / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, А.Г. Кузнецов, П.М. Спиридович, А.Н. Рыхлик // Агропанорама. – 2022. – № 2 (150). – С. 36-42.

2. ПЛАМ-3 портативная лаборатория анализа масел и топлив / Лабораторное оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <http://proflab.com.ua/produkt/product-details/2785-plam-3-portativnaya-laboratoriya-analiza-masel-i-topliv.html> (дата обращения 05.07.2021).

3. Розбах, О.В. Экспресс-диагностика качества высокощелочных моторных масел способом «капельной пробы»: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / О.В. Розбах. – Омск, 2006. – 137 л.

4. Серков, А.П. Совершенствование обслуживания автотранспортных средств за счет диагностики технического состояния эксплуатационных материалов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.П. Серков – Омск, 2018. – 189 л.

5. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.