

**А.В. Курзин, К.А. Пискунов, А.А. Таразанов, А.Н. Евдокимов,
А.Ю. Корочинский**

**ПОЛИАМИДОАМИН-ЭПИХЛОРГИДРИНОВЫЕ СМОЛЫ
НА ОСНОВЕ ДИСПРОПОРЦИОНИРОВАННОЙ ТАЛЛОВОЙ
КАНИФОЛИ**

Введение. Расширение спектра синтетических веществ и материалов с высокой добавленной стоимостью на основе побочных продуктов сульфатной варки целлюлозы является актуальной задачей лесохимической отрасли химической промышленности. К таким продуктам относятся сульфатный скипидар, сульфатный лигнин, а также талловое масло и его фракции: жирные кислоты, канифоль, пек и их разнообразные синтетические производные [Головин и др., 1988; Журавлев, 1988; Варанкина, Русаков, 2013; Евстигнеев и др., 2021; Курзин, Евдокимов, 2021]. Талловая канифоль и ее производные применяются в различных отраслях, в том числе в проклеивающих составах при производстве бумаги и картона [Журавлев, 1988; Флейшер, Черная, 2019; Черная, Герман, 2020]. Диспропорционированная канифоль является одним из важнейших крупнотоннажных продуктов переработки талловой канифоли [Головин и др., 1988; Папков и др., 2015]. Она преимущественно состоит из дегидро- и дигидроабетиновых кислот. По сравнению с обычной и модифицированной малеиновым ангидридом/фумаровой кислотой канифолью диспропорционированная канифоль, полученная с использованием металлических катализаторов либо очищенная от катализатора диспропорционирования (йода), имеет более светлый цвет (низкое значение цветности по шкале Гарднера). Она также обладает большей стабильностью к окислению и, следовательно, устойчивостью цвета при хранении. Такой вид диспропорционированной канифоли может быть сырьем в синтезе т.н. «светлых» продуктов, к которым относятся:

- глицериновые и пентаэритритовые эфиры, используемые в качестве основы адгезивных/клеевых составов различного назначения [Hiscock, Крайса, 2007];
- калиевые соли, применяемые в качестве эмульгаторов при производстве бутадиен-стирольных каучуков низкотемпературной эмульсионной полимеризацией [Папков и др., 2015].

Синтез полиамидааминовых смол на основе канифоли неоднократно был описан в литературе [Гордейко и др., 2014, 2015; Флейшер и др., 2014; Флейшер, Черная, 2019]. Применение канифоли в составах азотсодержащих проклеивающих смол для бумаги и картона основано на гидрофобизирующем действии смоляных кислот на целлюлозное волокно. Присутствие канифоли в смолах позволяет улучшить прочность и аналогичные показатели качества бумаги из макулатуры по сравнению с применением полиамидамин-эпихлоргидриновой смолы [Флейшер и др., 2014]. Показано, что синтезированные на основе дегидроабиетиновой кислоты полиамидааминовые смолы также, как и при использовании абиетиновой кислоты, талловой и живичной канифоли, обладали светло-коричневым цветом [Флейшер и др., 2014].

Полиамидамин-эпихлоргидриновые смолы относятся к катионным клеям и широко используются в промышленном масштабе для проклейки бумаги и картона [Загидуллин и др., 1996; Черная, Герман, 2020]. Они производятся, например, под торговыми марками Ультрарез, Кратарез, Melapret, Maresin и др. Преимущества катионных клеев:

- высокая проклеивающая способность и придание волокнистому материалу повышенной механической прочности как во влажном, так и в сухом состоянии;
- возможность применения в широком диапазоне pH бумажной массы (от кислой до щелочной);
- отсутствие необходимости использования вспомогательных электролитов (например, сульфата алюминия), что также снижает эксплуатационные расходы на обслуживание оборудования [Черная, Герман, 2020].

Использование проклеивающих составов с низким значением цветности по шкале Гарднера позволяет повысить белизну выпускаемой бумаги и снизить количество используемых вспомогательных веществ (наполнителей) для повышения ее белизны. Образование полиамидааминов на основе канифоли, диэтилентриамина и адипиновой кислоты может быть представлено схемой (рис. 1) [Флейшер и др., 2014].

Цель работы – исследование возможности использования диспропорционированной талловой канифоли с низким численным значением цветности по шкале Гарднера в качестве компонента полиамидааминовых и полиамидамин-эпихлоргидриновых смол с аналогичным низким значением цветности. Применение указанного вида диспропорционированной канифоли в качестве сырья для производства проклеивающих материалов расширяет области ее промышленного использования в тех направлениях, где важна цветность и ее стабильность для канифольсодержащих продуктов.

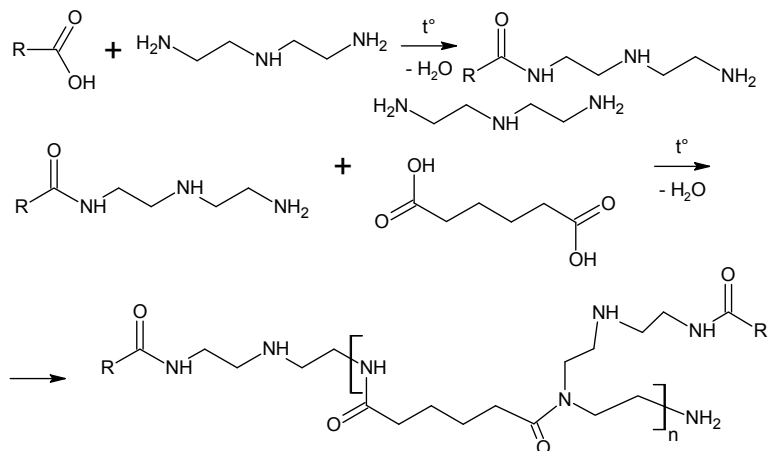


Рис. 1. Схема синтеза полиамидоаминовой смолы, где R – остаток смоляной кислоты

Fig. 1. Synthetic scheme for polyamidoamine resin, R – rosin acid radical

Материалы и методика исследования. В работе были использованы следующие сырье и реактивы: диспропорционированная талловая канифоль (ООО «Янтарный поток»), свойства и характеристики образца которой представлены в табл. 1, а также диэтиленetriамин (ч.), эпихлоргидрин (ч.д.а.), соляная кислота (35%-ный раствор, х.ч.) и 2-аминоэтанол (х.ч.).

Таблица 1

Свойства и характеристики образца диспропорционированной талловой канифоли

Properties and characteristics of disproportionated tall oil rosin

Наименование показателя	Значение показателя
Кислотное число, мг КОН/г	163
Содержание неомыляемых веществ, %	5
Цвет по шкале Гарднера	Не более 2
Содержание дегидроабиединовой кислоты, %	70,4
Содержание йода, мг/кг	54
Содержание смоляных кислот с сопряженными двойными связями (в пересчете на абиединовую кислоту при $\lambda = 239\text{--}243$ нм), %	0
Содержание смоляных кислот с сопряженными двойными связями (при $\lambda = 241$ нм), %	2,35

Синтез полиамидоаминовых смол осуществляли в ротационном испарителе, а присоединение эпихлоргидрина к полиамидоамину с получением полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы – с использованием магнитной мешалки. Цвет 50%-ных водных растворов смол по шкале Гарднера определяли на спектроколориметре Lico 200. Кислотное число смол определяли с использованием потенциометрического титратора Titrimo Basic 794. Динамическую вязкость растворов смол определяли при 25°C на вибрационном вискозиметре SV-1A. Стабильность 20%-ных растворов синтезированных полиамидоаминовых и полиамидоамин-эпихлоргидриновых смол определяли в течение 30 суток хранением в закрытой колбе при температуре 20–24 °C при дневном свете.

Смесь, состоящую из 20 г (0,19 моль) диэтилентриамина, 27 г (0,09 моль) диспропорционированной талловой канифоли, 7,3 г (0,05 моль) адипиновой кислоты и 1,5 г (0,025 моль) 2-аминоэтанола нагревали при 140°C в течение 4 ч до прекращения выделения воды. Далее температуру реакции повышали до 150°C и нагревали в течение часа. По окончании к реакционной массе добавляли 7,3 г адипиновой кислоты и вновь нагревали в течение 3 ч при 150°C. Полученную полиамидоаминовую смолу (кислотное число 18 мг КОН/г) переносили в стакан и отбирали 17 г для получения полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы. Полиамидоаминовую смолу смешивали с 20 г воды до полного растворения и добавляли при перемешивании, не допуская разогрева реакционной массы выше 60°C, 4,8 г (0,05 моль) эпихлоргидрина. После добавления всего количества эпихлоргидрина смесь перемешивали в течение 30 минут при 22°C. Для стабилизации образца смолы добавляли 35%-ную соляную кислоту до достижения pH 3. Для определения содержания нелетучих веществ навеску смолы (3 г) осушали при 102°C в термостатируемой печи в течение 2 ч.

Результаты исследования. В основе методов синтеза полиамидоаминовых и полиамидоамин-эпихлоргидриновых смол нами были использованы опубликованные условия получения аналогичных и близких составов [Гордейко и др., 2014, 2015; Флейшер и др., 2014; Ло и др., 2016; Marten, Kamutski, 1991]. Анализ литературных данных показал наличие двух главных отличий в методиках синтеза полиамидоаминовых смол:

- осуществление процесса с использованием дополнительных «реагирующих» добавок (2-аминоэтанол, дихлоралканы и др.) или без них. Применение добавок объясняется снижением высокой реакционной способности аминов и предотвращением образования нерастворимого в воде полиаминоамида;

• регулирование целевой и побочных реакций, протекающих в процессе синтеза растворимого в воде азотсодержащего олигомера, температурным режимом, соотношением реагентов и стадийностью их взаимодействия. При наличии главной реакции – поликонденсации кислот с полиамином – в синтезе смол имеются и побочные (образование солей аммония при нейтрализации адипиновой и смоляных кислот амином и последующая дегидратация солей с образованием «мономерного амида» и прекращением поликонденсации; дегидратация адипиновой кислоты с образованием более реакционноспособного ангидрида).

Нами был выбран в качестве добавки 2-аминоэтанол, который в условиях синтеза смол, с одной стороны, приводит к образованию сложных эфиров, а с другой – амидов. Применение ротационного испарителя, сочетающего вакуумирование с эффективным перемешиванием, позволило снизить температуру процесса до 140–150 °С по сравнению с опубликованным диапазоном (170–190 °С). При этом удалось не ухудшить цвет полиаминоамида по сравнению с исходной диспропорционированной талловой канифолью. На стадии присоединения эпихлоргидрина к полиаминоамиду следует учитывать количество использованной воды, исходя из необходимости получения раствора заданной концентрации (обычно 20 или 25%). Применение воды необходимо также для снижения сильного экзотермического эффекта реакции. Как было указано выше, любые полиамидоамин-эпихлоргидриновые смолы относятся к катионным клеям, следовательно, должны иметь в своей структуре азотсодержащий катион. Например, структура полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы, содержащей аммонийный азот, на основе акрилопимаровой кислоты, триэтилентетрамина и эпихлоргидрина может быть представлена формулой (рис. 2) [Флейшер, Черная, 2019]:

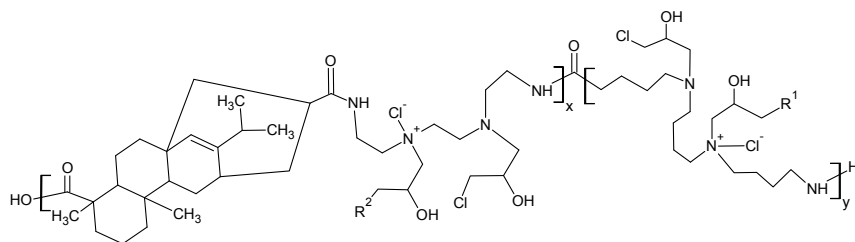


Рис. 2. Структура полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы на основе акрилопимаровой кислоты, адипиновой кислоты, триэтилентетрамина и эпихлоргидрина

Fig. 2. Structure of polyamidoamine-epichlorohydrin resin based on acryl pimaric acid, adipic acid, triethylenetetramine and epichlorohydrin

В то же время, по данным [Ло и др., 2016] в синтезе полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы на основе адипиновой кислоты, диэтилентриамина и эпихлоргидрина образуется азетидиниевый катион (рис. 3):

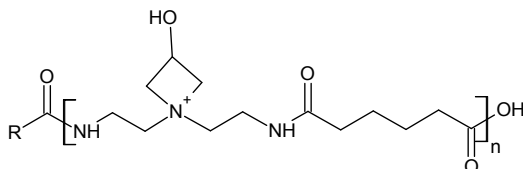


Рис. 3. Структура полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы на основе адипиновой кислоты, диэтилентриамина и эпихлоргидрина с азетидиниевым катионом

Fig. 3. Structure of polyamidoamine-epichlorohydrin resin based on adipic acid, diethylenetriamine, and epichlorohydrin with azetidinium cation

Свойства и характеристики синтезированных полиамидоаминовых и полиамидоамин-эпихлоргидриновых смол на основе диспропорционированной талловой канифоли приведены в табл. 2. Установлено, что цветность по шкале Гарднера 50%-ных водных растворов составила не более 3.

Таблица 2

Свойства и характеристики растворов полиамидоаминовых (ПАА) и полиамидоамин-эпихлоргидриновых (ПААЭ) смол на основе диспропорционированной талловой канифоли

Properties and characteristics of the solutions of polyamidoamine- (PAA) and polyamidoamine-epichlorohydrin (PAAE) resins based on disproportionated tall oil rosin

Наименование показателя	Значение показателя	
	ПАА	ПААЭ
Внешний вид	Прозрачная светло-желтая жидкость	
Концентрация нелетучих веществ, %	20	20
Цвет по шкале Гарднера*	не более 3	
Динамическая вязкость при 25°C, мПа·с	105	114
Стабильность при хранении (30 сут./20–24°C)	+	+

Примечание: * для 50%-ных водных растворов

Выпадения осадка и визуального ухудшения цвета растворов синтезированных смол при хранении в течение 30 суток не обнаружено.

Заключение. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о возможности применения диспропорционированной талловой канифоли с низким численным значением цветности по шкале Гарднера в синтезе полиамидаминовых и полиамидамин-эпихлоргидриновых смол на основе адипиновой кислоты и диэтилентриамина. Установлено, что 50%-ные водные растворы синтезированных смол имеют цветность по шкале Гарднера не более 3 и стабильны при хранении при в течение 30 суток. Полученные смолы могут быть использованы для проклейки бумаги и картона.

Вклад авторов: А.В. Курзин, К.А. Пискунов и А.Н. Евдокимов – постановка задачи, оценка опубликованных методик и подбор условий синтеза смол, анализ свойств смол, обсуждение результатов, подготовка текста статьи; К.А. Пискунов, А.А. Таразанов и А.Ю. Корочинский – синтез смол, обсуждение результатов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2013. Вып. 204. С. 130–137.

Головин А.И., Трофимов А.Н., Узлов Г.А., Жукова И.П., Киприанов А.И., Прохорчук Т.И., Ковалев В.Е. Лесохимические продукты сульфатцеллюлозного производства. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 288 с.

Гордейко С.А., Черная Н.В., Жолнерович Н.В., Флейшер В.Л., Макарова Д.С. Особенности применения в технологии бумаги продуктов поликонденсации адипиновой кислоты с диэтилентриамином и смоляными кислотами // Труды БГТУ. Серия 4: Химия, технология органических веществ, биотехнология. 2014. № 4 (168). С. 130–133.

Гордейко С.А., Черная Н.В., Шишаков Е.П. Упрочнение макулатурных видов бумаги и картона, проклеенных в кислой, нейтральной и слабощелочной средах // ИВУЗ. Лесной журнал. 2015. № 5. С. 165–173. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2015.5.165.

Евстигнеев Э.И., Гриненко Е.В., Васильев А.В. Получение гидрогелей технических лигнинов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 235. С. 270–291. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.270-291.

Журавлев П.И. Канифоль, скипидар и продукты их переработки. М.: Лесная пром-сть, 1988. 71 с.

Засидуллин Р.Н., Расулев З.Г., Абдрафикова Л.С., Гурьянов В.Е., Сарана Н.В., Скачков А.С. Способ получения амидоэпихлоргидриновой смолы: патент РФ 2065454. 1996.

Курзин А.В., Евдокимов А.Н. Топливные депрессорные присадки на основе эфиров жирных кислот таллового масла // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 237. С. 196–203. DOI: 10.21266/20794304.2021.237.196-203.

Ло Ю., Григорьев В., Лу Ч., Розенкранс С. Бумага и способы производства бумаги: патент РФ 2581862. 2016.

Папков В.Н., Ривин Э.М., Блинов Е.В. Бутадиен-стирольные каучуки. Синтез и свойства. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 313 с.

Флейшер В.Л., Черная Н.В., Макарова Д.С., Гордейко С.А., Гермась А.В. Синтез новых полимеров на основе амидов смоляных кислот для упрочнения макулатурных видов бумаги // Труды БГТУ. Серия 4: Химия, технология органических веществ, биотехнология. 2014. № 4 (168). С. 134–136.

Флейшер В.Л., Черная Н.В. Модифицированная канифоль: получение, свойства, применение. Минск: БГТУ, 2019. 304 с.

Черная Н.В., Герман Н.А. Синтетические материалы в бумажных и картонных производствах: ресурсосбережение и импортозамещение. Минск: БГТУ, 2020. 205 с.

Hiscock K., Krajca K. Rosin ester handbook. Almere: Arizona Chemical – International Paper, 2007. 175 p.

Marten M., Kamutzki W. Aqueous solutions of polyamidoamine-epichlorohydrin resins, and preparation and use thereof. Patent US 5019606. 1991.

References

Chernaya N.V., German N.A. Synthetic materials in paper and cardboard production: resource conservation and import substitution. Minsk: BGTU, 2020. 205 p. (In Russ.)

Evstigneyev E.I., Grinenko E.V., Vasiliev A.V. Obtaining hydrogels of technical lignins. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2021, iss. 235, pp. 270–291. (In Russ.). DOI: 10.21266/20794304.2021.235.274-295.

Fleisher V.L., Chernaya N.V., Makarova D.S., Gordeiko S.A., Germas' A.V. Synthesis of new polymers based on rosin acid amides for strengthening waste paper. *Trudy BSTU. Ser. 4: Khimiya, Tekhnologiya Organicheskikh Veshchestv, Biotekhnologiya*, 2014, no. 4 (168), pp. 134–136. (In Russ.)

Fleisher V.L., Chernaya N.V. Modified rosin: production, properties, application. Minsk: BGTU, 2019. 304 p. (In Russ.)

Golovin A.I., Trofimov A.N., Uzlov G.A., Zhukova I.P., Kiprianov A.I., Prokhorchuk T.I., Kovalev V.E. Wood chemical byproducts of the sulfate pulping production. Moscow: Lesn. prom-st', 1988. 288 p. (In Russ.)

Gordeiko S.A., Chernaya N.V., Zholnerovich N.V., Fleisher V.L., Makarova D.S. Specificities of the application of polycondensation products of adipic acid with diethylenetriamine and rosin acids in the paper technology. *Trudy BSTU. Ser. 4: Khimiya, Tekhnologiya Organicheskikh Veshchestv, Biotekhnologiya*, 2014, no. 4 (168), pp. 130–133. (In Russ.)

Gordeiko S.A., Chernaya N.V., Shishakov E.P. Reinforcement of scrap paper and recycled cardboard sized in acidic, neutral and weakly alkaline media. *IVUZ. Lesnoy Zhurnal*, 2015, no. 5, pp. 165–173. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2015.5.165. (In Russ.)

Hiscock K., Krajca K. Rosin ester handbook. Almere: Arizona Chemical – International Paper, 2007. 175 p.

Kurzin A.V., Evdokimov A.N. Pour point depressants for fuels based on tall oil fatty acid esters. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehneskoj Akademii*, 2021, iss. 237, pp. 196–203. (In Russ.). DOI: 10.21266/20794304.2021.237.196-203.

Luo Y., Grigoriev V., Lu C., Rosencrance S. Paper and methods for production of paper. Patent RU 2581862. 2016. (In Russ.)

Marten M., Kamutzki W. Aqueous solutions of polyamidoamine-epichlorohydrin resins, and preparation and use thereof. Patent US 5019606. 1991.

Papkov V.N., Rivin E.M., Blinov E.V. Styrene-butadiene rubbers. Synthesis and properties. Voronezh: VGUIT, 2015. 313 p. (In Russ.)

Varankina G.S., Rusakov V.S. Modification of phenol-formaldehyde resin by by-products of sulfate pulp production. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehneskoj Akademii*, 2013, iss. 204, pp. 130–137. (In Russ.)

Zagidullin R.N., Rasulev Z.G., Abdrafikova L.S., Guryanov V.E., Sarana N.V., Skachkov A.S. Method for preparation of amidoepichlorohydrin resin. Patent RU 2065454. 1996. (In Russ.)

Zhuravlev P.I. Rosin, turpentine, and their processing products. Moscow: Lesn. prom-st', 1988. 71 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 07.08.2024

Курзин А.В., Пискунов К.А., Таразанов А.А., Евдокимов А.Н., Корочинский А.Ю. Полиамидоамин-эпихлоргидриновые смолы на основе диспропорционированной талловой канифоли // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 253. С. 282–292. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.282-292

С целью расширения областей применения диспропорционированной талловой канифоли с низким значением цветности по шкале Гарднера и для получения проклеивающих составов (катионных клеев) для бумаги и картона синтезированы полиамидаминовые и полиамидоамин-эпихлоргидриновые смолы. Получение полиамидаминовой смолы на основе диспропорционированной талловой канифоли, адипиновой кислоты, диэтилентриамина и 2-аминоэтанола осуществляли в вакууме, при температуре 140–150 °С в течение 7 ч, а присоединение эпихлоргидрина к полиамидоамину и получение полиамидоамин-эпихлоргидриновой смолы – при 40–60 °С в течение 1 ч. Установлено, что 20%-ные растворы полиамидаминовой и полиамидоамин-эпихлоргидриновой смол стабильны при хранении в течение 30 суток при температуре 20–24 °С, динамическая вязкость при 25 °С составила 105 и 114 мПа·с соответственно. Цвет 50%-ных растворов ухудшился незначительно по сравнению с исходной диспропорционированной талловой канифолью – не более 3 по шкале Гарднера.

Ключевые слова: диспропорционированная талловая канифоль, диэтилентриамин, адипиновая кислота, эпихлоргидрин, полиамидаминовая смола, полиамидоамин-эпихлоргидриновая смола.

Kurzin A.V., Piskounov K.A., Tarazanov A.A., Evdokimov A.N., Korochinskiy A.Yu. Polyamidoamine-epichlorohydrin resins based on disproportionated tall oil rosin. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2025, iss. 253, pp. 282–292 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.282-292

In order to expand the areas of application of disproportionated tall oil rosin with a low color value on the Gardner scale and to obtain the sizing compositions (cationic sizes) for paper and cardboard, the polyamidoamine and polyamidoamine-epichlorohydrin resins have been synthesized. The synthesis of polyamidoamine resin based on disproportionated tall oil rosin, adipic acid, diethylenetriamine, and 2-aminoethanol was carried out in vacuum at 140–150 °C for 7 hours, the addition of epichlorohydrin to polyamidoamine and the preparation of polyamidoamine-epichlorohydrin resin – at 40–60 °C for 1 hour. It was found that 20% solutions of polyamidoamine and polyamidoamine-epichlorohydrin resins are stable when stored for 30 days at 20–24 °C, the dynamic viscosity at 25 °C was 105 and 114 mPa·s, respectively. The color of 50% solutions deteriorated slightly compared to the original disproportionated tall oil rosin not more 3 on the Gardner scale.

Keywords: disproportionated tall oil rosin, diethylenetriamine, adipic acid, epichlorohydrin, polyamidoamine resin, polyamidoamine-epichlorohydrin resin.

КУРЗИН Александр Вячеславович – доцент кафедры органической химии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, кандидат химических наук. ORCID: 0000-0001-6108-041X. SCOPUS AuthorID: 6602875595.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: zakora@mail.ru

KURZIN Aleksandr V. – PhD (Chemical), Assistant Professor of the Organic Chemistry Department, Higher School of Technology and Energetics, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. ORCID: 0000-0001-6108-041X. SCOPUS AuthorID: 6602875595.

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg. Russia. E-mail: zakora@mail.ru

ПISKУНОВ Кирилл Александрович – генеральный директор ООО «Янтарный поток».

165650, ул. имени Дыбцына, д. 42, г. Коряжма, Архангельская обл., Россия; директор по эффективности и развитию лесохимии АО «Группа «Илим». ORCID: 0009-0009-6163-3446.

191025, ул. Марата, д. 17, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: kir_us@mail.ru

PISKOUNOV Kirill A. – CEO of Amber Stream LLC. 165650. Dybtsyna str. 42. Koryazhma. Arkhangelsk Region. Russia; Excellence and Development Director, Forest Chemicals, JSC Ilim Group. ORCID: 0009-0009-6163-3446.

191025. Marata str. 17. St. Petersburg. Russia. E-mail: kir_us@mail.ru

ТАРАЗАНОВ Алексей Александрович – старший преподаватель кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. ORCID: 0009-0005-0722-6023. SCOPUS AuthorID: 57885562200.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: tarazanov-567@mail.ru

TARAZANOV Aleksey A. – Senior Lecturer of the Technology of Cellulose and Composite Materials Department, Higher School of Technology and Energetics, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. ORCID: 0009-0005-0722-6023. SCOPUS AuthorID: 57885562200.

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg, Russia. E-mail: tarazanov-567@mail.ru

ЕВДОКИМОВ Андрей Николаевич – заведующий кафедрой материаловедения и технологии машиностроения Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, доцент, кандидат химических наук. SPIN-код: 6931-6240. ORCID: 0000-0003-1419-9017. SCOPUS AuthorID: 7006217216. WoS ResearcherID: G-5637-2016.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: eanchem@mail.ru

EVDOKIMOV Andrey N. – PhD (Chemical), Head of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Higher School of Technology and Energetics, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Assistant Professor. SPIN-code: 6931-6240. ORCID: 0000-0003-1419-9017. SCOPUS AuthorID: 7006217216. WoS ResearcherID: G-5637-2016.

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg, Russia. E-mail: eanchem@mail.ru

КОРОЧИНСКИЙ Александр Юрьевич – студент кафедры органической химии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. ORCID: 0009-0009-0170-4863.

198095, ул. Ивана Черных, д. 4, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: korochinskii.s@gmail.com

KOROCHINSKIY Aleksandr Yu. – Student, Organic Chemistry Department, Higher School of Technology and Energetics, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. ORCID: 0009-0009-0170-4863.

198095, Ivana Chernykh str. 4. St. Petersburg, Russia. E-mail: korochinskii.s@gmail.com