

DOI: 10.32864/polymmattech-2025-11-3-6-27

УДК 620.22:677.494:66.067.123.22

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ (ОБЗОР)

В. Ю. ШУМСКАЯ<sup>+</sup>, В. А. СТРАТАНОВИЧ, Е. М. ТОЛСТОПЯТОВ, Л. Ф. ИВАНОВ, Л. А. КАЛИНИН

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

*Цель работы — анализ последних тенденций в области модифицирования волокнистых материалов для различных сфер применения, обладающих сочетанием высоких качественных характеристик и новых специальных потребительских свойств.*

*В обзоре рассмотрены перспективные направления модифицирования волокнистых материалов для придания им специализированных свойств, таких как гидрофобность, олеофобность и улучшенная механическая прочность. Особое внимание уделено анализу существующих технологий, включая плазменную обработку, золь-гель методы, применение сверхкритических флюидов и растворные методы с использованием фторированных углеводов и кремнийорганических соединений. Представлен анализ литературных данных, демонстрирующий эффективность плазменной обработки в улучшении эксплуатационных характеристик волокнистых материалов и волокнистых наполнителей композитов. Подчеркивается важность оптимизации параметров процесса для достижения желаемых результатов, а также необходимость дальнейших исследований в этой области для расширения спектра используемых материалов и углубленного изучения механизмов воздействия плазмы на волокнистые материалы.*

*Интерес для модифицирования волокнистых материалов представляет метод пиролитической полимеризации, обладающий рядом преимуществ, включая высокую конформность, возможность формирования покрытий в труднодоступных местах и отсутствие жидкой фазы и капиллярных эффектов при адсорбции газообразного мономера на поверхностях. Отмечается перспективность применения данной технологии для модифицирования волокнистых материалов, используемых в системах фильтрации, с целью улучшения их эксплуатационных характеристик и расширения областей применения.*

**Ключевые слова:** волокнистые материалы, плазменная обработка, растворный метод, золь-гель метод, метод пиролитической полимеризации, гидрофобность, олеофобность.

---

<sup>+</sup>Автор для переписки. E-mail: viktoriya-shumsk@mail.ru

**Для цитирования:**

Шумская В. Ю., Стратанович В. А., Толстопятов Е. М., Иванов Л. Ф., Калинин Л. А. Модифицирование волокнистых материалов: обзор и перспективы (обзор) // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 3. С. 6–27. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-3-6-27>

---

<sup>+</sup>Athor for correspondence. E-mail: viktoriya-shumsk@mail.ru

**For citation:**

Shumskaya V. Yu., Stratanovich V. A., Tolstopyatov E. M., Ivanov L. F., Kalinin L. A. Modifitsirovanie voloknistykh materialov: obzor i perspektivy (obzor) [Modified fibrous materials: review and prospects (review)]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 3, pp. 6–27. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-3-6-27>

## MODIFIED FIBROUS MATERIALS: REVIEW AND PROSPECTS (REVIEW)

V. YU. SHUMSKAYA<sup>+</sup>, V. A. STRATANOVICH, E. M. TOLSTOPIATOV, L. F. IVANOV, L. A. KALININ

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

*The purpose of the work is to preserve the latest aspect in the field of modification of fibrous materials for various fields of application, which has a combination of high quality characteristics and new special consumer properties.*

*The review analyzes promising areas of modification of fibrous materials to give them special properties such as hydrophobicity, oleophobia, and improved mechanical strength. Special attention is paid to the analysis of existing modification technologies, including plasma treatment, sol-gel methods, the use of supercritical fluids and liquid processing using fluorinated hydrocarbons and organosilicon compounds. Analysis of literature data revealed the efficiency of plasma treatment before coating deposition in improving the performance of fibrous materials and fibrous fillers of composites.*

*The importance of optimizing the process parameters to achieve the desired results is emphasized, as well as the need for further research in this area to expand the range of materials used and to study in depth the mechanisms of plasma action on fibrous materials.*

*A new method for modifying fibrous materials based on pyrolytic polymerization is proposed, which has a number of advantages, including high conformality, the ability of forming coatings in hard-to-reach places, and the absence of a liquid phase and capillary effects during adsorption of gaseous monomer on surfaces. The prospects of using this technology for the modification of fibrous materials used in filtration systems in order to improve their performance and expand their applications are noted.*

**Keywords:** fibrous materials, plasma treatment, solution method, sol-gel method, pyrolytic polymerization method, hydrophobicity, oleophobia.

Поступила в редакцию 21.05.2025

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](mailto:polmattex@gmail.com)

Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

### Литература

1. How Is Plastic Porous? // Porex. 2025 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.porex.com/resource-type/articles/what-is-porous-plastic/> (дата обращения: 12.05.2025).
2. Есиркепова А. М., Дуйсембекова Г. Р., Сабенова Б. Н., Балабекова Д. Б., Кудайбергенова З. У. Современные тенденции и перспективы развития мирового производства и потребления нетканых материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. № 3 (387). С. 75–83.
3. Гордон Г. М., Пейсахов И. Л. Пылеулавливание и очистка газов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Металлургия, 1968. 499 с.
4. Ужов В. Н., Мягков Б. И. Очистка промышленных газов фильтрами. Москва : Химия, 1970. 318 с.
5. Sutherland K. Filter and filtration handbook. Oxford : Elsevier, 2008. 523 p.
6. Слеткина Л. С., Ануфриева Ю. Я. Придание текстильным материалам гидрофобности и олеофобности // Журнал всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. 1976. Т. 21, № 1. С. 82–89.
7. Патент 2394945 РФ, МПК D01F 6/06, D01F 1/10. Композиция для получения комплексных полипропиленовых нитей / Пророкова Н. П., Вавилова С. Ю., Морыганов А. П., Базаров Ю. М., Терехов А. С., Бузник В. М.; заявители ИХР РАН, ИГХТУ, ООО «Флуралит синтез». N 2009122686/04; заявл. 16.06.2009; опубл. 20.07.2010. 8 с.
8. Патент 2411312 РФ, МПК D01F6/06, D01F1/10. Способ получения комплексных полипропиленовых нитей / Пророкова Н. П., Вавилова С. Ю., Морыганов А. П., Базаров Ю. М., Терехов А. С., Бузник В. М.; заявители ИХР РАН, ИГХТУ, ООО «Флуралит синтез». N 2009122685/05; заявл. 16.06.2009; опубл. 10.02.2011. 9 с.
9. Пророкова Н. П., Кумеева С. Ю., Завадский А. Е., Никитин Л. Н. Модификация поверхности полиэтилентерефталатных тканей по-

- средством нанесения гидрофобизирующего покрытия в среде сверхкритического диоксида углерода // Химические волокна. 2009. № 1. С. 26–30.
10. Пророкова Н. П., Бузник В. М., Кириухин Д. П., Никитин Л. Н. Перспективные технологии гидро- и олеофобизации текстильных материалов // Химическая технология. 2010. Т. 11, № 4. С. 213–224.
  11. Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Кириухин Д. П., Никитин Л. Н., Бузник В. М. Придание полиэфирным тканям повышенной гидрофобности: формирование на поверхности волокон ультратонкого водоотталкивающего покрытия // Российский химический журнал. 2011. Т. 55, № 3. С. 14–23.
  12. Кумеева Т. Ю., Пророкова Н. П., Никитин Л. Н., Завадский А. Е. Придание полиэфирному волокнистому материалу сверхгидрофобных свойств на основе использования раствора низкомолекулярного политетрафторэтилена в сверхкритическом диоксиде углерода // Новое в полимерах и полимерных композитах. 2012. № 1. С. 134–146.
  13. Кумеева Т. Ю., Пророкова Н. П., Холодков И. В., Пророков В. Н., Буяновская А. Г., Кабаева Н. М., Гумилева Л. В., Бараковская И. Г., Таказова Р. У. Исследование покрытия полиэфирных волокон политетрафторэтиленом в сверхкритическом диоксиде углерода // Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85, Вып. 1. С. 151–156.
  14. Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Никитин Л. Н., Бузник В. М. Придание сверхгидрофобных свойств полиэфирным тканям на основе использования растворов низкомолекулярной фракции ультрадисперсного политетрафторэтилена в сверхкритическом диоксиде углерода // Растворы в химии и технологии модифицирования полимерных материалов: новое в теории и практике / отв. ред. А. Ю. Цивадзе. Иваново : Издательство «Иваново», 2014. С. 360–411.
  15. Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Хорев А. В., Бузник В. М., Кириухин Д. П., Большаков А. И., Кичигина Г. А. Придание полиэфирным текстильным материалам высокой гидрофобности обработкой их раствором теломеров тетрафторэтилена // Химические волокна. 2010. № 2. С. 25–30.
  16. Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Кириухин Д. П., Бузник В. М. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов теломерными растворами тетрафторэтилена // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86, № 1. С. 74–81.
  17. Кириухин Д. П., Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Кичигина Г. А., Большаков А. И., Куц П. П., Бузник В. М. Радиационно-химический синтез теломеров тетрафторэтилена в хлористом бутиле и их использование для придания сверхгидрофобных свойств полиэфирной ткани // Перспективные материалы. 2013. № 7. С. 73–79.
  18. Кумеева Т. Ю., Пророкова Н. П., Кичигина Г. А. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов растворами теломеров тетрафторэтилена, синтезированными в ацетоне и хлористом бутиле: свойства и структура покрытий // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2015. Т. 51, № 4. С. 428–435.
  19. Назаров В. Г. Поверхностная модификация полимеров : монография. Москва : МГУП, 2008. 471 с.
  20. Патент 2488600 РФ, МПК C08F 8/22, C08J 7/12. Способ поверхностного модифицирования полипропилена нового материала / Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Вавилова С. Ю., Истраткин В. А., Харитонов А. П., Бузник В. М.; заявитель ИХР РАН. N 2012124191; заявл. 09.06.2012; опубл. 27.07.2013. 6 с.
  21. Патент 2488601 РФ, МПК C08F 8/22, C08J 7/12. Способ поверхностного модифицирования полипропиленового материала / Пророкова Н. П., Кумеева Т. Ю., Вавилова С. Ю., Истраткин В. А., Харитонов А. П., Бузник В. М.; заявитель ИХР РАН. N 2012124191; заявл. 09.06.2012; опубл. 27.07.2013.
  22. Авдеева Е. В., Михалко А. М., Петкевич А. В., Шумская Е. Е., Дудчик Н. В., Анисович М. В., Гольдаде В. А., Рогачев А. А., Агабеков В. Е. Влияние модифицирования поверхности полипропиленового нетканого материала Акваспан на его барьерные свойства // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 2. С. 20–25.
  23. Sooriyanarayanan V., Wen O. Y., Razak M. A., Zahirasri M., Tohir M., Choong T. S., M., Abdul Hamid R. Hydrophobic And Fire-resistant Polydimethylsiloxane/ZIF-8 Hybrid Coating On Cotton Textile For Efficient Oil-water Separation // Journal of Applied Science and Engineering, 2024, vol. 27, no. 11, pp. 3569–3582. doi: 10.6180/jase.202411\_27(11).0013
  24. Tianyi Ma, Le Gan, Yang Liu, Shinan Xu, Chenlong Han, Xiaolin Zhao, Xiaobei Zang, Ning Cao. Preparation and application of superhydrophobic polypropylene melt-blown nonwovens by organic solvent etch // Reactive and Functional Polymers, 2025, vol. 207. doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2024.106132
  25. Pakdel E., Wang J., Varley R., Wang X. Recycled carbon fiber nonwoven functionalized with fluorine-free superhydrophobic PDMS/ZIF-8 coating for efficient oil-water separation // Journal of Environmental Chemical Engineering, 2021, vol. 9, no. 6. doi: 10.1016/j.jece.2021.106329
  26. Yesuf H. M., Islam S. R., Zhang X., Qin X. Super-hydrophobic blended needle-punched nonwovens integrated with silica-aerogels for PM2.5 filtration // Environmental Engineering Research, 2025, vol. 30, is. 3. doi: 10.4491/eer.2024.404
  27. Za'im N. N. M., Yusop H. M., Ismail W. N. W. Synthesis of water-repellent coating for polyester fabric // Emerging Science Journal, 2021, vol. 5, no. 5, pp. 747–754. doi: 10.28991/esj-2021-01309
  28. Сергеева Е. А., Букина Ю. А., Брысаев А. С. Влияние плазменной обработки волокнистых материалов на их модификацию наночастицами серебра // Вестник Казанского технологического ун-та. 2013. № 4. С. 82–84.
  29. Xin Wei, Feng Chen, Hongxia Wang, Hua Zhou, Zhongli Ji, Tong Lin. Efficient removal of aerosol oil-mists using superoleophobic filters // Journal of Materials Chemistry A, 2018, vol. 6, no. 3, pp. 871–877. doi: 10.1039/C7TA10045K
  30. Chengwei Xu, Yan Yu, Xiaodong Si. Oil-mists coalescence performance of fibrous filters with superoleophilic and superoleophobic surface // Chemical Engineering Research and Design, 2021, vol. 172. pp. 235–241. doi: 10.1016/j.cherd.2021.06.013
  31. Лисаневич М. С., Перушкина Е. В. Исследование возможности модификации нетканых материалов хлоргексидином с целью придания антибактериальных // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12, № 4. С. 633–639.
  32. Николаенко Г. Р. Современные методы гидрофобизации натуральных материалов легкой промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 8. С. 79–83.
  33. Кутепов А. М., Захаров А. Г., Максимов А. И. Вакуумно-плазменное и плазменно-растворное модифицирование полимерных материалов. Москва : Наука, 2004. 496 с.
  34. Максимов А. И., Горберг Б. Л., Титов В. А. Возможности и проблемы плазменной обработки тканей и полимерных материалов // Текстильная химия. 1992. № 1. С. 101–118.
  35. Maximov A. I., Gorberg B. L., Titov V. A. Possibilities and problems of plasma treatment of fabrics and polymer materials // Textile Chemistry. Theory, Technology, Equipment / ed. A. P. Moryganov. New-York : NOVA Science Publishers Inc., 1997, pp. 225–245.
  36. Кутепов А. М., Захаров А. Г., Максимов А. И., Титов В. А. Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы // Российский химический журнал. 2002. Т. 46, № 1. С. 103–115.
  37. Горберг Б. Л. Современное состояние и перспективы использования плазмохимической технологии для обработки текстильных материалов // Текстильная химия. 2003. № 1. С. 59–68.
  38. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 07.04.2025).
  39. Lai J., Sunderland B., Xue J., Yan S., Zhao W., Folkard N., Michael B.D., Wang Y. Study on hydrophilicity of polymer surfaces improved by plasma treatment // Appl. Surf. Sci., 2006, vol. 252, no. 10, pp. 3375–3379. doi: 10.1016/j.apsusc.2005.05.038

40. Словецкий Д. И. Механизмы плазмохимического травления материалов // Школа по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ. 1999. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.isuct.ru/conf/plasma/LECTIONS/Slov\\_lect.html](https://www.isuct.ru/conf/plasma/LECTIONS/Slov_lect.html) (дата обращения: 24.02.2025).
41. Jokinen V., Suvanto P., Franssila S. Oxygen and nitrogen plasma hydrophilization and hydrophobic recovery of polymers // *Biomicrofluidics*, 2012, vol. 6, no. 1, pp. 16501–1650110. doi: 10.1063/1.3673251
42. Саркисов О. А. Поверхностное ионно-плазменное модифицирование полимерных материалов с целью повышения их адгезионных свойств : дис. канд. техн. наук : 01.04.07. Гомель, 2018. 157 с.
43. DeVilbiss T. A., III. Carbon fiber surface treatments for improved adhesion to thermoplastic polymers : diss. PhD. mat. eng. sci. Blacksburg, Virginia, 1987. 258 p.
44. Терентьев В. В. Исследование триботехнических свойств полимерных материалов с наполнителями, обработанными плазмой тлеющего разряда : дис. канд. техн. наук : 05.02.04. Иваново, 2001. 150 с.
45. Aragaus C., Oberbossel G., Rudolf von Rohr P. Plasma treatment of polymer powders – from laboratory research to industrial application // *Plasma Processes and Polymers*, 2018, vol. 15, no. 12. doi: 10.1002/ppap.201800133
46. Hwang Y. J. Characterization of atmospheric pressure plasma interactions with textile/polymer substrates : diss. PhD fib. and polymer sci. Raleigh, North Carolina, 2003. 186 p.
47. Neznakomova M. P., Klotz M.-L., Gospodinova D. N. Non-woven composites intensification properties for air filters by plasma pre-treatment // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 659, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/659/1/012044
48. Yu H. Application of atmospheric pressure plasma in polymer and composite adhesion : diss. PhD chem. eng. Los Angeles, California, 2015. 180 p.
49. Chen W. Y. Functionalization of carbon fibers by atmospheric pressure plasma treatment for improved self-healing composites : diss. PhD. Sheffield, 2019. 187 p.
50. Gravis D., Moisan S., Poncin-Epaillard F. Surface characterization of plasma-modified carbon fiber: Correlation between surface chemistry and morphology of the single strand // *Surfaces and Interfaces*, 2020, vol. 21. doi: 10.1016/j.surfin.2020.100731
51. Heisey C. L. Adhesion of novel high-performance polymers to carbon fibers: Fiber surface treatment, characterization, and microbond single fiber pull-out test : diss. PhD chem. sci. Blacksburg, Virginia, 1993. 309 p.
52. Yuan Fei Fu, Kan Xu, Jing Li, Zhao Yao Sun, Fu Qiang Zhang, De Min Chen. The influence of plasma surface treatment of carbon fibers on the interfacial adhesion properties of UHMWPE composite // *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2012, vol. 51, no. 3, pp. 273–276. doi: 10.1080/03602559.2011.617406
53. Ибатгуллина А. Р. Разработка арамидных волокнистых материалов с регулируемыми показателями физических и механических свойств : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.19.01. Казань, 2013. 18 с.
54. Гарифуллин, А. Р. Регулирование комплекса свойств технического текстиля из углеродных волокон для производства композиционных материалов : дис. канд. техн. наук : 05.19.02. Казань, 2017. 158 с.
55. Корнеева Н. В. Разработка волокнистых полимерных композиционных материалов, армированных СВМПЭ-волокнами, тканями и неткаными материалами, обработанными неравновесной низкотемпературной плазмой : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.19.01; 05.17.06. Казань, 2011. 36 с.
56. Cheng Ding, Jing Ma, Yingxue Teng, Shanshan Chen. The Effect of Plasma Treatment on the Mechanical and Biological Properties of Polyurethane Artificial Blood Vessel // *Materials*, 2023, vol. 16, no. 22. doi: 10.3390/ma16227231
57. Armenise V., Fanelli F., Milella A., D'Accolti L., Uricchio A., Fracassi F. Atmospheric pressure plasma treatment of polyurethane foams with He-O<sub>2</sub> fed dielectric barrier discharges // *Surfaces and Interfaces*, 2020, vol. 20. doi: 10.1016/j.surfin.2020.100600
58. Менагаришвили В. М. Кинетика и механизм взаимодействия активного кислорода с пленками полимеров : дис. канд. хим. наук : 02.00.04. Иваново, 1990. 186 с.
59. Горобчук А. Г. Математическое моделирование плазмохимических технологий микроэлектроники : дис. докт. физ.-мат. наук : 05.13.18. Новосибирск, 2016. 308 с.
60. Никитин И. В. Плазмохимические реакции фтора и фторидов // *Успехи химии*. 1982. Т. 51, № 1. С. 57–71.
61. Wakida T., Takeda K., Tanaka I., Takagishi T. Free radicals in cellulose fibers treated with low temperature plasma // *Textile Research Journal*, 1989, vol. 59, no. 1, pp. 49–53. doi: 10.1177/004051758905900107
62. Sahin H. T. RF-CF<sub>4</sub> plasma surface modification of paper: Chemical evaluation of two sidedness with XPS/ATR-FTIR // *Applied Surface Science*, 2007, vol. 253, no. 9, pp. 4367–4373. doi: 10.1016/J.APSUSC.2006.09.052
63. Yasuda T., Okuno T., Miyama M., Yasuda H. Penetration of plasma surface modification. I. CF<sub>4</sub> and C<sub>2</sub>F<sub>4</sub> glow discharge plasmas // *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 1994, vol. 32, no. 10. pp. 1829–1837. doi: /10.1002/pola.1994.080321004
64. Mengyao Yue, Baoming Zhou, Kunyan Jiao, Xiaoming Qian, Zhiwei Xu, Kunyue Teng, Lihuan Zhao, Jiajun Wang, Yanan Jiao. Switchable hydrophobic/hydrophilic surface of electrospun poly(L-lactide) membranes obtained by CF<sub>4</sub> microwave plasma treatment // *Applied Surface Science*, 2015, vol. 327, pp. 93–99. doi: 10.1016/j.apsusc.2014.11.149
65. Peko B. L., Dyakov I. V., Champion R. L., Rao M. V. V. S., Olthoff J. K. Ion-molecule reactions and ion energies in a CF<sub>4</sub> discharge // *Physical Review E*, 1999, vol. 60, no. 6, pp. 7449–7457. doi: 10.1103/PhysRevE.60.7449
66. Huiliang Jin, Nan Zheng, Wenhui Deng, Xianhua Chen. Research on the chemical reaction in CF<sub>4</sub> plasma during fused silica processing // 2017 6th International Conference on Measurement, Instrumentation and Automation (ICMIA 2017). Netherlands : Atlantis Press, 2017, pp. 154–158. doi: 10.2991/icmia-17.2017.27
67. Sant S. P., Nelson C. T., Overzet L. J., Goeckner M. J. Chemistry in long residence time fluorocarbon plasmas // *Journal of Vacuum Science & Technology A*, 2009, vol. 27, no. 2, pp. 193–208. doi: 10.1116/1.3065678
68. Barni R., Riccardi C., Selli E., Massafra M. R., Marcandalli B., Orsini F., Poletti G., Meda L. Wettability and dyeability modulation of poly(ethylene terephthalate) fibers through cold SF<sub>6</sub> plasma treatment // *Plasma Processes and Polymers*, 2005, vol. 2, no. 1, pp. 64–72. doi: 10.1002/ppap.200400054
69. Kamlangkla K., Paosawatyanong B., Pavarajam V., Hodak J. H., Hodak S. K. Mechanical strength and hydrophobicity of cotton fabric after SF<sub>6</sub> plasma treatment // *Applied Surface Science*, 2010, vol. 256, no. 20, pp. 5888–5897. doi: 10.1016/j.apsusc.2010.03.070
70. Selli E., Riccardi C., Massafra M. R., Marcandalli B. Surface modifications of silk by cold SF<sub>6</sub> plasma treatment // *Macromolecular Chemistry and Physics*, 2001, vol. 202, no. 9, pp. 1672–1678. doi: 10.1002/1521-3935(20010601)202:9<1672::AID-MACP1672>3.0.CO;2-W
71. Suanpoot P., Kueseng K., Ortmann S., Kaufmann R., Umongno C., Nimmanpipug P., Boonyawan D., Vilaitong T. Surface analysis of hydrophobicity of Thai silk treated by SF<sub>6</sub> plasma // *Surface and Coatings Technology*, 2008, vol. 202, pp. 5543–5549. doi: 10.1016/j.surfcoat.2008.06.086
72. Fujita K., Ito M., Hori M., Goto T. Novel process for SiO<sub>2</sub>/Si selective etching using a novel gas source for preventing global warming // *J. Vac. Sci. Technol. B*, 1999, vol. 17, no. 3, pp. 957–960. doi: 10.1116/1.590676
73. Красовский А. М., Толстойтов Е. М. Использование лазерного излучения для формирования тонких пленок на поверхности твердого тела // *Поверхность. Физика, химия, механика*. 1985. № 1. С. 143–149.
74. Tolstoplyatov E. M., Ivanov L. F., Grakovich P. N., Krasovsky A. M. Destruction of polytetrafluoroethylene under the action of carbon dioxide

- laser radiation at low pressure // *High-Power Laser Ablation* : proceedings. US, 1998, vol. 3343, pp. 1010–1017. doi: 10.1117/12.321538
75. Шарнина Л. В. Научные основы и технологии отделки текстильных материалов с использованием низкотемпературной плазмы, новых препаратов и способов колорирования : автореф. дис. д-ра. техн. наук : 05.19.02. Иваново, 2006. 36 с.
76. Акулова М. В., Мельников Б. Н., Федосов С. В., Шарнина Л. В. Применение тлеющего разряда в текстильной и строительной промышленности. Иваново : ИГХТУ, 2008. 232 с.
77. Teli M. D., Samanta K. K., Pandit P., Basak S., Chattopadhyay S. K. Low-temperature dyeing of silk fabric using atmospheric pressure helium/nitrogen plasma // *Fibers and Polymers*, 2015, vol. 16, pp. 2375–2383. doi: 10.1007/s12221-015-5166-4
78. Казанцев М. В., Ерзунов К. А. Влияние поверхностной активации полиэфирных тканей плазмой поверхностно-барьерного разряда на эффективность её гидрофобизации с использованием олигомеров тетрафторэтилена // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. 2019. № 1-2. С. 184–188.
79. Manjula S., Shanmugasundaram O. L., Ponappa K. Optimization of plasma process parameters for surface modification of bamboo spunlace nonwoven fabric using glow discharge oxygen plasma // *Journal of Industrial Textiles*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 225–245. doi: 10.1177/1528083719871265
80. Wang C. X., Du M., Qiu Y. P. Influence of pore size on penetration of surface modification into woven fabric treated with atmospheric pressure plasma jet // *Surface and Coatings Technology*, 2010, vol. 205, no. 3, pp. 909–914. doi: 10.1016/j.surfcoat.2010.08.056
81. Broer D. J., Luijks W. Penetration of p-xylylene vapor into small channels prior to polymerization // *J. Appl. Polym. Sci.*, 1981, vol. 26, no. 7, pp. 2415–2422. doi: 10.1002/APP.1981.070260727
82. Tolstoplyatov E. M. Thickness uniformity of gas-phase coatings in narrow channels: I. Long channels // *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2002, vol. 35, no. 13. doi: 10.1088/0022-3727/35/13/311
83. Tolstoplyatov E. M., Yang S. H., Kim M. C. Thickness uniformity of gas-phase coatings in narrow channels: II. One-side confined channels // *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2002, vol. 35, no. 21, doi: 10.1088/0022-3727/35/21/306
84. Tolstoplyatov E. M., Grakovich P. N., Ivanov L. F., Shelestova V. A., Stratanovich V. A. Features of Coating Deposition Inside a Narrow Cavity in Octafluorocyclobutane Discharge Plasma // *High Energy Chemistry*, 2021, vol. 55, no. 5, pp. 414–417. doi: 10.1134/S0018143921050118
85. Grytsenko K. P., Tolstoplyatov E. M. Thickness distribution of gas phase coatings in confined channels // *Surface and Coatings Technology*, 2004, vol. 180–181, pp. 450–453. doi: 10.1016/j.surfcoat.2003.10.128
86. Bröskamp S. F., Redka D., Möhlmann A., Franz G., Jocham D. Chemical vapor deposition of poly-p-xylylene in narrow tubes // *AIP Advances*, 2017, vol. 7, no. 7, doi: 10.1063/1.4994678
87. He M., Wang P. I., Lu T. M. Mechanism for the formation of isolated poly (p-xylylene) fibrous structures under shadowing growth // *Langmuir*, 2011, vol. 27, no. 8, pp. 5107–5111. doi: 10.1021/la200520w
88. Endiarova E. V., Osipov A. A., Alexandrov S. E. The influence of technological parameters on the hygroscopic properties of textiles // *Research Square*. 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchsquare.com/article/rs-713249/v1> (дата обращения: 26.04.2025).
89. Патент 22089 ВУ, МПК С 08J 5/06. Способ модифицирования наполнителей в виде углеродной ткани для политетрафторэтилена / Иванов Л. Ф., Макаренко В. М., Гракович П. Н., Шелестова В. А.; заявитель ИММС НАНБ. N а 20160225; заявл. 13.06.2016; опубл. 04.05.2018. 4 с.
90. Шелестова В. А. Плазменное нанесение фторполимерного покрытия на углеродные волокна для улучшения свойств фторопластовых композитов (обзор) // *Материалы, технологии, инструменты*. 2010. Т. 15, № 3. С. 39–51.
91. Шелестова В. А. Конструкционные материалы триботехнического назначения на основе политетрафторэтилена и модифицированных углеволокон : дис. канд. техн. наук : 05.02.01. Гомель, 2002. 110 с.
92. Шелестова В. А., Толстопяттов Е. М., Гракович П. Н., Иванов Л. Ф., Стратанович В. А. Рентгенофотоэлектронное исследование поверхности углеродных волокон после обработки в низкотемпературной плазме октафторциклобутана // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2022. Т. 58, № 3. С. 323–328. doi: 10.31857/S0044185622030196
93. Гракович П. Н., Шелестова В. А., Данченко С. Г., Жандаров С. Ф., Смирнов А. В., Шкурский И. А. Проблемы применения композиционных материалов «Флувис» и «Суперфлувис» в компрессоростроении // *Технические газы*. 2013. № 3. С. 68–72.
94. Aderikha V. N., Shapovalov V. A. Mechanical and tribological behavior of PTFE–polyoxadiazole fiber composites. Effect of filler treatment // *Wear*, 2011, vol. 271, no. 5-6, pp. 970–976. doi: 10.1016/j.wear.2011.04.001
95. Ronghao L., Keqiang L., Haiyong T., Jianmin X., Shaquan L. Mechanical properties of plasma-treated carbon fiber reinforced PTFE composites with CNT // *Surface and Interface Analysis*, 2017, vol. 49, no. 11, pp. 1064–1068. doi: 10.1002/sia.6278
96. Kang H. M., Kim N. I., Yoon T. H. Plasma etching and plasma polymerization coating of carbon fibers. Part 1. Interfacial adhesion study // *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2002, vol. 16, no. 13, pp. 1809–1823. doi: 10.1163/156856102320396157
97. Kim N. I., Kang H. M., Hong Y. T., Yoon T. H. Plasma etching and plasma polymerization coating of carbon fibers. Part 2. Characterization of plasma polymer coated carbon fibers // *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2002, vol. 16, no. 13, pp. 1825–1838. doi: 10.1163/156856102320396166
98. Gospodinova D., Dineff P., Neznakomova M. Plasma-Aided Modification of Nonwoven Filters for Wastewater Treatment // 2019 11th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), September 11–14, 2019, Bulgaria. Piscataway, USA : IEEE, 2019. doi: 10.1109/BulEF48056.2019.9030734
99. Hochart F., De Jaeger R., Levalois-Grützmaier J. Graft-polymerization of a hydrophobic monomer onto PAN textile by low-pressure plasma treatments // *Surface and Coatings Technology*, 2003, vol. 165, no. 2, pp. 201–210. doi: 10.1016/S0257-8972(02)00577-7
100. Islam M. N. Fundamental investigations on the barrier effect of polyester micro fiber fabrics towards particle-loaded liquids induced by surface hydrophobization : diss. Dr.-Ing. Dresden, 2004. 126 p.
101. Waldman D. A., Zou Y. L., Netravali A. N. Ethylene/ammonia plasma polymer deposition for controlled adhesion of graphite fibers to PEEK. Part I: Effect on fiber and fiber/matrix interface // *Journal of Adhesion Science and Technology*, 1995, vol. 9, no. 11, pp. 1475–1503. doi: 10.1163/156856195X00149
102. Zou Y. L., Netravali A. N. Ethylene/ammonia plasma polymer deposition for controlled adhesion of graphite fibers to PEEK. Part II: Effect on fiber and fiber/matrix interface // *Journal of Adhesion Science and Technology*, 1995, vol. 9, no. 11, pp. 1505–1520. doi: 10.1163/10.1163/156856195X00158
103. Supasai T., Hodak S. K., Paosawatyanong B. Effect of SF<sub>6</sub> plasma treatment on hydrophobicity improvement of fabrics // *Jurnal Fizik Malaysia*, 2007, vol. 28, no. 1-2, pp. 1–6.
104. Lau K. K. S., Mao Yu., Pryce Lewis H. G. P., Murthy S. K., Olsen B. D., Loo L. S., Gleason K. K. Polymeric nanocoatings by hot-wire chemical vapor deposition (HWCVD) // *Thin Solid Films*, 2006, vol. 501, no. 1-2, pp. 211–215. doi: 10.1016/j.tsf.2005.07.208
105. Lau K. K. S., Pryce Lewis H. G., Limb S. J., Kwan M. C., Gleason K. K. Hot-wire chemical vapor deposition (HWCVD) of fluorocarbon and organosilicon thin films // *Thin Solid Films*, 2001, vol. 395, no. 1-2, pp. 288–291. doi: 10.1016/S0040-6090(01)01287-1
106. Lau K. K. S., Gleason K. K. Initiated chemical vapor deposition (iCVD) of copolymer thin films // *Thin Solid Films*, 2008, vol. 516, no. 5,

- pp. 678–680. doi: 10.1016/j.tsf.2007.06.046
107. Spee D. A., Rath J. K., Schropp R. E. I. Using hot wire and initiated chemical vapor deposition for gas barrier thin film encapsulation // *Thin Solid Films*, 2015, vol. 575, pp. 67–71. doi: 10.1016/j.tsf.2014.10.029
108. Murthy S. K., Gleason K. K. Fluorocarbon–Organosilicon Copolymer Synthesis by Hot Filament Chemical Vapor Deposition // *Macromolecules*, 2002, vol. 35, no. 5, pp. 1967–1972. doi: 10.1021/ma011286a
109. Safonov A., Sulyaeva V., Kubrak K., Starinsky S., Timoshenko N. The influence of precursor gas pressure on structure and properties of fluoropolymer coatings by hot wire CVD // *EPJ Web of Conferences*, 2017, vol. 159. doi: 10.1051/epjconf/201715900042
110. Spee D. A., Schipper M. R., van der Werf C. H. M., Rath J. K., Schropp R. E. I. All hot wire chemical vapor deposition low substrate temperature transparent thin film moisture barrier // *Thin Solid Films*, 2013, vol. 532, pp. 84–88. doi: 10.1016/j.tsf.2012.11.146
111. Chemical Vapor Deposition Technique // *Thin Film Deposition Techniques: Thin Film Deposition Techniques and Its Applications in Different Fields* / Awan T. I., Afsheen S., Kausar S. Singapore : Springer, 2025, ch. 3, pp. 65–96. doi: 10.1007/978-981-96-1364-9-3
112. Ширишова В. Поли-пара-ксилилены. История разработки, современное состояние и перспективы развития технологии // *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2008. № 1–2. С. 44–47.
113. Кардаш И. Е., Пebaлк А. В., Праведников А. Н. Химия и применение поли-п-ксилиленов // *Итоги науки и техники. Сер. Химия и технология высокомолекулярных соединений*. М.: ВИНТИ АН СССР, 1984. Т. 19. С. 66–150.
114. Ширишова В., Фомченко Е. Поли-пара-ксилиленовые покрытия: российская технология защиты РЭА // *Технологии в электронной промышленности*. 2019. № 6 (114). С. 30–35.
115. Ширишова В. Технология влагозащиты и электроизоляции изделий РЭА полипараксилиленом // *Компоненты и технологии*. 2002. №19. С. 128–130.
116. Бонцевич Д. Н., Голубев О. А. Применение улучшенного шовного материала в эксперименте // *Проблемы здоровья и экологии*. 2004. № 2. С. 141–144.
117. Khlyustova A., Cheng Y., Yang R. Vapor-deposited functional polymer thin films in biological applications // *Journal of Materials Chemistry B*, 2020, vol. 8, no. 31, pp. 6588–6609. doi: 10.1039/D0TB00681E
118. Гусев А. В., Маилян К. А., Пebaлк А. В., Рыжиков И. А., Чвалун С. Н. Перспективы применения наноструктурированных полимерных и нанокомпозитных пленок на основе поли-п-ксилилена для микро-, опто-и наноэлектроники // *Радиотехника и электроника*. 2009. Т. 54, № 7. С. 875–886.
119. Сташкевич В. М., Толстолятов Е. М., Селькин В. П., Апель П. Ю., Плесакачевский Ю. М. Модифицирование полиэтилентерефталатных трековых мембран осаждением из газовой фазы покрытий поли-п-ксилилена // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук*. 2010. № 1. С. 14–19.
120. Горяева А. Г. Комплексное использование поли-пара-ксилилена и биоцидов для защиты бумаги от повреждения микромицетами : дис. канд. техн. наук : 05.19.02. Санкт-Петербург, 2011. 186 с.
121. Humphrey B. J. The application of parylene conformal coating technology to archival and artifact conservation // *Studies in Conservation*, 1984, vol. 29, no. 3, pp. 117–123.
122. Senkevich J. J., Wang P. I. Molecular layer chemistry via parylenes // *Chemical Vapor Deposition*, 2009, vol. 15, no. 4–6, pp. 91–94. doi: 10.1002/cvde.200804266
123. Moss T., Greiner A. Functionalization of Poly (para-xylylene)s - Opportunities and Challenges as Coating Material // *Advanced Materials Interfaces*, 2020, vol. 7, no. 11. doi: 10.1002/admi.201901858
124. Fortin J. B. Poly-para-xylylene thin films: A study of the deposition chemistry, kinetics, film properties, and film stability, 2001 [Электронный ресурс] URL: [https://www.researchgate.net/publication/253116353\\_Poly-paraxylylene\\_thin\\_films\\_A\\_study\\_of\\_the\\_deposition\\_chemistry\\_kinetics\\_film\\_properties\\_and\\_film\\_stability](https://www.researchgate.net/publication/253116353_Poly-paraxylylene_thin_films_A_study_of_the_deposition_chemistry_kinetics_film_properties_and_film_stability) (дата обращения: 26.04.2025).
125. Fortin J. B., Lu T. M. Chemical vapor deposition polymerization: the growth and properties of parylene thin films. *The Growth and Properties of Parylene Thin Films*. USA : Springer Science : Business Media, 2003. 102 p.
126. Hassan Z., Varadharajan D., Zippel C., Begum S., Lahann J., Bräse S. Design Strategies for Structurally Controlled Polymer Surfaces via Cyclophane-Based CVD Polymerization and Post-CVD Fabrication // *Advanced Materials*, 2022, vol. 34, no. 37. doi: 10.1002/adma.202201761
127. Errede L. A., Szwarc M. Chemistry of p-xylylene, its analogues, and polymers // *Quarterly Reviews, Chemical Society*, 1958, vol. 12, no. 4, pp. 301–320.
128. Beach W.F. Xylylene Polymers // *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York : Wiley-Interscience, 1998, vol. 27, pp. 428–444.
129. Fortin J. B., Lu T. M. A model for the chemical vapor deposition of poly (para-xylylene) (parylene) thin films // *Chemistry of materials*, 2002, vol. 14, no. 5, pp. 1945–1949. doi: 10.1021/cm010454a
130. Bowie W., Zhao Y. P. Monte Carlo simulation of vapor deposition polymerization // *Surface science*, 2004, vol. 563, no. 1–3, pp. L245–L250. doi: 10.1016/j.susc.2004.06.152
131. Bobrowski M., Skurski P., Freza S. The electronic structure of p-xylylene and its reactivity with vinyl molecules // *Chem. Phys.*, 2011, vol. 382, no. 1–3, pp. 20–26. doi: 10.1016/j.chemphys.2011.02.003
132. Smalara K., Giełdoń A., Bobrowski M., Rybicki J., Czaplowski C. Theoretical study of polymerization mechanism of p-xylylene based polymers // *J. Phys. Chem. A*, 2010, vol. 114, no. 12, pp. 4296–4303. doi: 10.1021/jp907031x
133. Senkevich J. J., Woods B. W., Carrow B. P., Geil R. D., Rogers B. R. Amorphous Highly Conjugated Chemical-Vapor-Deposited Polymer Thin Films // *Chem. Vap. Deposition*, 2006, vol. 12, is. 5, pp. 285–289. doi: 10.1002/cvde.200506454
134. Hassan Z. Molecular Insights into [2.2] Paracyclophane-Based Functional Materials: Chemical Aspects Behind Functions // *Advanced Functional Materials*, 2024, vol. 34, no. 47. doi: 10.1002/adfm.202311828
135. Bobrowski M., Skurski P., Freza S. The electronic structure of p-xylylene and its reactivity with vinyl molecules // *Chem. Phys.*, 2011, vol. 382, no. 1–3, pp. 20–26. doi: 10.1016/j.chemphys.2011.02.003
136. Capter VIII. Fabrication and characterisation of molecular and macromolecular optoelectronic components // *Optoelectronics of Molecules and Polymers* / A. Moliton. New York : Springer, 2006, pp. 201–234. doi: 10.1007/978-0-387-25103-5\_8
137. Bobrowski M., Freza S., Skurski P. Functional Thin Films Resulting from Parylene–Vinyl Copolymerization // *Macromolecules*, 2012, vol. 45, no. 21, pp. 8532–8546. doi: 10.1021/ma301902d
138. Moss T., Greiner A. Functionalization of Poly (para-xylylene)s—Opportunities and Challenges as Coating Material // *Advanced Materials Interfaces*, 2020, vol. 7, no. 11. doi: 10.1002/admi.201901858
139. Hassan Z., Varadharajan D., Zippel C., Begum S., Lahann J., Bräse S. Design Strategies for Structurally Controlled Polymer Surfaces via Cyclophane-Based CVD Polymerization and Post-CVD Fabrication // *Advanced Materials*, 2022, vol. 34, no. 37. doi: 10.1002/adma.202201761
140. Chen H. Y., Lahann J. Designable biointerfaces using vapor-based reactive polymers // *Langmuir*, 2011, vol. 27, no. 1, pp. 34–48. doi: 10.1021/la101623n

## References

1. How Is Plastic Porous? (2025). Available at: <https://www.porex.com/resource-type/articles/what-is-porous-plastic/> (accessed 12.05.2025).
2. Esirkepova A. M., Duysembekova G. R., Sabenova B. N., Balabekova D. B., Kudaybergenova Z. U. Sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya mirovogo proizvodstva i potrebleniya netkanykh materialov [Modern trends and prospects for the development of global production and consumption of nonwoven materials]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Technology of textile industry], 2020, no. 3 (387), pp. 75–83.
3. Gordon G. M., Peysakhov I. L. *Pyleulavlvanie i ochistka gazov* [Dust collection and gas cleaning]. Moscow : Metallurgiya Publ., 1968. 499 p.
4. Uzhov V. N., Myagkov B. I. *Ochistka promyshlennykh gazov fil'trami* [Cleaning of industrial gases with filters]. Moscow : Khimiya Publ., 1970. 318 p.
5. Sutherland K. *Filter and filtration handbook*. Oxford : Elsevier, 2008. 523 p.
6. Sletkina L. S., Anufrieva Yu. Ya. Pridanie tekstil'nym materialam gidrofobnosti i oleofobnosti [Imparting hydrophobicity and oleophobicity to textile materials]. *Zhurnal vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva* [Journal of the All-Union Chemical Society named after D. I. Mendeleev], 1976, vol. 21, no 1, pp. 82–89.
7. Prorokova N. P., Vavilova S. Yu., Moryganov A. P., Bazarov Yu. M., Terekhov A. S., Buznik V. M. Kompozitsiya dlya polucheniya kompleksnykh polipropilenovykh nitey [Composition for producing complex polypropylene threads]. Patent RF, no. 2394945, 2010.
8. Prorokova N. P., Vavilova S. Yu., Moryganov A. P., Bazarov Yu. M., Terekhov A. S., Buznik V. M. Sposob polucheniya kompleksnykh polipropilenovykh nitey [Method for producing complex polypropylene threads]. Patent RF, no. 2411312, 2011.
9. Prorokova N. P., Kumeeva S. Yu., Zavadskiy A. E., Nikitin L. N. Modifikatsiya poverkhnosti polietilenterefal'atnykh tkaney posredstvom naneseniya gidrofobiziruyushchego pokrytiya v srede sverkhkriticheskogo dioksida ugleroda [Surface modification of polyethylene terephthalate fabrics by applying a hydrophobic coating in a supercritical carbon dioxide environment]. *Khimicheskie volokna* [Chemical fibers], 2009, no. 1, pp. 26–30.
10. Prorokova N. P., Buznik V. M., Kiryukhin D. P., Nikitin L. N. Perspektivnye tekhnologii gidro- i oleofobizatsii tekstil'nykh materialov [Promising technologies for hydro- and oleophobicization of textile materials]. *Khimicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology], 2010, vol. 11, no. 4, pp. 213–224.
11. Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Kiryukhin D. P., Nikitin L. N., Buznik V. M. Pridanie poliefirnym tkanyam povyshennoy gidrofobnosti: formirovaniye na poverkhnosti volokon ultratonkogo vodoottalkivayushchego pokrytiya [Imparting increased hydrophobicity to polyester fabrics: forming an ultra-thin water-repellent coating on the surface of the fibers]. *Rossiyskiy khimicheskii zhurnal* [Russian Chemical Journal], 2011, vol. 55, no. 3, pp. 14–23.
12. Kumeeva T. Yu., Prorokova N. P., Nikitin L. N., Zavadskiy A. E. Pridanie poliefirnomu voloknistomu materialu sverkhgidrofobnykh svoystv na osnove ispol'zovaniya rastvora nizkomolekulyarnogo politetraforetilena v sverkhkriticheskom dioksida ugleroda [Imparting superhydrophobic properties to polyester fibrous material using a solution of low molecular weight polytetrafluoroethylene in supercritical dioxide]. *Novoe v polimerakh i polimernykh kompozitakh* [New in polymers and polymer composites], 2012, no. 1, pp. 134–146.
13. Kumeeva T. Yu., Prorokova N. P., Kholodkov I. V., Prorokov V. N., Buyanovskaya A. G., Kabaeva N. M., Gumileva L. V., Barakovskaya I. G., Takazova R. U. Issledovanie pokrytiya poliefirnykh volokon politetraforetilenom v sverkhkriticheskom dioksida ugleroda [Study of coating of polyester fibers with polytetrafluoroethylene in supercritical carbon dioxide]. *Zhurnal prikladnoy khimii* [J. Appl. Chemistry], 2012, vol. 85, is. 1, pp. 151–156.
14. Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Nikitin L. N., Buznik V. M. Pridanie sverkhgidrofobnykh svoystv poliefirnym tkanyam na osnove ispol'zovaniya rastvorov nizkomolekulyarnoy fraktsii ul'tradispersnogo politetraforetilena v sverkhkriticheskom dioksida ugleroda [Imparting superhydrophobic properties to polyester fabrics based on the use of solutions of low-molecular fraction of ultradispersed polytetrafluoroethylene in supercritical carbon dioxide]. *Rastvory v khimii i tekhnologii modifitsirovaniya polimernykh materialov: novoe v teorii i praktike* [Solutions in chemistry and technology of modification of polymeric materials: new in theory and practice]. Ed. A. Yu. Tsvadze. Ivanovo : Ivanovo Publ., 2014, pp.
15. Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Khorev A. V., Buznik V. M., Kiryukhin D. P., Bol'shakov A. I., Kichigina G. A. Pridanie poliefirnym tekstil'nym materialam vysokoy gidrofobnosti obrabotkoy ikh rastvorom telomerov tetraforetilena [Imparting high hydrophobicity to polyester textile materials by treating them with a solution of tetrafluoroethylene telomers]. *Khimicheskie volokna* [Chemical fibers], 2010, no. 2, pp. 25–30.
16. Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Kiryukhin D. P., Buznik V. M. Gidrofobizatsiya poliefirnykh tekstil'nykh materialov telomernymi rastvorami tetraforetilena [Hydrophobization of polyester textile materials with telomeric solutions of tetrafluoroethylene]. *Zhurnal prikladnoy khimii* [J. Appl. Chemistry], 2013, vol. 86, no. 1, pp. 74–81.
17. Kiryukhin D. P., Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Kichigina G. A., Bol'shakov A. I., Kushch P. P., Buznik V. M. Radiatsionno-khimicheskii sintez telomerov tetraforetilena v khlorigom butile i ikh ispol'zovanie dlya pridaniiya sverkhgidrofobnykh svoystv poliefirnoy tkani [Radiation-chemical synthesis of tetrafluoroethylene telomers in butyl chloride and their use to impart superhydrophobic properties to polyester fabric]. *Perspektivnye materialy* [Promising materials], 2013, no. 7, pp. 73–79.
18. Kumeeva T. Yu., Prorokova N. P., Kichigina G. A. Gidrofobizatsiya poliefirnykh tekstil'nykh materialov rastvorami telomerov tetraforetilena, sintezirovannymi v atsetone i khlorigom butile: svoystva i struktura pokrytiya [Hydrophobization of polyester textile materials with solutions of tetrafluoroethylene telomers synthesized in acetone and butyl chloride: properties and structure of coatings]. *Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov* [Surface physicochemistry and material protection], 2015, vol. 51, no. 4, pp. 428–435.
19. Nazarov V. G. *Poverkhnostnaya modifikatsiya polimerov* [Surface modification of polymers]. Moscow : MGUP Publ., 2008. 471 p.
20. Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Vavilova S. Yu., Istratkin V. A., Kharitonov A. P., Buznik V. M. Sposob poverkhnostnogo modifitsirovaniya polipropilena novogo materiala [Method of surface modification of polypropylene of new material]. Patent RF, no. 2488600, 2013.
21. Prorokova N. P., Kumeeva T. Yu., Vavilova S. Yu., Istratkin V. A., Kharitonov A. P., Buznik V. M. Sposob poverkhnostnogo modifitsirovaniya polipropilenovogo materiala [Method of surface modification of polypropylene material]. Patent RF, no. 2488601, 2013.
22. Avdeeva E. V., Mikhalko A. M., Petkevich A. V., Shumskaya E. E., Dudchik N. V., Anisovich M. V., Gol'dade V. A., Rogachev A. A., Agabekov V. E. Vliyaniye modifitsirovaniya poverkhnosti polipropilenovogo netkanogo materiala Akvaspan na ego bar'ernyye svoystva [The influence of surface modification of polypropylene nonwoven material Aquaspan on its barrier properties]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2024, vol. 10, no. 2, pp. 20–25.
23. Sooriyanarayanan V., Wen O. Y., Razak M. A., Zahirasri M., Tohir M., Choong T. S., M., Abdul Hamid R. Hydrophobic And Fire-resistant Polydimethylsiloxane/ZIF-8 Hybrid Coating On Cotton Textile For Efficient Oil-water Separation. *Journal of Applied Science and Engineering*, 2024, vol. 27, no. 11, pp. 3569–3582. doi: 10.6180/jase.202411\_27(11).0013
24. Tianyi Ma, Le Gan, Yang Liu, Shinan Xu, Chenlong Han, Xiaolin Zhao, Xiaobei Zang, Ning Cao. Preparation and application of superhydrophobic polypropylene melt-blown nonwovens by organic solvent etch. *Reactive and Functional Polymers*, 2025, vol. 207. doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2024.106132
25. Pakdel E., Wang J., Varley R., Wang X. Recycled carbon fiber nonwoven functionalized with fluorine-free superhydrophobic PDMS/ZIF-8

- coating for efficient oil-water separation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no. 6. doi: 10.1016/j.jece.2021.106329
26. Yesuf H. M., Islam S. R., Zhang X., Qin X. Super-hydrophobic blended needle-punched nonwovens integrated with silica-aerogels for PM2.5 filtration. *Environmental Engineering Research*, 2025, vol. 30, is. 3. doi: 10.4491/eer.2024.404
27. Za'im N. N. M., Yusop H. M., Ismail W. N. W. Synthesis of water-repellent coating for polyester fabric. *Emerging Science Journal*, 2021, vol. 5, no. 5, pp. 747–754. doi: 10.28991/esj-2021-01309
28. Sergeeva E. A., Bukina Yu. A., Brysaev A. S. Vliyaniye plazmennoy obrabotki voloknistykh materialov na ikh modifikatsiyu nanochastitsami serebra [The influence of plasma treatment of fibrous materials on their modification with silver nanoparticles]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2013, no. 4, pp. 82–84.
29. Xin Wei, Feng Chen, Hongxia Wang, Hua Zhou, Zhongli Ji, Tong Lin. Efficient removal of aerosol oil-mists using superoleophobic filters. *Journal of Materials Chemistry A*, 2018, vol. 6, no. 3, pp. 871–877. doi: 10.1039/C7TA10045K
30. Chengwei Xu, Yan Yu, Xiaodong Si. Oil-mists coalescence performance of fibrous filters with superoleophilic and superoleophobic surface. *Chemical Engineering Research and Design*, 2021, vol. 172, pp. 235–241. doi: 10.1016/j.cherd.2021.06.013
31. Lisanevich M. S., Perushkina E. V. Issledovanie vozmozhnosti modifikatsii netkanykh materialov khlorheksidinom s tsel'yu pridaniya antibakterial'nykh [Study of the possibility of modifying non-woven materials with chlorhexidine to impart antibacterial properties]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [News of universities. Applied chemistry and biotechnology], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 633–639.
32. Nikolaenko G. R. Sovremennyye metody gidrofobizatsii natural'nykh materialov legkoy promyshlennosti [Modern methods of hydrophobization of natural materials of light industry]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2014, vol. 17, no. 8, pp. 79–83.
33. Kutepov A. M., Zakharov A. G., Maksimov A. I. *Vakuumno-plazmennoe i plazmenno-rastvornoe modifitsirovanie polimernykh materialov* [Vacuum-plasma and plasma-solution modification of polymeric materials]. Moscow: Nauka Publ., 2004. 496 p.
34. Maksimov A. I., Gorberg B. L., Titov V. A. Vozmozhnosti i problemy plazmennoy obrabotki tkaney i polimernykh materialov [Possibilities and problems of plasma processing of fabrics and polymeric materials]. *Tekstil'naya khimiya* [Textile chemistry], 1992, no. 1, pp. 101–118.
35. Maximov A. I., Gorberg B. L., Titov V. A. Possibilities and problems of plasma treatment of fabrics and polymer materials. *Textile Chemistry. Theory, Technology, Equipment*. Ed. A. P. Moryganov. New-York: NOVA Science Publishers Inc., 1997, pp. 225–245.
36. Kutepov A. M., Zakharov A. G., Maksimov A. I., Titov V. A. Plazmennoe modifitsirovanie tekstil'nykh materialov: perspektivy i problemy [Plasma modification of textile materials: prospects and problems]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Rus. Chem. J.], 2002, vol. 46, no. 1, pp. 103–115.
37. Gorberg B. L. Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya plazmokhimicheskoy tekhnologii dlya obrabotki tekstil'nykh materialov [перевод]. *Tekstil'naya khimiya* [Textile chemistry], 2003, no. 1, pp. 59–68.
38. Nauchnaya elektronnyaya biblioteka eLIBRARY.RU [Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU]. Available at: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (accessed 07.04.2025).
39. Lai J., Sunderland B., Xue J., Yan S., Zhao W., Folkard N., Michael B.D., Wang Y. Study on hydrophilicity of polymer surfaces improved by plasma treatment. *Appl. Surf. Sci.*, 2006, vol. 252, no. 10, pp. 3375–3379. doi: 10.1016/j.apsusc.2005.05.038
40. Slovetskiy D. I. Mekhanizmy plazmokhimicheskogo travleniya materialov [Mechanisms of plasma-chemical etching of materials] (1999). Available at: [http://www.isuct.ru/conf/plasma/LECTIONS/Slov\\_lect.html](http://www.isuct.ru/conf/plasma/LECTIONS/Slov_lect.html) (accessed 24.02.2025).
41. Jokinen V., Suvanto P., Franssila S. Oxygen and nitrogen plasma hydrophilization and hydrophobic recovery of polymers. *Biomechanics*, 2012, vol. 6, no. 1, pp. 16501–1650110. doi: 10.1063/1.3673251
42. Sarkisov O. A. Poverkhnostnoe ionno-plazmennoe modifitsirovanie polimernykh materialov s tsel'yu povysheniya ikh adgezionnykh svoystv. Diss. kand. tekhn. nauk [Surface ion-plasma modification of polymeric materials to improve their adhesive properties. PhD eng. sci. diss.]. Gomel', 2018. 157 p.
43. DeVilbiss T. A., III. Carbon fiber surface treatments for improved adhesion to thermoplastic polymers. PhD mat. eng. sci. diss. Blacksburg, Virginia, 1987. 258 p.
44. Terent'ev V. V. Issledovanie tribotekhnicheskikh svoystv polimernykh materialov s napolnitelyami, obrabotannymi plazmoy tleyushchego razryada. Diss. kand. tekhn. nauk [Study of tribological properties of polymeric materials with fillers treated with glow discharge plasma. PhD eng. sci. diss.]. Ivanovo, 2001. 150 p.
45. Arpagaus C., Oberbossel G., Rudolf von Rohr P. Plasma treatment of polymer powders – from laboratory research to industrial application. *Plasma Processes and Polymers*, 2018, vol. 15, no. 12. doi: 10.1002/ppap.201800133
46. Hwang Y. J. Characterization of atmospheric pressure plasma interactions with textile/polymer substrates. PhD fib. and polymer sci. diss. Raleigh, North Carolina, 2003. 186 p.
47. Neznakomova M. P., Klotz M.-L., Gospodinova D. N. Non-woven composites intensification properties for air filters by plasma pre-treatment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 659, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/659/1/012044
48. Yu H. Application of atmospheric pressure plasma in polymer and composite adhesion. PhD chem. eng. diss. Los Angeles, California, 2015. 180 p.
49. Chen W. Y. Functionalization of carbon fibers by atmospheric pressure plasma treatment for improved self-healing composites. PhD diss. Sheffield, 2019. 187 p.
50. Gravis D., Moisan S., Poncin-Epaillard F. Surface characterization of plasma-modified carbon fiber: Correlation between surface chemistry and morphology of the single strand. *Surfaces and Interfaces*, 2020, vol. 21. doi: 10.1016/j.surfin.2020.100731
51. Heisey C. L. Adhesion of novel high-performance polymers to carbon fibers: Fiber surface treatment, characterization, and microbond single fiber pull-out test. PhD chem. sci. diss. Blacksburg, Virginia, 1993. 309 p.
52. Yuan Fei Fu, Kan Xu, Jing Li, Zhao Yao Sun, Fu Qiang Zhang, De Min Chen. The influence of plasma surface treatment of carbon fibers on the interfacial adhesion properties of UHMWPE composite. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2012, vol. 51, no. 3, pp. 273–276. doi: 10.1080/03602559.2011.617406
53. Ibatullina A. R. Razrabotka aramidnykh voloknistykh materialov s reguliruemymi pokazatelyami fizicheskikh i mekhanicheskikh svoystv. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development of aramid fibrous materials with adjustable physical and mechanical properties. PhD eng. sci. diss. abstract]. Kazan', 2013. 18 p.
54. Garifullin, A. R. Regulirovanie kompleksa svoystv tekhnicheskogo tekstilya iz uglerodnykh volokon dlya proizvodstva kompozitsionnykh materialov. Diss. kand. tekhn. nauk [Regulation of a complex of properties of technical textiles from carbon fibers for the production of composite materials. PhD eng. sci. diss.]. Kazan', 2017. 158 p.
55. Korneeva N. V. Razrabotka voloknistykh polimernykh kompozitsionnykh materialov, armirovannykh SVMPE-voloknami, tkanyami i netkanymi materialami, obrabotannymi neravnovesnoy nizkoterperaturnoy plazmoy. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Development of fibrous polymer composite materials reinforced with UHMWPE fibers, fabrics and non-woven materials treated with nonequilibrium low-temperature plasma. Dr. eng. sci. diss.]. Kazan', 2011. 36 p.
56. Cheng Ding, Jing Ma, Yingxue Teng, Shanshan Chen. The Effect of Plasma Treatment on the Mechanical and Biological Properties of Polyurethane Artificial Blood Vessel. *Materials*, 2023, vol. 16, no. 22. doi: 10.3390/ma16227231

57. Armenise V., Fanelli F., Milella A., D'Accolti L., Uricchio A., Fracassi F. Atmospheric pressure plasma treatment of polyurethane foams with He-O<sub>2</sub> fed dielectric barrier discharges. *Surfaces and Interfaces*, 2020, vol. 20. doi: 10.1016/j.surfin.2020.100600
58. Menagarishvili V. M. Kinetika i mekhanizm vzaimodeystviya aktivnogo kisloroda s plenkami polimerov. Diss. kand. khim. nauk [Kinetics and mechanism of interaction of active oxygen with polymer films. PhD chem. sci. diss.]. Ivanovo, 1990. 186 p.
59. Gorobchuk A. G. Matematicheskoe modelirovanie plazmokhimicheskikh tekhnologiy mikroelektroniki. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of plasma-chemical technologies of microelectronics. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Novosibirsk, 2016. 308 p.
60. Nikitin I. V. Plazmokhimicheskie reaktsii flora i fluoridov [Plasma-chemical reactions of fluorine and fluorides]. *Uspekhi khimii* [Advances in Chemistry], 1982, vol. 51, no. 1, pp. 57–71.
61. Wakida T., Takeda K., Tanaka I., Takagishi T. Free radicals in cellulose fibers treated with low temperature plasma. *Textile Research Journal*, 1989, vol. 59, no. 1, pp. 49–53. doi: 10.1177/004051758905900107
62. Sahin H. T. RF-CF<sub>4</sub> plasma surface modification of paper: Chemical evaluation of two sidedness with XPS/ATR-FTIR. *Applied Surface Science*, 2007, vol. 253, no. 9, pp. 4367–4373. doi: 10.1016/J.APSUSC.2006.09.052
63. Yasuda T., Okuno T., Miyama M., Yasuda H. Penetration of plasma surface modification. I. CF<sub>4</sub> and C<sub>2</sub>F<sub>4</sub> glow discharge plasmas. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 1994, vol. 32, no. 10, pp. 1829–1837. doi: /10.1002/pola.1994.080321004
64. Mengyao Yue, Baoming Zhou, Kunyan Jiao, Xiaoming Qian, Zhiwei Xu, Kunyue Teng, Lihuan Zhao, Jiajun Wang, Yanan Jiao. Switchable hydrophobic/hydrophilic surface of electrospun poly(L-lactide) membranes obtained by CF<sub>4</sub> microwave plasma treatment. *Applied Surface Science*, 2015, vol. 327, pp. 93–99. doi: 10.1016/j.apsusc.2014.11.149
65. Peko B. L., Dyakov I. V., Champion R. L., Rao M. V. V. S., Olthoff J. K. Ion-molecule reactions and ion energies in a CF<sub>4</sub> discharge. *Physical Review E*, 1999, vol. 60, no. 6, pp. 7449–7457. doi: 10.1103/PhysRevE.60.7449
66. Huiliang Jin, Nan Zheng, Wenhui Deng, Xianhua Chen. Research on the chemical reaction in CF<sub>4</sub> plasma during fused silica processing. *2017 6th International Conference on Measurement, Instrumentation and Automation (ICMIA 2017)*. Netherlands : Atlantis Press, 2017, pp. 154–158. doi: 10.2991/icmia-17.2017.27
67. Sant S. P., Nelson C. T., Overzet L. J., Goeckner M. J. Chemistry in long residence time fluorocarbon plasmas. *Journal of Vacuum Science & Technology A*, 2009, vol. 27, no. 2, pp. 193–208. doi: 10.1116/1.3065678
68. Barni R., Riccardi C., Selli E., Massafra M. R., Marcandalli B., Orsini F., Poletti G., Meda L. Wettability and dyeability modulation of poly(ethylene terephthalate) fibers through cold SF<sub>6</sub> plasma treatment. *Plasma Processes and Polymers*, 2005, vol. 2, no. 1, pp. 64–72. doi: 10.1002/ppap.200400054
69. Kamlangka K., Paosawatyanong B., Pavarajam V., Hodak J. H., Hodak S. K. Mechanical strength and hydrophobicity of cotton fabric after SF<sub>6</sub> plasma treatment. *Applied Surface Science*, 2010, vol. 256, no. 20, pp. 5888–5897. doi: 10.1016/j.apsusc.2010.03.070
70. Selli E., Riccardi C., Massafra M. R., Marcandalli B. Surface modifications of silk by cold SF<sub>6</sub> plasma treatment. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 2001, vol. 202, no. 9, pp. 1672–1678. doi: 10.1002/1521-3935(20010601)202:9<1672::AID-MACP1672>3.0.CO;2-W
71. Suanpoot P., Kueseng K., Ortmann S., Kaufmann R., Umongno C., Nimmanpipug P., Boonyawan D., Vilaithong T. Surface analysis of hydrophobicity of Thai silk treated by SF<sub>6</sub> plasma. *Surface and Coatings Technology*, 2008, vol. 202, pp. 5543–5549. doi: 10.1016/j.surfcoat.2008.06.086
72. Fujita K., Ito M., Hori M., Goto T. Novel process for SiO<sub>2</sub>/Si selective etching using a novel gas source for preventing global warming. *J. Vac. Sci. Technol. B*, 1999, vol. 17, no. 3, pp. 957–960. doi: 10.1116/1.590676
73. Krasovskiy A. M., Tolstopyatov E. M. Ispol'zovanie lazernogo izlucheniya dlya formirovaniya tonkikh plenok na poverkhnosti tverdogo tela [Using laser radiation to form thin films on the surface of a solid]. *Poverkhnost'. Fizika, khimiya, mekhanika* [Surface. Physics, Chemistry, Mechanics], 1985, no. 1, pp. 143–149.
74. Tolstopyatov E. M., Ivanov L. F., Grakovich P. N., Krasovsky A. M. Destruction of polytetrafluoroethylene under the action of carbon dioxide laser radiation at low pressure. *High-Power Laser Ablation*. US, 1998, vol. 3343, pp. 1010–1017. doi: 10.1117/12.321538
75. Sharnina L. V. Nauchnye osnovy i tekhnologii otdelki tekstil'nykh materialov s ispol'zovaniem nizkotemperaturnoy plazmy, novykh preparatov i sposobov kolorirovaniya. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Scientific foundations and technologies of finishing textile materials using low-temperature plasma, new preparations and coloring methods. Dr. eng. sci. abstract. diss.]. Ivanovo, 2006. 36 p.
76. Akulova M. V., Mel'nikov B. N., Fedosov S. V., Sharnina L. V. *Primenenie tleyushchego razryada v tekstil'noy i stroitel'noy promyshlennosti* [Application of glow discharge in textile and construction industries]. Ivanovo : IGKhTU Publ., 2008. 232 p.
77. Teli M. D., Samanta K. K., Pandit P., Basak S., Chattopadhyay S. K. Low-temperature dyeing of silk fabric using atmospheric pressure helium/nitrogen plasma. *Fibers and Polymers*, 2015, vol. 16, pp. 2375–2383. doi: 10.1007/s12221-015-5166-4
78. Kazantsev M. V., Erzunov K. A. Vliyaniye poverkhnostnoy aktivatsii poliefirnykh tkaney plazmoy poverkhnostno-bar'ernogo razryada na effektivnost' ee gidrofobizatsii s ispol'zovaniem oligomerov tetrafluoretilena [The influence of surface activation of polyester fabrics by surface-barrier discharge plasma on the efficiency of its hydrophobization using tetrafluoroethylene oligomers]. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)], 2019, no. 1-2, pp. 184–188.
79. Manjula S., Shanmugasundaram O. L., Ponappa K. Optimization of plasma process parameters for surface modification of bamboo spunlace nonwoven fabric using glow discharge oxygen plasma. *Journal of Industrial Textiles*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 225–245. doi: 10.1177/1528083719871265
80. Wang C. X., Du M., Qiu Y. P. Influence of pore size on penetration of surface modification into woven fabric treated with atmospheric pressure plasma jet. *Surface and Coatings Technology*, 2010, vol. 205, no. 3, pp. 909–914. doi: 10.1016/j.surfcoat.2010.08.056
81. Broer D. J., Luijckx W. Penetration of p-xylylene vapor into small channels prior to polymerization. *J. Appl. Polym. Sci.*, 1981, vol. 26, no. 7, pp. 2415–2422. doi: 10.1002/APP.1981.070260727
82. Tolstopyatov E. M. Thickness uniformity of gas-phase coatings in narrow channels: I. Long channels. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2002, vol. 35, no. 13. doi: 10.1088/0022-3727/35/13/311
83. Tolstopyatov E. M., Yang S. H., Kim M. C. Thickness uniformity of gas-phase coatings in narrow channels: II. One-side confined channels. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2002, vol. 35, no. 21, doi: 10.1088/0022-3727/35/21/306
84. Tolstopyatov E. M., Grakovich P. N., Ivanov L. F., Shelestova V. A., Stratanovich V. A. Features of Coating Deposition Inside a Narrow Cavity in Octafluorocyclobutane Discharge Plasma. *High Energy Chemistry*, 2021, vol. 55, no. 5, pp. 414–417. doi: 10.1134/S0018143921050118
85. Grytsenko K. P., Tolstopyatov E. M. Thickness distribution of gas phase coatings in confined channels. *Surface and Coatings Technology*, 2004, vol. 180–181, pp. 450–453. doi: 10.1016/j.surfcoat.2003.10.128
86. Bröskamp S. F., Redka D., Möhlmann A., Franz G., Jocham D. Chemical vapor deposition of poly-p-xylylene in narrow tubes. *AIP Advances*, 2017, vol. 7, no. 7. doi: 10.1063/1.4994678
87. He M., Wang P. I., Lu T. M. Mechanism for the formation of isolated poly (p-xylylene) fibrous structures under shadowing growth. *Langmuir*, 2011, vol. 27, no. 8, pp. 5107–5111. doi: 10.1021/la200520w
88. Endiarova E. V., Osipov A. A., Alexandrov S. E. The influence of technological parameters on the hygroscopic properties of textiles. Research Square (2021). Available at: <https://www.researchsquare.com/article/rs-713249/v1> (accessed 26.04.2025).

89. Ivanov L. F., Makarenko V. M., Grakovich P. N., Shelestova V. A. Sposob modifitsirovaniya napolniteley v vide uglerodnoy tkani dlya politetrafluoretilena [Method for modifying fillers in the form of carbon fabric for polytetrafluoroethylene]. Patent BY, no. 22089, 2018.
90. Shelestova V. A. Plazmennoe nanosenenie ftorpolimernogo pokrytiya na uglerodnye volokna dlya uluchsheniya svoystv ftoroplastovykh kompozitov (obzor) [Plasma deposition of fluoropolymer coating on carbon fibers to improve the properties of fluoroplastic composites (review)]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials, technologies, tools], 2010, vol. 15, no. 3, pp. 39–51.
91. Shelestova V. A. Konstruktsionnye materialy tribotekhnicheskogo naznacheniya na osnove politetrafluoretilena i modifitsirovannykh uglevolokon. Diss. kand. tekhn. nauk [Structural materials for tribotechnical purposes based on polytetrafluoroethylene and modified carbon fibers. PhD eng. sci. diss.]. Gomel', 2002. 110 p.
92. Shelestova V. A., Tolstopyatov E. M., Grakovich P. N., Ivanov L. F., Stratanovich V. A. Rentgenfotoelektronnoe issledovanie poverkhnosti uglerodnykh volokon posle obrabotki v nizektemperaturnoy plazme oktaftortsiklobutana [X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) study of the carbon fiber surface after treatment in a low-temperature octafluorocyclobutane plasma]. *Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov* [Surface and Interface Science and Protection of Materials], 2022, vol. 58, no. 3, pp. 323–328. doi: 10.31857/S0044185622030196
93. Grakovich P. N., Shelestova V. A., Danchenko S. G., Zhandarov S. F., Smirnov A. V., Shkurskiy I. A. Problemy primeneniya kompozitsionnykh materialov «Fluvis» i «Superfluvis» v kompressorostroenii [Problems of application of composite materials “Fluvis” and “Superfluvis” in compressor engineering]. *Tekhnicheskie gazy* [Technical gases], 2013, no. 3, pp. 68–72.
94. Aderikha V. N., Shapovalov V. A. Mechanical and tribological behavior of PTFE–polyoxadiazole fiber composites. Effect of filler treatment. *Wear*, 2011, vol. 271, no. 5–6, pp. 970–976. doi: 10.1016/j.wear.2011.04.001
95. Ronghao L., Keqiang L., Haiyong T., Jianmin X., Shaoquan L. Mechanical properties of plasma-treated carbon fiber reinforced PTFE composites with CNT. *Surface and Interface Analysis*, 2017, vol. 49, no. 11, pp. 1064–1068. doi: 10.1002/sia.6278
96. Kang H. M., Kim N. I., Yoon T. H. Plasma etching and plasma polymerization coating of carbon fibers. Part 1. Interfacial adhesion study. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2002, vol. 16, no. 13, pp. 1809–1823. doi: 10.1163/156856102320396157
97. Kim N. I., Kang H. M., Hong Y. T., Yoon T. H. Plasma etching and plasma polymerization coating of carbon fibers. Part 2. Characterization of plasma polymer coated carbon fibers. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2002, vol. 16, no. 13, pp. 1825–1838. doi: 10.1163/156856102320396166
98. Gospodinova D., Dineff P., Neznakomova M. Plasma-Aided Modification of Nonwoven Filters for Wastewater Treatment. *2019 11th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF)*. Piscataway, USA : IEEE, 2019. doi: 10.1109/BulEF48056.2019.9030734
99. Hochart F., De Jaeger R., Levalois-Grützmacher J. Graft-polymerization of a hydrophobic monomer onto PAN textile by low-pressure plasma treatments. *Surface and Coatings Technology*, 2003, vol. 165, no. 2, pp. 201–210. doi: 10.1016/S0257-8972(02)00577-7
100. Islam M. N. Fundamental investigations on the barrier effect of polyester micro fiber fabrics towards particle-loaded liquids induced by surface hydrophobization. Diss. Dr.-Ing. Dresden, 2004. 126 p.
101. Waldman D. A., Zou Y. L., Netravali A. N. Ethylene/ammonia plasma polymer deposition for controlled adhesion of graphite fibers to PEEK. Part I: Effect on fiber and fiber/matrix interface. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 1995, vol. 9, no. 11, pp. 1475–1503. doi: 10.1163/156856195X00149
102. Zou Y. L., Netravali A. N. Ethylene/ammonia plasma polymer deposition for controlled adhesion of graphite fibers to PEEK. Part II: Effect on fiber and fiber/matrix interface. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 1995, vol. 9, no. 11, pp. 1505–1520. doi: 10.1163/10.1163/156856195X00158
103. Supasai T., Hodak S. K., Paosawatyanong B. Effect of SF<sub>6</sub> plasma treatment on hydrophobicity improvement of fabrics. *Jurnal Fizik Malaysia*, 2007, vol. 28, no. 1–2, pp. 1–6.
104. Lau K. K. S., Mao Yu., Pryce Lewis H. G. P., Murthy S. K., Olsen B. D., Loo L. S., Gleason K. K. Polymeric nanocoatings by hot-wire chemical vapor deposition (HWCVD). *Thin Solid Films*, 2006, vol. 501, no. 1–2, pp. 211–215. doi: 10.1016/j.tsf.2005.07.208
105. Lau K. K. S., Pryce Lewis H. G., Limb S. J., Kwan M. C., Gleason K. K. Hot-wire chemical vapor deposition (HWCVD) of fluorocarbon and organosilicon thin films. *Thin Solid Films*, 2001, vol. 395, no. 1–2, pp. 288–291. doi: 10.1016/S0040-6090(01)01287-1
106. Lau K. K. S., Gleason K. K. Initiated chemical vapor deposition (iCVD) of copolymer thin films. *Thin Solid Films*, 2008, vol. 516, no. 5, pp. 678–680. doi: 10.1016/j.tsf.2007.06.046
107. Spee D. A., Rath J. K., Schropp R. E. I. Using hot wire and initiated chemical vapor deposition for gas barrier thin film encapsulation. *Thin Solid Films*, 2015, vol. 575, pp. 67–71. doi: 10.1016/j.tsf.2014.10.029
108. Murthy S. K., Gleason K. K. Fluorocarbon–Organosilicon Copolymer Synthesis by Hot Filament Chemical Vapor Deposition. *Macromolecules*, 2002, vol. 35, no. 5, pp. 1967–1972. doi: 10.1021/ma011286a
109. Safonov A., Sulyaeva V., Kubrak K., Starinsky S., Timoshenko N. The influence of precursor gas pressure on structure and properties of fluoropolymer coatings by hot wire CVD. *EPJ Web of Conferences*, 2017, vol. 159. doi: 10.1051/epjconf/201715900042
110. Spee D. A., Schipper M. R., van der Werf C. H. M., Rath J. K., Schropp R. E. I. All hot wire chemical vapor deposition low substrate temperature transparent thin film moisture barrier. *Thin Solid Films*, 2013, vol. 532, pp. 84–88. doi: 10.1016/j.tsf.2012.11.146
111. Chemical Vapor Deposition Technique. *Thin Film Deposition Techniques: Thin Film Deposition Techniques and Its Applications in Different Fields*. Awan T. I., Afsheen S., Kausar S. Singapore : Springer, 2025, ch. 3, pp. 65–96. doi: 10.1007/978-981-96-1364-9-3
112. Shirshova V. Poli-para-ksilileny. Istoriya razrabotki, sovremennoe sostoyaniye i perspektivy razvitiya tekhnologii [Poly-pa-xylylenes. History of development, current state and prospects for the development of technology]. *Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye* [Paints and varnishes and their application], 2008, no. 1–2, pp. 44–47.
113. Kardash I. E., Pebalk A. V., Pravednikov A. N. Khimiya i primeneniye poli-p-ksililenov [Chemistry and application of poly-n-xylylenes]. *Itogi nauki i tekhniki. Ser. Khimiya i tekhnologiya vysokomolekulyarnykh soedineniy* [Results of science and technology. Series of Chemistry and Technology of High-Molecular Compounds]. Moscow. : VINITI AN SSSR Publ., 1984, vol. 19, pp. 66–150.
114. Shirshova V., Fomchenko E. Poli-pa-ksililenovyye pokrytiya: rossiyskaya tekhnologiya zashchity REA [Poly-pa-xylylene coatings: Russian technology for protecting electronic equipment]. *Tekhnologii v elektronnoy promyshlennosti* [Technologies in the electronics industry], 2019, no. 6 (114), pp. 30–35.
115. Shirshova V. Tekhnologiya vlagozashchity i elektroizolyatsii izdeliy REA poliparaksililenom [Technology of moisture protection and electrical insulation of electronic equipment products using polyparaxylylene]. *Komponenty i tekhnologii* [Components and Technologies], 2002, no. 19, pp. 128–130.
116. Bontsevich D. N., Golubev O. A. Primeneniye uluchshennogo shovnogo materiala v eksperimente [Application of improved suture material in the experiment]. *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Health and environmental issues], 2004, no. 2, pp. 141–144.
117. Khlyustova A., Cheng Y., Yang R. Vapor-deposited functional polymer thin films in biological applications. *Journal of Materials Chemistry B*, 2020, vol. 8, no. 31, pp. 6588–6609. doi: 10.1039/D0TB00681E
118. Gusev A. V., Mailyan K. A., Pebalk A. V., Ryzhikov I. A., Chvalun S. N. Perspektivy primeneniya nanostrukturirovannykh polimernykh i nanokompozitnykh plenok na osnove poli-p-ksililena dlya mikro-, opto- i nanoelektroniki [Prospects for the application of nanostructured polymer and nanocomposite films based on poly-p-xylylene for micro-, opto- and nanoelectronics]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio engineering and electronics], 2009, vol. 54, no. 7, pp. 875–886.

119. Stankevich V. M., Tolstoplyatov E. M., Sel'kin V. P., Apel' P. Yu., Pleskachevskiy Yu. M. Modifikatsirovanie polietilentereftalatnykh trekovykh membran osazhdeniem iz gazovoy fazy pokrytiy poli-n-ksililena [Modification of polyethylene terephthalate track membranes by vapor deposition of poly-p-xylylene coatings]. *Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk* [News of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical and Technical Sciences], 2010, no. 1, pp. 14–19.
  120. Goryaeva A. G. Kompleksnoe ispol'zovanie poli-para-ksililena i biotsidov dlya zashchity bumagi ot povrezhdeniya mikromitsetami. Diss. kand. tekhn. nauk [Complex use of poly-para-xylylene and biocides for protecting paper from damage by micromycetes. PhD eng. sci. diss.]. Saint-Petersburg, 2011. 186 p.
  121. Humphrey B. J. The application of parylene conformal coating technology to archival and artifact conservation. *Studies in Conservation*, 1984, vol. 29, no. 3, pp. 117–123.
  122. Senkevich J. J., Wang P. I. Molecular layer chemistry via parylenes. *Chemical Vapor Deposition*, 2009, vol. 15, no. 4-6, pp. 91–94. doi: 10.1002/cvde.200804266
  123. Moss T., Greiner A. Functionalization of Poly (para-xylylene)s - Opportunities and Challenges as Coating Material. *Advanced Materials Interfaces*, 2020, vol. 7, no. 11. doi: 10.1002/admi.201901858
  124. Fortin J. B. Poly-para-xylylene thin films: A study of the deposition chemistry, kinetics, film properties, and film stability (2001). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/253116353\\_Poly-para-xylylene\\_thin\\_films\\_A\\_study\\_of\\_the\\_deposition\\_chemistry\\_kinetics\\_film\\_properties\\_and\\_film\\_stability](https://www.researchgate.net/publication/253116353_Poly-para-xylylene_thin_films_A_study_of_the_deposition_chemistry_kinetics_film_properties_and_film_stability) (accessed 26.04.2025).
  125. Fortin J. B., Lu T. M. Chemical vapor deposition polymerization: the growth and properties of parylene thin films. *The Growth and Properties of Parylene Thin Films*. USA : Springer Science : Business Media, 2003. 102 p.
  126. Hassan Z., Varadharajan D., Zippel C., Begum S., Lahann J., Bräse S. Design Strategies for Structurally Controlled Polymer Surfaces via Cyclophane-Based CVD Polymerization and Post-CVD Fabrication. *Advanced Materials*, 2022, vol. 34, no. 37. doi: 10.1002/adma.202201761
  127. Errede L. A., Szwarc M. Chemistry of p-xylylene, its analogues, and polymers. *Quarterly Reviews, Chemical Society*, 1958, vol. 12, no. 4, pp. 301–320.
  128. Beach W.F. Xylylene Polymers. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York : Wiley-Interscience, 1998, vol. 27, pp. 428–444.
  129. Fortin J. B., Lu T. M. A model for the chemical vapor deposition of poly (para-xylylene) (parylene) thin films. *Chemistry of materials*, 2002, vol. 14, no. 5, pp. 1945–1949. doi: 10.1021/cm010454a
  130. Bowie W., Zhao Y. P. Monte Carlo simulation of vapor deposition polymerization. *Surface science*, 2004, vol. 563, no. 1-3, pp. L245–L250. doi: 10.1016/j.susc.2004.06.152
  131. Bobrowski M., Skurski P., Freza S. The electronic structure of p-xylylene and its reactivity with vinyl molecules. *Chem. Phys.*, 2011, vol. 382, no. 1-3, pp. 20–26. doi: 10.1016/j.chemphys.2011.02.003
  132. Smalara K., Gieldoń A., Bobrowski M., Rybicki J., Czaplewski C. Theoretical study of polymerization mechanism of p-xylylene based polymers. *J. Phys. Chem. A.*, 2010, vol. 114, no. 12, pp. 4296–4303. doi: 10.1021/jp907031x
  133. Senkevich J. J., Woods B. W., Carrow B. P., Geil R. D., Rogers B. R. Amorphous Highly Conjugated Chemical-Vapor-Deposited Polymer Thin Films. *Chem. Vap. Deposition*, 2006, vol. 12, is. 5, pp. 285–289. doi: 10.1002/cvde.200506454
  134. Hassan Z. Molecular Insights into [2.2] Paracyclophane-Based Functional Materials: Chemical Aspects Behind Functions. *Advanced Functional Materials*, 2024, vol. 34, no. 47. doi: 10.1002/adfm.202311828
  135. Bobrowski M., Skurski P., Freza S. The electronic structure of p-xylylene and its reactivity with vinyl molecules. *Chem. Phys.*, 2011, vol. 382, no. 1-3, pp. 20–26. doi: 10.1016/j.chemphys.2011.02.003
  136. Chapter VIII. Fabrication and characterisation of molecular and macromolecular optoelectronic components. *Optoelectronics of Molecules and Polymers*. A. Moliton. New York : Springer, 2006, pp. 201–234. doi: 10.1007/978-0-387-25103-5\_8
  137. Bobrowski M., Freza S., Skurski P. Functional Thin Films Resulting from Parylene–Vinyl Copolymerization. *Macromolecules*, 2012, vol. 45, no. 21, pp. 8532–8546. doi: 10.1021/ma301902d
  138. Moss T., Greiner A. Functionalization of Poly (para-xylylene)s—Opportunities and Challenges as Coating Material. *Advanced Materials Interfaces*, 2020, vol. 7, no. 11. doi: 10.1002/admi.201901858
  139. Hassan Z., Varadharajan D., Zippel C., Begum S., Lahann J., Bräse S. Design Strategies for Structurally Controlled Polymer Surfaces via Cyclophane-Based CVD Polymerization and Post-CVD Fabrication. *Advanced Materials*, 2022, vol. 34, no. 37. doi: 10.1002/adma.202201761
  140. Chen H. Y., Lahann J. Designable biointerfaces using vapor-based reactive polymers. *Langmuir*, 2011, vol. 27, no. 1, pp. 34–48. doi: 10.1021/la101623n
-