

**Лесопромышленный комплекс**

твердых лиственных пород, таких как дуб, бук, то время сушки может увеличиваться до нескольких месяцев (по результатам опытных сушек согласно руководящим техническим материалам).

Сушка тех же самых пород и сечений (дуб, бук) в вакуумных сушилках проводится за сравнительно короткий промежуток времени. По результатам опытных сушек, проведенных в условиях

производства, сушка древесины красного дуба толщиной 50 мм в вакуумной сушилке от начальной влажности 67 до конечной 7 % составила 88 ч. Продолжительность конвективной сушки от начальной влажности 57 до конечной 8 % составила 63 дня при средней скорости сушки 0,78 % влажности в сутки. Таким образом, продолжительность вакуумной сушки пиломатериалов крас-

ного дуба в 17 раз меньше, чем конвективной\* (рисунок).

Исходя из вышесказанного можно сделать следующие выводы по данной проблеме: современные производства требуют более усовершенствованных способов сушки и применение вакуумных сушильных камер позволит обеспечить предприятия качественным сухим пиломатериалом за сравнительно небольшой период времени.

\* Горяев А.А. Современные вакуумные лесосушильные камеры // Механическая обработка древесины: реф. информ. М.: ВНИПИЭИЛеспром, 1985. С. 29–30.

УДК 54.056 : 674.816 : 674-419.3

**С.В. Смирнов, Г.В. Киселева**  
(S. V. Smirnov, G. V. Kiseleva)

(Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург)

**НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ, ОБЛАДАЮЩИЕ СВОЙСТВАМИ  
АНТИПИРЕНОВ И АНТИСЕПТИКОВ  
(INORGANIC BINDING FOR THE WOOD, POSSESSING FIRE RESISTANCE  
AND ANTISEPTIC PROPERTIES)**

*Изучены особенности синтеза и свойства бесцветных металлофосфатных связующих, которые могут быть использованы для получения фанеры и древесных пресс-масс, обладающих высокой огнестойкостью и биоцидными свойствами.*

*Features of synthesis and property colorless metal-phosphate binding which can be used for reception of plywood and the wood pressing mix possessing high fire resistance and antiseptics properties are investigated.*

Кислые растворы солей ортофосфорной кислоты с катионами металлов, средние соли которых образуют малорастворимые соединения, относятся к классу неорганических полимеров. Они находят применение в качестве связующих, клеевых материалов и основы для красок и покрытий различного назначения. Основные преимущества неорганических полимеров на основе металлофосфатов по сравнению со связующими, имеющими органическую природу, заключаются в использовании их водных растворов и в негорючести применяемых материалов. Это обусловило применение

металлофосфатов в составе связующих для древесных пресс-масс и защитно-декоративных покрытий конструкций, выполненных из различных материалов [1–5].

Средние и низкоосновные фосфаты двух- и трёхвалентных металлов относятся к малорастворимым соединениям, обладающим свойствами керамических материалов. Неорганические полимерные фосфаты делятся на полифосфаты, имеющие линейное строение фосфат-анионов, метафосфаты с кольцеобразным (циклическим) расположением  $PO_4^{3-}$  и ультрафосфаты с сетчатой, разветвленной структурой  $PO_4^{3-}$ . Поскольку в нерас-

творимых полимерных фосфатах невозможно выделить молекулярные структуры соединений, их можно рассматривать как смешанные оксиды, например,  $Al_2O_3 \cdot P_2O_5$  в случае ортофосфата алюминия  $AlPO_4$  или  $3MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 2P_2O_5$  для ортофосфата магния-алюминия  $Mg_3Al_2(PO_4)_4$ . Нерастворимые фосфаты двух- и трехвалентных металлов проявляют высокую стойкость в водных растворах, что позволяет использовать их в экологически чистых технологиях. В качестве примера можно привести применение кальций-фосфатной керамики для изготовления имплантантов костной ткани [6].

## Лесопромышленный комплекс

Кислые фосфаты двух- и трёхвалентных металлов, в отличие от средних, обладают сравнительно высокой растворимостью. Их растворы обладают свойствами клеев и используются в качестве неорганических связующих, физико-химические свойства которых и особенности полимеризации определяются водородными связями [7, 8]. Образование полимерных структур сопровождается дегидратацией одно- или двухзамещённых гидрофосфатов металлов, которая усиливается при нагревании. После высыхания (обезвоживания) металлофосфаты образуют практически нерастворимые в воде пленки с полимерной природой химических связей. Использование термообработки на стадии обезвоживания связующих повышает их химическую прочность и водостойкость.

Ранее была показана возможность использования алюмохромофосфатных связующих в технологии древесных пресс-масс и фанеры [9, 10]. Опытные образцы изделий из древесины, полученные специалистами кафедры механической обработки древесины УГЛТУ с использованием неорганических связующих, не поддерживали горение даже при помещении их в пламя спиртовки. Присутствие соединений хром(III) в составе связующих обеспечивает биоцидные свойства древесных материалов на их основе, однако ограничивает области использования, вследствие несоблюдения санитарно-гигиенических нормативов, если в процессе эксплуатации возможен контакт с людьми и животными. Соединения хрома(III) имеют характерную зелёную окраску, что также ограничивает применение алюмохромофосфатных связующих при производстве изделий различного назначения.

В данной работе приводятся результаты исследования бесхро-

мовых металлофосфатных связующих, предназначенных для получения негорючих древесностружечных плит и фанеры. Отличительной особенностью исследованных связующих является отсутствие окраски, что позволяет придавать необходимый цвет изделий на их основе путем введения в композиции кислотостойких пигментов. В качестве соединений, не обладающих оптической активностью в видимом диапазоне электромагнитного спектра, использовались кислые фосфаты алюминия, магния и цинка. Сырьём для получения магнийцинк-алюмофосфатных связующих служили соответствующие оксиды или гидроксиды металлов и термическая фосфорная кислота (табл. 1).

При разработке технологии магнийцинк-алюмофосфатных связующих варьировались соотношение компонентов (табл. 2) и температура процесса. В основе технологии лежат реакции растворения смеси оксидов магния, цинка и гидроксида алюминия в избытке ортофосфорной кислоты:



где  $Met = Mg, Zn$ .

Заданный объём концентрированной  $H_3PO_4$  заливался в обогреваемый химический реактор, выполненный из кислотостойкого материала, и нагревался до

320–325 К. Одновременно стехиометрическое количество порошкообразных оксидов магния или цинка смешивалось с небольшим объёмом воды до получения консистенции типа густой сметаны и вводилось небольшими порциями при механическом перемешивании в реактор до полного растворения. Далее стехиометрическое количество гидроксида алюминия вводилось интенсивно (но не слишком большими порциями) в полученный раствор при механическом перемешивании до полного растворения. На этой стадии происходил саморазогрев смеси. По окончании растворения всех компонентов раствор кипятился при 380–390 К в течение двух часов.

Синтезированные связующие представляют собой прозрачные густые жидкости, плотность которых составляет 1610 – 1750 кг·м<sup>-3</sup>. Устойчивость растворов, содержащих до восьми моль  $H_3PO_4$ , в расчёте на моль магния, составляет 20 суток. При увеличении содержания  $H_3PO_4$  выше 11 моль и при частичной замене  $MgO$ , имеющего основной характер, на амфотерный  $ZnO$  устойчивость растворов связующих повышается. При хранении этих растворов в герметичной таре при комнатной температуре более пяти месяцев образуется белый кристаллический осадок ортофосфатов магния и алюминия. Осветлённый

Таблица 1

Характеристика исходных материалов для получения металлофосфатных связующих

Наименование сырья	Нормативный документ	Массовая доля основного компонента, %
Кислота ортофосфорная термическая техническая марки Б, I сорт – $H_3PO_4$	ГОСТ 10678-76	73 – 78
Гидрат окиси алюминия – $Al(OH)_3$	ГОСТ 11841-66	95,0 – 98,
Оксид магния – $MgO$	ГОСТ 4526-67	97,0 – 98,0
Оксид цинка марки «ч» – $ZnO$	ГОСТ 10262-73	Не менее 99

**Лесопромышленный комплекс**

раствор сохраняет свойства связующего.

Технологическим параметром, который использован для контроля состава связующего в процессе его получения и использования, является массовая доля фосфатов в пересчёте на  $P_2O_5$ . Содержание фосфатов в растворах определялось фотоэлектроколориметрическим методом с использованием молибдата аммония. Значения оптической плотности растворов измерялись при длине волны 597 нм (красный фильтр) и толщине поглощающего слоя 10 мм. Раствором сравнения служила разбавленная  $H_3PO_4$  по ГОСТ 4212-76. Массовая доля  $P_2O_5$  в синтезированных связующих, состав которых представлен в табл. 2, варьировалась в пределах 42,5 – 48,5 %.

Применение металлофосфатных связующих в составе композиций древесных пресс-масс предполагает использование разбавленных растворов с требуемыми по технологии значениями вязкости. Разбавленные водой растворы магнийцинкалюмофосфатных связующих готовились аналогично концентрированным связующим, путем добавления необходимого количества воды на стадии смешения её с оксидами магния и цинка. Содержание связующих в растворах изменялась от 15 % до 40 % в пересчёте на массовую долю  $P_2O_5$ .

Для оценки устойчивости разбавленных растворов магнийцинкалюмофосфатных связующих определялось соотношение водорастворимых соединений магния и алюминия после 7 суток и после 6 месяцев хранения образцов в герметичной таре при комнатной температуре (табл. 3). Отмечается повышение устойчивости исследованных образцов при хранении с увеличением содержания дигидрофосфат-ионов в связующем. Наблюдается также

незначительное снижение устойчивости водных растворов при уменьшении массовой доли связующего. Частичное разложение связующего в разбавленных растворах проявляется в увеличении массового отношения  $MgO : AlO_{1,5}$ ,

которое связано с гидролизом катионов и образованием малорастворимых соединений магния. В результате частичного разложения ухудшения эксплуатационных свойств растворов связующих не происходит.

Таблица 2

Соотношение исходных материалов для металлофосфатных связующих

Химическая формула связующего	Количество исходных компонентов, моль			
	MetO		$Al(OH)_3$	$H_3PO_4$
	MgO	ZnO		
$MgAl(H_2PO_4)_5$	0,8 – 1,0	0,2 – 0	1,0	5,0
$MgAl_2(H_2PO_4)_8$	0,8 – 1,0	0,2 – 0	2,0	8,0
$MgAl_3(H_2PO_4)_{11}$	0,8 – 1,0	0,2 – 0	3,0	11,0
$MgAl_5(H_2PO_4)_{17}$	0,8 – 1,0	0,2 – 0	5,0	17,0
$MgAl_{10}(H_2PO_4)_{32}$	0,8 – 1,0	0,2 – 0	10,0	32,0

Таблица 3

Изменение соотношения магния и алюминия в магнийалюмофосфатных связующих в зависимости от срока хранения в пересчёте на массы оксидов магния и алюминия

Массовая доля $P_2O_5$ , %		15	20	25	30	35	40	
Отношение $MgO : AlO_{1,5}$	$MgAl(H_2PO_4)_5$	7 сут	0,72	0,85	0,77	0,75	0,79	0,85
		6 мес	1,30	0,82	0,79	0,87	0,96	0,86
	$MgAl_2(H_2PO_4)_8$	7 сут	0,36	0,39	0,41	0,43	0,44	0,45
		6 мес	0,75	0,55	0,49	0,52	0,42	0,44
	$MgAl_3(H_2PO_4)_{11}$	7 сут	0,27	0,27	0,28	0,31	0,32	0,34
		6 мес	0,40	0,32	0,36	0,38	0,36	0,37
	$MgAl_5(H_2PO_4)_{17}$	7 сут	0,21	0,24	0,23	0,22	0,18	0,18
		6 мес	0,23	0,23	0,24	0,21	0,24	0,23

**Заключение**

Использование бесцветных магнийцинкалюмофосфатных связующих в составе композиций древесных пресс-масс и в технологии фанеры позволяет заменить окрашенные в зелёный цвет токсичные хромалюмофосфатные связующие. При этом снижается токсичность применяемых материалов и улучшаются эксплуатационные свойства получаемых изделий. Разработанная технология позволяет полу-

чать разбавленные водой растворы магнийцинкалюмофосфатных связующих и подбирать оптимальные составы для композиций древесных пресс-масс и фанеры, обладающих биоцидными свойствами и огнестойкостью. Применение оксида магния и гидроксида магния в технологии неорганических связующих позволяет использовать местное недефицитное сырьё и промышленные отходы.

*Лесопромышленный комплекс**Библиографический список*

1. Смирнов С.В., Мухин Н.М., Смирнова Т.В. Повышение огнестойкости древесных пресс-масс // Технология древесных плит и пластиков. Свердловск: УГЛТА, 1991. С. 73–76.
2. Смирнов С.В., Киселёва Г.В., Побединский В.В. Использование защитных покрытий в технологии строительных материалов из древесины и фанеры // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: тр. II междунар. евразийского симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. С. 137–140.
3. Петров А.А., Киселёва Г.В. Химические особенности получения металлофосфатных связующих, применяемых для защиты металлов от коррозии // Экология и научно-технический прогресс: матер. 7 междунар. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых. Пермь: ПГТУ, 2008. С. 193–195.
4. Защита изделий из древесины от биоповреждений с помощью металлофосфатных связующих / Д.Ю. Катеринкин, О.М. Подковыркина, С.В. Смирнов, В.Б. Ивакин // Экология и научно-технический прогресс: матер. 6 междунар. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых. Пермь: ПГТУ, 2007.
5. Подковыркина О.М., Смирнов С.В., Побединский В.В. Неорганические покрытия для изделий из древесины на основе солей ортофосфорной кислоты // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: тр. II междунар. евразийского симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. С. 87–90.
6. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М.: Наука, 2005.
7. Русаков Д.А. Синтез, кристаллическая структура и свойства сложных кислых фосфатов MI(MII)- и MIII-катионов (MIII = Al, Ga, Fe, Sc и In) : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.01 / Русаков Дмитрий Александрович. М., 2008. 200 с.
8. Филаретов А.А. Синтез и кристаллическая структура новых сложных кислых и основных фосфатов MIII-катионов (MIII = Sc, Fe, Ga, In) : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.01 / А.А. Филаретов. М., 2004. 252 с.
9. Подковыркина О.М., Смирнов С.В., Середа Б.П. Получение металлофосфатных связующих из отходов, образующихся при очистке водных растворов от хрома (VI) // Современные проблемы экологии и безопасности: тр. Третьей Всерос. науч.-техн. Интернет-конф. Ч. 1. Тула: ТГУ, 2007. С. 167–168.
10. Исследование локального окружения ионов хрома в фосфатных связующих для древесных пресс-масс / С.В. Смирнов, Б.П. Середа, Н.М. Мухин [и др.] // Технология древесных плит и пластиков. Свердловск: УГЛТА, 1991. С. 87–94.

УДК 674.8

*Ю.И. Ветошкин, Е.В. Валова, И.С. Мельниченко*  
(*Y.I. Vetoshkin, E.V. Valova, I.S. Melnichenko*)  
(*Уральский государственный лесотехнический университет,*  
*Екатеринбург*)

**ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ  
ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ  
(THERMAL INSULATION COMPOSITE MATERIAL  
FOR LOW-RISES RESIDENTIAL BUILDING CONSTRUCTION)**

*Рассматривается теплоизоляционный материал на основе древесных отходов для каркасно-панельного домостроения, приведены физико-механические свойства разработанного и подобных материалов.*

*Wood waste – based thermal insulation composite material for frame and panel construction and physical and mechanical properties of such kind materials are considered in the article.*

Проблема жилья в России, судя по всему, будет решена еще не скоро. Сегодня общая потребность населения страны в жилой площади составляет 1570 млн м<sup>2</sup>, и для ее удовлетворения требуется

увеличить жилищный фонд страны на 46 % [1]. Ученые и представители строительных компаний считают, что малоэтажное строительство является приоритетным путем решения этого жилищного

вопроса, а наиболее эффективно возведение каркасно-панельных домов.

Стеновые каркасные элементы изготавливаются в промышленных условиях (рис. 1). Преимущество