

Совершенствование технологии производства древесно-волоконистых плит с использованием некондиционного древесного волокна

Г.С. Варанкина^a, Д.С. Русаков^b, Е.Г. Соколова^c, Ю.И. Цой^d

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский, 5, Санкт-Петербург, Россия

^a varagalina@yandex.ru, ^b dima-ru25@mail.ru, ^c nikitinaek@rambler.ru, ^d tsoi-yuriy@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0003-3470-5124>, ^b <https://orcid.org/0000-0002-4344-2779>,

^c <https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>, ^d <https://orcid.org/0000-0002-7906-9662>

Статья поступила 13.04.2020, принята 29.04.2020

Для изготовления древесно-волоконистых плит (ДВП) чаще всего пользуются «мокрым» способом. Основные недостатки, присущие данному способу, это повышенный расход в производстве свежей воды и сброс на очистные сооружения сточных вод, меньшая возможность использования в качестве сырья листовых пород древесины, сравнительно небольшая номенклатура выпускаемых плит. Целью работы является совершенствование технологии получения твердых ДВП и исследование физико-механических свойств ДВП с использованием в качестве древесного волокна (частично) некондиционного древесного волокна сульфатно-целлюлозного производства. Методика проведения исследований следующая. Для получения образцов твердых ДВП с добавлением некондиционного древесного волокна использовали оборудование лаборатории завода ДВП. Полученные образцы прессовали в горячем прессе при технологическом режиме, применяемом в производстве, далее образцы после кондиционирования в течение суток распиливали согласно ГОСТ 10633-2018 «Плиты древесностружечные и древесно-волоконистые. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний». В результате проведенного исследования выявлена возможность применения некондиционного древесного волокна сульфатно-целлюлозного производства в качестве заменителя части волокна при производстве ДВП «мокрым» способом. После проведения испытаний опытной партии ДВП пришли к выводу, что оптимальным количеством добавки некондиционного волокна к общей массе древесного волокна является 15 %, увеличение количества ведет к снижению физико-механических свойств плит. Рекомендуемый состав композиции для получения твердых ДВП (марка Т гр. Б): массовая доля некондиционного волокна — 12–15 % к массе а.с.в. (абсолютно сухого волокна); массовая доля смолы — 1 % к массе а.с.в.; время подпрессовки — 12 сек. Проведенные исследования показали, что существует принципиальная возможность использования отходов целлюлозного производства при изготовлении твердых ДВП. Результаты испытаний полученных образцов показали, что основные физико-механические и качественные показатели соответствуют ГОСТ 10633-2018.

Ключевые слова: комплексное использование древесины; некондиционное древесное волокно сульфатно-целлюлозного производства; древесно-волоконистая плита (ДВП); физико-механические свойства ДВП.

Improving the production technology of wood fiber boards using substandard wood fiber

G.S. Varankina^a, D.S. Rusakov^b, E.G. Sokolova^c, Yu.I. Tsoi^d

St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov; 5, Institutskiy Per., St. Petersburg, Russia

^a varagalina@yandex.ru, ^b dima-ru25@mail.ru, ^c nikitinaek@rambler.ru, ^d tsoi-yuriy@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0003-3470-5124>, ^b <https://orcid.org/0000-0002-4344-2779>,

^c <https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>, ^d <https://orcid.org/0000-0002-7906-9662>

Received 13.04.2020, accepted 29.04.2020

For the manufacture of wood fiberboards, the “wet” method is most often used. The main disadvantages inherent in this method are: increased consumption in the production of fresh water and discharge to wastewater treatment plants, less possibility of using hardwood as a raw material, and a relatively small range of produced boards. The aim of the work is to improve the technology for producing solid fiberboard and study the physico-mechanical properties of fiberboard (partially) using substandard wood fiber as sulphate-cellulose fiber. To obtain samples of solid fiberboard with the addition of substandard wood fiber, the laboratory equipment of the fiberboard factory was used. The obtained samples were pressed in a hot press under the technological regime used in production, then the samples after conditioning were sawn for 24 hours and according to GOST 10633-2018 «Particle boards and wood fiber boards. General rules for the preparation and conduct of physical and mechanical tests». As a result of the study, the possibility of using substandard wood fiber of sulphate-cellulose production as a substitute for part of the fiber in the production of

wood fiberboard by the “wet” method was revealed. After testing an experimental batch of wood fiberboard, the authors came to the conclusion that the optimal amount of substandard fiber additive to the total mass of wood fiber is 15 %, an increase in the quantity leads to a decrease in the physico-mechanical properties of the boards. Recommended composition for solid fiber board (grade T gr. B): mass fraction of substandard fiber — 12–15 % by weight of a.s.w. ; mass fraction of resin — 1 % by weight of a.s.w. ; prepress time — 12 sec. The studies have shown that there is a fundamental possibility of using pulp production waste in the production of solid fiberboards. The test results of the samples have shown that the main physical, mechanical and quality indicators correspond to GOST 10633-2018.

Keywords: integrated use of wood; substandard wood fiber of sulphate-cellulose production; wood fiber board; physico-mechanical properties of fiberboard.

Введение. Для изготовления древесно-волоконистых плит (ДВП) чаще всего пользуются «мокрым» способом. Основные недостатки, присущие данному способу, это повышенный расход свежей воды и сброс на очистные сооружения сточных вод, меньшая возможность использования в качестве сырья лиственных пород древесины, сравнительно небольшая номенклатура выпускаемых плит (твердые плиты «мокрого» способа производства выпускают в основном толщиной 3,2 и 4 мм). Также к недостаткам «мокрого» способа производства можно отнести использование фенолоформальдегидной смолы (ФФС), где свободный фенол практически невозможно удалить из готовой плиты [1–10].

Проблема снижения отходов со сточными водами, возврата их в технологический поток тесно связана с сокращением водопотребления и сброса сточных вод в производстве ДВП «мокрым» способом. Производство ДВП «мокрым» способом характеризуется высоким удельным водопотреблением и водоотведением (30–40 м³/т плит). Применяемая в настоящее время схема использования воды несовершенна и обуславливает большой объем сточных вод, требующих полной биологической очистки. Строительство комплексов по очистке вод требует больших капитальных затрат, эксплуатационных расходов и не приносит необходимого природоохранного эффекта. Сточные воды заводов по производству ДВП относятся к категории высококонцентрированных. Со сточными водами теряется большое количество древесных волокон, химических добавок, применяемых при изготовлении плит; коллоидных и растворенных продуктов гидролиза древесины, фенола, фурфурола и формальдегида. Одновременно с совершенствованием систем очистки стоков необходимо изыскивать технологические режимы производства плит, обеспечивающие сокращение расхода сырья, а также вовлечение в переработку отходов и побочных продуктов сопутствующих производств [1–20]. Так, при исследовании на Сегежском комбинате применяли осадки сточных вод первичных отстойников (скоп) [11]. Степень помола скопа составляла 23° ШР, зольность — 25 %.

Испытания образцов плит на физико-механические показатели дали возможность сопоставить полученные данные и вывести зависимость качественных характеристик плит от содержания в них скопа [11].

В технологии сульфатно-целлюлозного производства имеет место некондиционное древесное волокно. Некондиционное древесное волокно — измельченные древесные волокна, незначительно превышающие размер для ДВП, — частично (до 50 %) делигнифицировано [5; 6; 11; 20]. В составе некондиционного древесного волокна обнаружено до 10 %

посторонних (не древесных) включений. Реакция водной среды — щелочная, рН = 9,8, что обуславливает увеличение щелочности древесно-волоконистой композиции (этот факт может привести к некоторому увеличению количества осадка проклеивающего состава). Таким образом, некондиционное древесное волокно сульфатно-целлюлозного производства выбрано в качестве альтернативной замены части кондиционного древесного волокна в производстве древесно-волоконистых плит.

Цель работы: совершенствование технологии получения твердых древесно-волоконистых плит и исследование физико-механических свойств древесно-волоконистых плит с использованием в качестве древесного волокна (частично) некондиционного древесного волокна сульфатно-целлюлозного производства.

Методика проведения исследований. Для получения образцов твердых ДВП с добавлением некондиционного древесного волокна использовали оборудование лаборатории завода древесно-волоконистых плит.

Исходное древесное волокно определенной степени помола помещали в специальную ванну, где после перемешивания определяли концентрацию находящейся в ванне древесно-волоконистой массы. Параллельно вели определение массовой доли некондиционного древесного волокна, парафиновой эмульсии и фенолоформальдегидной смолы. Рассчитывали количество древесного волокна на одну отливку, помещали в специальную емкость, куда добавляли некондиционное древесное волокно при постоянном перемешивании массы. Оставляли полученную массу на время, предусмотренное экспериментом, при этом следили за тем, чтобы температура древесно-волоконистой массы не опускалась ниже 50 °С, далее добавляли воду до необходимой концентрации волокна в массе. Вводили в емкость необходимое количество фенолоформальдегидной смолы, парафина и осадителя (серную кислоту) до определенного показателя рН. Полученную массу выливали на сетку отливной машины, разбавляя водой в баке отливной машины до метки, тщательно перемешивали для равномерного распределения волокна на сетке и затем открывали клапан для слива воды. Полученную отливку размером 270×270 мм перемещали на сетку, укладывали на глянцевый лист и подпрессовывали в холодном прессе при заданном времени и давлении. Полученные образцы прессовали в горячем прессе при технологическом режиме, применяемом в производстве, далее образцы после кондиционирования в течение суток распиливали согласно ГОСТ 10633-2018 «Плиты древесно-стружечные и

древесно-волоконистые. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний».

Оборудование для изготовления образцов твердых ДВП и для проведения испытаний.

Оборудование, аппаратура, приборы и материалы.

1. Дефибратор-секунда — для определения степени помола древесно-волоконистой массы.

2. Отливная машина (лабораторная).

3. Холодный пресс для подпрессовки древесно-волоконистого ковра (лабораторный).

4. Камера термообработки (промышленная).

5. Сушильный шкаф, обеспечивающий постоянную температуру 103 ± 2 °С.

6. Сосуд для воды, обеспечивающий постоянную температуру, и устройство для удержания образцов под водой в вертикальном положении.

7. Универсальная испытательная машина Р-0,5 по ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования», обеспечивающая погрешность измерения нагрузки не более 1 % и скорость нагружения, равную 30 мм/мин.

8. Пресс горячего прессования (промышленный).

9. Лабораторные весы ВЛР-500 по ГОСТ 24104-2001 «Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия», позволяющие определить массу образца с погрешностью не более 0,01 %.

10. Толщиномер для определения толщины образцов, шкала прибора с погрешностью 0,01 мм; штангенциркуль; металлическая линейка; фильтровальная бумага; ионметр «РН-340»; посуда лабораторная для дозирования парафина, фенолоформальдегидной смолы, серной кислоты.

Для оценки влияния исследуемых переменных факторов на физико-механические свойства ДВП был проведен эксперимент с использованием полного факторного плана ПФЭ 2^3 .

Постоянные факторы экспериментов представлены в табл. 1. Исследуемые переменные факторы представлены в табл. 2.

Входные параметры экспериментов представлены в табл. 2, выходные параметры (показатели качества): предел прочности ДВП при изгибе, МПа; водопоглощение лицевой поверхности ДВП, %; разбухание по толщине ДВП, %.

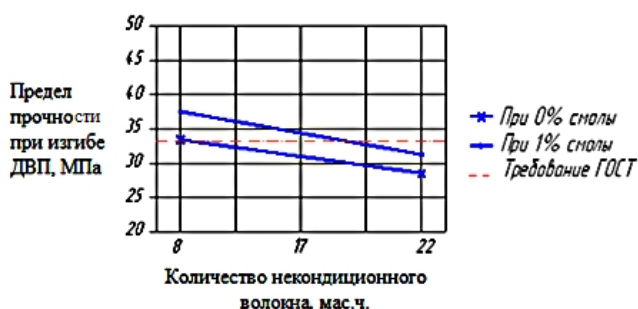


Рис. 1. Зависимость предела прочности при изгибе от количества некондиционного волокна в плите

Таблица 1. Постоянные факторы эксперимента

Наименование	Значение
Концентрация волокна, %	2,0
Показатель концентрации ионов водорода	$4,2 \pm 0,3$
Массовая доля парафиновой эмульсии, % к массе а.с.в.	1,0
Масса а.с.в. в отливке, г	200
Давление подпрессовки, МПа	1,0
Температура плит прессы, °С	190
Время прессования (цикл), мин	10
Давление прессования «отжим», МПа	5,2
Давление прессования «сушка», МПа	1,2
Давление прессования «закалка», МПа	2,5
Влажность (относительная) воздуха, %	65 ± 5
Температура воздуха, °С	18 ± 2

Таблица 2. Переменные факторы эксперимента и уровни их варьирования

Наименование фактора	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
		нижний	средний	верхний
Количество некондиционного волокна (x_1), масс. ч.	7	8	15	22
Количество упрочняющей добавки (ФФС) (x_2), масс. ч.	0,5	0	0,5	1,0
Время подпрессовки плит (x_3), мин	2,5	7,0	9,5	12,0

Результаты исследований и их анализ. На основании результатов испытаний опытной выработки древесно-волоконистых плит (табл. 3) получены уравнения регрессии (1) – (3), адекватно описывающие зависимости прочности при изгибе, водопоглощения лицевого слоя и разбухания по толщине (рис. 1–3) от влияющих факторов:

$$y_1 = 25.28 - 0.4x_1 + 1.69x_2 \quad (1)$$

$$y_2 = 11.98 + 0.09x_1 \quad (2)$$

$$y_3 = 19.41 - 0.35x_1 + 1.58x_2 \quad (3)$$

$$\text{при } 8 \text{ масс. ч.} \leq x_1 \leq 22 \text{ масс. ч.};$$

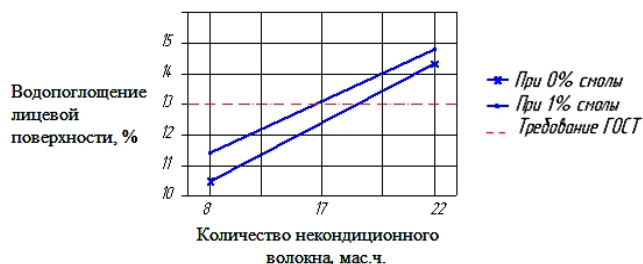
$$0 \text{ масс. ч.} \leq x_2 \leq 1,0 \text{ масс. ч.}; 7,0 \text{ мин} \leq x_3 \leq 12,0 \text{ мин},$$

где y_1 — предел прочности ДВП при изгибе, МПа; y_2 — водопоглощение лицевой поверхности ДВП, %; y_3 — разбухание по толщине ДВП, %.

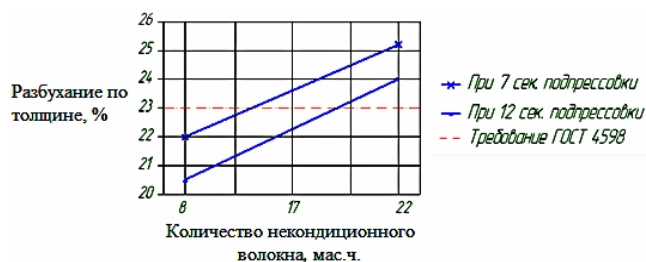
Анализ экспериментальных данных показывает (табл. 3, рис. 1–3), что увеличение массовой доли некондиционного волокна по отношению к общему древесному волокну ведет к снижению физико-механических показателей готовых ДВП. Оптимальным количеством некондиционного волокна является 15 %.

Таблица 3. Результаты испытаний опытно-лабораторной выработки ДВП с использованием некондиционного древесного волокна

Показатели	Единицы измерения	Норма по техническому регламенту	Норма для плит марок Т и Т-С	
			Группа А	Группа Б
Помол рафинаторной массы	ДС	22–26	–	–
Концентрация массы	%	1,1–1,6	2,5	2,7
Концентрация покровного слоя	»	Не менее 0,9	–	–
Температура массы	°С	Не менее 40	40	40
рН массы	–	3,9–4,5	4,1	4,0
рН покровного слоя	–	3,9–4,5	–	–
Сухость	%	Не менее 25	25	25
Предел прочности при изгибе	МПа	Не менее 33	38	33
Толщина плит	мм	2,9–3,5	3,2	3,2
Водопоглощение лицевой поверхности	%	Не более 13	11	13
Разбухание по толщине	»	Не более 23	20	23
Плотность	кг/м ³	800–1100	850–1100	800–1100
Влажность плит				
– нижняя граница Т (н)	%	4	4	4
– верхняя граница, не более		10	10	10
Стоки:				
– взвешенные вещества	мг/л	Не более 300	225	230
– окисляемость	мг/л O ₂	Не более 2 400	2 320	2 350

**Рис. 2.** Зависимость водопоглощения лицевой поверхности от количества некондиционного волокна в плите

Введение фенолоформальдегидной смолы (ФФС) в качестве упрочняющей добавки, оказало существенное влияние на прочность и водостойкость готовых плит. Увеличение количества вводимой смолы ведет к повышению предела прочности при статическом изгибе. Так, значения предела прочности при статическом изгибе экспериментальных образцов, в которые добавили 1 % ФФС к массе а.с.в., изменялись в интервале от 28,42 до 37,91 МПа. Образцы, в которые не добавляли ФФС, имели значения предела прочности от 26,68 до 34,45 МПа.

**Рис. 3.** Зависимость разбухания по толщине от количества некондиционного волокна в плите

Продолжительность холодной подпрессовки с интервалом варьирования 7–12 сек оказывало меньшее влияние на исследуемые показатели (во всех трех конечных уравнениях регрессии фактор оказывался незначимым), но все же, увеличение времени холодной подпрессовки до 12 сек положительно сказалось на качестве готовых плит.

Плотность готовых образцов соответствует твердым плитам марки Т (плотность не менее 850 кг/м³) по ГОСТ 10633-2018.

Заключение. В результате проведенного исследования выявлены возможность применения некондиционного древесного волокна сульфатно-целлюлозного производства в качестве заменителя части волокна при производстве ДВП «мокрым» способом.

После проведения испытаний опытной партии ДВП пришли к выводу, что оптимальным количеством добавки некондиционного волокна к общей массе древесного волокна является 15 %, увеличение количества ведет к снижению физико-механических свойств плит.

Рекомендуемый состав композиции для получения твердых ДВП (марка Т гр. Б):

- массовая доля некондиционного волокна — 12–15 % к массе а.с.в.;
- массовая доля ФФС — 1 % к массе а.с.в.;
- время подпрессовки — 12 сек.

Проведенные исследования показали, что существует принципиальная возможность использования отходов целлюлозного производства в производстве твердых древесно-волокнистых плит. Результаты испытаний полученных образцов показали, что основные физико-механические и качественные показатели соответствуют ГОСТ 10633-2018.

Литература

1. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов. СПб.: Химиздат, 2014. 148 с.
2. Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of urea-formaldehyde resins shungite sorbents: Development and modernization of production: international conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2013. P. 1–4.
3. Varankina G.S., Vysotskii A.V. Effective low-toxic aluminosilicate fillers for phenol-formaldehyde adhesives for plywood and particleboard // Adhesives in woodworking Industry. Zvolen: 1997. P. 114–120.
4. Chauzov K., Varankina G. Investigation on gluing Larch Wood by modified. glue: Development and modernization of production: international conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2014. P. 10–16.
5. Felby C., Hassingboe J., Lund M. Pilot-scale production of fiberboards made by laccase oxidized wood fibers: board properties and evidence for cross-linking of lignin // Enzyme and Microbial Techn. 2002. Vol. 31. P. 736–741.
6. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Денисов С.В., Чубинский А.Н. Исследование процесса прессования древесноволокнистых плит с использованием пектола // Системы. Методы. Технологии. Братск, БрГУ, 2015, С. 108–112.
7. Chubinsky A, Rusakov D, Varankina G, Brutian K, Fedyaev A. Modification of urea- and phenol-formaldehyde adhesives by natural fillers for the production of plywood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 316, IV scientific-technical conference «Forests of Russia policy., industry, science and education» 22–24 May 2019, St. Petersburg, Russia, 012023.
8. Варанкина Г.С., Глебов М.П. Новые наполнители для синтетических смол, применяемых в деревообработке // Деп. в ВИНТИ, 2003. 30 с. № 369 В 2003.
9. Rusakov D.S., Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of Phenol- and Carbamide-Formaldehyde Resins by Cellulose By-products // Polymer Science, Series D, 2018, Vol. 11, No. 1, P. 33–38.
10. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Обоснование технологии склеивания фанеры модифицированным клеем // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. Вып. 201. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. С. 185–193.
11. Новожилов Е.В., Чухчин Д.Г., Белых Е.В. Характеристика скопа, образующегося при локальной очистке волоконсодержащих сточных вод // Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 279–286.
12. Modified HZSM-5 zeolite // Cuihua Xuebao. 1993. V. 14. № 5, P. 402.
13. Sotelo J.L., Uguina M.A., Serrano D.P. Toluene alkylation with methanol on ZSM-5 zeolite: alteration of catalytic, adsorption-diffusion and acidic properties by zeolite modification with different agents // An. Quim. 1994. V. 90. № 2. P. 87.
14. Chauzov K., Varankina G. Investigation on gluing Larch Wood by modified glue: Development and modernization of production: international conference on production engineering. Budva, Crna Gora: Bihac University, 2013. P. 737–743.
15. Chubinsky A.N., Okuma M., Sugiama J. Observation on the deformation of wood cells in the gluing process of veneer // Bull. of the Tokyo Univ. Forests. 1990. N 2. Vol. 82. P. 131–135.
16. Денисов С.В., Русаков Д.С. Исследование возможности склеивания хвойной фанеры на основе модифицированных отходами лесохимического производства фенолоформальдегидных смол // Естественные и инженерные науки - развитию регионов: мат. межрег. науч.-технической конф. Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2004. С. 186–187.
17. Денисов С.В., Русаков Д.С. Эффективная технология склеивания хвойной фанеры модифицированными клеями // Труды Братского гос. техн. ун-та. Т. 2. Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2004. С. 192–195.
18. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Денисов С.В. Ускорение процесса склеивания шпона фенолоформальдегидными клеями // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. Вып. 194. СПб.: СПбГЛТА, 2011. С. 121–128.
19. Русаков Д.С., Варанкина Г.С. Влияние технологических факторов производства фанеры на качество готовой продукции // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. Вып. 197. СПб.: СПбГЛТУ, 2011. С. 154–159.
20. Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. Вып. 204. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. С. 112–118.

References

1. Varankina G.S., Chubinsky A.N. Formation of low toxic glued wood materials. SPb.: Himizdat, 2014. 148 p.
2. Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of urea-formaldehyde resins shungite sorbents: Development and modernization of production: international conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2013. P. 1–4.
3. Varankina G.S., Vysotskii A.V. Effective low-toxic aluminosilicate fillers for phenol-formaldehyde adhesives for plywood and particleboard // Adhesives in woodworking Industry. Zvolen: 1997. P. 114–120.
4. Chauzov K., Varankina G. Investigation on gluing Larch Wood by modified. glue: Development and modernization of production: international conference on production engineering. Bihac: Bihac University. 2014. P. 10–16.
5. Felby C., Hassingboe J., Lund M. Pilot-scale production of fiberboards made by laccase oxidized wood fibers: board properties and evidence for cross-linking of lignin // Enzyme and Microbial Techn. 2002. Vol.31. P. 736–741.
6. Varankina G.S., Rusakov D.S., Denisov S.V., Chubinskij A.N. Investigation of the process of pressing fibreboard using pectol // Systems. Methods. Technologies. Bratsk, BrGU, 2015. P. 108–112.
7. Chubinsky A, Rusakov D, Varankina G, Brutian K, Fedyaev A. Modification of urea- and phenol-formaldehyde adhesives by natural fillers for the production of plywood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 316, IV scientific-technical conference «Forests of Russia policy., industry, science and education» 22–24 May 2019, St. Petersburg, Russia, 012023.
8. Varankina G.S., Glebov M.P. New fillers for synthetic resins used in woodworking // Dep. v VINITI, 2003. 30 p. № 369 V. 2003.
9. Rusakov D.S., Varankina G.S., Chubinsky A.N. Modification of Phenol- and Carbamide-Formaldehyde Resins by Cellulose By-products // Polymer Science, Series D, 2018, Vol. 11, No. 1, P. 33–38.
10. Chubinskij A.N., Varankina G.S. Justification of the technology for gluing plywood with modified glue // Izvestia SPbLTA. Vyp. 201. SPb.: SPbGLTU, 2012. P. 185–193.
11. Novozhilov E.V., Chuhchin D.G., Belyh E.V. Characteristics of osprey formed during local treatment of fiber-containing wastewater // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2014. № 4. P. 279–286.
12. Modified HZSM-5 zeolite // Cuihua Xuebao. 1993. V. 14. № 5, P. 402.
13. Sotelo J.L., Uguina M.A., Serrano D.P. Toluene alkylation with methanol on ZSM-5 zeolite: alteration of catalytic, adsorption-diffusion and acidic properties by zeolite modification with different agents // An. Quim. 1994. V. 90. № 2. P. 87.

14. Chauzov K. Investigation on gluing Larch Wood by modified glue: Development and modernization of production: international conference on production engineering. Budva, Crna Gora: Bihac University, 2013. P. 737–743.
15. Chubinsky A.N., Okuma M., Sugiyama J. Observation on the deformation of wood cells in the gluing process of veneer // Bull. of the Tokyo Univ. Forests. 1990. N 2. Vol. 82. P. 131–135.
16. Denisov S.V., Rusakov D.S. Investigation of the possibility of gluing coniferous plywood based on waste-modified wood-chemical production of phenol-formaldehyde resins // Estestvennye i inzhenernye nauki – razvitiyu regionov: mat. mezhrregional'noj nauch.-tekhnich. konf. Bratsk: GOU VPO «BrGTU», 2004. P. 186–187.
17. Denisov S.V., Rusakov D.S. Effective technology for gluing coniferous plywood with modified adhesives // Trudy Bratskogo gos. tekhnich. un-ta. V. 2. Bratsk: GOU VPO «BrGTU», 2004. P. 192–195.
18. Chubinskij A. N., Varankina G.S., Rusakov D.S., Denisov S.V. Acceleration of gluing veneers with phenol-formaldehyde adhesives // Izvestia SPbLTA. Vyp. 194. SPb.: SPbGLTA, 2011. P. 121–128.
19. Rusakov D.S., Varankina G.S. Influence of technological factors of plywood production on the quality of finished products // Izvestia SPbLTA. Vyp. 197. SPb.: SPbGLTU, 2011. P. 154–159.
20. Varankina G. S., Rusakov D.S. Modification of phenol-formaldehyde resin by-products of sulfate-cellulose production // Izvestia SPbLTA. Vyp. 204. SPb.: SPbGLTU, 2012. P. 112–118.