

DOI: 10.34031/article_5cb1e65a974873.72542352

^{1,*}Вострикова Г.Ю., ²Никулина Н.С., ³Никулин С.С.¹Воронежский государственный технический университет

Россия, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

²Воронежский институт ГПС МЧС России

Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, 231, г.

³ВУНЦ ВВС Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Россия, 394064, Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»

*E-mail: vostr76-08@live.ru

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ОЛИГОМЕРА ИЗ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НЕФТЕХИМИИ, МОДИФИЦИРОВАННОГО ВТОРИЧНЫМ ПЕНОПОЛИСТИРОЛОМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В век информационных технологий и век полимеров, задач в научно-исследовательских работах по химии и химической технологии не уменьшается, а наоборот с каждым разом становится все больше и больше. Объяснить такое явление можно с той позиции, что человек стал развиваться с очень высокой скоростью, а, следовательно, и потребности резко увеличиваются, а поэтому все объективно понимают, что природные ресурсы ежегодно растрачиваются. Наступит время, что природы для существования человека будет просто не хватать. Ведь вырастить дерево – это не дом построить, а на строительство деревянного дома требуется не одно дерево, которые растут годами. В данной работе авторы пытаются за счет отходов от производства продлить срок эксплуатации различных изделий и материалов, изготовленных из дешевых древесных пород, что возможно частично обеспечит сохранить природу.

В статье представлены результаты по применению олигомера из отходов нефтехимии для защитной обработки не только древесных материалов, но и древесно-волоконистых плит (ДВП). Дозировка вторичного пенополистирола в олигомер из побочных продуктов производства полибутадиена варьировали от 10 до 40 %. Полученные образцы ДВП, березы, липы и осины были исследованы на устойчивость к действию воды и влаги. Результаты свидетельствуют о том, что образцы обладают повышенными прочностными показателями и устойчивостью к действию воды и влаги. Таким образом, комплексное использование отходов и побочных продуктов позволяет утилизировать их и применять для защитной обработки изделий из древесины, что способствует повышению формостабильности и срока службы изделий.

Ключевые слова: отходы, модификация, олигомеры, обработка, древесные материалы, водопоглощение, формостабильность, гидрофобность.

Введение. В настоящее время на промышленном рынке стремительно растет разнообразие строительных и отделочных материалов. Из огромного ассортимента материалов с каждым годом все тяжелее выбрать те, которые бы сочетали два основных требования – качество и доступность. Зачастую дешевые строительные материалы не удовлетворяют потребителя своим качеством, однако и дорогие материалы не всегда соответствуют требованиям. Все мы понимаем, как формируется цена на продукцию, чем дешевле сырье, тем дешевле материал. Анализируя литературные данные, ранее в работах были предприняты попытки переработки и использования нефтесодержащих отходов [1–2]. Применение отходов от производства позволяют удешевлять конечный продукт.

В связи с этим группа профессорско-преподавательского состава из различных вузов г. Воронежа во главе с профессором Никулиным С.С. в последнее время большое внимание в своих исследованиях уделяет комплексной пе-

реработке отходов и побочных продуктов различных производств для создания наиболее качественных и доступных строительных материалов. Подход к решению данного вопроса позволяет решать ряд экологических задач, а также более полно и рационально использовать различные существующие отходы, которые до настоящего времени не нашли своего применения. Так, например, в промышленных масштабах был освоен выпуск низкомолекулярных полимерных продуктов (олигомеров) на основе побочных продуктов производства бутадиенового каучука (ПППБ), который в течение ряда лет использовали в производстве лакокрасочных материалов (ЛКМ) [3, 4]. Основными звеньями, входящими в структуру олигомера на основе ПППБ являлись – звенья стирола, 4-винилциклогексена (ВЦГ), циклододекатриена-1,5,9 (ЦДТ), н-додекатетраена-2,4,6,10 (НДТ) и др. [5–7].

Наилучшим комплексом свойств обладали олигомеры на основе ПППБ, полученные при

содержании стирола в исходной мономерной смеси 70–80 %. Снижение содержания дорогого и дефицитного стирола до 30–50 % приводит к ухудшению показателей качества получаемых ЛКМ. Из изложенного выше у профессорско-преподавательского состава (ППС) возникла идея олигомер на основе ПППБ, полученный при низком содержании стирола модифицировать вторичным пенополистиролом (ВППС), чтобы приблизить его к высокостирольному. Известно, что провести химическое совмещение двух видов полимерных отходов возможно на молекулярном уровне за счет проведения их совместной деструкции [8–10]. Возникает вопрос, где могли бы найти применение такие олигомеры. Одним из перспективных таких направлений может служить защитная обработка древесины и изделий на её основе, используемой в промышленном и гражданском строительстве [11–13].

Основная часть. Цель работы – модификация низкомолекулярного сополимера на основе побочных продуктов производства полибутадиена вторичным пенополистиролом и применение для защитной обработки древесных материалов. На основании выше-сказанного, олигомер ПППБ с содержанием стирола от 40 до 50 % в реакторе смешивали со ВППС в количествах 10, 20, 30 и 40 % на 100 % олигомера. Полученные смеси подвергали высокотемпературной обработке при 200 ± 5 °С в течение 3–5 часов в присутствии кислорода воздуха и нафтенатного сиккатива. Добавки сиккатива варьировались от 2 до 5 % и из системы не удалялись из-за создания условий для совместной деструкции полимерных отходов. Подразумевалось, что оставшийся сиккатив будет выполнять функцию структурирующего агента после обработки деструктурированным композитом древесины и изделий на её основе. При данной обработке будут протекать два конкурирующих процесса: деструкция пенополистирола и олигомера, и структурирование между собой образующихся продуктов распада. В результате протекающих процессов происходит образование новых макромолекул, содержащих в своей структуре повышенное содержание стирола. В структуре получаемого олигомера появляются кислородсодержащие функциональные группы, повышающие его сродство к компонентам древесного вещества. Отмечено, что молекулярная масса синтезированных продуктов в результате увеличилась в два раза (от 5000 до 10000). К исследованию были представлены образцы древесины из относительно дешевых пород (березы, липы, осины) и древесно-волоконистых плит

(ДВП), которые пропитывали полимерным раствором и выдерживали в течение одного часа при температуре 80–90 °С. Пропитанные образцы древесины извлекали из раствора и после подсушки помещали в сушильный шкаф и выдерживали в течение 1–5 часов при температуре 90–110 °С для удаления растворителя. Время и температура для каждого вида породы древесины подбирались индивидуально. Подробные описания представлены в работах [14, 15]. После чего температуру повышали до 160–165 °С и при данной температуре выдерживали еще 3 часа. За данный промежуток времени происходила сшивка молекул олигомера в структурах древесины с образованием древесно-полимерного каркаса, а также образование эфирных связей между компонентами древесного вещества (целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином) окисленным модифицированным олигомером. Показатели испытаний древесины различных пород и ДВП на водопоглощение и разбухание представлены в табл. 1, 2.

Результаты и их обсуждение. Анализ экспериментальных данных показывает, что наилучшими показателями обладают образцы древесины липы, березы и осины, где в качестве пропитывающего состава использовали олигомер на основе ПППБ с добавками 40 % ВППС. Высокие показатели образцов древесины связаны с тем, что получаемый продукт содержит меньшее количество двойных связей, повышающих его гидрофильные свойства. Также необходимо отметить, что образцы ДВП, пропитанные таким модифицированным олигомерным составом, показали повышенную прочность и устойчивость к действию воды и влаги. С увеличением содержания ВППС в олигомере из ПППБ повышалась прочность ДВП, а водопоглощение и разбухание уменьшались.

Выводы. Таким образом, комплексное использование отходов и побочных продуктов позволяет целенаправленно утилизировать данные отходы. Полученные на основе побочных продуктов нефтехимии олигомерные материалы с успехом могут быть использованы для повышения формостабильности и гидрофобности изделий из древесины различных пород. Древесно-полимерные композиты могут быть использованы в производстве строительных материалов, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности и действии других агрессивных сред.

Таблица 1

Влияние содержания вторичного пенополистирола в олигомере из ПППБ на водопоглощение и разбухания образцов древесины

Вид породы дерева	Дозировка ВППС в ПППБ, %	Водопоглощение, %	Разбухание в радиальном направлении, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %
береза	0	$\frac{25,7}{68,0}$	$\frac{3,3}{6,5}$	$\frac{4,4}{8,4}$
	10	$\frac{25,0}{66,8}$	$\frac{3,3}{6,2}$	$\frac{4,0}{8,0}$
	20	$\frac{24,7}{65,1}$	$\frac{3,0}{5,8}$	$\frac{3,9}{7,9}$
	30	$\frac{23,0}{62,3}$	$\frac{2,7}{5,4}$	$\frac{3,7}{7,6}$
	40	$\frac{21,2}{59,0}$	$\frac{2,5}{5,1}$	$\frac{3,6}{7,5}$
липа	0	$\frac{19,1}{65,3}$	$\frac{3,0}{5,1}$	$\frac{4,9}{6,7}$
	10	$\frac{19,4}{63,8}$	$\frac{3,0}{4,9}$	$\frac{4,0}{6,9}$
	20	$\frac{18,6}{58,1}$	$\frac{2,7}{4,4}$	$\frac{3,5}{5,7}$
	30	$\frac{16,9}{55,9}$	$\frac{2,1}{3,7}$	$\frac{3,4}{5,6}$
	40	$\frac{15,8}{55,1}$	$\frac{2,0}{3,9}$	$\frac{3,7}{5,5}$
осина	0	$\frac{29,7}{72,0}$	$\frac{3,5}{6,7}$	$\frac{4,6}{8,6}$
	10	$\frac{28,0}{69,8}$	$\frac{3,4}{6,6}$	$\frac{4,3}{8,3}$
	20	$\frac{26,5}{68,1}$	$\frac{3,2}{6,1}$	$\frac{4,1}{7,9}$
	30	$\frac{25,0}{66,3}$	$\frac{2,9}{5,9}$	$\frac{3,9}{7,5}$
	40	$\frac{23,8}{61,5}$	$\frac{2,7}{5,6}$	$\frac{3,8}{7,7}$

Примечание: числитель – через 1 сутки; знаменатель – через 30 суток

Таблица 2

Экспериментальные значения показателей образцов ДВП, обработанных модифицированным олигомером на основе ПППБ

	Дозировка вторичного пенополистирола в олигомер из ПППБ, %				
	0	10	20	30	40
Прочность при изгибе, МПа	45,1	47,5	50,7	54,9	55,1
Водопоглощение, %	14,3	13,3	12,1	11,4	11,1
Разбухание по толщине, %	11,7	10,9	10,0	10,3	9,3

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколов Л.И. Переработка и использование нефтесодержащих отходов. М.: Инфра-Инженерия, 2017. 128 с.

2. Булатов М.А. Комплексная переработка многокомпонентных жидких систем. М.: Мир, 2012. 304 с.

3. Никулин С.С., Сергеев Ю.А., Шеин В.С. Использование олигомеров бутадиена в лако-

красочной промышленности // Лакокрасочные материалы и их применение. 1986. № 4. С. 15–16.

4. Никулин С.С., Сергеев Ю.А., Тертышник Г.В., Струкова И.Ю., Шаповалова Н.Н. Свойства пленкообразователей на основе отходов производства синтетического каучука // Лакокрасочные материалы и их применение. 1988. № 4. С. 26–28.

5. Никулина Н.С., Никулин С.С. Сополимеризация непредельных соединений, содержащихся в кубовом остатке очистки возвратного растворителя производства полибутадиена в присутствии хлорида алюминия // Промышленное производство и использование эластомеров. 2013. № 4. С. 41–43.

6. Никулин С.С., Седых В.А., Никулина Н.С. Пластификация полибутадиена олигомером, полученным на основе побочных продуктов производства растворного каучука // Химическая технологи. 2012. Т. 13. № 4. С. 210–215

7. Никулина Н.С., Стадник Л.Н., Пугачева И.Н., Никулин С.С. Утилизация отходов производства полибутадиена, содержащих 4-винилциклогексен // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т. 23. № 1. С. 49–53.

8. Заиков Г.Е., Разумовский С.Д., Кочнев А.М., Стоянов О.В., Шкодич В.Ф., Наумов С.В. Деструкция как метод модификации полимерных изделий // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 6. С. 55–66.

9. Бабунова М.В., Прочухан Ю.А. Способы утилизации отходов полимеров // Вестник Башкирского университета. 2008. Т. 13. № 4. С. 875–885.

10. Зархина Т.С., Аксенова Н.А., Соловьева А.Б. Влияние безметалльных порфиринов на термоокислительную деструкцию биосовместимых

полимеров // Журнал физической химии. 2017. Т. 91. № 6. С. 945–950.

11. Никулин С.С., Филимонова О.Н., Никулина Н.С., Болдырев В.С. Применение низкомолекулярных сополимеров на основе побочных продуктов производства полибутадиена с низким содержанием стирола как модификаторов древесноволокнистых плит // Химическая промышленность сегодня. 2005. № 4. С. 15–17.

12. Никулина Н.С., Филимонова О.Н., Никулин С.С. Защитная обработка древесины низкомолекулярными сополимерами из отходов производства полибутадиена с пониженным содержанием стирола // Производство и использование эластомеров. 2005. №3. С. 16–19.

13. Черных О.Н., Никулин С.С. Модификация древесины окисленным стиролсодержащим олигомером из побочных продуктов производства полибутадиена // Известия вузов. Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. Вып. 2. С. 65–69.

14. Никулина Н.С., Вострикова Г.Ю., Дмитренков А.И., Никулин С.С. Защитная обработка древесины олигомером из побочных продуктов производства полибутадиена, модифицированного пенополистиролом // В сборнике: Наука, образование и инновации в современном мире. Материалы национальной научно-практической конференции. 2018. С. 188–192.

15. Никулина Н.С., Вострикова Г.Ю., Дмитренков А.И., Никулин С.С. Применение олигомера из побочных продуктов производства полибутадиена, модифицированного вторичным пенополистиролом для защитной обработки древесных материалов // Химия, физика и механика материалов. 2018. № 1 (16). С. 24–32.

Поступила в февраль 2019 г.

© Вострикова Г.Ю., Никулина Н.С., Никулин С.С., 2019

Информация об авторах

Вострикова Галина Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов. E-mail: vostr76-08@live.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394026, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

Никулина Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель, капитан внутренней службы кафедры пожарной безопасности объектов защиты. E-mail: Nikulina_sergey48@mail.ru. Воронежский институт ГПС МЧС России, Россия, 394052, Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

Никулин Сергей Саввович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник. E-mail: Nikulina_sergey48@mail.ru. ВУНЦ ВВС Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, Россия, 394064, Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А».

^{1,*}*Vostrikova G. Yu.*, ²*Nikulina N.S.*, ³*Nikulin S.S.*

¹*Voronezh state technical University*

Russia, 394006, Voronezh, street 20 years of October, 84

²*Voronezh Institute of state fire service of EMERCOM of Russia*
Russia, 394052, Voronezh, St. red banner, 231

³*Air Force Academy. prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*
Russia, 394064, Voronezh, ul. Old Bolsheviks, 54 "A"

*E-mail: vostr76-08@live.ru

THE PROSPECT OF USING AN OLIGOMER FROM PETROCHEMICAL BY-PRODUCTS MODIFIED WITH SECONDARY POLYSTYRENE FOAM TO PROTECT WOOD MATERIALS

Abstract. *In the age of information technology and the age of polymers, there are more and more tasks in scientific researches on chemistry and chemical technology. Such a phenomenon is explained by the fact that humanity develops very quickly. Consequently, the needs are enhancing dramatically, and therefore everyone objectively understands that natural resources decrease annually. The time will come when nature will not be enough for human existence. To plant a tree is not to build a house, but the construction of a wooden house requires more than one tree that grows over the years. In this paper, the authors try to prolong the life of various products and materials made of cheap wood species by using waste from production, which may partially ensure the preservation of nature. The article presents the results on the use of oligomer from petrochemical waste for the protective treatment of wood materials and high-density fiberboard (HDF). The dosage of secondary expanded polystyrene to oligomer from polybutadiene by-products varies from 10 to 40 %. The obtained samples of fiberboard, birch, linden and aspen are examined for resistance to water and moisture. The results indicate that the samples have high strength properties and resistance to water and moisture. Thus, the integrated use of waste and by-products allows them to be disposed and to be used for protective treatment of wood products, which contributes to improving the formability and service life of products.*

Keywords: *waste, modification, oligomers, processing, wood materials, water absorption, formability.*

REFERENCES

1. Sokolov L.I. Recycling and use of oily waste [*Pererabotka i ispol'zovanie neftesoderzhashchih othodov*]. M.: Infra-Engineering. 2017, 128 p. (rus)
2. Bulatov M.A. Complex processing of multi-component liquid systems [*Kompleksnaya pererabotka mnogokomponentnyh zhidkih sistem*]. M.: Mir. 2012, 304 p. (rus)
3. Nikulin S.S., Sergeev Yu.A., Shein V.S. The use of oligomers of butadiene in the paint industry [*Ispol'zovanie oligomerov butadiena v lakokrasochnoj promyshlennosti*]. Paintwork materials and their application. 1986. No. 4. Pp. 15–16. (rus)
4. Nikulin S.S., Sergeev Yu.A., Tertysh-nik G.V., Strukova I.Yu., Shapovalova N.N. Properties of film formers based on waste production of synthetic rubber [*Svoystva plenkoobrazovatelej na osnove othodov proizvodstva sinteticheskogo kauchuka*]. Paintwork materials and their application. 1988. No. 4. Pp. 26–28. (rus)
5. Nikulin N.S., Nikulin S.S. Copolymerization of unsaturated compounds contained in the bottoms of the purification of the return solvent of polybutadiene production in the presence of aluminum chloride [*Sopolimerizatsiya nepredel'nyh soedinenij, sodержashchihsvya v kubovom ostatke ochistki vozvratnogo rastvoritelya proizvodstva polibutadiena v prisutstvii hlorigida alyuminiya*]. Industrial production and use of elastomers. 2013. No. 4. Pp. 41–43. (rus)
6. Nikulin S.S., Sedykh V.A., Nikulin N.S. Plastification of polybutadiene by oligomer-rum, obtained on the basis of side products of mortar rubber production [*Plastifikatsiya polibutadiena oligomerom, poluchennym na osnove pobochnyh produktov proizvodstva rastvornogo kauchuka*]. Chemical technology. 2012. Vol. 13. No. 4. Pp. 210–215 (rus)
7. Nikulin N.S., Stadnik L.N., Pugacheva I.N., Nikulin S.S. Disposal of polybutadiene production wastes containing 4-vinylcyclohexene [*Utilizatsiya othodov proizvodstva polibutadiena, sodержashchih 4-vinilciklogeksen*]. Chemistry for Sustainable Development. 2015. Vol. 23. No. 1. Pp. 49–53. (rus)
8. Zaikov G.E., Razumovsky S.D., Kochnev A.M., Stoyanov O.V., Shkodich V.F., Naumov S.V. Destruction as a method of modifying polymer products [*Destruktsiya kak metod modifikatsii polimernykh izdelij*]. Bulletin of Kazan Technical University, 2012. Vol. 15. No. 6. Pp. 55–66. (rus)
9. Bazunova M.V., Prochukhan Yu.A. Ways of utilization of waste polymers [*Sposoby utilizatsii othodov polimerov*]. Bulletin of the Bashkir University. 2008. Vol. 13. No. 4. Pp. 875–885. (rus)

10. Zarkhina T.S., Aksenova N.A., Solovyova A.B. Influence of nonmetal porous firins on thermo-oxidative destruction of biocompatible polymers [*Vliyaniye bezmetal'nykh porfirinov na termookislitel'nyuyu destruktsiyu biosovmestimyykh polimerov*]. Journal of Physical Chemistry. 2017. Vol. 91. No. 6. Pp. 945–950. (rus)

11. Nikulin S.S., Filimonova O.N., Nikulin N.S., Boldyrev V.S. Application of low molecular weight copolymers based on by-products of the production of polybutadiene with a low content of styrene as modifiers of fibreboards [*Primeneniye nizkomolekulyarnyykh sopolimerov na osnove pobochnyykh produktov proizvodstva polibutadiena s nizkim soderzhaniiem stirola kak modifikatorov drevesnovoloknistyykh plit*]. Chemical industry today. 2005, No. 4. Pp. 15–17. (rus)

12. Nikulina N.S., Filimonova O.N., Nikulin S.S. Protective treatment of wood with low molecular weight copolymers from polybutadiene production wastes with lower styrene content [*Zashchitnaya obrabotka drevesiny nizkomolekulyarnymi sopolimerami iz othodov proizvodstva polibutadiena s ponizhennym soderzhaniiem stirola*]. Production and use of elastomers. 2005. No. 3. Pp. 16–19. (rus)

13. Chernykh O.N., Nikulin S.S. Modification of wood with oxidized styrene-containing oligomer

from by-products of polybutadiene production. Izvestiya VUZ. University news [*Modifikatsiya drevesiny okislennym stirolsoderzhashchim oligomerom iz pobochnyykh produktov proizvodstva polibutadiena*]. Chemistry and chemical technology. 2007. Vol. 50. No. 2. Pp. 65–69. (rus)

14. Nikulin N.S., Vostrikova G.Yu., Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S. Protective wood treatment with oligomer from by-products of polybutadiene production modified with polystyrene foam [*Zashchitnaya obrabotka drevesiny oligomerom iz pobochnyykh produktov proizvodstva polibutadiena, modifizirovannogo penopolistirolom*]. V sbornike: Nauka, obrazovanie i innovatsii v sovremennom mire. Materialy nacional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2018, pp. 188–192. (rus)

15. Nikulin N.S., Vostrikova G.Yu., Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S. The use of oligomer from by-products of the production of polybutadiene, modified by secondary polystyrene foam for the protective treatment of wood materials [*Primeneniye oligomera iz pobochnyykh produktov proizvodstva polibutadiena, modifizirovannogo vtorichnym penopolistirolom dlya zashchitnoy obrabotki drevesnykh materialov*]. Chemistry, Physics and Mechanics of Materials. 2018. No. 1 (16). Pp. 24–32. (rus)

Information about the authors

Vostrikova, Galina Yu. PhD, Assistant professor. E-mail: vostr76-08@live.ru. Voronezh state technical University, Russia, 394006, Voronezh, street 20 years of October, 84.

Nikulina, Nadezhda S. Senior lecturer. E-mail: Nikulin_sergey48@mail.ru. Voronezh Institute of state fire service of EMERCOM of Russia. Russia, 394052, Voronezh, St. red banner, 231.

Nikulin, Sergei S. DSc, Professor. E-mail: Nikulin_sergey48@mail.ru. Air Force Academy. prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin. Russia, 394064, Voronezh, ul. Old Bolsheviks, 54 "A".

Received in February 2019

Для цитирования:

Вострикова Г.Ю., Никулина Н.С., Никулин С.С. Перспектива применения олигомера из побочных продуктов нефтехимии, модифицированного вторичным пенополистиролом для защиты древесных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №4. С. 132–137. DOI: 10.34031/article_5cb1e65a974873.72542352

For citation:

Vostrikova G.Yu., Nikulina N.S., Nikulin S.S. The prospect of using an oligomer from petrochemical by-products modified with secondary polystyrene foam to protect wood materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 2. Pp. 132–137. DOI: 10.34031/article_5cb1e65a974873.72542352