

**ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА, ПОЛУЧЕННЫХ  
МЕТОДОМ БЕСФИЛЬЕРНОЙ ВЫТЯЖКИ****Е. В. Авдеева***Государственное научное учреждение «Институт химии новых  
материалов Национальной академии наук Беларуси», г. Минск***А. М. Михалко***Международная Китайско-Белорусская научная лаборатория  
по вакуумно-плазменным технологиям, Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины, Республика Беларусь*

Волокнистые фильтрующие материалы широко используются в фильтрующих элементах для удовлетворения требований к производительности фильтрации в промышленных процессах и СИЗ. Способы получения волокнистых материалов определяют структуру, диаметр волокон, взаимное расположение, толщину и плотность укладки, что оказывает влияние на эффективность фильтрации. В процессе формирования волокон путем распыления в поле высокого напряжения образующиеся волокна накладываются друг на друга, слипаются, что приводит к уменьшению адсорбционных свойств. Вытягивание волокна сжатым воздухом приводит к формированию волокон неправильной формы и большой доле неволокнистых включений. В настоящей работе исследованы фильтрующие свойства волокон, полученных методом свободной вытяжки из расплава. Высокая вязкость полимера способствует сохранению исходной структуры и дополнительной ориентации молекул, что положительно влияет на физико-механические свойства готового волокна.

Цель работы заключается в установлении особенностей фильтрационных свойств волокон на основе полиэтилена, пластифицированного олифой и этиленгликолем, полученных методом бесфильерной вытяжки.

Использован нетканый полипропиленовый материал SpunBel с поверхностной плотностью 40 г/см<sup>2</sup> («СветлогорскХимволокно», Беларусь). Полимерные волокна изготавливали из полиэтилена высокого давления (ПЭВД) марки 16803-070 (ГОСТ 16337-77), олифы (ГОСТ 7931-76), этандиол-1,2 (ГОСТ 19710-83) методом бесфильерной вытяжки из расплава при температуре ( $T = 423$  К).

Оценка эффективности воздушной фильтрации (ЭВФ) со средним диаметром 10 мкм (PM<sub>10</sub>), 2,5 мкм (PM<sub>2,5</sub>), 1,0 мкм (PM<sub>1,0</sub>) проводилась на экспериментальном лабораторном стенде (ИХНМ НАН Беларуси). С помощью ультразвукового генератора был создан аэрозоль, в качестве дисперсной фазы в котором использовались капли воды. Воздушный насос создавал перепад давления для скорости потока аэрозоля 8 л/мин. Аэрозоль пропускали через слои фильтрующего материала SpunBel (в виде диска, диаметром 40 мм) между которыми располагались пластифицированные волокна ПЭВД. Значение параметра ЭВФ рассчитывается как отношение абсолютного изменения концентрации частиц при фильтрации к концентрации частиц до фильтрации.

При бесфильерной вытяжке волокон из расплава введение пластификатора (олифы и этиленгликоля) уменьшает взаимодействие между макромолекулами ПЭВД. Поэтому волокна легко извлекаются из расплава, имеют однородную, гладкую поверхность (рис. 1).

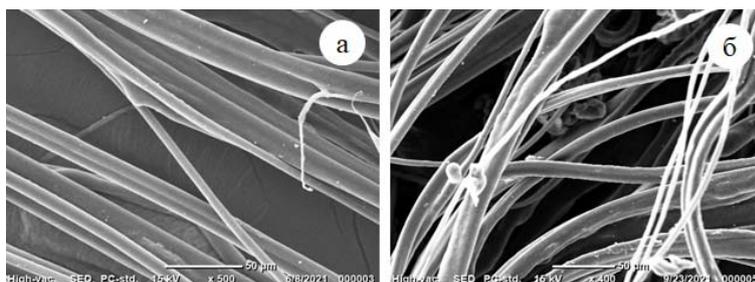


Рис. 1. СЭМ-изображения волокон ПЭВД:  
 а – пластифицированных олифой (25 %);  
 б – пластифицированных этандиолом-1,2 (25 %)

При дальнейшей вытяжке возникают поперечные силы, стремящиеся уменьшить его диаметр и обуславливающие выдавливание пластификатора. Вследствие этого межмолекулярное взаимодействие снова возрастает, способствуя формированию тонкого непрерывного волокна.

Для характеристики эффективности воздушной фильтрации относятся: массовые концентрации частиц диаметром менее 10 мкм ( $PM_{10}$ ) и менее 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ ). Важнейшим параметром разрабатываемых материалов для СИЗов является эффективность фильтрации аэрозоля, содержащего твердые и жидкие микро- и наночастицы с вирусами (от 0,03 до 0,1 мкм), т. е. способность препятствовать их проникновению через фильтрационный материал. Нетканый полипропиленовый материал SpunBel является коммерческим и активно используется для создания фильтров и масок. Его фильтрующие свойства недостаточны (41,5 %) для самостоятельного использования (рис. 2).

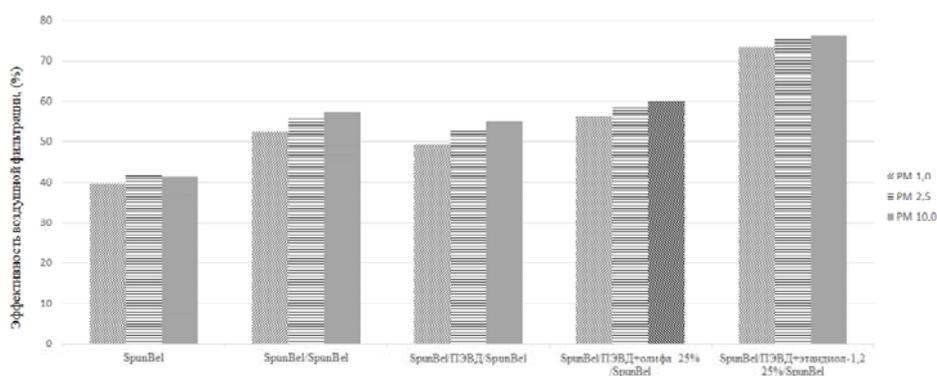


Рис. 2. Диаграмма эффективности воздушной фильтрации для исходных SpunBel и прослойкой из пластифицированных волокон ПЭВД для фильтруемых частиц размером 1, 2,5 и 10 мкм

Установлено, что для образцов SpunBel/ПЭВД+этандиол-1,2 (25 %)/SpunBel наблюдалось увеличение эффективности воздушной фильтрации более чем на 26,3 %, причем для мелкодисперсных частиц разница наибольшая (27 %) в сравнении с исходной SpunBel/SpunBel (рис. 3).

Применение в качестве прослойки между фильтрами SpunBel волокон ПЭВД пластифицированных олифой оказалось менее эффективным и составило в среднем 3,1 %, а для мелкодисперсных частиц – 3,8 %.

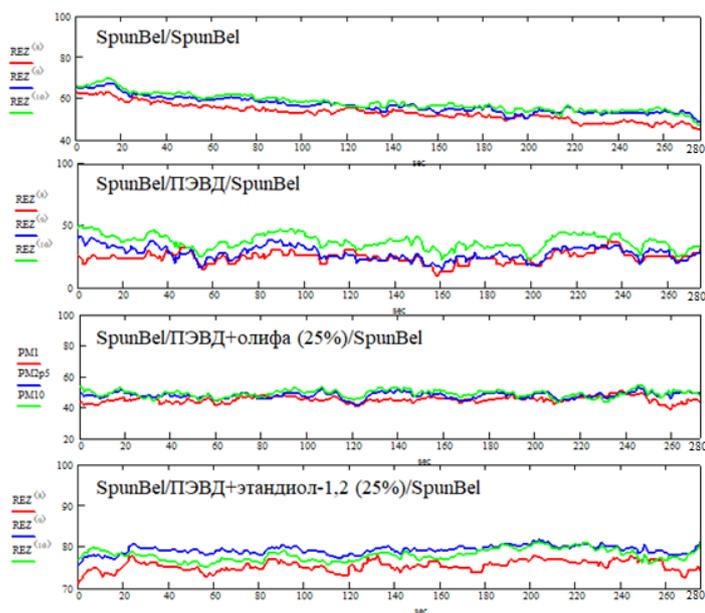


Рис. 3. Эффективность воздушной фильтрации нетканых полимерных материалов по  $PM_{1,0}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10,0}$

Указанные особенности формирования волокон коренным образом отличаются от методов получения химических волокон, применяемых в настоящее время. Бесфильтр-ерная вытяжка волокон из пластифицированных расплавов полимеров создает возможности для разработки новых видов волокнистых полимерных материалов, обладающих рядом уникальных свойств.

*Работа проведена при финансовой поддержке БРФФИ X21УЗБГ-030.*

#### Литература

1. Yoon K., Hsiao B. S., Chu B. Functional nanofibers for environmental applications, *J. Mater. Chem.* 18 (44) (2008) 5326–5334.
2. Современные технологии производства нетканых материалов / И. Ш. Абдуллин [и др.] // *Вестн. Казан. технолог. ун-та.* – 2014. – Т. 17, № 19. – С. 114–119.
3. Перепелкин, К. Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности // *Рос. хим. журн. (Журн. рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева).* – 2002. – Т. XLVI, № 1. – С. 31–48.
4. Калиновски, Е. Химические волокна / Е. Калиновски, Г. В. Урбанчик. – М. : Легкая индустрия, 1966. – 251 с.
5. Перепелкин, К. Е. Структура и свойства волокон / К. Е. Перепелкин. – М. : Химия, 1985. – 208 с.
6. Face masks and respirators in the fight against the COVID-19 pandemic: A review of current materials, advances and future perspectives / К. O’Dowd [et al.] // *Materials (Basel).* – 2020. – Vol. 13, № 15. – P. 3363 (1–27).
7. Lustig, S. R. [et al.] “Effectiveness of Common Fabrics to Block Aqueous Aerosols of Virus-like Nanoparticles”, *ACS Nano.* – Vol. 14, № 6. – P. 7651–7658, 2020. – DOI: 10.1021/acsnano.0c03972.
8. Tcharkhtchi A., Abbasnezhad N., Zarbini Seydani M., Zirak N., Farzaneh S. and Shirinbayan M. “An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration”, *Bioact. Mater.* – Vol. 6, № 1. – P. 106–122, 2021. – DOI: 10.1016/j.bioactmat.2020.08.002.