

УДК 665.947

**Т. В. Чернышева, Н. В. Черная, С. А. Гордейко, С. В. Карпова,
О. А. Мисюров, С. А. Дашкевич**

Белорусский государственный технологический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООКИСЛЕНИЯ
СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ КАНИФОЛИ В ПРИСУТСТВИИ КАТИОНОВ
МЕТАЛЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ВАЛЕНТНОСТИ**

Исследован процесс термоокисления смоляных кислот живичной канифоли в присутствии кислорода воздуха, металлов переменной валентности (Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+}) и без них.

Установлено, что воздействие температуры 250°C в течение 5 ч в сочетании с пропусканием кислорода воздуха (скорость подачи кислорода воздуха 650 см³/мин) приводит к изменению физико-химических показателей канифоли. Об этом свидетельствует снижение кислотного и йодного чисел на 10,8 мг КОН/г и 9,8 г I₂/100 соответственно, увеличение температуры размягчения на 6,8°C, усиление интенсивности окраски полученных образцов на 3–4 эталона цветности, увеличение содержания окисленных веществ в 3,6 раза в сравнении с показателями исходной канифоли.

Показано, что присутствие катионов металлов переменной валентности при окислении кислородом воздуха приводит к увеличению скорости протекающих процессов.

Так, наличие в реакционной смеси каждого из катионов при температуре термоокисления 200°C в том же временном интервале приводит к увеличению концентрации окисленных веществ в сравнении с термоокислением без них в тех же условиях.

Увеличение концентрации катионов металлов переменной валентности (на примере катионов Co^{2+}) в условиях термоокисления кислородом воздуха способствует повышению скорости образования окисленных смоляных кислот канифоли, однако увеличение продолжительности окисления не оказывает заметного влияния на этот процесс.

Окисленные смоляные кислоты канифоли имеют различную степень окисления. Повышение температуры нагрева, наличие в реакционной смеси катионов металлов переменной валентности, присутствие кислорода и следов влаги – все это способствует повышению содержания окисленных веществ и переходу их в высшую стадию продуктов окисления, что отражается на качественном и количественном составе продуктов окисления смоляных кислот канифоли.

Ключевые слова: термоокисление, смоляные кислоты канифоли, катионы металлов переменной валентности, кислотное число, йодное число, окисленная канифоль.

**T. V. Chernysheva, N. V. Chernaya, S. A. Gordeyko, S. V. Karpova,
O. A. Misyurov, S. A. Dashkevich**

Belarusian State Technological University

**THE ANALYSIS OF THERMAL OXIDATION PROCESSES OF RESIN ACID
WITH METAL CATIONS OF VARIABLE VALENCE**

The process of thermal oxidation of gum rosin resin acids in the presence of air oxygen, metals of variable valences (Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+}) and without them was investigated.

It was found that exposure to a temperature of 250°C for 5 hours in combination with transmission of atmospheric oxygen (air oxygen supply rate of 650 cm³/min) leads to a change in the physicochemical parameters of rosin.

This is evidenced by a decrease in acid and iodine numbers by 10.8 mg KOH/g and 9.8 g I₂/100, respectively, an increase in softening temperature by 6.8°C, an increase in the colour intensity of the obtained samples by 3-4 colour standards, an increase in the content of oxidized substances by 3.6 times in comparison with the initial rosin parameters.

It has been shown that the presence of cations of metals of variable valences during oxidation by atmospheric oxygen leads to an increase in the ongoing process rate.

Thus, the presence of each of the cations in the reaction mixture at a temperature of thermal oxidation of 200°C in the same time interval leads to an increase in the concentration of oxidized substances in comparison with thermal oxidation without them under the same conditions.

An increase in the concentration of metal cations of variable valences (for example, Co^{2+} cations) under conditions of thermal oxidation with atmospheric oxygen contributes to an increase in the rate of formation of oxidized rosin resin acids. However, an increase in the oxidation duration does not significantly affect this process.

Oxidized rosin resin acids have varying degrees of oxidation. An increase in the heating temperature, the presence in the reaction mixture of metal cations of variable valences, the presence of oxygen and moisture traces – all this contributes to an increase in the content of oxidized substances and their transition to the higher stage of oxidation products, which affects the qualitative and quantitative composition of the oxidation products of rosin resin acids.

Key words: thermo oxidation, rosin resin acids, cations of metals of variable valences, acid number, iodine number, oxidized rosin.

Введение. Возрастающая потребность многих отраслей промышленности в продукции лесохимических производств, особенно в канифоли, несомненна. Одним из наиболее перспективных направлений использования канифоли и продуктов ее модификации является целлюлозно-бумажная промышленность. Выпуск массовых видов бумаги и картона с улучшенными показателями качества (в особенности с высокой степенью гидрофобности) позволяет повысить их конкурентоспособность и экспортоориентированность [1, 2].

Улучшение цвета канифольных продуктов, которое достигается за счет снижения в них продуктов термоокислительных превращений смоляных кислот канифоли, позволяет использовать их не только для получения технических видов бумаги и картона, но и для писчих и печатных видов продукции и полиграфического картона.

В Республике Беларусь востребованность в канифольных продуктах является достаточно высокой, поскольку производимая бумажная и картонная продукция реализуется на внутреннем рынке и экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья, что имеет важное практическое значение.

Известные методы модификации канифоли основаны на взаимодействии ее смоляных кислот с требуемыми реагентами при достаточно высоких температурах (150–250°C) в присутствии кислорода воздуха в оборудовании, изготовленном из легированной стали. В состав этой стали входят соединения, содержащие катионы металлов переменной валентности, в особенности кобальта, никеля, хрома, железа и марганца. Поэтому в составе стали присутствуют катионы двухвалентных (Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Cr^{2+} , Mn^{2+}) и трехвалентных (Co^{3+} , Ni^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+}) металлов [3].

В то же время присутствующие в смоляных кислотах сопряженные двойные связи способны быстро окисляться при их термической обработке из-за присутствующего кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности, находящихся на контактирующей с ними поверхности оборудования. Все это приводит к появлению и накоплению окисленных смоляных кислот канифоли, что оказывает существенное негативное влияние на физико-химические

свойства продуктов модификации смоляных кислот канифоли и область применения. Неконтролируемые процессы окисления смоляных кислот приводят также к нежелательному ухудшению свойств канифоли из-за снижения показателей ее цветности и растворимости, а также повышения температуры размягчения [4, 5].

Основной нерешенной научной проблемой является отсутствие закономерностей влияния кислорода воздуха, вида и содержания катионов металлов переменной валентности, присутствующих в реакционной смеси, на физико-химические свойства продуктов окисления смоляных кислот канифоли.

Цель исследования – изучение влияния температуры, расхода кислорода воздуха, вида и содержания катионов металлов переменной валентности на физико-химические свойства полученных продуктов окисления смоляных кислот канифоли.

Основная часть. Предметом исследования являлся процесс термоокисления смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха и металлов переменной валентности – кобальта Co^{2+} , никеля Ni^{2+} , железа Fe^{2+} , марганца Mn^{2+} и хрома Cr^{3+} .

Объектом исследования являлись окисленные смоляные кислоты живичной канифоли.

Исходная живичная канифоль имела следующие физико-химические характеристики:

- внешний вид – прозрачная стекловидная масса янтарного цвета;
- кислотное число KOH/g – 174,5 мг;
- йодное число $\text{I}_2/100$ – 118,5 г;
- температура размягчения – 70,0°C;
- массовая доля неомыляемых веществ – 6,1 %;
- содержание окисленных веществ – 5,45 %;
- интенсивность окраски – X, Wg.

Для достижения поставленной цели решены следующие основные задачи:

- разработана методика термоокисления смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха;
- разработана методика термоокисления смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности;
- изучено влияние температуры, расхода кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности на физико-химические

свойства продуктов окисления смоляных кислот канифоли;

– определено содержание окисленных продуктов смоляных кислот канифоли после ее термоокисления в присутствии кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности.

Процесс термоокисления смоляных кислот канифоли проводили в трехгорлой колбе, снабженной механическим перемешивающим устройством, контактном термометром с терморегулятором для создания и поддержания определенной заданной температуры. Продувку воздуха в расплавленную канифоль осуществляли с помощью специального устройства Air-румп AC-1000.

Скорость подачи кислорода воздуха составляла 650 см³/мин.

Исследования проводили в течение 5 ч при заданных температурах (150, 200 и 250°C) с продувкой кислорода воздуха и для сравнения без продувки кислородом воздуха.

Через каждый час отбирали пробы окисленной канифоли и для них определяли физико-химические характеристики по стандартным методикам, описанным в [6, 7].

Результаты исследования приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что термическая обработка канифоли в течение 5 ч при температуре 150°C не влияет на ее физико-химические свойства. При увеличении температуры от 150 до 250°C наблюдается снижение кислотного и йодного чисел от 174,2 до 168,3 мг КОН/г и от 118,1 до 115,6 г I₂/100 соответственно. Получено, что термическое воздействие на канифоль при температуре, например, 250°C приводит к возрастанию концентрации окисленных веществ по сравнению с исходной канифолью почти в 2 раза; при этом интенсивность окраски соответствует эталонам F, E, что в соответствии с эталонной шкалой интенсивности цвета позволяет отнести

исследуемый образец канифоли к канифоли II сорта.

Следует отметить, что воздействие высоких температур при одновременном пропускании кислорода воздуха через расплавленную канифоль приводит к существенному изменению качественного и количественного состава смоляных кислот канифоли.

Определено, что термоокисление в этих условиях исследуемых образцов уже при температуре 150°C сопровождается снижением кислотного и йодного чисел по сравнению с исходной канифолью на 5,1 мг КОН/г и 2,4 г I₂/100. При этом содержание окисленных веществ повышается в 2,9 раза.

Установлено, что в аналогичных условиях термоокисления при температуре 250°C происходит дальнейшее снижение кислотного и йодного чисел. При этом температура размягчения окисленной канифоли возрастает на 6,8°C. Содержание окисленных веществ увеличивается до 18,35%, что по сравнению с исходной канифолью больше в 3,3 раза.

Необходимо отметить, что цветность окисленной канифоли ухудшается с возрастанием температуры. Если после нагрева канифоли в течение 5 ч при температуре 150°C ее цветность определялась эталонами H, G, что соответствовало показателям I сорта, то термическое воздействие при 200 и 250°C в том же временном интервале позволяет снизить цветность канифоли на 2 и 4 эталона соответственно, что позволяет отнести ее к канифоли только II сорта.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в продуктах термоокисления смоляных кислот канифоли накапливаются окисленные смоляные кислоты, что приводит к снижению кислотного и йодного чисел. Пропускание воздуха и возрастание температуры способствуют ускорению процесса окисления.

Таблица 1

Физико-химические показатели продуктов термоокисления смоляных кислот канифоли в зависимости от температуры

Условия процесса термоокисления		Физико-химические показатели				
Температура, °C	Продолжительность, ч	Кислотное число, мг КОН/г	Йодное число, г I ₂ /100	Температура размягчения, °C	Интенсивность окраски (эталон цветности)	Содержание окисленных веществ, %
Без подачи кислорода воздуха						
150	5	174,2	118,1	70,5	X, Wg	5,95
200		170,5	116,3	72,1	H, G	7,83
250		168,3	115,6	73,6	F, E	10,12
В присутствии кислорода воздуха						
150	5	170,6	116,3	73,2	H, G	15,96
200		166,5	114,5	75,4	F, E	17,84
250		163,7	108,7	76,8	E, D	18,35

Из литературных источников [8] известно, что присходящие процессы окисления и самоокисления можно объяснить существующей научно обоснованной перекисной теорией окислительных процессов Баха – Энглера, которая хорошо согласуется с новыми данными цепной теории [9], согласно которой первичными продуктами окисления канифоли являются неустойчивые перекисные соединения различных типов. При окислении ненасыщенных смоляных кислот образуются ненасыщенные гидропероксиды. Их отличительной особенностью является повышенная неустойчивость. Они разлагаются с образованием соединений, содержащих спиртовые и кетонные группы, и превращаются во вторичные продукты окисления – окисоединения.

Механизм окисления смоляных кислот канифоли сводится к внедрению атомов кислорода между углеродом и водородом в альфа-положении к двойной связи с образованием гидроксильных групп, что приводит к образованию окисислот [9].

Окисленные вещества смоляных кислот канифоли имеют различную степень окисления и являются в основном продуктами альфа-сапиновой кислоты.

Установлено, что в процессе окисления смоляных кислот канифоли образуются промежуточные продукты окисления – окисислоты, содержащие пять и менее атомов кислорода и имеющие одну или несколько гидроксильных групп. Для них характерна низкая степень окисления. Они могут иметь, как известно [10], общие эмпирические формулы $C_{20}H_{26}O_4$, $C_{20}H_{26}O_5$ и $C_{20}H_{28}O_5$.

Повышение температуры, увеличение продолжительности нагрева и присутствие следов влаги – все это способствует повышению содержания окисленных веществ и переходу их в высшую степень продуктов окисления. Этот переход сопровождается образованием новых гидроксильных полярных групп, чем можно объяснить снижение показателей кислотного и йодного

чисел. Высшие продукты окисления смоляных кислот канифоли могут иметь общие эмпирические формулы $C_{20}H_{30}O_5$ и $C_{20}H_{30}O_6$ [11].

Установлено, что в условиях окисления смоляных кислот канифоли образуется хромоформная *n*-хиноидная группировка, благодаря которой продукты окисления имеют интенсивную окраску, что согласуется с данными авторов работы [9]. Этим обстоятельством можно объяснить установленный нами тот факт, что, во-первых, с возрастанием температуры и, во-вторых, в присутствии кислорода воздуха при термоокислении изменяется цветность канифоли от светлых тонов к темноокрашенным. Содержание окисислот, имеющих *n*-хиноидную группировку, может достигать 60%.

Изучение процессов термоокисления смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности проводили по той же методике. Отличие состояло в том, что в реакционную систему дополнительно вводили реагенты, содержащие катионы металлов переменной валентности – кобальта Co^{2+} , никеля Ni^{2+} , железа Fe^{2+} , марганца Mn^{2+} и хрома Cr^{3+} .

Исследования проводили для каждого реагента отдельно путем введения его в реакционную смесь в количествах, соответствующих концентрации катионов металлов переменной валентности, равной 0,1%. Эксперимент проводили при температуре 200°C в том же временном интервале (5 ч) с отбором проб для исследования качественного и количественного состава окисленных смоляных кислот. В качестве реагентов, содержащих катионы металлов переменной валентности Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и Cr^{3+} , были использованы амидоаммониевые соли малеопимаровой кислоты таких металлов переменной валентности, как кобальт, никель, железо, марганец и хром. Эти соли были синтезированы ранее на кафедре химической переработки древесины БГТУ [12].

Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели продуктов термоокисления смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и Cr^{3+}

Условия процесса термоокисления			Физико-химические показатели				
Катион металла	Температура, °С	Продолжительность, ч	Кислотное число, мг КОН/г	Йодное число, г $I_2/100$	Температура размягчения, °С	Интенсивность окраски (эталон цветности)	Содержание окисленных веществ, %
Co^{2+}	200	5	154,7	137,1	77,0	D	19,17
Ni^{2+}			163,4	122,2	75,9	E, D	18,82
Fe^{2+}			159,6	139,4	76,8	E, D	19,74
Mn^{2+}			162,9	132,3	75,7	D	18,56
Cr^{3+}			163,4	124,0	77,1	E, D	19,05

Наличие катионов металлов переменной валентности Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и Cr^{3+} при термоокислении смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха интенсифицирует процесс образования хромоформной *n*-хиноидной группировки. Этим можно объяснить причину ухудшения цветности всех полученных образцов окисленной канифоли, интенсивность окраски которых соответствует показателям канифоли только II сорта. Одной из основных причин является, по нашему предположению, возрастание скорости всех протекающих процессов окисления.

Установлено, что наличие в реакционной смеси каждого из исследуемых катионов при температуре термоокисления 200°C в том же временном интервале (5 ч), как видно из табл. 2, приводит к увеличению концентрации окисленных веществ в сравнении с термоокислением без них в аналогичных условиях (табл. 1).

Установлено, что наибольшей каталитической активностью в изучаемых нами процессах обладают катионы Co^{2+} и Fe^{2+} , а наименьшей – катионы Cr^{3+} .

Необходимо отметить, что в продуктах окисления смоляных кислот канифоли, полученных при термоокислении в присутствии отдельно каждого из исследуемых катионов, наблюдается увеличение йодного числа (табл. 2) в отличие от значений этого показателя, полученных в предыдущем эксперименте (табл. 1). Это может быть связано, на наш взгляд, с тем, что дополнительное присутствие в реакционной смеси исследуемых катионов металлов переменной валентности (Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и Cr^{3+}) может оказывать влияние на структуру образовавшихся аминокислот, имеющих более ненасыщенный характер, количество двойных связей в которых больше двух. В продуктах окисления смоляных кислот канифоли, полученных при термоокислении в присутствии катионов металлов переменной валентности, таких ненасыщенных оксикислот может быть преобладающее количество [13]

Для изучения влияния концентрации и продолжительности воздействия катионов металлов переменной валентности на физико-химические свойства продуктов окисления смоляных кислот канифоли на примере катиона кобальта Co^{2+} процесс термоокисления проводили при его концентрациях 0,1, 0,3 и 0,5% в течение 5 и 10 ч и температуре 200°C .

Полученные данные представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что увеличение концентрации катионов металлов переменной валентности (на примере катионов Co^{2+}) в условиях термоокисления смоляных кислот канифоли способствует повышению скорости образования продуктов окисления. Однако увеличение продолжительности процесса окисления от 5 до 10 ч (в 2 раза) не оказывает заметного влияния на этот процесс.

Таким образом, присутствие катионов металлов переменной валентности при термоокислении смоляных кислот канифоли в присутствии кислорода воздуха не только приводит к возрастанию скорости реакций окисления, но и способствует накоплению в образовавшихся продуктах в преобладающих количествах оксикислот, отличающихся от обычных ненасыщенностью структуры.

Закключение. Разработаны две методики термоокисления смоляных кислот канифоли в зависимости от условий протекающего процесса. Первая методика основана на применении кислорода воздуха, а вторая – на одновременном использовании кислорода воздуха и таких катионов металлов переменной валентности, как кобальт Co^{2+} , никель Ni^{2+} , железо Fe^{2+} , марганец Mn^{2+} и хром Cr^{3+} . Они использованы для изучения влияния температуры, кислорода воздуха и катионов металлов переменной валентности на процесс термоокисления смоляных кислот канифоли и физико-химические свойства полученных продуктов. Результаты исследования позволили сделать четыре важных вывода.

Таблица 3

Влияние концентрации катионов кобальта Co^{2+} и продолжительности термоокисления на физико-химические свойства окисленной канифоли

Условия процесса термоокисления			Физико-химические показатели			
Концентрация катионов Co^{2+} , %	Температура, $^\circ\text{C}$	Продолжительность, ч	Кислотное число, мг КОН/г	Температура размягчения, $^\circ\text{C}$	Интенсивность окраски (эталон цветности)	Содержание окисленных веществ, %
0,1	200	5	164,7	77,0	D	19,17
		10	153,9	77,3	D	19,96
0,3	200	5	152,4	78,2	D, B	21,15
		10	151,8	79,1	B	22,05
0,5	200	5	150,6	80,4	D, B	23,19
		10	149,7	80,9	B	23,54

Во-первых, кислород воздуха, участвующий в процессе термоокисления смоляных кислот канифоли, когда температура увеличивается от 150 до 250°C, способствует повышению содержания окисленных веществ. Установлено, что повышение температуры от 150 до 250°C приводит к снижению кислотного числа от 170,6 до 163,7 мг КОН/г, уменьшению йодного числа от 116,3 до 108,7 г I₂/100 и увеличению температуры размягчения от 73,2 до 76,8°C. Содержание окисленных веществ при температуре термоокисления 250°C составило 18,35%, что в 3,3 раза превышает этот показатель, характерный для исходной канифоли. Это приводит к изменению качественного и количественного состава окисленной канифоли, имеющей в своем составе продукты окисления смоляных кислот – оксикислоты, содержащие гидроксильные группы, наличие которых приводит к изменению физико-химических свойств окисленной канифоли.

Во-вторых, катионы металлов переменной валентности Co²⁺, Ni²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ и Cr³⁺ в присутствии кислорода воздуха ускоряют процесс термоокисления смоляных кислот канифоли. Установлено, что дополнительное присутствие в реакционной смеси каждого из исследуемых катионов способствует увеличению скорости протекающих окислительных процессов, так как в одном и том же временном интервале, составляющем 5 ч, даже при более низкой темпе-

ратуре (200°C) приводит к повышению содержания окисленных веществ на 3–5%. При этом заметно ухудшается цветность канифоли. В присутствии каждого из исследуемых катионов цветность всех полученных образцов окисленной канифоли соответствует показателям только II сорта. Обнаружено, что наибольшей каталитической активностью в изученных нами процессах обладают катионы кобальта Co²⁺ и железа Fe²⁺, а наименьшей – катионы хрома Cr³⁺.

В-третьих, присутствие катионов металлов переменной валентности Co²⁺, Ni²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ и Cr³⁺ при термоокислении смоляных кислот канифоли кислородом воздуха не только приводит к возрастанию скорости протекающих реакций окисления, но и способствует накоплению в образовавшихся продуктах окисления в преобладающих количествах оксикислот, отличающихся от обычных более ненасыщенной структурой.

В четвертых, увеличение концентрации катионов металлов переменной валентности (например, катионов кобальта Co²⁺) от 0,1 до 0,5% при термоокислении смоляных кислот канифоли при температуре 200°C в присутствии кислорода воздуха способствует повышению содержания окисленных веществ от 19,17 до 23,19%. Важно, что увеличение продолжительности термоокисления от 5 до 10 ч (в 2 раза) не оказывает заметного влияния на характер протекающего процесса.

Литература

1. Черная Н. В. Концептуальное развитие теории и технологии проклейки бумаги и картона гидродисперсиями модифицированной канифоли в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц // Полимерные материалы и технологии. 2015. Т. 1, № 1. С. 76–90.
2. Черная Н. В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона: монография. Минск: БГТУ, 2009. 394 с.
3. Шляшинский Р. Г., Клюев А. Ю., Ударов Б. Г. О диспропорционировании талловой канифоли // Химия древесины. 1983. № 4. С. 25–29.
4. Бардышев И. И., Лебедев А. А. Синтетические продукты из канифоли и скипидара. Минск, 1964. 86 с.
5. Смолистые вещества древесины и целлюлозы / Иванов Л. А. [и др.]. М.: Лесная промышленность, 1968. 339 с.
6. Вершук В. И., Гурич Н. А. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства. М.: Гослесбумиздат, 1960. 190 с.
7. Справочник химика / Чудинов С. В. [и др.]. М.: Лесная промышленность, 1987. 272 с.
8. Седов А. В. Роль окисления канифоли в производстве клееных видов бумаги // Бумажная промышленность. 1975. № 8. С. 11–14.
9. Малевская С. С. О самоокислении смоляных кислот кислородом воздуха // Гидролизная и лесохимическая промышленность, 1960. № 7. С. 5–7.
10. Жильников В. И., Хлопотунов Г. Ф. Модифицированная канифоль. М.: Лесная промышленность, 1968. С. 28–29.
11. Алексеева И. А., Родина Л. Б., Потоков Н. П. О химических превращениях смоляных кислот под действием фтористого водорода // Гидролизная и лесохимическая промышленность. 1968. № 2. С. 11–13.
12. Получение кобальтовой соли амида малеипимаровой кислоты / К. П. Колногоров [и др.] // Структура и динамика молекулярных систем: сб. ст. Вып. XVI. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. С. 163–166.
13. Enoki A., Kitao K. Autoxidation of resin acids. Photooxidation of abietic acid // Mokuzai Gakkaishi. 1975. Vol. 21, No. 2. P. 101–106.

References

1. Chernaya N. V. Conceptual development of the theory and technology of sizing paper and cardboard with hydrodispersions of modified rosin in the mode of heteroadagulation of peptizirous particles. *Polimernyye materialy i tekhnologii* [Polymeric materials and technologies], 2015, vol. 1, no. 1, pp. 76–90 (In Russian).
2. Chernaya N. V. *Teoriya i tekhnologiya kleenyykh vidov bumagi i kartona: monografiya* [Theory and technology of glued types of paper and cardboard: monograph]. Minsk, BGTU Publ., 2009. 394 p.
3. Shlyashinsky R. G., Klyuev A. Y., Udarov B. G. On the disproportion of tallow resin. *Khimiya drevesiny* [Chemistry of wood], 1983, no. 4, pp. 25–29 (In Russian).
4. Bardyshev I. I., Lebedev A. A. *Sinteticheskiye produkty iz kanifoli i skipidara* [Synthetic products from rosin and turpentine]. Minsk, 1964. 86 p.
5. Ivanov L. A., Kosovich P. L., Malevskaya S. S. [et al.] *Smolistyye veshchestva drevesiny i tsellyulozy* [Resinous substances of wood and cellulose]. Moscow, Forest industry Publ., 1968. 339 p.
6. Vershuk V. I., Gurich N. A. *Metody analiza syria i produktov kanifolno-skipidarnogo proizvodstva* [Methods of analysis of raw materials and products of rosin-turpentine production]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1960. 190 p.
7. Chudinov S. V., Trofimov A. N., Uzlov G. A. [et al.] *Spravochnik khimika* [Handbook of chemist]. Moscow, Forest industry Publ., 1987. 272 p.
8. Sedov A. V. The role of rosin oxidation in the production of glued types of paper. *Bumazhnaya promyshlennost* [Paper industry], 1975, no. 8, pp. 11–14 (In Russian).
9. Malevskaya S. S. On self-oxidation of resin acids by air oxygen. *Gidroliznaya i lesokhimicheskaya promyshlennost* [Hydrolysis and forest chemical industry], 1960, no. 7, pp. 5–7 (In Russian).
10. Zhilnikov V. I., Khlopotunov G. F. *Modifitsirovannaya kanifol'* [Modified rosin]. Moscow, Forest industry Publ., 1968. 129 p.
11. Alexeyeva I. A., Rodina L. B., Potokov N. P. On chemical transformations of resin acids under the action of hydrogen fluoride. *Gidroliznaya i lesokhimicheskaya promyshlennost'* [Hydrolysis and forest chemical industry], 1968, no. 2, pp. 11–13 (In Russian).
12. Kolnogorov K. P. Preparation of cobalt salt of maleipimar acid amide. *Struktura i dinamika molekulyarnyykh sistem* [Structure and dynamics of molecular systems], issue XVI, Yoshkar-Ola, 2009, pp. 163–166 (In Russian).
13. Enoki A., Kitao K. Auto-oxidation of resin acids. Photooxidation of abietic acid. *Mokuzai Gakkaishi*, 1975, vol. 21, no. 2, pp. 101–106.

Информация об авторах

Чернышева Тамара Владимировна – старший научный сотрудник кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: chernysheva@belstu.by

Черная Наталья Викторовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: chornaya@belstu.by

Гордейко Светлана Александровна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sveta_gordeiko@mail.ru

Карпова Светлана Валерьевна – магистр технических наук, ассистент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: aspirantura.bgtu@tut.by

Мисюров Олег Александрович – аспирант кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: omisurov@mail.ru

Дашкевич Светлана Аркадьевна – стажер младшего научного сотрудника кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dashkevich@belstu.by

Information about the authors

Chernysheva Tamara Vladimirovna – Senior Researcher, the Department of Chemical Wood Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chernysheva@belstu.by

Chernaya Natalia Viktorovna – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v_fleisher@list.ru

Gordeyko Svetlana Aleksandrovna – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Chemical Wood Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sveta_gordeiko@mail.ru

Karpova Svetlana Valerievna – Master of Engineering, assistant lecturer, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: aspirantura.bgtu@tut.by

Misyurov Oleg Aleksandrovich – PhD student, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: omisurov@mail.ru

Dashkevich Svetlana Arkadyevna – trainee Junior Researcher, the Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dashkevich@belstu.by

Поступила 04.11.2019