

УДК 676.085.4

А. Ю. Ключев

Белорусский государственный технологический университет

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТЕРПЕНОМАЛЕИНОВЫХ СМОЛ ИЗ ЖИВИЧНОГО, ЭКСТРАКЦИОННОГО
И СУЛЬФАТНОГО СКИПИДАРОВ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРОВ**

Перспективность исследования свойств терпеномалеиновых смол (ТМС) и их модифицирования различными методами обусловлена наличием в Республике Беларусь достаточной сырьевой базы в виде возобновляемого терпеноидного сырья, а также возможности их промышленной переработки во вторичные продукты. Совместно с сотрудниками БГТУ для сокращения длительности процесса и увеличения выхода смолы ТМС была разработана технология ее производства в присутствии катализатора P_2O_5 . Для получения смол ТМС при более стабильных условиях предложены катализаторы NH_4Cl и NH_4I в количестве 0,05–0,50 мас. %, которые способствуют повышению выхода ТМС с 88,0 до 96,0%. При этом наблюдается снижение кислотного числа с 320,0 до 308,0 мг/КОН г и T_p с 65,0 до 45,0°C.

При обработке канифолетерпеномалеиновых аддуктов (КТМА), канифолетерпеностирольномалеиновых аддуктов (КТСМА), терпеномалеиновых смол, а также канифольномалеиновых аддуктов, модифицированных олеиновой кислотой (ОКМА), алканоламинами, многоатомными спиртами, ацетатами металлов, диаминами, эпоксидными смолами, октофорами N и S_{10} были получены новые ценные продукты и композиционные составы на их основе и разработаны их технологии. Синтезированные терпеномалеиновые смолы могут быть использованы в качестве отвердителя эпоксидных смол для получения лаковых покрытий, обладающих высокой механической прочностью и диэлектрикой.

Ключевые слова: модифицирование канифоли, канифолетерпеномалеиновые аддукты, терпетин, катализатор, малеиновый ангидрид, терпеномалеиновые смолы.

Для цитирования: Ключев А. Ю. Получение и исследование физико-химических свойств терпеномалеиновых смол из живичного, экстракционного и сульфатного скипидаров в присутствии катализаторов // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2021. № 1 (241). С. 147–152.

A. Yu. Klyuev

Belarusian State Technological University

**OBTAINING AND RESEARCH OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES
TERPENOMALINE RESINS FROM RESIN, EXTRACTIVE
AND SULFATE SKIPIDARS IN THE PRESENCE OF CATALYSTS**

The prospect of studying the properties of terpene-maleic resins (TMR) and their modification by various methods is due to the presence in the Republic of Belarus of a sufficient raw material base in the form of renewable terpenoid raw materials, as well as the possibility of their industrial processing into secondary products. Together with the staff of BSTU, in order to reduce the duration of the process and increase the yield of TMS resin, a technology for its production in the presence of a P_2O_5 catalyst was developed. To obtain TMS resins under more stable conditions, catalysts NH_4Cl and NH_4I have been proposed in an amount of 0.05–0.50 wt. %, which contribute to an increase in the yield of TMS from 88.0 to 96.0%. At the same time, there is a decrease in the acid number from 320.0 to 308.0 mg/KOH g and T_p from 65.0 to 45.0°C.

In the treatment of rosin-copolymerpene-maleic adducts (RCMA), rosin-copolyester-styrene-maleic adducts (RCSNA), terpene-maleic resins, as well as rosin-maleic adducts modified with oleic acid (OKMA), alkanolamines, polyhydric alcohols, N-epoxides, metal acetates, 10 new valuable products and composite compositions based on them and developed their technologies. The synthesized terpene-maleic resins can be used as a hardener for epoxy resins to obtain varnish coatings with high mechanical strength and dielectric.

Key words: modification of rosin, rosin-terpene-maleic adducts, terpetine, catalyst, maleic anhydride, terpene-maleic resins.

For citation: Klyuev A. Yu. Obtaining and research of physico-chemical properties terpenomaline resins from resin, extractive and sulfate skipidars in the presence of catalysts. *Proceedings of BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2021, no. 1 (241), pp. 147–152 (In Russian).

Введение. Одним из перспективных направлений вторичной переработки скипидаров является синтез на их основе терпеномалеиновых смол (ТМС), которые получают путем обработки скипидара малеиновым ангидридом (МА).

В зависимости от исходного сырья и условий проведения технологических процессов возможно получить большое разнообразие смол ТМС с различными свойствами, что позволяет их использовать в производстве различных видов продукции.

Пионером в области получения ТМА (или ТМС), несомненно, является фирма Hercules Powder, благодаря которой в 30-х гг. прошлого века были проведены большие исследования, посвященные синтезу этого продукта [1–4].

В 1980–2000 гг. глубокие и всесторонние исследования проводились в БГТУ на кафедре химической переработки древесины (г. Минск, Республика Беларусь). Заведующим кафедрой кандидатом химических наук А. И. Ламоткин, старшим преподавателем кафедры кандидатом технических наук А. Н. Проневичем и доцентом кафедры кандидатом химических наук Ю. П. Ключевым были проведены исследования [5–7] по получению ТМС из различных видов скипидара, индивидуальных терпеновых углеводородов и подобраны условия их получения.

Автором [7] была предложена схема взаимодействия терпеновых углеводородов скипидара с малеиновым ангидридом (рисунок).

В виду того что реакции взаимодействия терпеновых углеводородов скипидара (терпентина) с МА окончательно не изучены, можно только предположить, что бициклические терпеновые углеводороды типа α -пинена (1), β -пинена (2) и Δ^3 -карена (3) при 100,0°C и выше могут изомеризоваться в монотерпеновые углеводороды (реакция идет с раскрытием бицикла) типа α -терпинена (4), α -фелландрена (5), 2,4-*n*-ментадиена (6), 3,8(9)-*n*-ментадиена (7), которые далее, по всей вероятности, реагируют с МА, образуя смесь аддуктов ТМА.

На основе ТМС были синтезированы вторичные продукты, исследованы их свойства и применение в различных отраслях промышленности. Полученные данные легли в основу разработки технологии ТМС, которая была внедрена на ОАО «Лесохимик» (г. Борисов, Республика Беларусь).

Основная часть. В продолжение начатых в БГТУ работ совместно с ИФОХ НАН Беларуси для сокращения длительности процесса и увеличения выхода был разработан способ получения смолы ТМС в присутствии катализатора P_2O_5 [8, 9].

Смолы ТМС получали путем обработки живичного, экстракционного и сульфатного скипидаров при 140–200°C МА с последующей отгонкой остатков скипидара и МА под вакуумом. Количество вводимого МА рассчитывали из расчета 1 г · моль терпена на 1 г · моль МА.

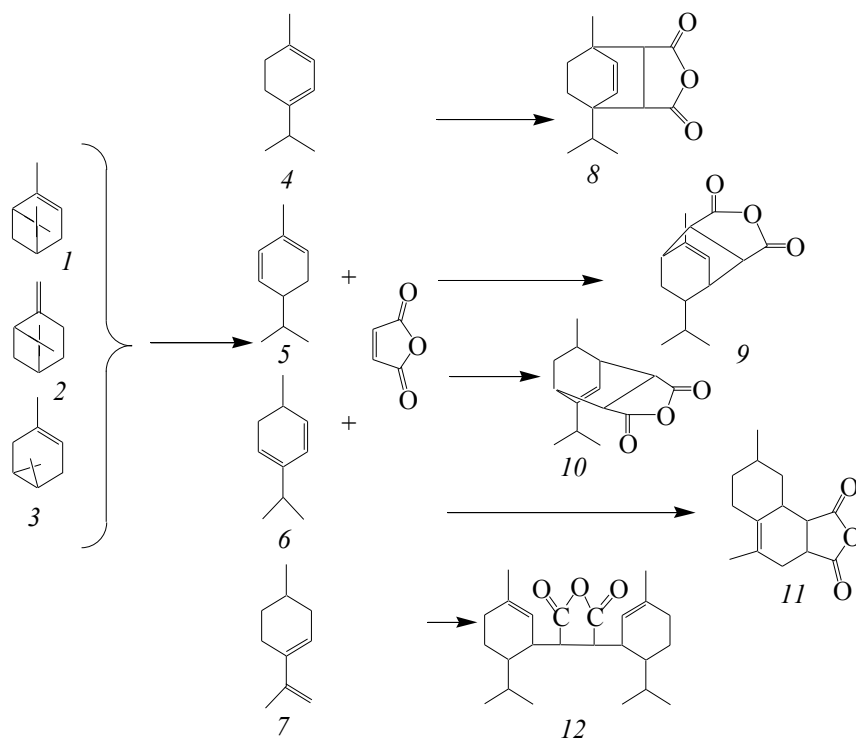


Схема получения терпеномалеиновых аддуктов:

- 1 – α -пинен; 2 – β -пинен; 3 – Δ^3 -карен; 4 – α -терпинен; 5 – α -фелландрен; 6 – 2,4-*n*-ментадиен;
7 – 3,8(9)-*n*-ментадиен; 8 – моноаддукт α -терпинена; 9 – моноаддукт α -фелландрена;
10 – моноаддукт 2,4-*n*-ментадиена; 11 – моноаддукт 3,8(9)-*n*-ментадиена; 12 – диаддукт

Контроль реакции проводили по изменению T_p смеси и содержанию остаточного МА. Если величина T_p смеси и содержание остаточного МА (не более 2,0 мас. %) оставались постоянными в течение 1 ч, реакцию прекращали.

В табл. 1 приводятся данные по получению и исследованию физико-химических свойств ТМС в присутствии катализатора P_2O_5 .

Как видно из данных табл. 1, вид используемого скипидара не оказывает влияния на физико-химические свойства получаемых ТМС. Необходимыми количествами фосфорного ангидрида, используемого в качестве катализатора, являются 0,05–0,15% от массы скипидара, которые способствуют повышению выхода целевого продукта и снижению продолжительности процесса при температуре 150–190°C.

Так, при $T_{реакц} = (170,0 \pm 2)^\circ\text{C}$ и количестве катализатора 0,05–0,15 мас. % физико-химические свойства для ТМС, полученных из живичного скипидара, составляют: $T_p = 60,0\text{--}54,0^\circ\text{C}$, КЧ = 320,0–312,0 мг КОН/г, выход – 90,4–94,1%; для ТМС, полученных из экстракционного скипидара: $T_p = 60,0\text{--}55,0^\circ\text{C}$, КЧ = 320,0–311,0 мг КОН/г, выход – 90–94%; для ТМС, полученных из сульфатного скипидара: $T_p = 60,0\text{--}55,0^\circ\text{C}$,

КЧ = 320,0–312,0 мг КОН/г, выход – 90–94%. При этом длительность процесса составляла 8–10 ч.

Как видно, увеличение массы катализатора P_2O_5 ведет к увеличению выхода ТМС, но при этом снижается T_p получаемых продуктов. Следует отметить, что процесс получения смолы ТМС в присутствии катализатора P_2O_5 протекает бурно, экзотермичен, идет с образованием пены и на производстве требует применения специальных пеногасителей. В связи с этим нами были предложены катализаторы NH_4Cl [10, 11] и NH_4I [12], использование которых дало возможность получить смолу ТМС при более стабильных условиях.

В табл. 2 приведены данные физико-химических свойств смолы ТМС, полученной в присутствии катализатора NH_4Cl .

Как видно из данных табл. 2, необходимыми количествами катализатора NH_4Cl , которые способствуют увеличению выхода целевого продукта от 89,0 до 94,0% и сокращению продолжительности процесса с 9 до 6 ч при $T_{реакц} = (170 \pm 2)^\circ\text{C}$, являются 0,05–0,35% от массы скипидара. При этом T_p продуктов снижается с 60,0 до 50,0°C, а КЧ – с 320,0 до 310,0 мг КОН/г.

Таблица 1

**Получение и исследование физико-химические свойства смол ТМС в присутствии P_2O_5
($T_{реакц} = 140\text{--}200^\circ\text{C}$, $P = 0,0026$ МПа)**

Вид скипидара	$T_{реакц}$, °C	Массовая доля P_2O_5 , мас. %	τ , ч	T_p , °C	КЧ, мг КОН/г	Выход смолы ТМС, %
Скипидар живичный	140 ± 2	0,05	16	49,0	320,0	86,2
	150 ± 2	0,10	14	56,0	315,0	91,2
	170 ± 2	0,04	10	60,0	320,0	87,1
	170 ± 2	0,05	10	60,0	320,0	90,4
	170 ± 2	0,10	9	56,0	314,0	92,2
	170 ± 2	0,15	8	54,0	312,0	94,1
	170 ± 2	0,20	7	51,0	310,0	94,0
	190 ± 2	0,10	8	57,0	312,0	91,6
	200 ± 2	0,05	8	66,0	320,0	86,4
Скипидар экстракционный	140 ± 2	0,05	16	46,0	320,0	86,7
	150 ± 2	0,10	14	56,0	315,0	91,0
	170 ± 2	0,04	10	60,0	320,0	87,2
	170 ± 2	0,05	10	60,0	320,0	90,0
	170 ± 2	0,10	9	57,0	315,0	92,0
	170 ± 2	0,15	8	55,0	311,0	94,0
	170 ± 2	0,20	7	50,0	310,0	94,0
	190 ± 2	0,10	8	58,0	313,0	91,2
	200 ± 2	0,05	8	67,0	320,0	87,5
Скипидар сульфатный	140 ± 2	0,10	14	50,0	315,0	86,8
	150 ± 2	0,10	12	56,0	315,0	90,8
	170 ± 2	0,04	10	60,0	320,0	86,0
	170 ± 2	0,05	10	60,0	320,0	90,0
	170 ± 2	0,10	9	57,0	315,0	91,8
	170 ± 2	0,15	8	55,0	312,0	94,0
	170 ± 2	0,20	7	50,0	310,0	93,9
	190 ± 2	0,10	8	58,0	315,0	91,1
	200 ± 2	0,10	7	67,0	314,0	87,0

Таблица 2

Получение и исследование физико-химические свойства смол ТМС в присутствии NH_4Cl
 $(T_{\text{реакц}} = (170 \pm 2)^\circ\text{C}, P = 0,0026 \text{ МПа})$

Вид скипидара	Массовая доля NH_4Cl , мас. %	τ , ч	T_p , $^\circ\text{C}$	КЧ, мг КОН/г	Выход смолы ТМС, %
Скипидар живичный	0,04	11,0	60,0	320,0	88,0
	0,05	9,0	60,0	320,0	89,0
	0,10	8,5	59,0	318,0	91,0
	0,15	8,0	58,0	316,0	91,5
	0,20	7,5	56,0	314,0	92,0
	0,25	7,0	55,0	312,0	93,0
	0,30	6,5	53,0	311,0	94,0
	0,35	6,0	50,0	310,0	94,0
	0,40	5,5	49,0	310,0	95,0
0,50	5,0	48,0	309,0	96,0	

Таблица 3

Получение и исследование физико-химические свойства смол ТМС в присутствии NH_4I
 $(T_{\text{реакц}} = (170 \pm 2)^\circ\text{C}, P = 0,0026 \text{ МПа})$

Вид скипидара	Массовая доля NH_4I , мас. %	τ , ч	T_p , $^\circ\text{C}$	КЧ, мг КОН/г	Выход смолы ТМС, %
Скипидар живичный	0,04	11,0	60,0	320,0	88,0
	0,05	9,0	59,0	319,0	89,0
	0,10	7,5	58,0	318,0	91,0
	0,20	7,0	55,0	316,0	92,0
	0,30	6,0	51,0	316,0	93,0
	0,40	5,5	48,0	314,0	96,0
	0,50	5,0	45,0	308,0	96,0
	0,60	5,0	45,0	308,0	96,0

В табл. 3 приведены данные по получению и исследованию физико-химических свойств разработанной нами смолы ТМС в присутствии катализатора NH_4I . Необходимыми количествами катализатора NH_4I являются: 0,05–0,50% от массы скипидара, которые способствуют увеличению выхода целевого продукта от 89,0 до 96,0% и уменьшению продолжительности процесса с 9 до 5 ч при $T_{\text{реакц}} = (170 \pm 2)^\circ\text{C}$. При этом T_p продуктов снижается с 59,0 до 45,0 $^\circ\text{C}$, а КЧ с 319,0 до 308,0 мг КОН/г.

Благодаря бифункциональности смолы ТМС обладают высокими реакционноспособными свойствами, что делает их ценными для синтеза вторичных продуктов, которые по своим физико-химическим свойствам превосходят аналоги, полученные на основе традиционной канифоли СЖК, и имеют перспективы для проведения дальнейших исследований по их использованию.

Таким образом, разработаны три способа получения смолы ТМС [9–12], которые с успехом могут быть использованы для проведения дальнейших исследований по созданию на их основе новых эффективных материалов. Так, по способу получения [9] в рамках продажи

лицензии № 708 (8907) АО «Объединенные бумажные фабрики» (г. Валкеакоски, Финляндия) на ОАО «Лесохимик» было наработано 28,0 т смолы ТМС. Благодаря содержанию моноэтанолаиновых солей ТМС рабочие растворы СОЖ ЛХ-1 и ЛХ-2 обладают хорошими моющими и смазывающими свойствами. По способу получения [10, 11] на ПО «Оргхим» (г. Урень, Российская Федерация) была наработана 1,0 т смолы ТМС, которая была использована для получения «Лака электроизоляционного покровного ЛА-6Г».

В ХТЦ НАН Беларуси смола ТМС использовалась при производстве СОЖ ЛХ-1 и ЛХ-2 [9, 12, 13] и поставлялась на предприятия Республики Беларусь, где применялась механическая обработка металлов, которая была использована для получения антисептического состава АС-1.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволили разработать новые малеиновые аддукты и их технологии, которые по своим физико-химическим свойствам превосходят основную живичную канифоль и являются уникальными ее заменителями. Использование катализаторов повышает выход смолы ТМС и сокращает время ее получения.

Список литературы

1. Terpene-maleic anhydride reaction, product and method of production: pat. US 1993031 [Electronic resource]. Publ. date 05.03.1935. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1993031A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19350305&DB=EPODOC&locale=ru_ru (date of access: 20.09.2016).
2. Synthetic resin and method of producing: pat. US 1978598 [Electronic resource]. Publ. date 30.10.1934. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1978598A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19341030&DB=EPODOC&locale=ru_ru (date of access: 20.09.2016).
3. Synthetic resin and method of producing the same: pat. US 1993032 [Electronic resource]. Publ. date 05.03.1935. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1993032A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19350305&DB=EPODOC&locale=ru_ru (date of access: 20.09.2016).
4. Composition of matter and method of producing: pat. US 1993027 [Electronic resource]. Publ. date 24.07.1934. URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1993027A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19350305&DB=EPODOC&locale=ru_ru (date of access: 20.09.2016).
5. Препрег: а. с. SU 1068447. № 3472992; заявл. 15.06.1982; опубл. 23.01.1984. Бюл. № 3. 6 с.
6. Препрег: а. с. SU 1062230. № 3472991; заявл. 15.06.1982; опубл. 23.12.1983. Бюл. № 47. 6 с.
7. Проневич А. Н. Получение, свойства и применение терпеномалеиновых смол: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / Бел. гос. технол. ун-т. Минск, 1999. 22 с.
8. Терпеномалеиновая смола – новый лесохимический продукт, выпускаемый на Борисовском бумажно-лесохимическом заводе / А. И. Ламоткин [и др.] // Химия и использование экстрактивных веществ дерева: III Всесоюз. науч.-техн. конф., Горький, 15–18 мая 1990 г.: тез. докл. / Науч. совет АН СССР по проблеме «Химия древесины и ее основных компонентов», М-во лесн. пром-ти СССР, Центр. и Горьков. обл. правления ВНТОбумдревпрома [и др.]. Горький, 1990. С. 21–22.
9. Способ получения терпеномалеиновой смолы: а. с. 1678011 СССР, МКИ С 08 F 122/06; № 4721136/05; заявл. 19.07.89; опубл. 15.05.91 (Без права публикации в открытой печати).
10. Композиция для антикоррозионного покрытия: пат. 2017771 РФ, МКИ С 09 D 5/08, С 09 D 163/02, С 09 D 155:04; № 4954424/05; заявл. 29.04.91; опубл. 15.08.94. Офиц. бюл. № 15. С. 79.
11. Композиция для антикоррозионного покрытия: пат. 1103 Респ. Беларусь, МКИ С 09 D 163/02, С 09 D 5/08, (С 09 D 163/02, 153:04); № 1852 А; заявл. 31.03.94; опубл. 14.03.96. Афіцыйны бюл. № 1. С. 124.
12. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлических сплавов и способ ее получения: пат. 4211 Респ. Беларусь, МПК7 С 10 М 173/02, (С 10 М 173/02Б 125:20, 125:24, 133:04), С 10 N 40:20; № 970677; заявл. 04.12.97; опубл. 30.12.01. Афіцыйны бюл. № 4. С. 150.
13. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлических сплавов: пат. 7936 Респ. Беларусь, МПК7 С 10 М 173/02, (С 10 М 173/02, 125:20, 125:24, 133:04), С 10 T 40:20; № а20020429; заявл. 21.05.02; опубл. 30.12.03. Афіцыйны бюл. № 2. С. 90–91.

References

1. Peterson E. G. Terpene-maleic anhydride reaction, product and method of production: pat. US 1993031. Publ. date 05.03.1935. Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1993031A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19350305&DB=EPODOC&locale=ru_ru (accessed 20.09.2016).
2. Peterson E. G. Synthetic resin and method of producing: pat. US 1978598. Publ. date 30.10.1934. Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1978598A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19341030&DB=EPODOC&locale=ru_ru (accessed 20.09.2016).
3. Peterson E. G. Synthetic resin and method of producing the same: pat. US 1993032. Publ. date 05.03.1935. Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1993032A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19350305&DB=EPODOC&locale=ru_ru (accessed 20.09.2016).
4. Peterson E. G. Composition of matter and method of producing: pat. US 1993027. Publ. date 24.07.1934. Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=1993027A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19350305&DB=EPODOC&locale=ru_ru (accessed 20.09.2016).
5. Shlyashinskiy R. G., Horuzhiy V. M., Kluev Yu. P., Manukov E. N., Shaginov A. A., Meteshkina L. P., Savinyh G. V., Vahrameeva A. A. *Prepreg* [Prepreg]. Certificate of authorship SU, no. 1068447, 1984.

6. Shlyashinskiy R. G., Horuzhiy V. M., Manukov E. N., Kluev Yu. P., Voytehovskaya G. I., Kazuscik V. G., Mihaylovskaya L. I. *Prepreg* [Prepreg]. Certificate of authorship SU, no. 1062230, 1983.

7. Pronevich A. N. *Polucheniye, svoystva i primeneniye terpenomaleinovykh kislot: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Obtaining, properties and application of terpene-maleic resins: abstract of thesis PhD (Engineering)]. Minsk, 1999. 22 p.

8. Lamotkin A. I., Pronevich A. N., Shlyashinskiy R. G., Kluev A. Yu. Terpene-maleic resin is a new wood chemical product produced at the Borisov paper and wood chemical plant. *Materialy III Vsesoyuznoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Khimiya i ispol'zovaniye ekstraktivnykh veschestv dereva"* (Nauchnyy sovet An SSSR po probleme "Khimiya drevesiny i eyo osnovnykh komponentov") [Materials of the III All-union scientific and technical conference "Chemistry and use of wood extractives" (Scientific Council of the USSR Academy of Sciences on the problem "Chemistry of wood and its main components")]. Gorky, 1990, pp. 21–22 (In Russian).

9. Lamotkin A. I., Pronevich A. N., Shlyashinskiy R. G., Kluev A. Yu., Puyat S. S., Peshkov I. B., Izrailev A. E., Belyy D. I., Strakh A. K., Mel'nikov Z. E. *Sposob polucheniya terpenomaleinovoy smoly* [Method of obtaining terpene maleic resin]. Certificate of authorship SU, no. 1678011, 1991.

10. Shlyashinskiy R. G., Kluev A. Yu., Izrailev A. E., Belyy D. I., Valendo A. Ya., Sodatov V. S., Titov A. I., Erdman A. A., Puyat S. S., Zelenina R. I., Kluev Yu. P., Adrianov A. V., Antonevich I. V. *Kompozitsiya dlya antikorrozionnogo pokrytiya* [Composition for anti-corrosion coating]. Patent RF, no. 2017771, 1994.

11. Shlyashinskiy R. G., Kluev A. Yu., Turchaninova I. V., Erdman A. A., Stromskiy A. S., Titov A. I., Izrailev A. E., Puyat S. S., Belyy D. I., Zelenina R. I. *Kompozitsiya dlya antikorrozionnogo pokrytiya* [Composition for anti-corrosion coating]. Patent BY, no. 1103, 1996.

12. Kluev A. Yu., Shlyashinskiy R. G., Erdman A. A., Stromskiy A. S., Petuhov A. A., Zhdanovich O. E., Rakovskiy V. V. *Smazochno-ohlazhdayuschaya zhidkost' dlya mekhanicheskoy obrabotki metallicheskih splavov i sposob eyo polucheniya* [Cooling lubricant for mechanical processing of metal alloys and a method for its production]. Patent BY, no. 4211, 2001.

13. Kluev A. Yu., Petukhov A. A., Agabekov V. E., Prokopchuk N. R., Zhdanovich O. E., Stromskiy A. S., Udarov B. G. *Smazochno-okhlazhdayuschaya zhidkost' dlya mekhanicheskoy obrabotki metallicheskih splavov* [Cooling lubricant for mechanical processing of metal alloys]. Patent BY, no. 7936, 2004.

Информация об авторе

Клюев Андрей Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: andrey_kluev_bstu@mail.ru

Information about the author

Klyuev Andrey Yur'evitch – DSc (Engineering), Professor of the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: andrey_kluev_bstu@mail.ru

Поступила 11.11.2020