

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-3-29-37>

УДК 676.072

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА РАЗМЕРА ПОР БАРЬЕРНЫХ БУМАГ

М. А. ЗИЛЬБЕРГЛЕЙТ¹⁺, В. И. ТЕМРУК², Т. А. ЛОБАН², О. И. МАЕВСКАЯ², М. О. ШЕВЧУК¹, С. В. НЕСТЕРОВА¹, П. А. ЧУБИС¹, Ю. А. КЛИМОШ¹, Т. В. КАМЛЮК¹, В. Г. МАРЗАН¹, И. А. ХМЫЗОВ¹

¹Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Беларусь

²Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, ул. Сурганова, 9/1, 220072, Минск, Беларусь

Бумага представляет собой экологичное сырьё, следовательно, исследование свойств изделий из неё является достаточно актуальной задачей на сегодняшний день. Так, применение бумажных материалов с барьерными свойствами не только положительно сказывается на экологии, но и удобно с практической точки зрения, так как в отличие от синтетических материалов в бумаге есть возможность регулировать размер пор. В тоже время определение размера пор в таких материалах наталкивается на определенные трудности, связанные со спецификой свойств целлюлозы, а также особенностями процесса производства бумаги. Целью данного исследования является оценка правдоподобности и технологичности определения размера пор бумажных материалов. Рассмотрены основные преимущества и недостатки таких методов определения размеров пор, как электронная сканирующая микроскопия, световая микроскопия, метод ртутной порометрии, методы фильтрации, метод выдавливания пузырька, метод определения гидравлического радиуса пор. Установлено, что наиболее объективным методом, который характеризует верхний предел пропускной способности бумажного материала, является фильтрация осадков нерастворимых неорганических солей. Также к наиболее достоверным можно отнести определение размера пор при пропускании воздуха через бумагу. В то же время все приведенные в статье методы анализа являются вполне работоспособными при условии сравнительных исследований и учитывании условий определения.

Ключевые слова: бумага, барьерное свойство, экология, определение размера пор, удельная поверхность, воздухопроницаемость, фильтрующая способность, пористость.

COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS OF PAPER PORE SIZE ANALYSIS

M. A. ZILBERGLEIT¹⁺, V. I. TEMRUK², T. A. LOBAN², O. I. MAEVSKAYA², M. A. SHAUCHUK¹, S. V. NESTEROVA¹, P. A. CHUBIS¹, YU. A. KLIMOSH¹, T. V. KAMLYUK¹, V. G. MARZAN¹, I. A. KHMZYOV¹

¹Belarusian State Technological University, Sverdlova St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

²Institute of General and Inorganic chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Surganova St., 9/1, 220072, Minsk, Belarus

Paper is an environmentally friendly raw material, therefore, the study of the properties of products made of it is quite an urgent task today. The use of paper materials with barrier properties not only has a positive impact on the environment, but also is convenient from a practical point of view, since unlike synthetic materials in paper it is possible to adjust the pore size. At the same time, determining the pore size in such materials encounters certain difficulties associated with the specific properties of cellulose, as well as the peculiarities of the paper production process. The purpose of this study is to assess the plausibility and manufacturability of determining the pore size of paper materials. The main advantages and disadvantages

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: mazi@list.ru

of such methods of pore size determination as electron scanning microscopy, light microscopy, mercury porometry method, filtration methods, bubble extrusion method, method of determining the hydraulic pore radius are considered. It is established that the most objective method, which characterizes the upper limit of the paper material throughput, is the filtration of insoluble inorganic salts precipitates. Also, the most reliable is the determination of the size of the pores when air passes through the paper. At the same time, all the methods of analysis, given in the article, are quite workable under the condition of comparative studies and taking into account the conditions of definition.

Keywords: paper, barrier property, ecology, pore size determination, specific surface area, air permeability, filtration capacity, porosity.

Поступила в редакцию 10.02.2020

© М. А. Зильберглейт, В. И. Темрук, Т. А. Лобан, О. И. Маевская, М. О. Шевчук, С. В. Нестерова, П. А. Чубис, Ю. А. Климош, Т. В. Камлюк, В. Г. Марзан, И. А. Хмызов, 2020

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Зильберглейт М. А., Темрук В. И., Лобан Т. А., Маевская О. И., Шевчук М. О., Нестерова С. В., Чубис П. А., Климош Ю. А., Камлюк Т. В., Марзан В. Г., Хмызов И. А. Сравнительная оценка методов анализа размера пор барьерных бумаг // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 3. С. 29–37. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-3-29-37>

Citation sample:

Zil'bergleyt M. A., Temruk V. I., Loban T. A., Maevskaya O. I., Shevchuk M. O., Nesterova S. V., Chubis P. A., Klimosh Yu. A., Kamlyuk T. V., Marzan V. G., Khmyzov I. A. Sravnitel'naya otsenka metodov analiza razmera por bar'ernykh bumag [Comparative evaluation of methods of paper pore size analysis]. *Polymer Materials and Technologies*, 2020, vol. 6, no. 3, pp. 29–37. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2020-6-3-29-37>

Литература

1. Гайнанова Г. А., Галиханов М. Ф., Мусина Л. Р., Назмиева А. И., Тюрикова В. В. Влияние поверхностной обработки мешочной бумаги полилактидным покрытием и коронным разрядом на ее барьерные свойства // Вестник Технологического университета, 2016. Т. 19, № 14. С. 119–122.
2. Nair S. S., Zhu J. Y., Deng Y., Ragauskas A. J. High performance green barriers based on nanocellulose // *Sustainable Chemical Processes*, 2014, vol. 2, article number 23. doi:10.1186/s40508-014-0023-0
3. Du J., Armes S. P. pH-Responsive Vesicles Based on a Hydrolytically Self-Cross-Linkable Copolymer // *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, vol. 127, is. 37, pp. 12800–12801.
4. Jiang J. X., Trewin A., Su F., Wood C. D., Niu H., Jones J. T. A., Khimyak Y. Z., Cooper A. I. Microporous Poly(tri(4-ethylphenyl)amine) Networks: Synthesis, Properties, and Atomistic Simulation // *Macromolecules*, 2009, vol. 42, is. 7, pp. 2658–2666.
5. Волкова О. И., Золотухина Н. А. Подбор эмульгатора и порообразователя для получения пористого сополимера // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 2. С. 72–76.
6. Фляте Д. М. Технология бумаги: учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1988. 440 с.
7. Kallmes O. J., Eckert C. The Structure of Paper – VII – The application of the Relative Bonded Area Concept to Paper Evaluation // *Tappi J.*, 1964, vol. 47, no. 9, pp. 540–548.
8. Монич Ю. И., Старовойтов В. В. Преобразование цветных изображений на базе технологии Ретинек // Искусственный интеллект, 2007. № 3. С. 256–261.
9. Маргулис Д. Photoshop для профессионалов: классическое руководство по цветокоррекции. М.: Интерсофтмарк, 2003. 467 с.

10. Зильбеглейт М. А., Темрук В. И. Применение пакета IMAGEJ для обработки изображений, полученных электронной сканирующей микроскопией (на примере анализа бумаги) // Полимерные материалы и технологии. 2017. Т. 3, № 1. С. 71–74.
11. Плаченев Т. Г., Колосенцев С. Д. Порометрия. Л.: Химия, 1988. 176 с.
12. Moura M. J., Ferreira P. J., Figueiredo M. M. Mercury intrusion porosimetry in pulp and paper technology // Powder Technology, 2005, vol. 160, is. 2, pp. 61–66. doi: 10.1016/j.powtec.2005.08.033
13. Charfeddine M. A., Bloch, J. F., Mangin, P. Mercury porosimetry and x-ray microtomography for 3-dimensional characterization of multilayered paper: Nanofibrillated cellulose, thermomechanical pulp, and a layered structure involving both // BioResouce, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 2642–2650.
14. Дубяга В. П., Перепечкин Л. П., Каталевский Е. Е. Полимерные мембраны. М.: Химия, 1981. 231 с.
15. Cuperus F. P., Bargeman D., Smolders C. A. A new method to determine the skin thickness of asymmetric UF-membranes using colloidal gold particles // Journal of Colloid and Interface Science, 1990, vol. 135, is. 2, pp. 486–495. doi: 10.1016/0021-9797(90)90019-K
16. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсионные системы. М.: Химия, 1989. 464 с.
17. Трещалин Ю. М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. М.: БОС, 2016. 192 с.

References

1. Gaynanova G. A., Galikhanov M. F., Musina L. R., Nazmieva A. I., Tyurikova V. V. Vliyanie poverkhnostnoy obrabotki meshochnoy bumagi polilaktidnym pokrytiem i koronnym razryadom na ee bar'ernye svoystva [The effect of surface treatment of bag paper polylactide coating and corona discharge on its barrier properties]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2016, vol. 19, no. 14, pp. 119–122.
2. Nair S. S., Zhu J. Y., Deng Y., Ragauskas A. J. High performance green barriers based on nanocellulose. *Sustainable Chemical Processes*, 2014, vol. 2, article number 23. doi:10.1186/s40508-014-0023-0
3. Du J., Armes S. P. pH-Responsive Vesicles Based on a Hydrolytically Self-Cross-Linkable Copolymer. *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, vol. 127, is. 37, pp. 12800–12801.
4. Jiang J. X., Trewin A., Su F., Wood C. D., Niu H., Jones J. T. A., Khimyak Y. Z., Cooper A. I. Microporous Poly(tri(4-ethynylphenyl)amine) Networks: Synthesis, Properties, and Atomistic Simulation. *Macromolecules*, 2009, vol. 42, is. 7, pp. 2658–2666.
5. Volkova O. I., Zolotukhina N. A. Podbor emul'gatora i poroobrazovatelya dlya poluche-niya poristogo sopolimera [Selection of emulsifier and blowing agent to obtain a porous copolymer]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2019, no. 2, pp. 72–76.
6. Flyate D. M. *Tekhnologiya bumagi* [Paper technology]. Moscow : Lesnaya promyshlennost' Publ., 1988. 440 p.
7. Kallmes O. J., Eckert C. The Structure of Paper – VII – The application of the Relative Bonded Area Concept to Paper Evaluation. *Tappi J.*, 1964, vol. 47, no. 9, pp. 540–548.
8. Monich Yu. I., Starovoytov V. V. Preobrazovanie tsvetnykh izobrazheniy na baze tekhnologii Retineks [Retinex color image conversion]. *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial intelligence], 2007, no. 3, pp. 256–261.
9. Margulis D. *Photoshop dlya professionalov: klassicheskoe rukovodstvo po tsvetokorreksii* [Photoshop for professionals. Classic Color Guide]. Moscow : Intersoftmark Publ., 2003. 467 p.
10. Zil'begleyt M. A., Temruk V. I. Primenenie paketa IMAGEJ dlya obrabotki izobra-zheniy, poluchennykh elektronnoy skaniruyushchey mikroskopiyey (na primere analiza bumagi) [Application of IMAGEJ package for processing images obtained by electron scanning microscopy (on the example of paper analysis)]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2017, vol. 3, no. 1, pp. 71–74.
11. Plachenov T. G., Kolosentsev S. D. *Porometriya* [Porometry]. Leningrad : Khimiya Publ., 1988. 176 p.
12. Moura M. J., Ferreira P. J., Figueiredo M. M. Mercury intrusion porosimetry in pulp and paper technology. *Powder Technology*, 2005, vol. 160, is. 2, pp. 61–66. doi: 10.1016/j.powtec.2005.08.033
13. Charfeddine M. A., Bloch, J. F., Mangin, P. Mercury porosimetry and x-ray microtomography for 3-dimensional characterization of multilayered paper: Nanofibrillated cellulose, thermomechanical pulp, and a layered structure involving both. *BioResouce*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 2642–2650.
14. Dubyaga V. P., Perepetchkin L. P., Katalevskiy E. E. *Polimernye membrany* [Polymer membranes]. Moscow : Khimiya Publ., 1981. 231 p.
15. Cuperus F. P., Bargeman D., Smolders C. A. A new method to determine the skin thickness of asymmetric UF-membranes using colloidal gold particles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1990, vol. 135, is. 2, pp. 486–495. doi: 10.1016/0021-9797(90)90019-K
16. Frolov Yu. G. Kurs kolloidnoy khimii. Poverkhnostnye yavleniya i dispersionnye sistemy [Course of colloid chemistry. Surface phenomena and dispersion systems]. Moscow : Khimiya Publ., 1989. 464 p.
17. Treshchalin Yu. M. *Analiz struktury i svoystv netkanykh materialov* [Analysis of the structure and properties of nonwoven materials]. Moscow : BOS Publ., 2016. 192 p.