

М. А. Зильберглейт, проф., д-р хим. наук;  
В. И. Темрук, зав. лаб. канд. техн. наук;  
Т. А. Лобан, мл. науч. сотр.; О. И. Маевская, науч. сотр.  
(ИОНХ НАН Беларуси);  
М. О. Шевчук, доц., канд. техн. наук;  
С. В. Нестерова, доц. кафедры орг. химии, канд. хим. наук;  
П. А. Чубис, ст. преп., канд. техн. наук;  
Ю. А. Климош, доц., канд. техн. наук;  
Т. В. Камлюк, науч. сотр. Центра ФХМИ БГТУ;  
В. Г. Марзан, мл. науч. сотр.  
(БГТУ, г. Минск)

### **СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ПОР БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Вследствие экологичности бумажных материалов, исследование их свойств представляет собой важную, актуальную на сегодняшний день задачу [1].

Размер пор – это один из основных показателей, характеризующих барьерные свойства бумаги. При этом, измерение указанного показателя в бумажных материалах затруднено спецификой свойств целлюлозы, а также особенностями производства бумаги.

1) Основной способ определения размеров пор в бумаге – электронная сканирующая микроскопия. Однако, из-за анизотропного строения при измерении в трех перпендикулярных направлениях свойства бумажного листа, а следовательно, и размер пор принципиально различаются. Таким образом, для достоверного определения размера пор бумажного материала необходима большая статистическая выборка, так как электронный микроскоп сканирует лишь незначительную часть поверхности объекта.

2) Световая микроскопия. Современные оптические микроскопы позволяют добиться 1000-кратного увеличения, что позволяет оценить размеры плоских пор, начиная примерно с 1–2 микрон. Ограничениями данного метода являются нижняя граница определения площади, а также особенности алгоритмов обработки.

3) Способ ртутной порометрии может применяться для тел с жестким скелетом – катализаторов, горных пород, активированных углей. Бумага представляет собой легко сжимаемый материал. Достаточно сложно доказать, насколько необратимые изменения происходят при ее анализе указанным методом. Единственным приемом для такой проверки является удаление в вакууме ртути из

образца и определение сорбции азота или аргона со сравнением сорбции такого же образца до момента применения измерений при помощи ртути. Однако удалению ртути из образца после испытаний сопряжено со значительными сложностями, а также небезопасно по отношению к окружающей среде.

4) Фильтрация свежеприготовленных осадков неорганических соединений. При применении указанного способа диаметр пор косвенно оценивают по фильтрующей способности 10 мл воды, выраженной в секундах. Метод фильтрации воды несложен и хорошо воспроизводится, однако бумага при соприкосновении с водой набухает, что, в свою очередь, приводит к увеличению размера пор.

5) Метод выдавливания пузырька, в основе которого лежит определение давления, при котором образуется первый устойчивый поток пузырьков. Анализ экспериментальных данных показывает, что для достоверности полученных результатов необходимо учитывать скорость подъема давления, а также то, что замена пропиточной жидкости приводит к несоответствующим результатам.

6) Метод фильтрации воздуха, основанный на предположении о цилиндрической форме пор, достаточно прост и основан на преобразовании уравнения Пуазейля и Дарси [2]. Достоверное определение размера пор этим способом осложняется тем, что реальные каналы имеют различную форму, и перепад давления зависит от угла расположения поры в образце.

Таким образом, анализ различных методов определения размеров пор бумажных материалов приводит к следующим выводам: к наиболее достоверным способам можно отнести определение пор при пропускании через бумагу воздуха, а также фильтрацию осадков нерастворимых неорганических солей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Nair S. S. High performance green barriers based on nanocellulose / S.S. Nair, J.Y. Zhu, Y. Deng, A.J. Ragauskas // *Sustain Chem. Process.* – 2014. – Vol. 2, n. 23. doi:10.1186/s40508-014-0023-0.

2. Гайнанова Г. А. Влияние поверхностной обработки мешочной бумаги полилактидным покрытием и коронным разрядом на ее барьерные свойства / Г.А. Гайнанова [и др.] // *Вестник Технологического университета*, 2016. Том 19. № 14. С. 119–122.

3. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсионные системы. М.: Химия, 1988. 464 с.