

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ БУМАГИ НА ТЕРМОПЛАСТИЧНОМ СВЯЗУЮЩЕМ

А.Ю. Гранкин, А.Н. Зарубина, А.С. Савицкий, А.А. Шевляков

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
grankin@mgul.ac.ru

Отходы являются дешевым сырьевым ресурсом и позволяют использовать их повторно в основном производстве или в производстве побочной продукции. С увеличением объемов производства металлизированной бумаги появился новый специфический вид бумажных отходов — отходы металлизированной бумаги. В настоящей статье приведены результаты исследования по получению плитных материалов с использованием отходов производства бумаги, металлизированной алюминием, как наполнителя и отходов из полиэтиленовой пленки как связующего. В качестве наполнителя употребляли отходы металлизированной бумаги марки Metalvac E HWS, измельченной до размера $20 \times 4 \times 0,059$ мм. В качестве сырья для связующего использовали отходы полиэтиленовой пленки, измельченной до среднего размера $10 \times 4 \times 0,01$ мм. Норма расхода связующего во всех экспериментах была зафиксирована на уровне 20 % от массы наполнителя. За окончание процесса прессования принимали время достижения температуры в центре брикета 150°C . Анализ полученных данных показал, что зависимость времени прессования от плотности образца при прочих равных условиях практически близка к линейной. Приведены также результаты изучения физико-механических свойств полученных образцов. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности употребления отходов производства металлизированной бумаги для получения композиционных материалов на термопластичном связующем. Эти материалы могут применяться в различных областях промышленности как тепло- и звукоизоляционные или конструкционные. Кроме того, изготовленные с использованием металлизированных бумаг плиты могут обладать особыми электромагнитными свойствами, что позволит расширить область их применения (например, создание защитного слоя, препятствующего проникновению радиоволн). Поэтому исследования в данном направлении являются перспективными и будут продолжены. **Ключевые слова:** металлизированная бумага, бумажные отходы, отходы термопластов, термопластичное связующее, композиционные материалы, плоское прессование

Ссылка для цитирования: Гранкин А.Ю., Зарубина А.Н., Савицкий А.С., Шевляков А.А. Композиционные материалы из отходов металлизированной бумаги на термопластичном связующем // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 4. С. 83–88. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-4-83-88

Проблема использования и переработки отходов производства в наши дни крайне актуальна. Отходы являются дешевыми сырьевыми ресурсами и позволяют производителю использовать их повторно в основном производстве или в производстве побочной продукции, что повышает экономические показатели предприятия. Возможность вторичной переработки имеет большое значение и для защиты окружающей среды от загрязнений в целом [1–3].

Остановимся на использовании бумажных отходов (макулатуры) и отходов термопластов (полиэтилена, полипропилена и т. п.).

Бумажные отходы в качестве вторичного сырья находят широкое применение, в частности, для выработки определенного вида бумаги, картона, санитарно-гигиенических изделий, древесно-волоконистых плит, эковаты, кровельных материалов и различных бумажно-полимерных композиционных материалов [4–6]. Также интересны исследования по производству бумажно-полимерных плит, в которых различные виды бумажных отходов используются в качестве наполнителя, а отходы термопластов (полиэтилена,

полипропилена и др.) — в качестве термопластического связующего [7–9].

С увеличением объемов производства металлизированной бумаги появился новый вид бумажных отходов — отходы металлизированной бумаги, которые из-за своих специфических свойств пока не находят применения. *Металлизированная бумага* — это бумага, на поверхность которой с одной либо с обеих сторон наносится тонкий слой металла или металлической фольги. Она довольно часто используется в полиграфии, особенно при производстве наружной рекламы, этикеток для алкогольной продукции, упаковок косметических и парфюмерных изделий, при упаковке табачных изделий. Для производства металлизированной бумаги применяют три основных способа: вакуумную металлизацию, ламинирование и металлизацию переносом. Наиболее часто применяется вакуумная металлизация, когда на подготовленную бумагу путем напыления наносится тончайший металлический слой в высоком вакууме. Затем поверх металлизированного слоя наносится лаковое покрытие. Благодаря этому металлизированный материал приобретает стой-

кость к истиранию. Кроме того, лаковый слой позволяет наносить стойкое изображение и придавать привлекательный вид изделиям [10].

В последние годы появилось много работ, посвященных возможности получения композиционных материалов на термопластичном связующем [1, 2, 11–16]. В качестве связующего в них используются измельченные отходы термопластов, таких как полиэтилен, полипропилен и др. Наполнителем в таких материалах могут служить измельченные древесные, бумажные отходы или другие органические и неорганические материалы. Во всех работах отмечается перспективность использования таких материалов в строительстве и других отраслях промышленности.

В настоящей статье приводятся результаты исследования по получению плитных материалов с использованием отходов производства бумаги, металлизированной алюминием, как наполнителя и отходов из полиэтиленовой пленки как связующего.

В качестве наполнителя употребляли отходы бумаги, металлизированной алюминием методом вакуумной металлизации. Отходы металлизированной бумаги марки Metalvac E HWS получены от предприятия-изготовителя АО «Галилео Нанотех» и имеют следующие свойства: толщина 0,059 мм; плотность бумаги 68 г/м²; плотность напыления алюминия 0,1 г/м². Для использования отходов металлизированной бумаги в качестве наполнителя их измельчали в офисном уничтожителе бумаги (шредере) марки HSM 102.2. Полученные частицы имели размеры 20×4×0,059 мм. Относительная влажность измельченных отходов перед прессованием составляла 5 %.

В качестве сырья для связующего употребляли отходы полиэтиленовой пленки без предварительной сортировки по видам и маркам. Пленку измельчали на дробилке роторного типа для пластмасс марки ИПР-150 с диаметром ячеек калибрующей решетки 10 мм. Полученные частицы полиэтилена имели средние размеры $(10 \pm 5) \times (4 \pm 1) \times (0,01 \pm 0,001)$ мм. Норма расходов связующего во всех экспериментах была зафиксирована на уровне 20 % от массы наполнителя.

Прессование проводили на экспериментальной установке, разработанной для исследования процесса горячего прессования широкого спектра композиционных материалов [17, 18]. Установка создана на базе имеющегося гидравлического пресса и позволяет регулировать, измерять и регистрировать параметры эксперимента в следующих диапазонах:

– температуру нагревательных плит рабочего участка — от 20 до 220 °С;

– температуру исследуемого образца — от 20 до 220 °С;

– нагрузку на исследуемый образец — от 0,01 до 2,5 МПа;

– изменение толщины исследуемого образца — от 0,12 до 0,005 м;

– скорость деформирования исследуемого образца — от 0,001 до 0,025 м/с.

Размеры исследуемого образца 0,3×0,3 м.

Для регистрации температуры в течение всего процесса прессования закладывали термопары на верхней и нижней поверхности и по центру брикета. В процессе всех экспериментов температура плит пресса составляла 200 °С, давление прессования 2,5 МПа, интервал измерения температуры 15 с.

Брикет для проведения эксперимента формировали следующим образом. Наполнитель со связующим, смешивали вручную в необходимых пропорциях, смесь равномерно засыпали в специальную форму размером 0,30×0,30 м, установленную на латунном поддоне размером 0,32×0,32 м, с прокладкой из полиэтилентерефталатной пленки и уложенными на нее термопарой для измерения температуры в центре нижней поверхности брикета и дистанционными прокладками. В центр сформированного пакета через специальный вырез в форме устанавливали вторую термопару для измерения температуры в центре брикета, после чего пакет подпрессовывали.

После подпрессовки форму снимали, на брикет последовательно укладывали термопару для измерения температуры в центре верхней поверхности брикета, прокладку из полиэтилентерефталатной пленки и латунный поддон.

Горячее прессование сформированного брикета проходило между нагревательными плитами пресса, имеющими размер 0,4×0,4 м, до достижения в центре брикета температуры 170 °С. Охлаждение образца проводили между охлаждаемыми плитами до достижения в центре брикета температуры 50 °С при давлении прессования 0,2 МПа.

Анализ температурно-временных характеристик, полученных в процессе прессования образцов различной плотности (рисунок), показал, что прогрев центра образца можно разделить на несколько этапов.

На первом этапе прессования наблюдается запаздывание начала прогрева центра брикета ввиду постепенного прогрева брикета по толщине от его поверхностей к центру, причем с повышением конечной плотности образцов время начала прогрева центра брикета увеличивается. Это связано с большей начальной толщиной брикета и увеличением времени смыкания плит пресса и их посадки на дистанционные прокладки.

На втором этапе начинается прогрев центра брикета, интенсивность которого зависит от те-

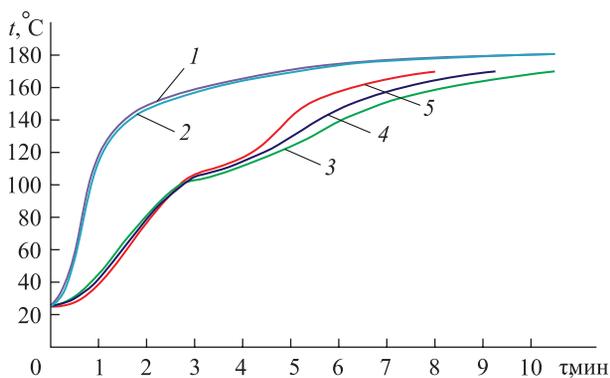


Рис. Изменение температуры в брикете в процессе прессования при различных значениях плотности брикета: 1 — температура на нижней поверхности брикета; 2 — температура на верхней поверхности брикета; 3–5 — температура в центре брикета (3 — $\rho_{бр} = 310 \text{ кг/м}^3$; 4 — $\rho_{бр} = 660 \text{ кг/м}^3$; 5 — $\rho_{бр} = 1100 \text{ кг/м}^3$)

Fig. Temperature change in the briquette during the pressing process at different briquette densities: 1 — temperature on the bottom surface of the briquette; 2 — temperature on the upper surface of the briquette; 3–5 — temperature in the center of the briquette (3 — $\rho_{бр} = 310 \text{ кг/м}^3$; 4 — $\rho_{бр} = 660 \text{ кг/м}^3$; 5 — $\rho_{бр} = 1100 \text{ кг/м}^3$)

плопроводности брикета, а она, в свою очередь, зависит от плотности и влажности брикета. Чем больше плотность брикета и его влажность, тем выше темп прогресса [7, 12, 13].

Третий этап начинается при достижении температуры в центре брикета 100°C происходит интенсивное испарение имеющейся влаги, что приводит к резкому снижению роста температуры. Температура в центре брикета в этом случае зависит от температуры насыщенных паров воды, которая, в свою очередь, зависит от давления парогазовой смеси в центре брикета и увеличивается при повышении давления парогазовой смеси. В связи с этим для брикетов с большей плотностью и большей влажностью температура на этом этапе будет несколько выше, чем для брикетов с меньшей плотностью и меньшей влажностью. третий этап продолжается до момента удаления парогазовой смеси из центра брикета, причем для брикетов с меньшей плотностью продолжитель-

ность этапа намного меньше, чем для брикетов с большей плотностью [7, 12, 13].

Четвертый этап начинается с достижением температуры плавления связующего (для полиэтилена различных марок температура плавления варьируется в диапазоне $105\text{--}135^\circ\text{C}$ [11, 19]). На этом этапе происходит плавление используемого термопласта и его растекание с заполнением существующих пор. Интенсивность прогрева на четвертом этапе зависит от плотности брикета, количества связующего и его температуры плавления. При большей плотности брикета, меньшем содержании термопласта и большей температуре его плавления темп прогресса центра брикета выше.

Третий и четвертый этапы в зависимости от температуры плавления используемого в качестве связующего термопласта могут в той или иной мере перекрываться. В связи с тем что в качестве термопласта использовали отходы из смеси полиэтиленовых пленок, марки которых неизвестны, а следовательно, неизвестна и их температура плавления за окончание процесса плавления, связующего приняли максимальную температуру плавления используемого термопласта (для полиэтилена — 140°C , для полипропилена — 170°C [11, 19]).

На заключительном этапе прессования после окончании плавления связующего и его растекания интенсивность прогрева брикета зависит лишь от его теплопроводности. Чем выше плотность брикета и меньше количество связующего, тем она выше.

За окончание процесса прессования брикета целесообразно принимать время достижения в центре брикета максимальной температуры плавления используемого термопласта с небольшим запасом, гарантирующим полное его плавление и растекание по существующим порам. В нашем случае за окончание процесса горячего прессования можно принять время достижения в центре брикета температуры 150°C . В проведенных исследованиях это время составило: для образцов плотностью 310 кг/м^3 — 6,75 мин; плотностью 660 кг/м^3 — 6,25 мин; 1100 кг/м^3 —

Т а б л и ц а

Физико-механические свойства исследуемых образцов
Physico-mechanical properties of the samples under study

№ образца	Толщина, мм	Плотность, кг/м^3	Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, %		Разбухание по толщине, %	
				за 2 ч	за 24 ч	за 2 ч	за 24 ч
1	10	310	0,8	141,31	145,34	14,23	15,74
2	10	660	3,7	71,76	87,86	19,49	21,03
3	11	1100	18,2	8,01	19,25	2,76	11,98

5,25 мин. Анализ полученных данных показал, что зависимость времени прессования от плотности образца при прочих равных условиях практически близка к линейной [20–25].

Результаты исследования физико-механических свойств полученных образцов представлены в таблице.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования отходов производства металлизированной бумаги для получения композиционных материалов на термопластичном связующем. Эти материалы могут применяться в различных областях промышленности как тепло- и звукоизоляционные или конструкционные. Кроме того, изготовленные с использованием металлизированной бумаги плиты могут обладать особыми электромагнитными свойствами, что позволит расширить область их применения (например, создание защитного слоя, препятствующего проникновению радиоволн, и т. д.). Поэтому исследования в данном направлении являются перспективными и будут продолжены.

Список литературы

[1] Савицкий А.С., Шевляков А.А. Основные направления переработки твердых производственных и бытовых отходов // *Технология и оборудование для переработки древесины* : сб. научн. тр. Вып. 312. М.: МГУЛ, 2000. С. 125–129.

[2] Савицкий А.С., Панферов В.И., Шевляков А.А. Переработка твердых органических и полимерных производственных и бытовых отходов в композиционные материалы // Тез. докладов на II науч.-практ. конф. «Комплексное использование вторичных ресурсов и отходов», НПК «Механобр-техника», Санкт-Петербург. 2009. С. 32–33.

[3] Шевляков А.А., Панферов В.И., Шевляков С.А., Маркин А.П. Производство композиционных материалов с использованием вторичных отходов в качестве исходного сырья // *Вестник МГУЛ — Лесной вестник*, 2011. № 5. С. 79–84.

[4] Гранкин А.Ю., Шевляков А.А. Основные направления переработки бумажных отходов // *Технология и оборудование для переработки древесины* // Сб. науч. тр. Вып. 370. М.: МГУЛ, 2015. С. 174–181.

[5] Гранкин А.Ю. Переработка бумажных отходов // *Естественные и технические науки*, 2016. № 6. С. 25–30.

[6] Официальный сайт дизайн-студии SJP. URL: <http://officetimekiiev.wordpress.com/2012/12/13/утилизируем-бумагу>.

[7] Савицкий А.С., Шевляков А.А., Савицкий С.А., Сычкин А.В. Исследование температурно-временных характеристик в процессе прессования плит малой плотности на термопластичном связующем // *Технология химико-механической переработки древесины*: сб. научн. тр. Вып. 290. М.: МГУЛ, 1998. С. 14–18.

[8] Савицкий А.С., Шевляков А.А. Композиционные материалы из отходов МБС на термопластичном связующем // *Технология химико-механической переработки древесины*: сб. научн. тр. Вып. 290. М.: МГУЛ, 1998. С. 31–35.

[9] Савицкий А.С., Шевляков А.А. Физико-механические и теплофизические свойства плит из МБС на термо-

пластичном связующем // *Технология химико-механической переработки древесины*: сб. научн. тр. Вып. 295. М.: МГУЛ, 1999. С. 62–66.

[10] Способ изготовления металлизированной этикеточной бумаги Пат. RU 2481953, кл. В31D1/02; D21H19/82; D21H19/08, 20.05.2013 / Колодкин С.В., Петров А.А.

[11] Вторичная переработка пластмасс / под ред. Ф. Ла Мантия; пер. с англ. под ред. Г.Е. Заикова. СПб.: Профессия, 2006. 400 с.

[12] Савицкий А.С., Сапожников И.В., Шевляков А.А. Исследование процесса прессования древесных плит на термопластичном связующем // *Технология химической переработки древесины*: сб. научн. тр. Вып. 287. М.: МГУЛ, 1996. С. 11–18.

[13] Савицкий А.С., Шевляков А.А. Особенности процесса прессования влажной древесно-полимерной прескомпозиции // *Технология и оборудование для переработки древесины*: сб. научн. тр. Вып. 315. М.: МГУЛ, 2002. С. 120–123.

[14] Савицкий А.С., Терпугов М.А., Карцовник В.И. Производство древесностружечных плит на термопластичном связующем // Сб. «Плиты и фанера» Экспресс-информация ВНИПИЭИлеспром. Вып. 12. М., 1991. С. 10.

[15] Тришин С.П., Никитин А.А. Изучение технологии получения древесно-стружечных плит на порошкообразном связующем // *Технология и оборудование для переработки древесины* / Сб. науч. тр. Вып. 377. М.: МГУЛ, 2015. С. 106–113.

[16] Тришин С.П., Никитин А.А. Изучение физико-механических и технологических свойств порошкообразных термопластичных связующих и плит // *Технология и оборудование для переработки древесины* / Сб. науч. тр. Вып. 377. М.: МГУЛ, 2015. С. 114–119.

[17] Гранкин А.Ю., Шевляков А.А. Экспериментальная установка для исследования процесса прессования бумажно-полимерных плит // *Естественные и технические науки*. М.: Спутник+, 2015. № 11. С. 538–542.

[18] Маркин А.П., Панферов В.И., Шевляков А.А., Шевляков С.А. Экспериментальный стенд по исследованию деформативных свойств и послойной плотности композиционных материалов // *Вестник МГУЛ — Лесной вестник*. 2011. № 5. С. 85–90.

[19] Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины; пер. с англ. под ред. Е.С. Цобалло. СПб.: Профессия, 2006. 256 с.

[20] Trishin S.P., Nikitin A.A., Fedorenko D.V., Kireyeva A.F. Mining technology for producing wood chipboard with the use thermoplastic binder // *Forest complex today, view of young researchers: forest industry and engineering, landscape architecture, woodworking technology, management and economics: Proc. Int. Scient. and pract. conf. V. 1. St. Louis, Missouri, USA, 2017*, pp. 228–233.

[21] Composite material compositions using wastepaper and method of producing same: U.S. Pat. No. 4 339 363. Y. Nakagima. July 13, 1982.

[22] Polyolefi n-base resin composition: U.S. Pat. No. 4 717 743. H. Wakabayashi, F. Kato, T. Matsubara and Y. Ishikawa. January 5, 1988.

[23] Poly-coated paper composites. U.S. Pat. No. 5 952 105. M. Medoff and A. Lagace. September 14, 1999.

[24] Cellulosic fi ber composites: U.S. Pat. No. 5 973 035. M. Medoff and A. Lagace. October 26, 1999.

[25] Pre-treated cellulosic materials for producing molded composite articles therefrom and process: U.S. Pat. No. 5 288 772. D.N.-S. Hon. February 22, 1994.

Сведения об авторах

Гранкин Александр Юрьевич — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры древесиноведения и технологии деревообработки МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), vgalkin@mgul.ac.ru

Зарубина Анжелла Николаевна — канд. техн. наук, доцент кафедры химической технологии древесины и полимеров МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), zarubina@mgul.ac.ru

Савицкий Анатолий Станиславович — канд. техн. наук, доцент кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), savitskiy@mgul.ac.ru

Шевляков Александр Александрович — канд. техн. наук, доцент кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), shevlyakov@mgul.ac.ru

Статья поступила в редакцию 03.05.2017 г.

APPLICATION OF COMPOSITE MATERIAL BY USING METALLIZED PAPER PRODUCTION WASTE

A.Y. Grankin, A.N. Zarubina, A.S. Savitskiy, A.A. Shevlyakov

BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

grankin@mgul.ac.ru

Waste is a cheap raw resource and allows to reuse them in the main production or in production of the secondary production. With increase in the production of the metallized paper in our region the new specific type of a paper waste — a waste of the metallized paper appeared. In the present article results of a research on receiving slabby materials with recovery of production of the paper metallized by aluminum are given as an excipient and a waste from a polyethylene film as binding. As an excipient used a waste of the metallized paper of the Metalvac E HWS brand crushed to the size $20 \times 4 \times 0,059$ mm. As raw materials for binding used a waste of the polyethylene film crushed to the average size $10 \times 4 \times 0,01$ mm. The consumption rate binding in all experiments was recorded at the level of 20 % of the mass of an excipient. Took temperature first passage time in the center of a briquette for the end of process of a molding 150°C . The analysis of the obtained data showed that dependence of time of a molding on exemplar density under other equal conditions is almost close to the linear. Results of a research of physical and mechanical characteristics of the received exemplars are also given in article. The conducted researches allow to draw a conclusion on a possibility of recovery of production of the metallized papers for receiving composites on thermoplastic binding. These materials can be used as the self-contained warm and acoustic or constructional material applied in various fields of the industry. Besides, when using of the metallized papers of a plate can have special electromagnetic characteristics that will allow to expand the field of their application, for example, for creation of an armor coat from radiowaves and so forth. Therefore researches in this direction are perspective and will be continued.

Keywords: metallized paper, paper waste, thermoplastics waste, thermoplastic binder composites, flat pressing

Suggested citation: *Kompozitsionnye materialy iz otkhodov metallizirovannoy bumagi na termoplastichnom svyazyushchem* [Application of composite material by using metallized paper production waste]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 4, pp. 83–88 DOI: 10.18698/2542-1468-2017-4-83-88

References

- [1] Savitskiy A.S., Shevlyakov A.A. Osnovnye napravleniya pererabotki tverdykh proizvodstvennykh i bytovykh otkhodov [The main directions of processing of solid industrial and household waste] *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny* [Technology and equipment for wood processing]. A collection of scientific papers, v. 312. Moscow: MGUL publ., 2000, pp. 125–129.
- [2] Savitskiy A.S., Panferov V.I., Shevlyakov A.A. Pererabotka tverdykh organicheskikh i polimernykh proizvodstvennykh i bytovykh otkhodov v kompozitsionnye materialy [Technology and equipment for wood processing] *Tez. dokladov na II nauch.-prakt. konf. «Kompleksnoe ispol'zovanie vtorichnykh resursov i otkhodov»*, NPK «Mekhanobr-tehnika» [Abstracts of papers on II scientific-practical. conf. «Comprehensive use of secondary resources and waste», NPK «Mekhanobr-tehnika»]. Sankt-Peterburg, 2009, pp. 32–33.
- [3] Shevlyakov A.A., Panferov V.I., Shevlyakov S.A., Markin A.P. Proizvodstvo kompozitsionnykh materialov s ispol'zovaniem vtorichnykh otkhodov v kachestve iskhodnogo syr'ya [Production of composite materials using secondary waste as feedstock] *Moscow state forest university bulletin — Lesnoy vestnik*, 2011, no. 5, pp. 79–84.
- [4] Grankin A.Yu., Shevlyakov A.A. Osnovnye napravleniya pererabotki bumazhnykh otkhodov [The basic directions of processing of paper wastes] *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny* [Technology and the equipment for wood processing]. A collection of scientific papers, v. 370. Moscow: MGUL publ., 2015, pp. 174–181.
- [5] Grankin A.Yu. Pererabotka bumazhnykh otkhodov [Processing of paper waste] *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], 2016, no. 6, pp. 25–30.
- [6] Ofitsial'nyy sayt dizayn-studii SJP. [Official site of the SJP design studio]. Available at: <http://officetimekiev.wordpress.com/2012/12/13/utiliziruem-bumagu>.

- [7] Savitskiy A.S., Shevlyakov A.A., Savitskiy S.A., Sychkin A.V. Issledovanie temperaturno-vremennykh kharakteristik v protsesse pressovaniya plit maloy plotnosti na termoplastichnom svyazuyushchem [Investigation of temperature-time characteristics in the process of compacting low-density plates on a thermoplastic binder] *Tekhnologiya khimiko-mekhanicheskoy pererabotki drevesiny* [Technology of Chemical Mechanical Processing of Wood]. A collection of scientific papers, v. 290. Moscow: MGUL publ., 1998, pp. 14–18.
- [8] Savitskiy A.S., Shevlyakov A.A. Kompozitsionnye materialy iz otkhodov MBS na termoplastichnom svyazuyushchem [Composite materials from waste MBS on a thermoplastic binder] *Tekhnologiya khimiko-mekhanicheskoy pererabotki drevesiny* [Technology of chemical mechanical processing of wood]. A collection of scientific papers, v. 290. Moscow: MGUL publ., 1998, pp. 31–35.
- [9] Savitskiy A.S., Shevlyakov A.A. Fiziko-mekhanicheskie i teplofizicheskie svoystva plit iz MBS na termoplastichnom svyazuyushchem [Physical-mechanical and thermophysical properties of plates from MBS on a thermoplastic binder] *Tekhnologiya khimiko-mekhanicheskoy pererabotki drevesiny* [Technology of Chemical-Mechanical Processing of Wood]. A collection of scientific papers, v. 295. Moscow: MGUL publ., 1999, pp. 62–66.
- [10] Sposob izgotovleniya metallizirovannoy etiketchnoy bumagi [A method for manufacturing metallized label paper] Pat. RU 2481953, kl. B31D1/02; D21H19/82; D21H19/08, 20.05.2013. Kolodkin S.V., Petrov A.A.
- [11] Vtorichnaya pererabotka plastmass [Recycling of plastics]. SPb.: Professiya publ., 2006, 400 p.
- [12] Savitskiy A.S., Sapozhnikov I.V., Shevlyakov A.A. Issledovanie protsessa pressovaniya drevesnykh plit na termoplastichnom svyazuyushchem [Study of the process of pressing wood plates on a thermoplastic binder] *Tekhnologiya khimicheskoy pererabotki drevesiny* [Technology of chemical processing of wood]. A collection of scientific papers, v. 287. Moscow: MGUL publ., 1996, pp. 11–18.
- [13] Savitskiy A.S., Shevlyakov A.A. Osobennosti protsessa pressovaniya vlazhnoy drevesno-polimernoy presskompozitsii [Peculiarities of the pressing process of wet wood-polymer preskozitsii] *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny* [Technology and equipment for wood processing]. A collection of scientific papers, v. 315. Moscow: MGUL publ., 2002, pp. 120–123.
- [14] Savitskiy A.S., Terpugov M.A., Kartsovnik V.I. Proizvodstvo drevesnostruzhechnykh plit na termoplastichnom svyazuyushchem [Production of particle board on a thermoplastic binder] «Plity i fanera» *Ekspress-informatsiya VNIPIEIllesprom* [«Plates and plywood» Express information VNIPIEIllesprom], v. 12. Moscow, 1991, p. 10.
- [15] Trishin S.P., Nikitin A.A. Izuchenie tekhnologii polucheniya drevesno-struzhechnykh plit na poroshkoobraznom svyazuyushchem [Studying the technology of obtaining wood-chipboards on a powdery binder] *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny* [Technology and equipment for wood processing]. A collection of scientific papers, v. 377. Moscow: MGUL publ., 2015, pp. 106–113.
- [16] Trishin S.P., Nikitin A.A. Izuchenie fiziko-mekhanicheskikh i tekhnologicheskikh svoystv poroshkoobraznykh termoplastichnykh svyazuyushchikh i plit [Investigation of the physico-mechanical and technological properties of powdered thermoplastic binders and plates] *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny* [Technology and equipment for wood processing]. A collection of scientific papers, v. 377. Moscow: MGUL publ., 2015, pp. 114–119.
- [17] Grankin A.Yu., Shevlyakov A.A. Eksperimental'naya ustanovka dlya issledovaniya protsessa pressovaniya bumazhno-polimernykh plit [Experimental setup for studying the pressing process of paper-polymer plates] *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences]. Moscow: Sputnik + publ., 2015, no. 11, pp. 538–542.
- [18] Markin A.P., Panferov V.I., Shevlyakov A.A., Shevlyakov S.A. Eksperimental'nyy stend po issledovaniyu deformativnykh svoystv i posloynoy plotnosti kompozitsionnykh materialov [Experimental stand on the investigation of deformative properties and layered density of composite materials] *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2011, no. 5, pp. 85–90.
- [19] Uayt Dzh.L., Choy D.D. Polietilen, polipropilen i drugie poliolefiny [Polyethylene, polypropylene and other polyolefins]. SPb.: Professiya publ., 2006, 256 p.
- [20] Trishin S.P., Nikitin A.A., Fedorenko D.V., Kireyeva A.F. Mining technology for producing wood chipboard with the use thermoplastic binder. *Forest complex today, view of young researchers: forest industry and engineering, landscape architecture, woodworking technology, management and economics: Proc. Int. Scient. and pract. conf.*, v. 1. St. Louis, Missouri, USA, 2017, pp. 228–233.
- [21] Composite material compositions using wastepaper and method of producing same: U.S. Pat. no. 4 339 363. Y. Nakagima. July 13, 1982.
- [22] Polyolefi n-base resin composition: U.S. Pat. no. 4 717 743. H. Wakabayashi, F. Kato, T. Matsubara and Y. Ishikawa. January 5, 1988.
- [23] Poly-coated paper composites. U.S. Pat. no. 5 952 105. M. Medoff and A. Lagace. September 14, 1999.
- [24] Cellulosic fiber composites: U.S. Pat. no. 5 973 035. M. Medoff and A. Lagace. October 26, 1999.
- [25] Pre-treated cellulosic materials for producing molded composite articles therefrom and process: U.S. Pat. no. 5 288 772. D.N.-S. Hon. February 22, 1994.

Author's information

Grankin Aleksandr Yurievic — assistant in the Department of chemistry BMSTU (Mytishchi branch), grankin@mgul.ac.ru

Zarubina Angella Nikolaevna — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department chemistry, BMSTU (Mytishchi branch), zarubina@mgul.ac.ru

Savitskiy Anatoliy Stanislavovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of processes and apparatus of woodworking industries, BMSTU (Mytishchi branch), savitskiy@mgul.ac.ru

Shevlyakov Aleksandr Aleksandrovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of and apparatus of woodworking industries, BMSTU (Mytishchi branch), shevlyakov@mgul.ac.ru

Received 03.05.2017