

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-2-73-79

<sup>1</sup>Никулина Н.С., <sup>2</sup>Дмитренков А.И., <sup>3,4</sup>Никулин С.С., <sup>4,\*</sup>Власова Л.А.,  
<sup>4</sup>Санникова Н.Ю.<sup>1</sup>Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России<sup>2</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова<sup>3</sup>Военно-воздушная академия имени профессора

Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

<sup>4</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий

\*E-mail: Vllar65@yandex.ru

## ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ А-ВИНИЛНАФТАЛИНА

**Аннотация.** *Натуральная древесина – самый распространенный природный полимерный материал, обладающий доступностью, отсутствием токсичности и широко применяемый в различных областях промышленности и строительстве. Однако кроме неоспоримых достоинств древесине присущи и недостатки, для устранения которых ее подвергают модификации с применением органических и неорганических агентов, олигомеров и полимеров, способных защитить её от воздействия внешних факторов. В работе изучена возможность применения для модификации и защитной обработки натуральной древесины берёзы такого винилароматического мономера, как  $\alpha$ -винилнафталин. Показано, что в процессе обработки в проводящих элементах древесины берёзы под воздействием повышенных температур протекает полимеризация  $\alpha$ -винилнафталина по радикальному механизму. Однако 100 % превращения  $\alpha$ -винилнафталина и поливинилнафталин добиться не удастся. Таким образом, в проводящих элементах натуральной древесины присутствует композит, состоящий из  $\alpha$ -винилнафталина и поливинилнафталина. Показано, что с увеличением содержания предлагаемого модификатора в древесине берёзы существенно снижается водопоглощение и разбухание образцов древесно-полимерно-мономерного композита. Это позволит увеличить срок службы изделий на основе модифицированной древесины. Внедрение предлагаемой технологии модификации древесины малоценных пород будет способствовать сохранению лесных ресурсов и их рациональному использованию.*

**Ключевые слова:** *натуральная древесина,  $\alpha$ -винилнафталин, модификация, композит, показатели.*

**Введение.** Древесина – это многокомпонентный природный полимерный композит. Человечество тысячелетиями использует древесину для многочисленных целей: в качестве топлива, строительного, конструкционного и поделочного материала, для изготовления мебели, бумаги и других целей [1, 2]. Это связано с тем, что древесина является уникальным возобновляемым природным сырьем.

Роль натуральной древесины, как исходного целевого продукта, в настоящее время непрерывно возрастает еще и по тому, что запасы традиционного сырья химической промышленности – угля, нефти и газа постепенно снижаются. Это определяет перспективность ее многостороннего использования, а также проведения исследований в области химии и химической технологии древесины.

Кроме неоспоримых преимуществ: высокая относительная и удельная прочность, упругость, хорошие теплоизолирующие свойства, безопасность для человека и экологичность, древесина

имеет и целый ряд недостатков: различие механических свойств в зависимости от породы, подверженность изменению формы и размера в результате набухания, усушки, коробления, наличия пороков и другие.

Снизить или даже полностью исключить вышеперечисленные недостатки возможно за счет модификации. Модифицированная древесина приобретает ряд новых свойств: повышенную прочность, водо- и влагостойкость, устойчивость к биологическому разрушению и др. в сравнении с необработанной древесиной. Это достигается за счет введения в неё химически активных веществ. Особое внимание при этом следует уделить тем модификаторам, которые при обработке получаемых композитов при повышенных температурах способны к активному химическому взаимодействию с компонентами древесины. Это позволяет снизить вымываемость модификатора из полученного древесного композита и повысить срок службы изготовленных изделий.

В литературных источниках [3–5] предлагается с целью увеличения срока службы изделий

из древесины и повышения её физико-механических показателей использовать низкомолекулярные сополимеры, полученные из отходов и побочных продуктов нефтехимии: мочевины, феноло- и мочевиноформальдегидных смол и др.

Одним из способов модификации древесных композитов является использование полимеров «in situ» [6]. Для этих целей применяют радиационную полимеризацию виниловых мономеров в древесных материалах под действием  $\gamma$ -излучения. Полимеризация осуществляется при низких температурах и сопровождается прививкой получаемых полимеров к компонентам древесины, таким как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Для модификации применяются такие мономеры как стирол, акрилонитрил, акриламид, винилацетат, гидроксиалкилакрилаты и их смеси [7]. Модифицированные таким образом древесные композиты обладают улучшенным комплексом свойств: более однородным распределением компонентов, стабильностью размеров, повышенными прочностными показателями, водостойкостью, стойкостью к агрессивным средам.

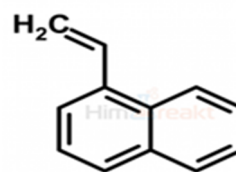
Для повышения показателей получаемых древесно-полимерных композитов в ряде случаев рекомендуется применять термическую обработку древесины [8–10], содержащей винильные мономеры и радикальный инициатор. При этом будет протекать полимеризация винильных мономеров в проводящих элементах натуральной древесины. Данный процесс можно сочетать с одновременной отгонкой растворителя, присутствующего в наполненном древесно-мономерно-полимерном композите.

В работе [11] в качестве модификаторов древесины рассмотрены мономерные системы такие, как гидроксиалкилакрилаты, их смеси с метилметакрилатом и 2-винил-4,4-диметил-2-оксазолин-5-оном. Улучшение свойств древесных композитов связывают с взаимным блокированием гидрофильных центров в составе древесины и полимера при образовании водородных связей. Этому также способствуют реакции внутри- и межмолекулярной этерификации с участием гидроксильных групп мономера и целлюлозы с образованием трехмерных структур.

В работах [12, 13] для получения пропиточных составов для модификации изделий, содержащих древесные компоненты, использовали два вида полимерных отходов: побочные продукты нефтехимии и отходы пенополистирола за счёт проведения их совместной деструкции. Полученные по данной технологии древесно-полимерные композиты на основе древесного сырья имели более низкие показатели водопоглощения и разбухания, а также отличались повышенными прочностными характеристиками.

Хорошие результаты даёт использование [14] для пропитки и модифицирования древесины лиственных и хвойных пород отработанных моторных масел в составе композиций, содержащих древесную муку. Это позволяет уменьшить водо- и влагопоглощение древесины, снизить её разбухание как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях и утилизировать отходы производства.

В тоже время в литературных источниках отсутствуют сведения по использованию для модификации древесины производных нафталина, и, в частности  $\alpha$ -винилнафталина (ВН):



На чем же базируется интерес к использованию для модификации древесины  $\alpha$ -винилнафталина?

Это связано с тем, что нафталин и его производные недефицитны, находят широкое применение в различных промышленных отраслях: для получения красителей и взрывчатых веществ, в медицине, как инсектициды и др. [15]. В промышленности нафталин получают из каменноугольной смолы. В тоже время нафталин и его производные легко вымываются растворителями из изделий, улетучиваются при повышенных температурах. Все это снижает эффективность его действия. Интерес в этом плане представляют винильные производные нафталина. Они имеют высокую температуру кипения, в отличие от других низкокипящих мономеров, используемых для модификации древесины (стирол, акриловые соединения и др.), и, следовательно, имеют хорошие шансы остаться в проводящих элементах древесины после её высокотемпературной обработки. Полимеры ВН имеют достаточно высокую механическую прочность и теплостойкость, что может быть использовано при его применении для модификации и улучшения свойств древесины мягких пород.

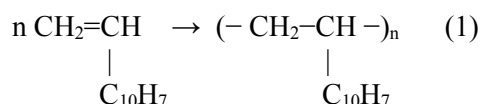
Самым существенным недостатком древесины является её невысокая способность противостоять неблагоприятным факторам и разрушающим агентам. Например, при атмосферной сушке, хранении и перевозке лесоматериалов возможно поражение древесины деревоокрашивающими и плесневыми грибами, что приводит к потере товарного вида. Предохранить древесину и деревянные конструкции от преждевременного разрушения способны некоторые химические

продукты, одновременно ядовитые как для грибов, так и для вредных насекомых. К таким химическим продуктам с высокими антисептическими свойствами относится и ВН. Таким образом, применение ВН позволяет комплексно решить сразу несколько задач: повысить водо- и влагостойкость древесных материалов, защитить её от биологического разрушения и продлить срок службы получаемых композитов.

Целью данной работы является изучение возможности применения для модификации древесины  $\alpha$ -винилнафталина.

**Материалы и методы.** Следует отметить хорошую совместимость ВН со структурами древесины. Это связано с тем, что ВН имеет сходную природу с одним из основных компонентов древесины – лигнином, который представляет собой полимерный материал, включающий в свой состав ароматические углеводороды. Природные лигнины содержат разнообразные функциональные группы: метоксильные, гидроксильные, фенольные и алифатические, карбоксильные, карбонильные. Следовательно, возможно взаимодействие ВН со структурными группами лигнина, содержащими кратные связи.

$\alpha$ -Винилнафталин по своей полимеризационной способности почти в 2000 раз превышает стирол. Поэтому при термической обработке (температура 160 °С) пропитанных образцов древесины он будет подвергаться полимеризации в проводящих структурах древесины с образованием поливинилнафталина:



На поливинилнафталин в меньшей степени будут действовать вода, водные растворы солей, кислот и щелочей, а также ряд органических растворителей. Образование древесно-полимерного каркаса будет способствовать приданию изделиям не только повышенных прочностных показателей, улучшенной водо- и влагостойкости, но и предавать им антисептические свойства и повышать срок их эксплуатации.

Используемый в работе ВН получали по известной методике, приведенной в источнике [16]. С целью облегчения введения ВН в полости древесины на его основе готовили углеводородные пропитывающие растворы с использованием в качестве растворителя толуола. Образцы древесины березы выдерживали в растворах в течение 24 часов при температуре 20 °С, после чего проводили удаление толуола под вакуумом. После извлечения основной массы толуола образцы подвергали обработке при температуре 160–

165 °С в течение 5 часов. В процессе высокотемпературной обработки протекает процесс полимеризации ВН по радикальному механизму с образованием поливинилнафталина (ПВН). Однако полное превращение ВН в ПВН не достигали, поэтому в структуре древесины присутствовал модификатор в виде смеси ВН с ПВН.

Для определения влияния содержания данного композита на свойства получаемых модифицированных образцов натуральной древесины были приготовлены растворы толуола с различным содержанием модификатора (10, 30 и 50 % мас.). Содержание ВН, а точнее композита, состоящего из  $\alpha$ -винилнафталина и поливинилнафталина (модификатора), в полученных образцах в зависимости от концентрации вводимого раствора изменялось от 10 до 26 % мас.

**Основная часть.** С практической и теоретической точки зрения целесообразно было определить степень превращения  $\alpha$ -винилнафталина в поливинилнафталин в проводящих элементах древесины березы. Важность данного анализа заключалась еще и в том, что в компонентном составе древесины присутствуют фенольные соединения, способные выполнять функцию ингибиторов радикальных процессов [17]. Это должно привести к снижению конверсии ВН. Таким образом, результаты данного анализа должны показать, что нужно сделать, чтобы повысить конверсию  $\alpha$ -винилнафталина. Повышать температуру модификации до 170 °С и выше нельзя, так как это приведет к изменениям свойств древесного вещества в получаемом композите. Следовательно, необходимо увеличить продолжительность термообработки.

Для подтверждения вышеприведенных соображений взвешенные образцы древесно-мономерно-полимерного композита с известным содержанием смеси ВН с ПВН измельчали и помещали в аппарат Сокслета [18]. Для экстракции мономерно-полимерной смеси в качестве растворителя использовали толуол. Периодическим отбором проб из колбы, содержащей толуол с экстрагированным мономерно-полимерной смесью, определяли сухой остаток. Экстракцию проводили до постоянного значения сухого остатка. После завершения экстракции проводили концентрирование полученного толуольного раствора. Выделение поливинилнафталина осуществляли путем смешения его со спиртом (соотношение толуольный раствор: спирт = 1:10). Выделяемый ПВН отделяли от раствора фильтрованием и после промывки водой сушили в сушильном шкафу до постоянной массы.

После экстракции остаток извлекали из аппарата Сокслета и удаляли толуол в сушильном шкафу. После удаления растворителя остаток

взвешивали и определяли потерю массы в процентах.

Проведенными исследованиями было установлено, что конверсия  $\alpha$ -винилнафталина не превышала 60 %. Таким образом, в проводящих элементах древесины березы присутствовала смесь, состоящая примерно из 50–60 % поливинилнафталина и 40–50 %  $\alpha$ -винилнафталина.

В дальнейшем проведен цикл исследований по поведению полученных образцов модифицированной древесины в водной среде:

– водопоглощение оценивали по методу, основанному на изменении массы абсолютно сухого образца способом прямого взвешивания при

непосредственной его выдержке в воде. (ГОСТ 21523.5-77);

– разбухание определяли вымачиванием в дистиллированной воде при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  до прекращения изменения размеров (ГОСТ 16483.35-88);

– сухой остаток определяли путем выпаривания навески латекса до постоянной массы с помощью инфракрасной лампы (ГОСТ 29080-91).

Экспериментальные результаты по определению водопоглощения и разбухания натуральной и модифицированной древесины березы после 1 и 30 суток нахождения в дистиллированной воде представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Влияние содержания  $\alpha$ -винилнафталина в модифицированной древесине березы на водопоглощение и разбухание образцов после 1 суток выдерживания в дистиллированной воде**

Показатели	Натуральная древесина	Содержание $\alpha$ -винилнафталина в модифицированной древесине, %		
		10,4	16,7	25,9
Водопоглощение, %	44,9	8,7	5,2	1,5
Разбухание в радиальном направлении, %	5,6	4,4	3,7	2,8
Разбухание в тангенциальном направлении, %	6,4	6,8	5,3	3,6

Примечание: температура термообработки  $160^\circ\text{C}$ , продолжительность 5 ч.

Таблица 2

**Влияние содержания  $\alpha$ -винилнафталина в модифицированной древесине березы на водопоглощение и разбухание образцов после 30 суток выдерживания в дистиллированной воде**

Показатели	Натуральная древесина	Содержание $\alpha$ -винилнафталина в модифицированной древесине, %		
		10,4	16,7	25,9
Водопоглощение, %	119,2	55,6	48,3	36,0
Разбухание в радиальном направлении, %	7,7	6,9	4,6	3,0
Разбухание в тангенциальном направлении, %	8,3	7,5	7,0	5,2

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что чем выше содержание модификатора в древесине березы, тем ниже водопоглощение и разбухание образцов древесно-полимерно-мономерного композита.

Таким образом, ВН может быть использован для модификации и защитной обработки древесины мягких малоценных пород и получения древесно-полимерных композитов.

Для подтверждения того, что ВН обладает повышенной реакционной активностью, проведена контрольная проверка его полимеризационной способности при повышенных температурах. Процесс полимеризации ВН проводили в массе при температуре  $190\text{--}195^\circ\text{C}$  в течение 5 часов. Полученный полимер растворяли в толуоле и высаживали в этиловом спирте. Образующийся осадок поливинилнафталина отделяли от толуольно-

спиртовой смеси и сушили в шкафу при температуре  $80\text{--}85^\circ\text{C}$ . Выход ПВН составил  $89,0\text{--}91,0\%$ .

**Выводы.** Проведенные контрольные исследования подтвердили приведенные выше сведения о том, что  $\alpha$ -винилнафталин будет полимеризоваться в проводящих элементах древесины березы с образованием поливинилнафталина.

Полученный древесно-полимерно-мономерный композит обладает повышенной стойкостью к действию воды.

Изготовленные образцы модифицированной древесины, содержащие в матрице ВН и ПВН, обладают антисептической активностью, что должно увеличить срок эксплуатации изделий на их основе.

Нафталин и его производные не являются дефицитными и дорогостоящими продуктами и

имеют реальные перспективы для применения их в промышленных масштабах.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М.: Изд-во: Академия. 2004. 266 с.
2. Шепелев А.Ф., Печенежская И.А., Туров А.С. Товароведение и экспертиза древесно-мебельных товаров. М.: Серия: Товароведение и экспертиза. Ростов-на-Дону: Изд-ва: ИКЦ «МарТ», Издательский центр «МарТ». 2004. 224 с.
3. Шамаев В.А. Химико-механическое модифицирование древесины. Воронеж: Изд-во Воронежской государственной лесотехнической академии. 2003. 260 с.
4. Расев А.И., Косарин А.А., Красухина Л.П. Технология и оборудование защитной обработки древесины. М.: Изд-во ГОУ ВПО МГУЛ. 2010. 171 с.
5. Расев А.И., Косарин А.А. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Изд-во ФОРУМ. 2010. 416 с.
6. Менсон Дж. Полимерные смеси и композиты. М.: Изд-во Химия. 1979. 440 с.
7. Хрулев В. М. Модифицированная древесина и ее применение. Кемерово: Кн. изд-во. 1988. 118 с.
8. Mathias Z.I. Improvement of wood properties with multifunctional monomers // Polym. Prepr. Amer. Chem. Soc. 1990. Vol. 31. № 1. Pp. 646–647.
9. Khan M.A. Studies of physico-mechanical properties of wood and wood plastic composite (WPC) // J. Appl. Polym. Sci, 1992. Vol. 45. № 1. Pp. 167–172.
10. Khan, M.A. Effect of Moisture and Heat on Mechanical Properties of Wood and Wood-Plastic Composite // Polym. Plast. Technol. and Eng. 1993. Vol. 32. № 1-2. P.5.
11. Никулина Н.С., Вострикова Г.Ю., Дмитренко А.И., Никулин С.С. Защитная обработка древесины олигомером из побочных продуктов производства полибутадиена, модифицированного пенополистиролом // Материалы национал. науч.-практ. конф. «Наука, образование и инновации в современном мире». Воронеж, 20-21 октября 2018 г. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I», 2018. Ч. 1. С.188–192.
12. Никулина Н.С., Вострикова Г.Ю., Дмитренко А.И., Никулин С.С. Применение олигомеров из побочных продуктов производства полибутадиена, модифицированного вторичным пенополистиролом для защитной обработки древесных материалов // Химия, физика и механика материалов. 2018. № 1 (16). С.23–32.
13. Belchinskaya L.I. Elaboration of a composition based on spent engine oil and wood flour for birch wood impregnation and railway sleepers production // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 392. 012075. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions". Voronezh, 23–24 October, 2019. Voronezh, Russia (Forestry-2019). URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/392/1/012075/pdf>. DOI: 10.1088/1755-1315/392/1/012075 (дата обращения 04.12.2020)
14. Дональдсон Н. Химия и технология соединений нафталинового ряда. М.: Изд-во «ГНТИХЛ». 1963. 656 с.
15. Колесников Г.С. Синтез винильных производных ароматических и гетероциклических соединений. М.: Изд-во «АН СССР». 1960. 303 с.
16. Трегубова И.А., Косолапов В.А., Спасов А.А. Антиоксиданты: Современное состояние и перспективы // Успехи физиологических наук. 2012. Т. 43. № 1. С. 75–94.
17. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ. М.: Изд-во «Химия». 1969. 701с.

#### Информация об авторах

**Никулина Надежда Сергеевна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры специальной подготовки E-mail: [noodi-on-sky@mail.ru](mailto:noodi-on-sky@mail.ru). Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России. Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231.

**Дмитренко Александр Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры химии. E-mail: [aureka44@mail.ru](mailto:aureka44@mail.ru). Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. Россия, 394613, г. Воронеж, ул. Тимирязева 8.

**Никулин Сергей Саввович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности. E-mail: [nikulin.nikuli@yandex.ru](mailto:nikulin.nikuli@yandex.ru). Воронежский государственный университет инженерных технологий. Старший научный сотрудник военного учебно-научного центра военно-воздушных сил. Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. Россия, 394036, Воронеж, Революции проспект, 19.

**Власова Лариса Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности. E-mail: vllar65@yandex.ru. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Россия, 394036, Воронеж, Революции проспект, 19.

**Санникова Наталья Юрьевна**, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности. E-mail: snu@inbox.ru. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Россия, 394036, Воронеж, Революции проспект, 19.

Поступила 01.12.2020 г.

© Никулина Н.С., Дмитренко А.И., Никулин С.С., Власова Л.А., Санникова Н.Ю., 2021

<sup>1</sup>*Nikulina N.S.*, <sup>2</sup>*Dmitrenkov A.I.*, <sup>3,4</sup>*Nikulin S.S.*, <sup>4</sup>*Vlasova L.A.*,  
<sup>4</sup>*Sannikova N. Yu.*

<sup>1</sup>*Voronezh Institute of advanced training of employees of the Ministry of emergency situations of Russia*

<sup>2</sup>*Voronezh state forest engineering University named after G. F. Morozov*

<sup>3</sup>*VVS air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin*

<sup>4</sup>*Voronezh state University of engineering technologies*

\*E-mail: vllar65@yandex.ru

## THE PROSPECT OF USING A-VINYLNAPHTHALENE FOR MODIFICATION OF WOOD MATERIALS

**Abstract.** Natural wood is the most common natural polymer material that is affordable, non-toxic and widely used in various fields of industry and construction. However, wood also has disadvantages, to eliminate which it is modified with the use of organic and inorganic agents, oligomers and polymers that can protect it from external factors. The paper studies the possibility of using such a vinylaromatic monomer as  $\alpha$ -vinyl naphthalene for modification and protective treatment of natural birch wood. It is shown that during processing in the conductive elements of birch wood under the influence of elevated temperatures, the polymerization of  $\alpha$ -vinyl naphthalene proceeds by a radical mechanism. However, 100 % conversion of  $\alpha$ -vinyl naphthalene and polyvinyl naphthalene cannot be achieved. Thus, the conductive elements of natural wood contain a composite consisting of  $\alpha$ -vinyl naphthalene and polyvinyl naphthalene. It is shown that with an increase in the content of the proposed modifier in birch wood, water absorption and swelling of wood-polymer-monomer composite samples significantly decreases. This will increase the service life of products based on modified wood. The introduction of the proposed technology for modifying low-value wood species will contribute to the conservation of forest resources and their rational use.

**Keywords:** natural wood,  $\alpha$ -vinyl naphthalene, modification, composite, indicators.

### REFERENCES

1. Ugolev B.N. Wood Science and forest commodity science [Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie]. M.: publishing house: Academy. 2004. 266 p. (rus)
2. Shepelev A.F., Pechenezhskaya I.A., Turov A.S. Commodity science and expertise of wood and furniture products [Tovarovedenie i ekspertiza drevesno-mebel'nyh tovarov]. Rostov-on-don: publishing house: ICC "March", Publishing center "March". 2004. 224 p. (rus)
3. Shamaev V.A. Chemical and mechanical modification of wood [Himiko-mekhanicheskoe modifizirovanie drevesiny]. Voronezh: publishing house of the Voronezh state forestry Academy. 2003. 260 p. (rus)
4. Rasev A.I., Kosarin A.A., Krasukhina L. P. Technology and equipment of protective wood processing [Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovanie drevesiny]. Moscow: publishing house of GOU VPO MGUL. 2010. 171 p. (rus)
5. Rasev A.I., Kosarin A.A. Hydrothermal treatment and preservation of wood [Polimernye smesi i kompozity]. Moscow: FORUM publishing house. 2010, 416 p. (rus)
6. Manson J. Polymer mixtures and composites [Modificirovannaya drevesina i ee primeneniye]. M.: publishing house Chemistry. 1979. 440 p. (rus)
7. Khrulev V.M. Modified wood and its application [Modificirovannaya drevesina i ee primeneniye]. Kemerovo: KN. Publishing. 1988. 118 p. (rus)
8. Mathias Z.I. Improvement of wood properties with multifunctional monomers Polym. Prepr. Amer. Chem. Soc. 1990. Vol. 31. № 1. Pp. 646–647.
9. Khan M.A. Studies of physico-mechanical properties of wood and wood plastic composite (WPC). J. Appl. Polym. Sci. 1992. Vol. 45. № 1. Pp. 167–172.

10. Khan M.A. Effect of Moisture and Heat on Mechanical Properties of Wood and Wood-Plastic Composite. Polym. Plast. Technol. and Eng. 1993. Vol. 32. № 1-2. P.5.

11. Nikulina N.S., Vostrikova G.Yu., Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S. Protective treatment of wood with an oligomer from by-products of polybutadiene production modified with expanded polystyrene [Zashchitnaya obrabotka drevesiny oligomerom iz pobochnykh produktov proizvodstva polibutadiena, modifitsirovannogo penopolistirolom]. "Science, Education and Innovation in the modern world". Voronezh, October 20-21, 2018 Voronezh: Publishing house of the Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I", 2018. CH. 1. Pp. 188–192. (rus)

12. Nikulina N.S., Vostrikova G.Yu., Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S. Application of oligomers from by-products of polybutadiene production modified with secondary expanded polystyrene for protective treatment of wood materials [Primenenie oligomerov iz pobochnykh produktov proizvodstva polibutadiena, modifitsirovannogo vtorichnym penopolistirolom dlya zashchitnoy obrabotki drevesnykh materialov]. Chemistry, physics and mechanics of materials. 2018. No. 1 (16). P. 2332. (rus)

13. Belchinskaya L.I. Elaboration of a composition based on spent engine oil and wood flour for

birch wood impregnation and railway sleepers production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 392. 012075. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions". Voronezh, 23–24 October 2019, Voronezh, Russia (Forestry-2019). URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/392/1/012075/pdf>. DOI: 10.1088/1755-1315/392/1/012075 (date of access 04.12.2020)

14. Donaldson N. Chemistry and technology of naphthalene series compounds [Himiya i tekhnologiya soedinenij naftalinovogo ryada]. Moscow: publishing house "GNTIKHL". 1963. 656 p. (rus)

15. Kolesnikov G. S. Synthesis of vinyl derivatives of aromatic and heterocyclic compounds [Sintez vinil'nykh proizvodnykh aromaticheskikh i geterociklicheskih soedinenij]. Moscow: publishing house of the USSR Academy of Sciences. 1960. 303 p. (rus)

16. Tregubova I. A., Kosolapov V. A., Spasov A. A. Antioxidants: Current state and prospects [Antioksidanty: Sovremennoe sostoyanie i perspektivy]. Uspekhi fiziologicheskikh nauk. 2012. Vol. 43. No. 1. Pp. 75-94. (rus)

17. Voskresensky P. I. Technique of laboratory work [Tekhnika laboratornykh rabot]. Moscow: publishing house Chemistry. 1969. 701c. (rus)

#### Information about the authors

**Nikulina, Nadezhda S.** PhD, senior lecturer E-mail: [noodi-on-sky@mail.ru](mailto:noodi-on-sky@mail.ru). Voronezh Institute of qualification improvement of employees of state fire service of EMERCOM of Russia. 231 Krasnoznamennaya str., Voronezh, 394052, Russia.

**Dmitrenkov, Alexander I.** PhD, Assistant professor. E-mail: [aurika44@mail.ru](mailto:aurika44@mail.ru). Voronezh state forestry engineering University named after G. F. Morozov. 8 Timiryazev str., Voronezh, 394613, Russia.

**Nikulin, Sergey S.** DSc, Professor. E-mail: [nikulin.nikuli@yandex.ru](mailto:nikulin.nikuli@yandex.ru). Voronezh State University of Engineering Technologies. Military training and research center of the air force "air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Gagarin. Russia, 394036, Voronezh, Revolution Avenue, 19.

**Vlasova, Larisa A.** PhD, Assistant professor. E-mail: [vllar65@yandex.ru](mailto:vllar65@yandex.ru). Voronezh State University of Engineering Technologies. Russia, 394036, Voronezh, Revolution Avenue, 19. Voronezh state University of engineering technologies. 19 Revolyutsii Prospekt, Voronezh, 394036, Russia.

**Sannikova, Natalia Yu.** PhD, Assistant professor. E-mail: [cnu@inbox.ru](mailto:cnu@inbox.ru). Voronezh state University of engineering technologies. 19 Revolyutsii Prospekt, Voronezh, 394036, Russia.

---

Received 01.12.2020

#### Для цитирования:

Никулина Н.С., Дмитренко А.И., Никулин С.С., Власова Л.А., Санникова Н.Ю. Перспектива применения для модификации древесных материалов  $\alpha$ -винилнафталина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 2. С. 73–79. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-2-73-79

#### For citation:

Nikulina N.S., Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S., Vlasova L.A., Sannikova N.Yu. Perspective of application for modification of wood materials the  $\alpha$ -vinyl naphthalene. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 2. Pp. 73–79. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-2-73-79