

УДК 677.047

DOI 10.47367/0021-3497_2025_1_146

**РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ
ДЛЯ ГИДРОФОБНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**IMPORT-SUBSTITUTING COMPOSITION
FOR HYDROPHOBIC FINISHING OF TEXTILE MATERIALS**

А.А. ХАЛИЛОВА, Н.В. ТИХОНОВА, Э.Ф. ВОЗНЕСЕНСКИЙ

A.A. KHALILOVA, N.V. TIKHONOVA, E.F. VOZNESENSKY

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: adikovna777@yandex.ru, nata.tikhonova.81@mail.ru, howrip@mail.ru

В статье исследована возможность создания гидрофобизирующей отделочной композиции для текстильных материалов на основе аminosилана и хлорпарафина отечественного производства. Приведены актуальные литературные источники, демонстрирующие перспективность разработок в данном направлении. Описаны известные результаты исследований наноразмерных коллоидных продуктов на основе аminosиланов зарубежного производства.

Изложен предполагаемый механизм закрепления активных компонентов – аminosилана и хлорпарафина – на поверхности целлюлозных волокон. Исследовано влияние концентрации аminosилана и хлорпарафина в композиции на свойства текстильных материалов из целлюлозных волокон. Предложены экспериментальные гидрофобизирующие композиции и оценены их характеристики: гидрофобизирующая способность, влияние на водоупорность, воздухопроницаемость и физико-механические свойства целлюлозных текстильных материалов.

Полученные результаты показали высокий эффект гидрофобности без снижения эксплуатационных характеристик тканей, в том числе в сравнении с аналогичными материалами с гидрофобной отделкой.

The article studies the possibility of creating a hydrophobizing finishing composition for textile materials based on aminosilane and chlorparaffin of domestic production. Actual literature sources demonstrating the prospects of developments in this direction are given. Known researches of nanosized colloidal products based on foreign-made aminosilanes are described.

The supposed mechanism of fixation of active components – aminosilane and chloroparaffin on the surface of cellulose fibers is described. The influence of aminosilane and chloroparaffin concentration in the composition on the properties of textile materials made of cellulose fibers is investigated. Experimental hydrophobizing compositions are proposed and their hydrophobizing ability, influence on water resistance, air permeability and physical and mechanical properties of cellulose textile materials are evaluated.

The results obtained showed a high hydrophobicity effect without reducing the performance characteristics of the fabrics, also in comparison with similar materials with hydrophobic finishes.

Ключевые слова: гидрофобизация, текстильные материалы, аminosилан, хлорпарафин, краевой угол смачивания, водоупорность, прочность на разрыв, воздухопроницаемость.

Keywords: hydrophobization, textile materials, aminosilane, chloroparaffin, wetting edge angle, water resistance, tensile strength, air permeability.

Конкурентоспособность современной продукции текстильной промышленности определяется применением инновационных технологий на основе новых прикладных разработок и решений [1]. Вопросы гидрофобной отделки текстильных материалов, безусловно, являются актуальными и экономически значимыми [2]. Гидрофобизирующие составы относятся к специальным видам отделки тканей и используются для выпуска продукции бытового и технического назначения.

Особое значение имеет придание гидрофобных свойств тканям из целлюлозных волокон. Для этого блокируют гидрофильные группы волокон. В современной технологии для придания тканям гидрофобных свойств используют: эмульсии восков, содержащие соли алюминия или циркония; кремнийорганические соединения; фторсодержащие соединения и др.

На российском рынке среди гидрофобных составов на основе эмульсий восков и парафинов известны такие, как церолы, гидрофоболы, парамул, импрегнол, перси-стол и др. Недостатком данных составов является низкая эксплуатационная устойчивость эффекта.

В качестве альтернативы для гидрофобизации текстильных материалов широко используются кремнийорганические соединения, в частности составы семейства ГКЖ (гидрофобизирующие кремнийорга-

нические жидкости). Данные соединения способны химически фиксироваться на волокне, придавая устойчивые в процессе эксплуатации гидрофобные свойства и не препятствуя его воздухо- и паропроницаемости. Для гидрофобной отделки активно применяются полиалкилсилоксаны и полиалкилгидросилоксаны (ГКЖ-94, ГКЖ-94М, ГКЖ-13). Применение кремнийорганических соединений для отделки текстильных материалов позволяет одновременно улучшать износоустойчивость и биостойкость.

Для гидрофобизации тканей также могут применяться метилольные соединения, например аламин М, аламин С; хромоланы 246Н и 101, октадецил-этилен-мочевина; фторсодержащие соединения БФ-1 и ГФ-1; жировые аппреты и др. [3...8].

Известные водоотталкивающие отделки обладают ограниченной устойчивостью к воздействию пламени.

В работах [9, 10] представлены исследования передовых наноразмерных коллоидных препаратов зарубежного производства, одновременно сочетающих функции гидрофобизаторов, эмульгаторов, агентов, улучшающих колорирование тканей, их гриф и эксплуатационные характеристики. Основой данных продуктов выступают наноразмерные фторорганические и аминокремнийорганические эмульсии.

Таким образом, задача по разработке эффективных, доступных, импортозамещающих продуктов для отделки текстильных материалов является актуальной. Российской промышленностью выпускается достаточный ассортимент гидрофобных, в частности аминокремнийорганических систем, применяемых разными отраслями.

В представленной работе рассмотрена возможность применения для водоотталкивающей отделки текстильных материалов композиции на основе аминопропилтриэтоксисилана (А-1100) и хлорпарафина (ХП-470) отечественного производства.

Аминосилан марки А-1100 используется для получения лакокрасочных материалов, в частности в качестве отвердителя, наряду с этим обладает хорошими гидрофобизирующими свойствами. Высокая функциональность аминосилана А-1100 позволит эффективно фиксироваться на целлюлозных волокнах.

Хлорпарафин ХП-470 также представляет собой гидрофобное соединение, однако наряду с этим дополнительно характеризуется огнестойкостью. Таким образом, совмещение в одной композиции аминопропилтриэтоксисилана (А-1100) и хлорпарафина (ХП-470) позволит получить высокий устойчивый водоотталкивающий эффект, совмещенный с огнестойким [11, 12].

Предполагаемый механизм фиксации аминосилана на целлюлозной подложке связан с образованием водородных связей между аминогруппой силана и метилольной группой целлюлозы [13]. Инертный хлорпарафин предположительно закрепляется на текстильном субстрате посредством физической адсорбции, термообработка после пропитки позволит дополнительно снизить его вязкость и обеспечит заполнение пор и дефектов целлюлозных волокон.

Для тестирования рецептов составы наносили на ткани из целлюлозных волокон, основные характеристики которых приведены в табл. 1. Эффективность обработки оценивали в сравнении с промышленными материалами-аналогами с водоотталкивающей отделкой.

Исследовали влияние концентрации аминосилана А-1100 и хлорпарафина ХП-470 в составе композиции на гидрофобность текстильных материалов.

Т а б л и ц а 1

Наименование материала	Поверхностная плотность, г/м ²	Волокнистый состав, %
Опытные образцы		
Саржа, Балтийский текстиль	240	Хлопок – 100
Брезент, Ткани ТЕКС	340	Лен – 60, хлопок – 40
Образцы-аналоги		
Саржа-240 с ВО отделкой, Балтийский текстиль	240	Хлопок – 100
Саржа «Канвас» с ВО отделкой (Китай)	270	Хлопок – 100
Брезент с ВО отделкой, Балтийский текстиль	340	Лен – 60, хлопок – 40

Аминосилан А-1100 обладает хорошей растворимостью, а хлорпарафин ХП-470 ограниченно растворим в воде и образует водные эмульсии. ХП-470 без осадка и помутнения раствора растворяется в аминосилане А-1100, что свидетельствует о совместимости компонентов. Регулирование концентрации проводили добавлением дистиллированной воды при постоянном перемешивании при комнатной температуре. Варианты композиций представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номер рецептуры	Состав, % объемн.	
	А-1100	ХП-470
1	2,50	1,25
2	2,50	2,50
3	5,00	2,50
4	5,00	5,00
5	7,50	2,50
6	7,50	3,75
7	7,50	7,50
8	10,00	5,00

Пропитку образцов тканей проводили погружением в раствор на 10 мин с последующей сушкой в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 1 часа.

Оценку гидрофобности поверхности текстильных материалов проводили по

времени впитывания капли дистиллированной воды, краевому углу смачивания и водоупорности [14, 15]. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Текстильный материал	Номер экспериментальной рецептуры	Прирост массы, %	Время впитывания капли, мин	Краевой угол смачивания, град
Саржа, Балтийский текстиль	1	23,19	60	116,00
	2	30,95	37	124,05
	3	47,69	60	104,33
	4	59,38	51	109,50
	5	43,28	35	110,58
	6	51,47	30	107,98
	7	59,72	58	108,30
	8	70,15	36	120,83
Брезент, Ткани ТЕКС	1	41,75	60	116,93
	2	43,24	60	105,43
	3	52,54	60	116,45
	4	71,84	60	109,30
	5	49,11	60	100,40
	6	60,00	60	106,33
	7	74,53	30	115,70
	8	69,23	49	104,05

Полученные результаты свидетельствуют об эффективной гидрофобизации – значения краевого угла смачивания всех исследуемых образцов превышают 90 град. Однако при определении времени впитывания капли воды на образцах саржи, обработанных составами по рецептурам № 2, 4, 5, 6, а также на образцах брезента, обработанных рецептурами № 7 и 8, наблюдается интенсивное растекание капель воды в течение 30...60 мин (в условиях контролируемой влажности воздуха) после нанесения без проникновения на изнаночную сторону.

Установлено, что увеличение концентрации ХП-470 в композиции свыше 5 % объемн. приводит к значительному увеличению массы образцов тканей и ухудшению их эстетических показателей, материал приобретает «жирную» поверхность. При использовании рецептур с содержанием аminosилана А-1100 свыше 5 % объемн. (рецептуры №5...8, табл. 2) образцы

тканей приобретают заметную жесткость, при этом наблюдается впитывание воды в материал в течение 60 мин после нанесения (табл. 3), что, возможно, связано с особенностями устойчивости водных растворов силанов [16].

Проведено испытание водоупорности опытных образцов и образцов-аналогов по ГОСТ ISO 811-2021. Результаты представлены на рис. 1.

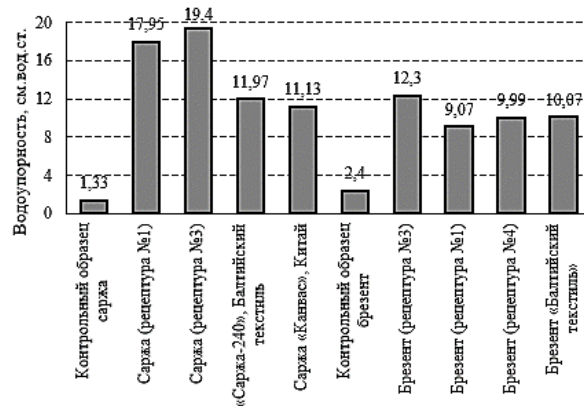


Рис. 1

Результаты исследования материалов показали, что значения водоупорности опытных образцов в 15 раз превышают значение контрольных образцов саржи и в 5 раз – образцов брезента. Наибольшее значение показателя водоупорности отмечается у образцов саржи, обработанных составом по рецептуре № 3. Опытные образцы саржи превосходят следующие промышленные аналоги по показателям водоупорности:

- отечественный аналог «Саржа-240» на 62%;
- импортный аналог «Канвас» (Китай) на 74%.

Образцы брезента, обработанные составом по рецептуре №3, по показателю водоупорности также превосходят отечественный промышленный аналог на 22%.

Исследовано влияние экспериментальных гидрофобизирующих составов на механическую прочность образцов текстильных материалов ГОСТ 3813-72. Полученные результаты представлены на рис. 2.

Результаты показали, что обработка материалов опытными составами не ока-

зывает негативного влияния на прочностные характеристики образцов.

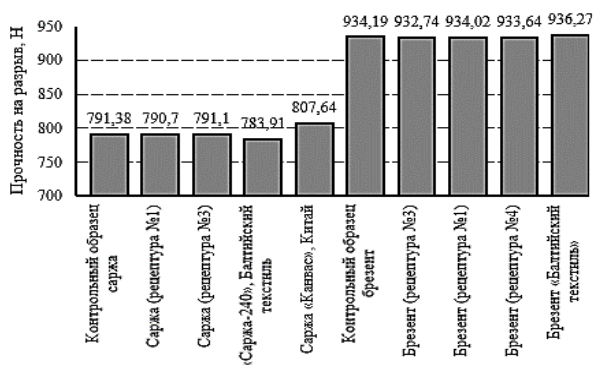


Рис. 2

Измерения воздухопроницаемости проводились при давлении 100 Па согласно ГОСТ ISO 9237-2013. Результаты представлены на рис. 3.

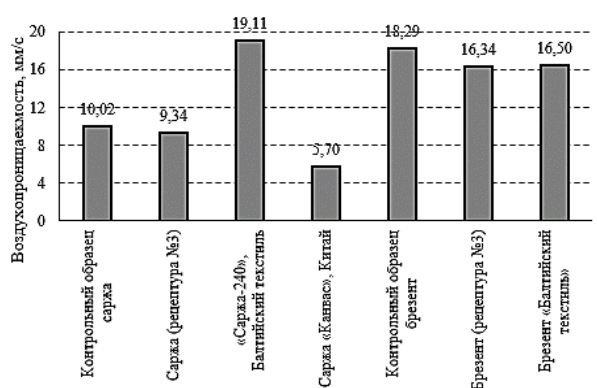


Рис.3

Применение экспериментальной гидрофобизирующей композиции (рецептура № 3) приводит к некоторому снижению воздухопроницаемости текстильных материалов – на 7...12% в зависимости от строения.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что для получения устойчивой гидрофобизирующей композиции необходимо растворять хлорпарафин марки ХП-470 в аminosилане марки А-1100 с последующим добавлением дистиллированной воды.

2. Экспериментально полученные образцы композиций:

- обеспечивают эффективную гидрофобизацию текстильных материалов из целлюлозных волокон (краевой угол смачивания поверхности – выше 90 град.);

- повышают водоупорность тканей из целлюлозных волокон от 5 до 15 раз и превосходят по этому показателю промышленно производимые материалы-аналоги на 62...74%;

- не ухудшают механические, эксплуатационные и эстетические свойства материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ерлыгина Е.Г., Капустина Н.М., Фоменко Н.М.* Современное состояние и перспективы развития текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 3 (369). С. 64...67.

2. *Махоткина Л.Ю., Халилова А.А.* Разработка гидрофобных текстильных материалов для производства рабочей одежды с применением кремнийорганических соединений // Наука России: цели и задачи: сб-к науч. тр. XXII междунар. науч. конф. Екатеринбург: НИЦ «Л-Журнал», 2020. Ч. 1. С. 131...135.

3. *Гарцева Л.А., Васильев В.В.* Химическая технология текстильных материалов: текст лекций. Рязань, 2004. С. 24.

4. *Красина И.В., Вознесенский Э.Ф.* Химическая технология текстильных материалов: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2014. 116 с.

5. *Халилова А.А., Тихонова Н.В.* К вопросу о применении раствора силана в качестве заключительной отделки в производстве текстильных материалов // Костюмология. 2022, Т. 7, № 1.

6. *Усаманова Ф.С., Азамжоновна С.А., Набиев Н.Д.* Придание водоотталкивающих свойств для хлопчатобумажной ткани // Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тез. докл. 2-й Междунар. науч. конф. СПб.: СПбГУПТД, 2021. С. 50...51.

7. *Makhotkina L., Khalilova A.* Hydrophobic textile materials with organosilicon impregnation // E3S Web of Conferences. Moscow, 2020. P. 03025.

8. *Zaman Q., Zia K. M., Zuber M.* A comprehensive review on synthesis, characterization, and applications of polydimethylsiloxane and copolymers // International Journal of Plastics Technology. 2019. Vol. 23, No. 2. P. 261...282.

9. *Даценко Н.В., Манукян-Галактионова А.Ю., Киселев А.М.* Повышение качества колорирования и отделки текстильных материалов с использованием наноразмерных препаратов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). Иваново: ИВГПУ, 2018. № 1-1. С.72...79.

10. Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е. Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2(398). С. 121...133.

11. Альмеева Л.Р., Тангатаров А.Ф. Хлорированные парафины как антипирены // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. № 1-1(6). С. 50...53.

12. Илюшина С.В., Тарасова Я.С., Минязова А.Н., Рязанцева С.И. Исследование влияния силана на физико-механические свойства технических тканей // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20, № 13. С. 73...74.

13. Крылова Р.Г., Голова О.П. С-производные целлюлозы и других полисахаридов // Успехи химии, 36:9 (1967), 1615–1628; Russian Chem. Reviews, 36:9 (1967), 686–693

14. Махоткина Л.Ю., Лутфуллина Г.Г., Халилова А.А. Применение силанов на хлопчатобумажной ткани в качестве гидрофобной отделки для разработки рабочей одежды // Новые технологии и материалы легкой промышленности: сб-к ст. XVI Всерос. науч.-практ. конф. с элементами научной школы для студентов и молодых ученых. Казань: КНИТУ, 2020. С. 109...112.

15. Кумеева Т.Ю. Сверхгидрофобизация полиэфирных текстильных материалов посредством модифицирования их поверхности политетрафторэтиленом: дис ... канд. техн. наук. Иваново, 2010. 140 с.

16. Кочурихина М.А., Юнусов Р.И. Применение силанов – залог долговечности теплоизоляционных материалов. Ч. 2 // Базальтовые технологии. 2013. № 1. С. 62...64.

REFERENCES

1. Erlygina E.G., Kapustina N.M., Fomenko N.M. Modern state and prospects of development of the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2017. № 3 (369). P. 64...67.

2. Makhotkina L.Y., Khalilova A.A. Development of hydrophobic textile materials for the production of workwear with the use of organosilicon compounds // Science of Russia: Goals and objectives: a collection of scientific papers on the materials of the XXII International Scientific Conference. Ekaterinburg: SIC "L-Journal", 2020. Part 1. P. 131...135.

3. Gartseva L.A., Vasiliev V.V. Chemical technology of textile materials: text of lectures. Ryazan, 2004. P. 24.

4. Krasina I.V., Voznesensky E.F. Chemical technology of textile materials: textbook. Kazan: Kazan National Research Technological University, 2014. 116 p.

5. Khalilova A.A., Tikhonova N.V. To the question of using silane solution as a final finish in the produc-

tion of textile materials // Kostyumologiya. 2022. Т.7, № 1.

6. Usamanova F.S., Azamjonova S.A., Nabiev N.D. Giving water-repellent properties for cotton fabric // Innovative directions of development of science of polymer fiber and composite materials: abstracts of the 2nd international scientific conference. St. Petersburg: SPbGUPTD, 2021. P. 50...51.

7. Makhotkina L., Khalilova A. Hydrophobic textile materials with organosilicon impregnation // E3S Web of Conferences. Moscow, 2020. P. 03025.

8. Zaman Q., Zia K.M., Zuber M. A comprehensive review on synthesis, characterization, and applications of polydimethylsiloxane and copolymers // International Journal of Plastics Technology. 2019. Vol. 23, No. 2. P. 261...282.

9. Dashchenko N.V., Manukyan-Galaktionova A.Y., Kiselev A.M. Improving the quality of coloring and finishing of textile materials using nanoscale preparations // Physics of Fibrous Materials: Structure, Properties, Science-intensive Technologies and Materials (SMARTEX). Ivanovo: IVGPU, 2018. № 1-1. P. 72...79.

10. Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Rumyantseva V.E. Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and their fields of application // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstilnoi Promyshlennosti. 2022. № 2(398). P. 121...133.

11. Almeeva L.R., Tangatarov A.F. Chlorinated paraffins as flame retardants // Modern technologies for civil defense and emergency response. 2015. № 1-1(6). P. 50...53.

12. Ilyushina S.V., Tarasova Y.S., Minyazova A.N., Ryzantseva S.I. Study of the influence of silane on the physical and mechanical properties of technical fabrics // Vestnik of Technological University. 2017. Т. 20, № 13. P. 73...74.

13. Krylova R.G., Golova O.P. C-derivatives of cellulose and other polysaccharides // Usp. Chem., 36:9 (1967), 1615-1628; Russian Chem. Reviews, 36:9 (1967), 686-693

14. Makhotkina L.Yu., Lutfullina G.G., Khalilova A.A. Application of silanes on cotton fabric as a hydrophobic finish for the development of workwear // New technologies and materials of light industry: XVIII All-Russian scientific-practical conference with elements of scientific school for students and young scientists. Collection of articles. Kazan National Research Technological University, 2020. P. 109...112.

15. Kumeeva T.Yu. Superhydrophobization of polyester textile materials by modifying their surface with polytetrafluoroethylene: Cand. Sci. (Techn. Sci.). Ivanovo, 2010. 140 с.

16. Kochurikhina M.A., Yunusov R.I. Application of silanes – a guarantee of durability of thermal insulation materials. Part 2 // Basalt Technologies. 2013. № 1. P. 62...64.

Рекомендована кафедрой конструирования одежды и обуви КНИТУ. Поступила 14.05.24.