

УДК 674.815

**Е. П. Шишаков, С. И. Шпак, П. А. Чубис, М. О. Шевчук**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И КАТАЛИЗАТОРОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ**

Изучено влияние различных наполнителей в рецептурах карбаминоформальдегидных смол. Их использование в составе связующего позволяет снизить расход смолы на 10–20% в зависимости от наполнителя. Применение наполнителей алюмосиликатного типа не удобно в технологическом плане, так как на первом этапе происходит комкование наполнителя, а затем его набухание и гидратация, вследствие чего вязкость клеевой композиции значительно возрастает особенно при расходе наполнителя более 8% от массы смолы.

Использование наполнителей сульфатного и карбонатного типов более предпочтительно, потому что в этом случае не происходит комкования и резкого загущения клеевой композиции. При добавлении в карбаминоформальдегидную смолу наполнителя силикатного типа, наоборот, происходит снижение вязкости клеевой композиции. Комбинирование наполнителей различного типа позволяет управлять реологическими свойствами клеевой композиции.

Эффективными катализаторами отверждения карбаминоформальдегидных смол являются соединения, содержащие ионы трехвалентных металлов. При использовании этих катализаторов время отверждения смол сокращается в 1,8–2,3 раза, что открывает дополнительные возможности при использовании низкотоксичных смол с малым содержанием формальдегида. Жизнеспособность клеевых композиций, приготовленных с использованием новых катализаторов сохраняется в течение 2–4 ч.

**Ключевые слова:** карбаминоформальдегидная смола, каолин, мраморный кальцит, оксид кремния, сульфат кальция, соли аммония, соли алюминия, комплексные соли.

**E. P. Shishakov, S. I. Shpak, P. A. Chubis, M. O. Shevchuk**  
Belarusian State Technological University

### **FILLERS AND CATALYSTS EFFECT ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF UREA-FORMALDEHYDE RESINS**

The effect of different fillers on the formulations of urea-formaldehyde resins has been studied in this research. The usage of fillers in the formulations of urea-formaldehyde resins makes it possible to reduce the resin consumption by 10–20%. Aluminum silicate type of fillers cannot be used conveniently in plywood technology because resin particles initially agglomerate; then their swelling and hydration lead to the significant viscosity growth of the adhesive especially at a filler consumption rate more than 8% by weight of the resin.

Sulphate and carbonate types of fillers can be used more preferable because in this case there are no agglomeration of resin particles and no quick solidification of adhesive composition. Viscosity of the adhesive composition decreases vice-versa with the adding of silicate type filler into the urea-formaldehyde resin. Combining of different fillers types allows controlling the rheological properties of the adhesive composition.

Compounds containing ions of three-valence metals are effective catalysts of urea-formaldehyde resins. The usage of such catalysts in plywood technology leads to condensation time reduction of urea-formaldehyde resins at 1.8–2.3 times which opens up additional possibilities for application of low-emission resins with a low formaldehyde content. Pot life of adhesive compositions prepared using the new effective catalysts for the condensation process of urea-formaldehyde resins remains for 2–4 hours.

**Key words:** urea-formaldehyde resins, kaolin, marble calcite, silica, calcium sulphate, ammonium salt, aluminum salt, complex salt.

**Введение.** В настоящее время на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь проводится модернизация производств. После ее завершения, запланированного на 2015–2016 гг., производственные мощности предприятий увеличатся в 1,5–2,5 раза. В частности производство фанеры увеличится до

290 тыс. м<sup>3</sup>, а производство древесностружечных плит (ДСтП) до 1300 тыс. м<sup>3</sup>. Потребности внутреннего рынка Республики Беларусь составляют 50 тыс. м<sup>3</sup> фанеры и 800 тыс. м<sup>3</sup> ДСтП.

По этой причине основная часть продукции должна быть продана на внешних рынках в условиях жесткой конкуренции. Для успеш-

ной конкуренции продукция должна соответствовать двум основным требованиям: высокое качество и относительно низкая стоимость. Для выполнения указанных требований используется ряд технологических, организационных и логистических мероприятий.

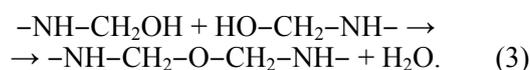
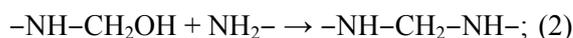
В данной работе использованы два технологических приема, связанных с совершенствованием технологии производства фанеры и ДСтП: использование наполнителей в рецептуре связующего и подбор эффективных катализаторов отверждения смол. В настоящее время при производстве фанеры и ДСтП применяются преимущественно карбаминоформальдегидные смолы различных марок. При этом они либо производятся на самом предприятии, где выпускают древесные плиты или фанеру, либо закупаются за рубежом, преимущественно в Российской Федерации. Доля затрат на смолу в структуре себестоимости готовой продукции довольно велика и составляет около 25–30%.

Применение недорогих наполнителей в составе связующего позволяет уменьшить расход смолы и соответственно снизить себестоимость продукции, а также повысить ее качество за счет снижения содержания свободного формальдегида в готовой продукции. Из литературы известно применение наполнителей в клеевой композиции при производстве фанеры и клееных изделий. В качестве наполнителей предложено использовать различные продукты органического и неорганического происхождения: древесную муку, лигнин, муку злаковых и бобовых культур, крахмал и его производные, муку из различных орехов, каолин, мел, угли, силикагель [1, 2]. Однако перечисленные наполнители использовались лишь в составах фенолформальдегидных смол. Известен ряд патентов по использованию наполнителей в составах карбаминоформальдегидных смол (КФС),

например, отходы производства кристаллического кремния [3], отвержденный карбаминоформальдегидный полимер [4], природные алюмосиликаты [5], шунгиты [6].

Однако в научной литературе практически нет данных по влиянию наполнителей на физико-химические свойства связующего на основе карбаминоформальдегидных смол.

Большое значение имеет также поиск эффективных катализаторов отверждения КФС. Действие классических катализаторов отверждения карбаминоформальдегидных смол типа хлористого аммония основано на протекании следующих реакций [7]:



Из представленных реакций вытекает, что чем больше свободного формальдегида содержится в исходной смоле, тем больше образуется муравьиной кислоты и соответственно тем быстрее происходит реакция поликонденсации с образованием метиленовых и метилен-эфирных связей.

Для современных КФС, содержащих 0,01–0,05% свободного формальдегида [8–11], приведенная схема реакций не работает, поэтому они плохо отверждаются классическими катализаторами.

Целью работы является изучение влияния наполнителей на физико-химические свойства карбаминоформальдегидного связующего и подбор эффективных катализаторов отверждения КФС.

**Основная часть.** В экспериментах использовалась карбаминоформальдегидная смола марки КФ-МТ-15. Характеристика данной смолы и требования к ней в соответствии с техническими условиями приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства карбаминоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15

Наименование показателей	Норма по ТУ РБ 600012243.036-2007	Результаты анализа
Внешний вид	Однородная суспензия от белого до светло-желтого цвета без механических включений	Однородная суспензия белого цвета без механических включений
Массовая доля сухого остатка, %	66 ± 2	64,0
Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,15	0,13
Условная вязкость при (20,0 ± 0,5)°С по вискозиметру ВЗ-4, с	30–120	85
Концентрация водородных ионов, рН	7,4–8,5	7,5
Время желатинизации при 100°С, с	40–70	60
Предельная смешиваемость смолы с водой, при которой наблюдается коагуляция, в соотношении по объему	1 : 2–1 : 10	1 : 3

В качестве наполнителей использовались минеральные соединения различных видов: алюмосиликатного типа (каолин), карбонатного типа (мраморный кальцит), силикатного типа (технический оксид кремния марки КГ), сульфатного типа (технический сульфат кальция марки ФГ).

Как катализаторы отверждения КФС изучались соли аммония (хлорид и сульфат), соли алюминия (сульфат), комплексные соли (алюмоаммонийные квасцы), а также комплексные соединения, содержащие соли нескольких металлов, – полиметаллический комплекс (ПМК). Методика эксперимента состояла в следующем: в навеску смолы массой 150 г вводили от 1,5 до 45,0 г наполнителя с интервалом 1,5 г, смесь перемешивали в течение 10 мин, а затем определяли следующие показатели: условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4, величину рН по показаниям иономера ЭВ-74, время желатинизации при температуре 100°C по ГОСТ 14231–88. Дополнительно определяли жизнеспособность (время желатинизации при температуре 20°C), а также агрегативную и седиментационную устойчивость.

Влияние различных видов наполнителей на изменение условной вязкости клеевой композиции показано на рис. 1.

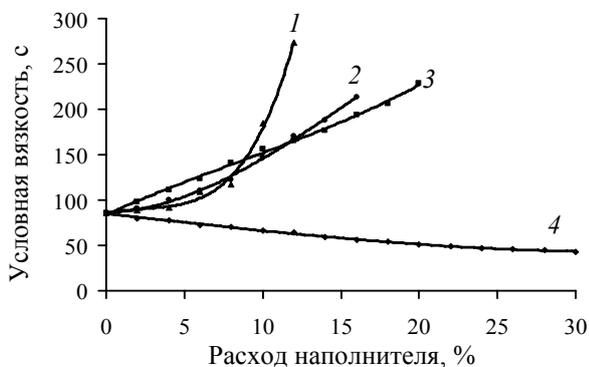


Рис. 1. Изменение вязкости композиции при введении наполнителей:

- 1 – каолин; 2 – мраморный кальцит;  
3 – технический сульфат кальция марки ФГ;  
4 – технический оксид кремния марки КГ

При внесении в смолу измельченного каолина происходит его комкование, а затем набухание и роспуск. Из-за гидратации этого наполнителя вязкость клеевой композиции возрастает, особенно сильно при дозировке более 8%. Кривая зависимости вязкости от дозировки имеет параболический вид, что связано с уменьшением доли свободной воды в композиции, вызванной гидратацией каолина. При внесении наполнителей карбонатного

(мраморный кальцит) и сульфатного типа (технический сульфат кальция марки ФГ) условная вязкость клеевой композиции также увеличивается, однако полученная зависимость имеет вид близкий к линейному, что свидетельствует об отсутствии явления гидратации этих наполнителей.

Совершенно иной вид у зависимости вязкости от количества наполнителя при использовании наполнителей силикатного типа. При введении технического оксида кремния марки КГ в смолу условная вязкость клеевой композиции снижается. В изученном диапазоне дозировки (1–30% от массы смолы) снижение вязкости носит линейный характер. Указанное явление вызвано, вероятно, взаимодействием метилольных групп карбаминоформальдегидных олигомеров с гидроксильными группами дисперсного наполнителя. По этой причине вода, связанная с гидрофильными метилольными группами олигомеров, освобождается, переходя в свободное состояние и вязкость композиции снижается.

Необходимо отметить, что вязкость клеевой композиции имеет ограничения как по верхнему, так и по нижнему пределу. При производстве фанеры условная вязкость должна быть от 80 до 200 с, а при производстве ДСтП – 20–40 с. Содержание воды в клеевой композиции должно быть как можно меньше, поскольку в процессе горячего прессования вся вода переходит в пар, что приводит к повышению его давления внутри изделия, а после размыкания плит прессы – к разрушению недостаточно отвердевшего связующего и изделия.

Таким образом, при производстве фанеры могут быть использованы каолин в количестве до 10%, мраморный кальцит и технический сульфат кальция марки ФГ в количестве до 15%. Технический оксид кремния марки КГ может быть применен при изготовлении ДСтП вместо или вместе с водой для снижения вязкости клеевой композиции. Перспективным является использование смеси наполнителей разнонаправленного действия, например наполнитель марки КГ и ФГ, марки КГ и каолин, поскольку эти композиции позволяют управлять вязкостью клеевых композиций в любом заданном диапазоне. Наряду с вязкостью свежеприготовленных связующих большое значение имеет стабильность композиции во времени.

В табл. 2 показано изменение условной вязкости по ВЗ-4 наполненной композиции на основе карбаминоформальдегидной смолы марки КФ-МТ-15 в течение пяти суток.

Таблица 2

## Изменение вязкости наполненной клеевой композиции при хранении

Время, ч	Наполнитель / расход наполнителя от массы смолы			
	Технический сульфат кальция марки ФГ / 10%	Технический оксид кремния марки КГ / 30%	Каолин / 12%	Мраморный кальцит / 16%
	Условная вязкость по ВЗ-4, с			
0	140	43	270	240
24	142	48	268	290
48	148	65	264	310
72	154	110	265	320
96	161	Гель	265	340
120	172	Гель	264	360

Как видно из табл. 2, при использовании всех изученных наполнителей обеспечивается достаточная стабильность клеевой композиции в течение трех суток. При максимально допустимом содержании наполнителя условная вязкость композиции в течение первых трех суток увеличивается не более чем на 10–20%, что вполне достаточно в технологическом плане. Необходимо отметить, что при использовании наполнителя марки КГ по истечении четырех суток происходит желатинизация смолы, что свидетельствует об определенном каталитическом действии указанного наполнителя. Это явление имеет положительное значение, поскольку оно будет способствовать дополнительному отверждению клея во внутренних слоях материала в процессе хранения полученного изделия.

Классическим катализатором отверждения КФС является хлористый аммоний. Однако в странах Евросоюза использование хлористого аммония запрещено из-за возможности образования высокотоксичных диоксинов при сжигании ДСтП и фанеры [12]. По этой причине подбор катализаторов отверждения КФС, обеспечивающих эффективное отверждение и не образующих токсичных соединений в процессе эксплуатации и утилизации фанеры и ДСтП, имеет большое практическое значение. По литературным данным эффективными катализаторами отверждения карбамидоформальдегидных смол являются соли алюминия и железа ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) [13]. Однако их влияние на физико-химические свойства клеевых композиций исследовано недостаточно.

Для изучения влияния катализаторов на свойства КФС был поставлен следующий эксперимент. В навеску смолы массой 150 г вносили от 0,1 до 2,1 г исследуемых катализаторов с диапазоном в 0,3 г. Смесь перемешивали в течение 5 мин до полного растворения катализатора, после чего измеряли следующие показатели клея: время желатинизации клея при

температуре 100 и 20°C (жизнеспособность), pH и условную вязкость. Изменение времени желатинизации клея при температуре 100°C для различных катализаторов показано на рис. 2. Для сравнения на рис. 2 приведены данные, которые были получены при использовании хлористого аммония.

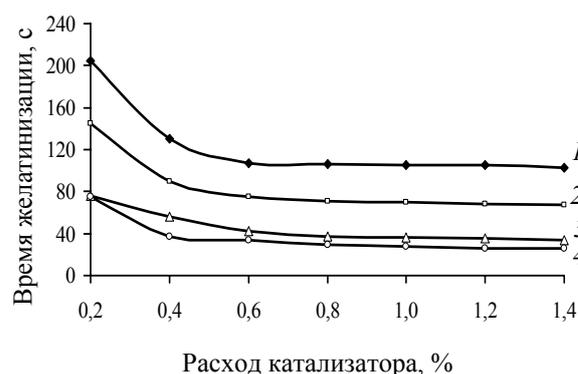


Рис. 2. Изменение времени желатинизации смолы от расхода катализатора: 1 – сульфат аммония; 2 – хлорид аммония; 3 – ПМК; 4 – сульфат алюминия

Как видно из зависимостей на рис. 2, у всех изученных катализаторов отверждения при увеличении их дозировки от 0,2 до 0,6% от массы смолы время желатинизации сокращается, а затем стабилизируется на определенном уровне. Минимальное время отверждения при использовании хлористого аммония составляет 70 с, сернокислого аммония – 105 с, ПМК – 38 с, сернокислого алюминия – 30 с. Таким образом, при одинаковой концентрации катализатора активность ПМК и сульфата алюминия выше, чем у хлористого аммония в 1,8 и 2,3 раза. Это явление открывает новые возможности по использованию указанных катализаторов для отверждения низкотоксичных смол, содержащих незначительные количества формальдегида и не отверждающихся хлористым аммонием.

Таблица 3

## Изменение рН клеевой композиции при введении различных катализаторов

Время, мин	Катализатор и его расход			
	NH <sub>4</sub> Cl, 1%	AlNH <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , 1%	ПМК, 0,25%	ПМК, 0,5%
0	6,55	6,57	6,55	6,55
10	6,38	6,05	6,20	6,20
60	6,35	5,75	5,60	5,45
120	6,45	4,90	4,95	4,75
180	6,40	4,85	4,90	4,70
240	6,40	4,70	4,80	4,65
320	6,35	4,55	4,75	4,60

Механизм действия указанных катализаторов может быть связан либо с гидролизом солей в водной среде, приводящем к подкислению среды, либо с реакцией комплексообразования между ионами солей и электронодонорными группами олигомеров (=NH и HO-группами). Для выяснения указанных особенностей было изучено изменение кислотности клеевой композиции непосредственно после внесения солей катализаторов и по истечении 10–320 мин (табл. 3).

Хлорид аммония незначительно влияет на кислотность клеевой композиции – в течение первых 10 мин величина рН снижается на 0,2 единицы и в дальнейшем практически не меняется. При использовании алюмоаммонийных квасцов, содержащих как ионы аммония, так и алюминия, за 10 мин величина рН снижается на 0,5 единицы, за первый час – на 0,8 единицы, за второй час – на 0,85 единицы, за третий час – на 0,15 единицы, за четвертый час – на 0,15 единицы, за пятый час – на 0,15 единицы.

Схожая зависимость изменения кислотности клеевой композиции наблюдается при использовании ПМК с расходом 0,25% от массы смолы. При увеличении расхода ПМК до 0,5% скорость подкисления клеевой композиции увеличивается в 1,5 раза.

При выборе клеевых композиций важное технологическое значение имеет их жизнеспособность – время, в течение которого компо-

зиция сохраняет необходимую текучесть. Результаты измерения условной вязкости клеевой композиции при введении различных катализаторов при температуре 20°C даны в табл. 4. Там же для сравнения приведены данные, полученные при использовании хлористого аммония.

Если применять хлористый аммоний, то жизнеспособность составляет более 4 ч – в течение указанного времени вязкость увеличивается в 1,3 раза со 105 до 135 с.

При добавлении алюмоаммонийных квасцов в течение первых трех часов показатели изменения вязкости практически совпадают с показателями, полученными при введении хлористого аммония в качестве отвердителя. В течение четвертого часа начинается заметное нарастание вязкости со 135 до 210 с. Добавляя ПМК в количестве 0,25% от массы смолы, можно было наблюдать динамику изменения вязкости клеевой композиции, близкую к динамике, полученной при использовании хлористого аммония. При увеличении количества ПМК до 0,5% от массы смолы условная вязкость клеевой композиции начинает заметно повышаться после двух часов с момента ее изготовления.

Таким образом, жизнеспособность клеевой композиции составляет около четырех часов при использовании в качестве катализатора отверждения ПМК с расходом 0,25% и алюмосиликатных квасцов до 1% от массы смолы и 2,0–2,5 ч – при использовании ПМК с расходом 0,5%.

Таблица 4

## Изменение вязкости клеевой композиции при введении различных катализаторов

Время, мин	Катализатор и его расход			
	NH <sub>4</sub> Cl, 1%	AlNH <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , 1%	ПМК, 0,25%	ПМК, 0,5%
0	105	105	105	105
10	105	115	102	102
60	115	115	115	115
120	125	125	130	165
180	128	135	150	210
240	135	210	160	300

**Заключение.** Использование наполнителей в рецептурах карбамидоформальдегидных клеев позволяет снизить расход смол на 10–20%. Применение наполнителей алюмосиликатного типа не удобно в технологическом плане: на первом этапе происходит комкование наполнителя, а затем его набухание и гидратация, вследствие чего вязкость клеевой композиции значительно возрастает.

Использование наполнителей сульфатного и карбонатного типов более предпочтительно – в этом случае не происходит комкование и заметное загущение клеевой композиции.

Добавка наполнителя силикатного типа приводит к снижению вязкости клеевой композиции.

Комбинирование наполнителей различного типа позволяет управлять реологическими свойствами клеевой композиции.

Эффективными катализаторами отверждения карбамидоформальдегидных смол являются соединения, содержащие ионы трехвалентных металлов. При использовании этих катализаторов время отверждения смол сокращается в 1,8–2,3 раза, что открывает дополнительные возможности при использовании низкотоксичных смол с малым содержанием формальдегида. Жизнеспособность клеевых композиций, приготовленных с использованием новых катализаторов сохраняется в течение 2–4 ч.

### Литература

1. Кондратьев В. П., Кондратенко В. И. Синтетические клеи для древесных материалов. М.: Научный мир, 2004. 520 с.
2. Карачаев С. Г. Применение нового наполнителя для клеев на основе карбамидоформальдегидных смол для склеивания древесины и древесных материалов. Л.: Химия, 1990. 120 с.
3. Куликов В. А., Денисов С. В., Казакевич Т. Н. Клеевая композиция: пат. 1703671 А1 СССР. № 4726622/05; заявл. 02.08.1989; опубл. 07.01.1992. Бюл. № 1. 4 с.
4. Бунько А. И., Андропов В. И. Клеевая композиция: пат. 1838357 А3 СССР. № 4950534/05; заявл. 26.06.1991; опубл. 30.08.1993. Бюл. № 32. 5 с.
5. Высоцкий А. В., Варанкина Г. С., Каменев В. П. Низкотоксичная клеевая композиция на основе карбамидоформальдегидной смолы с алюмосиликатным наполнителем: пат. 2114144 С1 Рос. Федерация. № 95107366/04; заявл. 06.05.1995; опубл. 27.06.1998. Бюл. № 6. 7 с.
6. Древесно-стружечные плиты на основе карбамидоформальдегидной смолы, модифицированной наноразмерным шунгитом / Н. Г. Панов [и др.] // Лесной вестник МГУЛ. 2012. № 2(85). С. 135–139.
7. Доронин Ю. Г., Мирошниченко С. Н., Свиткина М. М. Синтетические смолы в деревообработке. М.: Лесная промышленность, 1987. 224 с.
8. Прусак А. П. Способ получения карбамидо- и/или меламиноформальдегидных смол: пат. 2161165 С2 Рос. Федерация. № 99102433/04; заявл. 09.02.1999; опубл. 27.12.2000. Бюл. № 12. 5 с.
9. Васильев В. В., Васильева В. С., Кривошеев С. Л., Сысоев В. В. Синтетическая смола и способ ее получения: пат. 2296776 С1 Рос. Федерация. № 2005139066/04; заявл. 14.12.2005; опубл. 10.04.2007. Бюл. № 10. 7 с.
10. Полищук С. В. Способ получения карбамидомеламиноформальдегидной смолы: пат. 2490283 С1 Рос. Федерация. № 2012132898/04; заявл. 01.08.2012; опубл. 20.08.2013. Бюл. № 23. 9 с.
11. Курина Л. Н., Князев А. С., Мальков В. С., Сачков В. И. Способ получения формальдегидосодержащей смолы с пониженной эмиссией формальдегида и функциональных материалов на ее основе: пат. 2413737 С2 Рос. Федерация. № 2008117495/05; заявл. 30.04.2008; опубл. 10.11.2009. Бюл. № 31. 6 с.
12. Волюнский В. Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит. Таллин: Дезидерата, 2004. 192 с.
13. Эльберт А. А. Химическая технология древесностружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1984. 232 с.

### References

1. Kondrat'ev V. P., Kondratenko V. I. *Sinteticheskiye klei dlya drevesnykh materialov* [Synthetic adhesives for wood material]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2004. 520 p.
2. Karachayev S. G. *Primeneniye novogo napolnitelya dlya kleev na osnove karbamidoformal'degidnykh smol dlya skleivaniya drevesiny i drevesnykh materialov* [Application of the new filler for adhesives based on urea-formaldehyde resins for bonding wood and wood materials]. Leningrad: Khimiya Publ., 1990. 120 p.
3. Kulikov V. A., Denisov S. V., Kazakevich T. N. *Kleevaya kompozitsiya* [The adhesive composition]. Patent SU, no. 1703671A1, 1992.

4. Bun'ko A. I., Andropov V. I. *Kleevaya kompozitsiya* [The adhesive composition]. Patent SU, no. 1838357A3, 1993.
5. Vysotskiy A. V., Varankina G. S., Kamenev V. P. *Nizkotoksichnaya kleevaya kompozitsiya na osnove karbamidoformal'degidnoy smoly s alyumo-silikatnym napolnitelem* [Low-toxic adhesive composition based on urea-formaldehyde resin with an alumino-silicate filler]. Patent RF, no. 2114144 C1, 1998.
6. Panov N. G., Pitukhin A. V., Rozhkov S. S., Tsvetkov V. E., Sanaev V. G., Firyulina O. V. Chip-board based on urea-formaldehyde resin-modified nanoscale shungite. *Lesnoy vestnik MGUL* [Forest Bulletin of Moscow State Forest University], 2012, no. 2(85), pp. 135–139 (in Russian).
7. Doronin Yu. G., Miroshnichenko S. N., Svitkina M. M. *Sinteticheskiye smoly v derevoobrabotke* [Synthetic resins in the wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1987. 224 p.
8. Prusak A. P. *Sposob polucheniya karbamido- i/ili melaminoformal'degidnykh smol* [Method of preparing carbamido- and/or melaminoformaldehyde resins]. Patent RF, no. 2161165 C2, 2000.
9. Vasil'ev V. V., Vasil'eva V. S., Krivosheev S. L., Sysoev V. V. *Sinteticheskaya smola i sposob ee polucheniya* [Synthetic resins and the method of its production]. Patent RF, no. 2296776 C1, 2007.
10. Polishchuk S. V. *Sposob polucheniya karbamidomelaminoformal'degidnoy smoly* [Method of producing carbamidomelaminoformaldehyde resin]. Patent RF, no. 2490283 C1, 2013.
11. Kurina L. N., Knyazev A. S., Mal'kov V. S., Sachkov V. I. *Sposob polucheniya formal'degidosoderzhashchey smoly s ponizhennoy emissiey formal'degida i funktsional'nykh materialov na ee osnove* [Method of producing formaldehyde-containing resin with low emission of formaldehyde and functional materials based on said resin]. Patent RF, no. 2413737 C2, 2009.
12. Volynskiy V. N. *Tekhnologiya struzhechnykh i voloknistykh drevesnykh plit* [The technology of particle and fiber wood boards]. Tallin, Deziderata Publ., 2004. 192 p.
13. El'bert A. A. *Khimicheskaya tekhnologiya drevesnostruzhechnykh plit* [Chemical technology chip-board]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 232 p.

#### Информация об авторах

**Шишаков Евгений Павлович** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: eshichakov@mail.ru

**Шпак Сергей Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: spak\_s@belstu.by

**Чубис Павел Анатольевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры химической переработки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: pavelchubis@mail.ru

**Шевчук Михаил Олегович** – кандидат технических наук, доцент кафедры органической химии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ddtpisticid@mail.ru

#### Information about the authors

**Shishakov Evgeniy Pavlovich** – Ph. D. Engineering, leading researcher, Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: eshichakov@mail.ru

**Shpak Sergey Ivanovich** – Ph. D. Engineering, associate professor, Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: spak\_s@belstu.by

**Chubis Pavel Anatol'evich** – Ph. D. Engineering, senior lecturer, Department of Chemical Processing of Wood. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pavelchubis@mail.ru

**Shevchuk Mikhail Olegovich** – Ph. D. Engineering, associate professor, Department of Organic Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ddtpisticid@mail.ru

Поступила 20.02.2015