

Использование отходов переработки древесины в производстве древесно-волоконистых плит

Г.С. Варанкина^{1а}, Д.С. Русаков^{1б}, Е.Г. Соколова^{1с}, И.А. Гарус^{2д}, В.А. Сутурин^{2е}

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
пер. Институтский, 5, Санкт-Петербург, Россия

² Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а varagalina@yandex.ru, ^б dima-ru25@mail.ru, ^с nikitinaek@rambler.ru,

^д ivan-garus@yandex.ru, ^е suturin10031998@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0003-3470-5124>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-4344-2779>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>,

^д <https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>, ^е <https://orcid.org/0000-0001-5226-3097>

Статья поступила 02.11.2021, принята 12.11.2021

Экологически чистые твердые ДВП, изготовленные мокрым способом, пользуются устойчивым спросом. Большое потребление древесины, синтетических смол и других природных материалов говорит о материалоемкости данного производства. Затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений являются показателями сложности и энергоемкости изготовления ДВП. Цель работы заключается в изучении возможности производства древесно-волоконистых плит с осветленным покровным слоем с частичной заменой волокна в древесно-волоконистой композиции так называемым непроваром. Для проведения исследований использовали непровар производства древесно-волоконистых плит и целлюлозы. Кроме этого использовали «активный ил» — волокнодержатель осадок целлюлозного и плитного производства после предварительной биологической сорбции микроорганизмами. В состав «активного ила» входит (по массе) 66,7 мелкого древесного и целлюлозного волокна; 26,8 собственно «активного ила»; 5,8 минеральных включений; 0,7 прочих. Также использовали флект — некондиционное волокно, являющееся отходом при аэрофонтанной сушке целлюлозы. Доказана возможность производства древесно-волоконистых плит с осветленным покровным слоем с частичной заменой волокна в древесно-волоконистой композиции непроваром (до 40 %); «активным илом» (до 15 %). Благоприятные условия обезвоживания массы и формирования межволоконных связей обеспечивает древесно-волоконистая композиция, которая содержит не более 30 % флекта. По результатам исследований процесса осветления древесно-волоконистых плит установлено, что степень белизны, равная 20 %, является оптимальным значением.

Ключевые слова: комплексное использование древесины; отходы переработки древесины; некондиционное древесное волокно сульфатно-целлюлозного производства; древесно-волоконистая плита; предел прочности при статическом изгибе ДВП.

Use of wood processing waste in the production of fiberboard

G.S. Varankina^{1а}, D.S. Rusakov^{1б}, E.G. Sokolova^{1с}, I.A. Garus^{2д}, V.A. Suturin^{2е}

¹ St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

² Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а varagalina@yandex.ru, ^б dima-ru25@mail.ru, ^с nikitinaek@rambler.ru,

^д ivan-garus@yandex.ru, ^е suturin10031998@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0003-3470-5124>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-4344-2779>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>,

^д <https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>, ^е <https://orcid.org/0000-0001-5226-3097>

Received 02.11.2021, accepted 12.11.2021

Eco-friendly solid fiberboard made by wet method is in steady demand. The large consumption of wood, synthetic resins and other natural materials indicates the material intensity of this production. The costs of construction and operation of treatment facilities are indicators of the complexity and energy intensity of the manufacture of fiberboard. The aim of the work is to study the possibility of producing fiberboard with a clarified cover layer with partial replacement of fiber in the fiberboard composition by "lack of penetration". To conduct the research, the "lack of penetration" of the production of fiberboard and cellulose is used. In addition, the "activated sludge", a fibrous sludge of cellulose and board production after preliminary biological sorption by microorganisms, is used. The composition of "activated sludge" includes (by weight): 66.7 fine wood and cellulose fibers; 26.8 actually "activated sludge"; 5.8 mineral inclusions; 0.7 others. The "flex" – substandard fiber, which is a waste during aerial drying of cellulose, is also used. The possibility of production of fiberboard with a clarified cover layer with partial replacement of fiber in the fiberboard composition by "lack of penetration" (up to 40%) is proven; "activated sludge" (up to 15%). Favorable conditions for dehydration of the mass and the formation of inter-fiber bonds are provided by a wood-fiber composition that contains no more than 30% of the "flex". According to the results of studies of the process of clarifying fiberboard, it is found that the degree of whiteness equal to 20% is the optimal value.

Keywords: complex use of wood; wood processing waste; substandard wood fiber from sulfate-cellulose production; fiberboard; ultimate strength in static bending of fiberboard.

Введение. В настоящее время развитие человечества тесно связано с переходом возобновляемых ресурсов в невозобновляемые при нарушении биогеохимического круговорота. Тенденции развития необходимо направить на максимальное сохранение лесов за счет использования малоотходных ресурсосберегающих технологий. Замкнутые технологии являются перспективным направлением для реализации программы по снижению загрязнения окружающей среды.

При использовании лесных ресурсов образуется большое количество отходов [1–11]: до 18 % заготовленной древесины на лесосеке; до 40 % отходов различного гранулометрического состава при переработке пиловочника; 60 % — доля отходов в фанерном производстве. Целесообразное применение данных отходов позволяет использовать их как ценное вторичное сырье [12–24].

При использовании в производстве древесностружечных и древесно-волоконистых плит лесосечных отходов, волокон однолетних растений, низкокачественной древесины и отходов механической и глубокой химической переработки древесины возможна реализация рационального использования древесного сырья [1–24].

Плитные материалы эффективно конкурируют с традиционными пиломатериалами и фанерой. В данный момент на рынке конкурентоспособными являются древесно-волоконистые плиты (ДВП) с повышенными водо-, био- и огнестойкостью и механическими показателями. При этом они должны отвечать требованиям экологической безопасности, эстетики и дизайна.

Экологически чистые твердые ДВП, изготовленные мокрым способом, пользуются устойчивым спросом [1–4]. Большое потребление древесины, синтетических смол и других природных материалов является показателем материалоемкости данного производства. Затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений говорят о сложности и энергоемкости изготовления ДВП. При мокром способе производства ДВП требуется большое количество воды, сточные воды загрязняются органическими соединениями и взвешенными веществами различного происхождения, основную часть которых составляют древесные частицы. Внутрицеховые очистные сооружения улавливают большую часть древесного волокна, тем самым возвращая его в производство. Очистные сооружения промышленных стоков фильтруют оставшуюся часть сточных вод.

Для сокращения удельного расхода электроэнергии, химикатов, воды, затрат живого и овеществленного труда необходимо использование производственных отходов. Максимально возможное применение вторичного волокна имеет положительные результаты для сохранения лесных массивов, санитарной очисткой полигонов хранения отходов, подвергающихся гниению и засоряющих подземные воды, почву и атмосферу.

Нововведения в технологии изготовления древесных плит (использование непровара, «активного ила», флекта — некондиционной составляющей при варке целлюлозы) с уже имеющимися инновациями в области производства ДВП мокрым способом, такими как [10; 14], реконструкция размольного отделения для изготовления волокна в одну ступень; применение сортировки волокнистой массы, с тем чтобы на рафинер попадала только крупная фракция волокна; дооснащение производства усовершенствованными установками мойки щепы; применение отливных машин новой конструкции либо реконструкция существующих с целью повышения степени обезвоживания ковра на стадии отливки; использование сокращенных и замкнутых систем водопотребления; переход на рамно-сеточную систему загрузки/разгрузки пресса будут весьма актуальны для целлюлозно-бумажных предприятий, работающих в связке с производителями древесно-волоконистых плит мокрым способом (например, ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК», АО «Туринский целлюлозно-бумажный завод», Группа компаний «Объединенные бумажные фабрики»).

Целью работы является изучение возможности производства древесно-волоконистых плит с осветленным покровным слоем с частичной заменой волокна на древесно-волоконистой композиции наполнителями.

Методика проведения исследований. Для проведения исследований использовали наполнитель — так называемый непровар производства древесно-волоконистых плит и целлюлозы. Непровар состоит из 10 % не волоконистых частиц и на 90 % из дилигнифицированного волокна. Реакция водной среды — щелочная, pH = 9,8. Щелочность древесно-волоконистой композиции обусловлена увеличением количества осадка проклеивающего состава. Сучки и непровар образуются в процессе варки целлюлозы и выделяются из потока при грубой сортировке. Отходы сортирования образуются при тонком сортировании целлюлозы.

Таким образом, непровар выбран в качестве альтернативной замены части кондиционного древесного волокна в древесно-волоконистой композиции.

Кроме этого использовали наполнитель «активный ил». Это волокносодержащий осадок целлюлозного и плитного производства после предварительной биологической сорбции микроорганизмами. В состав «активного ила» входит по массе 66,7 мелкого древесного и целлюлозного волокна, 26,8 собственно «активного ила», 5,8 минеральных включений, 0,7 прочих. Концентрация волокносодержащего осадка 235,1 г/л, pH = 6,4. Концентрация «активного ила» может быть изменена в широких пределах, от 20 до 500 г/л, при этом содержание древесного волокна соответствующего фракционного состава не менее 60 %.

Также использовали флект — некондиционное волокно, являющееся отходом при аэрофонтанной сушке целлюлозы. Флект — это высушенный до влажности 8–10 % небеленый целлюлозный материал,

спрессованный и упакованный в кипы. Материал практически не содержит лигнина при содержании целлюлозы 96,5–99,5 %. Целлюлоза в виде флекта обладает сильно развитой удельной поверхностью с большим количеством гидроксильных групп, способных к образованию химических связей и обуславливающих повышение гидрофильности древесных волокон и их пластичности.

В качестве постоянных факторов приняты:

- концентрацию покровного слоя, % — 0,9;
- рН покровного слоя — 3,9–4,5;
- температура массы, °С — 56;
- помол рафинированной массы, ДС — 24.

В качестве переменных факторов приняты (табл. 1):

- непровар — 10–40 %;
- «активный ил» — 1,5–15 %;
- флект — 5–30 %.

Таблица 1. Переменные факторы эксперимента и уровни их варьирования

Наименование фактора	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
		Нижний	Средний	Верхний
Количество непровара в древесно-волокнистой композиции (x_1), %	15,0	10,0	25,0	40,0
Количество «активного ила» в древесно-волокнистой композиции (x_2), %	6,75	1,50	8,25	15,0
Количество флекта в древесно-волокнистой композиции (x_3), %	12,5	5,0	17,5	30,0

Результаты исследований и их анализ. С каждым годом сырьевая база для производства ДВП уменьшается, необходимо продолжать поиски в направлении использования других материалов, пригодных для производства твердых ДВП. Причем немаловажное значение при этом будут иметь доступность и стоимость материала. Подобие состава волокон непровара позволяет предположить возможность его использования.

Согласно требованиям технологии степень помола древесно-волокнистой массы при производстве твердых ДВП мокрым способом не должна превышать 26 ДС («Дефибратор-секунда»). Таким значением степени помола древесно-волокнистая композиция обладает при содержании флекта не более 40 % с целью создания оптимальных условий отлива и обезвоживания ковра. Исходная степень помола флекта составила 59 ДС.

Использование в технологии производства ДВП флекта будет способствовать уменьшению загрязнения сточных вод и таким образом улучшит качество продукции. При анализе содержания сточных вод было выявлено, что применение флекта в целом снижает загрязнение (в % по сравнению с контрольными пробами, взятыми при получении плит из обычной рафинаторной массы) по взвешенным веществам — на 23,7; по окисляемости — на 12,2; по химическому потреблению кислорода (ХПК) — на 1,6; по биологическому потреблению кислорода (БПК₅) за 5 суток — на 16,6 %. Результаты испытаний опытно-

За выходной параметр принята прочность при статическом изгибе.

Для оценки влияния исследуемых переменных факторов на физико-механические свойства ДВП был проведен эксперимент с использованием полного факторного плана ПФЭ 2³.

Методика осветления древесно-волокнистых плит.

На современном этапе развития ДВП к плитам предъявляются новые требования. Появился спрос на изготовление мебели с элементами из осветленной ДВП. Аналогов по осветлению ДВП на сегодняшний день не существует, поэтому в данной работе предлагается использовать метод отбеливания целлюлозы при производстве бумаги. Отбелка древесного волокна в производстве бумаги осуществляется гипохлоритом натрия.

лабораторной выработки плит с добавлением непровара (25), «активного ила» (8,25) и флекта (17,5 %) приведены в табл. 2.

Оптимальная древесно-волокнистая композиция (см. рис. 1, 2), обеспечивающая благоприятные условия обезвоживания массы и формирования межволоконных связей, не должна содержать более 40 % непровара, 15 % «активного ила», 30 % флекта.

На основании результатов испытаний опытной выработки древесно-волокнистых плит (табл. 2) получено уравнение регрессии в нормализованных единицах (1), описывающее зависимость прочности при изгибе (рис. 1, 2) от влияющих факторов:

$$y_{изг} = 3,075 - 1,825x_1 + 1,575x_2 + 1,625x_3 + 1,425x_{123} \quad (1)$$

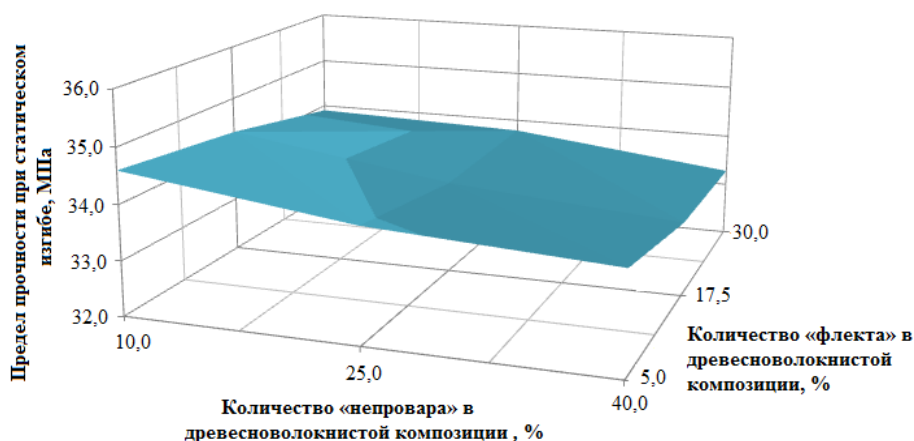
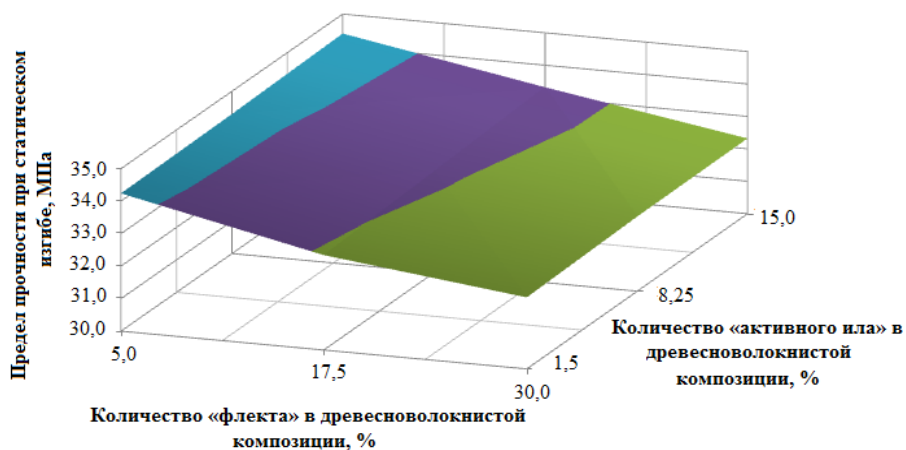
при $10\% \leq x_1 \leq 40\%$; $1,5\% \leq x_2 \leq 15,0\%$;
 $5,0\% \leq x_3 \leq 30\%$,

где $y_{изг}$ — предел прочности ДВП при статическом изгибе, МПа.

По результатам исследований процесса осветления древесно-волокнистых плит было установлено, что степень белизны, равная 20, является оптимальным значением. В данное время стандартами не регламентируется степень белизны получаемых плит, она целиком зависит от соотношения компонентов композиции. Разработанный нами состав композиции приведен в табл. 3.

Таблица 2. Результаты испытаний опытно-лабораторной выработки ДВП с использованием отходов переработки древесины

Показатели	Единица измерения	Норма по технологическому регламенту	1-й образец	2-й образец	3-й образец
Помол древесной массы	ДС	22–26	–	–	–
Концентрация древесной массы	%	1,1–1,6	2,5	2,7	2,4
Концентрация покровного слоя	%	Не менее 0,9	–	–	–
Температура массы	°С	Не менее 40	55	56	56
рН массы	–	3,9–4,5	4,1	4,0	4,0
рН покровного слоя	–	3,9–4,5	–	–	–
Сухость	%	Не менее 25	25	25	25
Предел прочности при статическом изгибе	МПа	Не менее 33	33,5	34	34
Толщина плит	мм	2,9–3,5	3,2	2,9	3,2
Водопоглощение лицевой поверхности	%	Не более 13	7,7	8,7	9,7
Разбухание	%	Не более 23	16,1	18,4	18,4
Плотность	кг/м ³	800–1100	880	790	800
Стоки: взвешенные вещества окисляемость	мг/л мг/л O ₂	Не более 300 Не более 2 400	225 2 320	–	–

**Рис. 1.** Зависимость прочности плиты при статическом изгибе от содержания непровара и флекта в древесно-волоконистой композиции**Рис. 2.** Зависимость прочности плиты при статическом изгибе от содержания флекта и «активного ила» в древесно-волоконистой композиции

На степень белизны оказывает влияние следующая совокупность факторов: порода (хвойная, лиственная), содержание коры, гнили. ДВП из хвойных пород более темная. Решающим фактором является содержание коры в щепе. На сегодняшний день предприятия используют щепу хвойных пород с засоренностью

корой 15 %. Гипохлорит натрия марки А применяется в химической промышленности для обеззараживания питьевой воды, дезинфекции и отбелки.

По физико-механическим показателям гипохлорит натрия должен соответствовать нормам, указанным в табл. 4.

Таблица 3. Состав композиции суспензии ДВП

Древесное волокно (из технологической щепы)	Наполнители в древесно-волокнистую композицию	Упрочняющая добавка, 0,5 % к абсолютно сухому волокну	Гидрофобная добавка, 0,5 % к абсолютно сухому волокну	Осадитель, до pH = 4,2±0,3
Щепа технологическая ГОСТ 15815 Марка ПВ	Непровар — 10 %; флект — 5%; «активный ил» — 15 %	Смола фенолформальдегидная ГОСТ 20907 Марка СФЖ-3013	Парафин нефтяной твердый технический ТУ 38.1011322. Марки Нс, Нв	Кислота серная техническая ГОСТ 2184 Сорт 2

Таблица 4. Физико-механические показатели гипохлорита натрия

Наименование показателя	Норма для марки А ОКП 21 4713 0100
Формула	NaClO
Молекулярная масса	74,44
Внешний вид	Жидкость зеленовато-желтого цвета
Коэффициент светопропускания, %, не менее	20
Массовая концентрация активного хлора, г на $дм^3$, не менее	190
Массовая концентрация щелочи в пересчете на NaOH, г на $дм^3$	10–20
Массовая концентрация железа, г на $дм^3$, не более	0,02

Способы отбелки древесной массы:

– отбелка древесной массы может производиться с помощью отбеливающего реагента — гидросульфита натрия в присутствии одного из производных этиленаминметилефосфоновой кислоты, например, диэтилентриаминпентаметилефосфоновой или этилендиаминтетраметилефосфоновой кислот. Начальный этап: предварительная добавка в водную суспензию древесной массы одного из производных этиленаминметилефосфоновой кислоты в количестве 0,2 % от массы абсолютно сухого волокна (а.с.в.) и обработка при перемешивании в течение 30 мин. Кислота — это комплексообразователь, с помощью которого обеспечивается инактивация ионов металлов переменной валентности. Следующий этап — это добавка в волокнистую суспензию гидросульфита натрия и отбелка в течение 60 мин. Обеспечение повышения степени белизны по сравнению с контрольным образцом достигается благодаря использованию производных этиленаминметилефосфонатов в качестве комплексообразователей;

– отбелке подвергают небеленую сульфатную хвойную целлюлозу. Предварительный этап: приготовление целлюлозной суспензии концентрацией 10 % в растворе, содержащем 3 % пероксида водорода и 3 % едкого натра (от массы а.с.в.) и навески добавки — 2,2'-дипиридила (0,02–1,0 % от массы а.с.в.). Параллельно производят контрольный опыт без добавки. Дальнейшие операции: тщательное

перемешивание суспензии и выдержка при 90 °С в течение 30–120 мин. Затем осуществляют щелочение массы в течение 10 мин раствором серной кислоты (pH = 3–5), после чего происходит промывка волокнистой массы водой и приготовление стандартной отливки для определения белизны;

– отбелка материалов или полуфабрикатов, содержащих целлюлозу. Начальный этап: целлюлозу, например, сульфатную целлюлозу или лигноцеллюлозный материал, микрокристаллическую целлюлозу, подвергают обработке 1,5–5%-ным раствором диоксида хлора (от массы а.с.в.) и гидрокарбоната натрия (0,01–1,0 моль/ $дм^3$). Затем осуществляют перемешивание суспензии в течение 10–120 мин при 10–50 °С. После чего производят отделение продукта от раствора, промывку дистиллированной водой и сушку. Использование раствора гидрокарбоната натрия для создания рН среды (pH = 8,0–8,5) является экологичным, так как дает возможность нейтрализации при смешивании с кислыми стоками производства, создает условия щадящей отбелки с сохранением отбеливающей активности диоксида хлора и уменьшением степени разрушения волокон целлюлозы в отбеливаемых материалах под действием хлоритов и хлоратов, образующихся при взаимодействии диоксида хлора с гидроксидами щелочных металлов.

Заключение

Доказана возможность производства древесно-волоконистых плит с осветленным покровным слоем с частичной заменой волокна в древесно-волоконистой композиции непроваром (до 40 %); «активным илом» (до 15 %). Благоприятные условия обезвоживания массы и формирования межволоконных связей

обеспечивает древесно-волоконистая композиция, которая содержит не более 30 % флекта. По результатам исследований процесса осветления древесно-волоконистых плит установлено, что степень белизны, равная 20 %, является оптимальным значением.

Литература

1. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низко-токсичных клееных древесных материалов. СПб.: Химиздат, 2014. 148 с.
2. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Денисов С.В., Чубинский А.Н. Исследование процесса прессования древесноволокнистых плит с использованием пектола // Системы Методы Технологии. 2015. № 3 (27). С. 108-112.
3. Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Соколова Е.Г., Цой Ю.И. Совершенствование технологии производства древесноволокнистых плит с использованием некондиционного древесного волокна // Системы Методы Технологии. 2020. № 2 (46). С. 64-69.
4. Новожилов Е.В., Чухчин Д.Г., Белых Е.В. Характеристика скопа, образующегося при локальной очистке волоконосодержащих сточных вод // Journal: Химия растительного сырья. 2014. № 4. С. 279-286.
5. Русаков Д.С., Варанкина Г.С. Влияние технологических факторов производства фанеры на качество готовой продукции // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2011. Вып. 197. С. 154-159.
6. Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы продуктами сульфитно-целлюлозного производства // Системы Методы Технологии. 2016. № 1 (29). С. 113-119.
7. Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Модификация феноло- и карбамидоформальдегидных смол побочными продуктами производства целлюлозы // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 8. С. 16-20.
8. Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А.Н., Иванов А.М., Брутян К.Г. Клеевая композиция на основе порошкообразных терморезистивных полимеров: пат. на изобретение. № 2616924 от 18.04.2017 г. Бюл. изобр. № 11.
9. Русаков Д.С., Чубинский А.Н., Русакова Л.Н., Варанкина Г.С. Исследование свойств модифицированных фенолоформальдегидных клеев // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2018. Вып. 222. С. 155-174.
10. Русаков Д.С., Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Совершенствование технологии склеивания древесных материалов модифицированными клеями. СПб.: СПбГЛТУ, 2019. 127 с.
11. 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.
12. 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. № 2. V. 82. P 131-135.
13. 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, V. 316, IV scientific-technical conference «FORESTS OF RUSSIA: POLICY, INDUSTRY, SCIENCE AND EDUCATION» 22-24 May 2019, St. Petersburg, Russia. P. 012023.
14. 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. V. 31. P. 736-741.
15. 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.
16. Modified HZSM-5 zeolite // Cuihua Xuebao. 1993. V. 14. № 5. P. 402.
17. 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.
18. 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. V. 11. № 1. P. 33-38.
19. Uguina M.A., Sotelo J.L. Roles of ZSM-5 modifier agents in selective toluene disproportionation // Can. J. Chem. Eng. 1993. V. 71. № 4. P. 558.
20. Ugryumov S.A., Sviridov A.V., Fedotov A.A. Investigation of the properties of modified phenol-formaldehyde oligomer using ir spectroscopy // Polym. Sci., Ser. D 2018. V.11. № 3. P. 277-279.
21. Ugryumov S.A. A study of the viscosity of phenol-formaldehyde resin modified with furfural-acetone monomer FA // Polym. Sci., Ser. D. 2017. V.10. № 2. P. 99-102.
22. Ugryumov S.A., Tsvetkov V.E. Enhancement of boon boards by modifying carbamideformaldehyde binder with polyvinyl acetate dispersion // Interperiodica distributed exclusively by Springer Science-Business Media LLC. 2008. № 4. P. 241-243.
23. 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.
24. 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.

References

1. Varankina G.S., Chubinskij A.N. Formation of low-toxic glued wood materials. SPb.: Himizdat, 2014. 148 p.
2. Varankina G.S., Rusakov D.S., Denisov S.V., Chubinskij A.N. Investigation of the process of pressing fibreboard using pectol // Systems Methods Technologies. 2015. № 3 (27). P. 108-112.
3. Varankina G.S., Rusakov D.S., Sokolova E.G., Coj YU.I. Improvement of the production technology of fiberboard using substandard wood fiber // Systems Methods Technologies. 2020. № 2 (46). P. 64-69.
4. Novozhilov E.V., Chuhchin D.G., Belyh E.V. Characteristics of osprey formed during local treatment of fiber-containing wastewater // Khimija Rastitel'nogo Syr'ja (Chemistry of plant raw material). 2014. № 4. P. 279-286.
5. Rusakov D.S., Varankina G.S. Influence of technological factors of plywood production on the quality of finished products // Izvestia SPbLTA. 2011. Vyp. 197. P. 154-159.

6. Rusakov D.S. Modification of phenol-formaldehyde resin with products of sulfite-cellulose production // System Methods Technologies. 2016. № 1 (29). P. 113-119.
7. Rusakov D.S., Barankina G.S., Chubinskij A.N. Modification of phenolic and urea-formaldehyde resins by by-products of cellulose production // Adhesives. Sealing. Technologies. 2017. № 8. P. 16-20.
8. Rusakov D.S., Barankina G.S., Chubinskij A.N., Ivanov A.M., Brutyan K.G. Adhesive composition based on powdered thermosetting polymers: pat. na izobretenie. № 2616924 ot 18.04.2017 g. Byul. izobr. № 11.
9. Rusakov D.S., Chubinskij A.N., Rusakova L.N., Varankina G.S. Investigation of the properties of modified phenol-formaldehyde adhesives // Izvestia SPbLTA. 2018. Vyp. 222. P. 155-174.
10. Rusakov D.S., Chubinskij A.N., Varankina G.S. Improvement of the technology of gluing wood materials with modified adhesives. SPb.: SPbGLTU, 2019. 127 p.
11. 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.
12. 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. № 2. V. 82. P. 131-135.
13. Chubinsky A., Rusakov D., Varankina G., Brutian K., Fedyayev A. Modification of urea-and phenol-formaldehyde adhesives by natural fillers for the production of plywood // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, V. 316, IV scientific-technical conference «Forests of Russia: policy, industry, science and education» 22-24 May 2019, St. Petersburg, Russia. P. 012023.
14. 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. V. 31. P. 736-741.
15. 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.
16. Modified HZSM-5 zeolite // Cuihua Xuebao. 1993. V. 14. № 5. P. 402.
17. 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.
18. 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. V. 11. № 1. P. 33-38.
19. Uguina M.A., Sotelo J.L. Roles of ZSM-5 modifier agents in selective toluene disproportionation // Can. J. Chem. Eng. 1993. V. 71. № 4. P. 558.
20. Ugryumov S.A., Sviridov A.V., Fedotov A.A. Investigation of the properties of modified phenol-formaldehyde oligomer using IR spectroscopy // Polym. Sci., Ser. D 2018. V.11. № 3. P. 277-279.
21. Ugryumov S.A. A study of the viscosity of phenol-formaldehyde resin modified with furfural-acetone monomer FA // Polym. Sci., Ser. D. 2017. V.10. № 2. P. 99-102.
22. Ugryumov S.A., Tsvetkov V.E. Enhancement of boon boards by modifying carbamideformaldehyde binder with polyvinyl acetate dispersion // Interperiodica distributed exclusively by Springer Science-Business Media LLC. 2008. № 4. P. 241-243.
23. 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.
24. 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.