

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА СВОЙСТВА СТРУЖЕЧНО-КОРЬЕВОЙ ПЛИТЫ

А. И. Криворотова, В. Д. Эскин, Р. Р. Литвин, В. Р. Эскина

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: aikrivorotova@mail.sibsau.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследований физико-механических свойств стружечно-корьевой плиты без применения связующих веществ для различного соотношения компонентов. В качестве армирующего компонента использовалась стружка, полученная из отходов фанерного производства (шпон-рванина, карандаши), обладающих влажностью более 100 %, в качестве матрицы – гидродинамически активированная корьевая масса на основе коры сосны *Pinus Sylvestris*. Соотношение компонентов кора/стружка по абсолютно сухому веществу, масс. %, составило: 70/30; 60/40; 50/50; 40/60; 30/70. Введение в состав плитного материала стружки в количестве менее 40 масс. % приводит к снижению прочности стружечно-корьевой плиты при изгибе, введение в состав плитного материала стружки в количестве более 60 приводит к уменьшению прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты и увеличению показателя разбухания по толщине. Физико-механические показатели стружечно-корьевых плит толщиной 16 мм при соотношении компонентов (кора/стружка) 50/50 масс. %, удовлетворяющие требованиям стандарта для древесностружечных плит, используемых в сухих условиях, следующие: плотность – 750 кг/м^3 , прочность при изгибе – 18,4 МПа, прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты – 0,37 МПа. Разработанные плиты могут применяться в качестве альтернативы традиционным древесностружечным плитам на основе формальдегидных смол в домостроении, строительстве и производстве мебели.

Ключевые слова: кора, гидродинамическая активация, стружка, отходы, шпон-рванина, сосна, свойства, физико-механические свойства, измельчение, горячее прессование, прочность.

Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 5, P. 86–93

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE COMPONENT RATIO ON THE PROPERTIES OF A CHIPBOARD

A. I. Krivorotova, V. D. Eskin, R. R. Litvin, V. R. Eskina

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: aikrivorotova@mail.sibsau.ru

Annotation. The paper presents the results of studies of the physico-mechanical properties of a chipboard without the use of binders for various component ratios. Shavings obtained from plywood production waste (veneer flaps, pencils) with a moisture content of more than 100 % were used as a reinforcing component, and hydroactivated measles based on *Pinus Sylvestris* pine bark was used as a matrix. The ratio of bark/chip components by absolutely dry substance, wt. %, amounted to: 70/30; 60/40; 50/50; 40/60; 30/70. The introduction of chips in the amount of less than 40 percent of the mass into the composition of the plywood material leads to a decrease in the strength of the chipboard when bending, the introduction of chips in the amount of more than 60 percent into the sheet material leads to a decrease in the tensile strength perpendicular to the surface of the chipboard and an increase in the thickness of the swelling index. Physicomechanical parameters of chipboards with a thickness of 16 mm with a 50/50 % weight ratio of components (bark/chips), meeting the requirements of the standard for particle boards used in dry conditions are as follows: density is 750 kg/m^3 , bending strength is 18.4 MPa, tensile strength perpendicular to a chipboard's surface is 0.37 MPa. The produced boards can be used as an alternative to traditional particle boards based on formaldehyde resins in housing construction, building and furniture production.

Keywords: bark, hydrodynamic activation, chips, waste, veneer, pine, properties, physical and mechanical properties, crushing, hot pressing, strength.

ВВЕДЕНИЕ

Ценным природным богатством Российской Федерации являются леса, по площади которых в мире

Россия занимает первое место. Лесопромышленный комплекс (ЛПК), объединяющий все технологии от заготовки семян до полного цикла переработки древе-

сины, является ключевой отраслью экономики [1]. Нарастающие объемы производств деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отраслей лесопромышленного комплекса сопряжены с аккумулярованием значительного объема отходов и побочных продуктов, проблема утилизации которых, уже значительный период времени, сохраняет свою актуальность. На стадиях заготовки и переработки древесины образуется порядка 35 % биомассы дерева, не используемой в основных производствах [2]. Среди всего количества отходов древесины, особое место занимает древесная кора. Доля коры в объеме ствола может варьироваться от 10 до 16 % в зависимости от породы, возраста и условия произрастания дерева [3–5]. Процесс окорки древесины является первостепенной и необходимой операцией на стадии подготовки сырья для всех видов предприятий ЛПК. В результате образуется значительное количество кородревесных отходов, большая часть которых традиционно складывается в отвалах или сжигается с низким КПД в котлах для обеспечения предприятия тепловой энергией. Такой подход приводит к ряду крайне негативных последствий: возникновению пожароопасных ситуаций на территории предприятия и за его пределами; нерациональному использованию земельных территорий; загрязнению водоемов, находящихся в непосредственной близости; быстрому износу котельного оборудования; потерям экономически ценного растительного сырья [6–8].

Древесная кора, в первую очередь, характеризуется высоким содержанием экстрактивных веществ (таннинов, дубильных и смолистых) и лигнина (до 50 %), при этом содержание целлюлозных волокон в два раза меньше (до 20 %) в сравнении с древесиной (до 50 %) [9; 10]. Кору также отличает неоднородная структура в рамках одного ствола. Такие особенные свойства коры всегда являлись сдерживающим фактором развития технологий по переработке кородревесных отходов в качественные материалы. Однако современные исследования показывают, что древесная кора может являться не отходом, а ценным многокомпонентным сырьем для формирования на её основе новых материалов [11–15].

На сегодняшний день наиболее изученными являются технологии изготовления топливных брикетов и гранул на основе коры [16–18], получения органических удобрений, компостов и почвогрунтов [19–21], экстракции биоактивных компонентов из коры [22; 23], производства плитных материалов. Экономически производство плитных материалов из кородревесных отходов представляет наибольший интерес и является наиболее перспективным с точки зрения возможности переработки значительных объемов коры и высокой добавленной стоимости готовых материалов.

В настоящий момент исследования, направленные на изучение возможности использования древесной коры в качестве сырья для плитных материалов, в основном базируются на использовании коры в качестве функциональной добавки, но не в качестве самостоятельного сырья. В работе [24] авторами исследовалась возможность использования коры ели и сосны

для получения танидосодержащего экстракта и применения его в качестве связующего в древесно-стружечных плитах. Предполагается, что таниды, содержащиеся в коре, участвуют в структурообразовании отвержденного композита. Количество добавки экстракта танидов варьировалось от 15 до 25 % от массы карбамидоформальдегидной смолы. Древесно-стружечные плиты, полученные в работе с добавкой экстракта коры, обладают следующими свойствами: прочность при изгибе – 14,59 МПа, разбухание за 24 часа – 19,9 %. Анализ источника свидетельствует о возможности использования компонентов коры в качестве добавки к основному связующему, что позволит снизить количество синтетической смолы и стоимость готовых плит.

При добавлении непосредственно частиц коры в состав древесных плит отмечается ряд негативных воздействий. В работе [25] отходы окорки добавлялись в древесно-волоконистые плиты мокрого способа производства. Плотность плит, полученных на основе коры, соответствует значению ГОСТа, регламентирующего физико-механические показатели плит, и входит в установленные пределы от 800 до 1100 кг/м³. Однако уже при добавлении коры в количестве 4–7 % показатель прочности не соответствует требованиям стандарта. С увеличением доли содержания коры прочностные показатели значительно снижаются. Аналогичная зависимость наблюдается и для показателя водопоглощения. С добавлением коры водопоглощение возрастает и превышает допустимые показатели.

Аналогичная зависимость снижения прочностных показателей отмечается в работе [26], посвященной получению древесно-стружечных плит на основе меламиномочевинно-формальдегидной смолы с добавлением измельченных частиц коры *Pinus Sylvestris*. Увеличение содержания доли коры до 10 % снижает прочностные показатели плит значительно сильнее, в сравнении с плитами, полученными при добавлении 1 и 5 % коры. Ссылаясь на работу [27], авторы предполагают, что основной причиной низкой прочности сцепления древесных частиц в полученных плитах является низкая связующая способность добавленных в стружечную массу частиц коры, а также снижение скорости теплопередачи по сечению плиты в процессе прессования, обусловленное высокой пористостью частиц коры. Также отмечается, что показатель разбухания при добавлении в состав плиты 10 % коры увеличивается на 35 %. Причиной такого негативного воздействия коры на разбухание плит, авторы со ссылкой на работу [28] видят в её естественном набухании, которое значительно выше, чем у древесины. Авторы полагают, что увеличение показателя разбухания связано с возникновением внутренних напряжений в плите между частицами древесины и коры, вследствие разбухания частиц коры до своих первоначальных размеров перед прессованием, что и приводит к разрушению связей между частицами.

Основываясь на изученной литературе, можно сделать вывод, что основная проблема при добавлении древесной коры в состав плитных материалов заключается в её высокой пористости, высоком есте-

ственном набухании, низкой механической прочностью. Это не позволяет образовывать прочное соединение между частицами при формировании структуры плиты и достаточно четко ограничивает количество коры возможное к введению в состав материалов. В связи с этим возникает необходимость разработки новых способов формирования плит на основе древесной коры.

Одним из возможных способов может стать предварительная гидродинамическая активация древесной коры. Проведенные ранее исследования [29; 30] подтверждают возможность получения плитных материалов без использования синтетических связующих из гидродинамически активированной коры. Полученные авторами материалы отличаются высокими показателями водостойкости. Так, разбухание и водопоглощение равны соответственно 5 и 9 %, прочность при статическом изгибе – 24 МПа. Однако данные показатели достигаются при толщине плит равной 4 мм и плотности 1000 кг/м³. При изготовлении материалов толщина которых превышает 4 мм, прочность значительно снижается. Данный факт существенно снижает конкурентные преимущества данного материала и сужает область его применения.

Учитывая вышеизложенное можно предположить, что для обеспечения высоких прочностных показателей корьевых плит толщиной более 4 мм необходимо введение в их состав армирующих элементов. С технологической точки зрения наиболее оптимальным решением может стать армирование корьевого материала древесной стружкой. Использование древесной стружки позволит повысить физико-механические показатели плит при снижении средней плотности плит до уровня 600–800 кг/м³.

Анализ ряда научных источников [31–33] подтверждает выдвинутое предположение, что образование композитного плитного материала на основе гидродинамически активированного сырья и древесной стружки возможно.

Стружечная плита на основе гидродинамически активированных опилок хвойных пород и игольчатой стружки без связующих веществ получена в работе [31]. Стружка в плите выступает в качестве армирующего элемента, в качестве матрицы используется гидродинамически активированная древесная масса. Дополнительно в состав композиции вводится модифицирующий агент – гидроксид натрия. Активированная масса и стружка смешивалась в соотношении от 20 до 40 %. Плотность плит, изготовленных методом горячего прессования, составила 900 кг/м³. Согласно приведенным в работе данным, физико-механические показатели изготовленных плит превышают показатели традиционных древесно-стружечных плит на основе синтетических связующих: предел прочности при статическом изгибе составил 13,59–19,87 МПа, предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти – 0,25–0,4 МПа, объемное разбухание за 24 часа – 9,8–25 %.

Возможность использования гидродинамически активированного древесного сырья в качестве основной матрицы для создания стружечного композита отмечена в работе [32]. Для получения стружечного

плитного композита авторами использовались две рецептуры. Первая – гидродинамически активированная масса и древесные частицы, подготовленные путем безножевого размола на вальцовый дробилке. Вторая – гидродинамически активированная древесная масса и игольчатая стружка. Смешивание компонентов плиты (древесные частицы/гидродинамически активированная масса) осуществлялось в пропорции 70/30, 50/50 и 30/70. Сформированный ковер подвергался прессованию в прессе при 180 °С. Авторы отмечают, что наилучшие прочностные показатели достигаются при использовании в композиции 30 % частиц подготовленных безножевым размолом, что, по мнению, авторов можно объяснить увеличением удельной поверхности древесных частиц при истирании в вальцовый мельнице и последующим в результате этого дальнейшим образованием большего количества контактов в плите. Введение же игольчатой стружки привносит отрицательный эффект, что по мнению авторов связано с тем, что поверхность таких частиц имеет малое число контактов ввиду малой удельной поверхности.

В работе [33] оценено влияние размерных характеристик наполнителя, полученного на молотковой мельнице для изготовления топливных гранул, на свойства плит на основе древесных частиц, активированных в гидродинамическом диспергаторе. Установлено, что именно размер частиц наполнителя в большей степени влияет на прочность плит: уменьшение размера частиц приводит к повышению прочностных показателей. Предполагается, что с уменьшением размера частиц наполнителя площадь контакта между частицами наполнителя и матрицы возрастает, что позволяет объяснить полученную авторами закономерность.

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что на свойства плит на основе гидродинамически активированного древесного сырья существенное влияние могут оказывать: фракционный состав наполнителя, его геометрические размеры, соотношение между армирующим и наполняющим компонентами. Также, основываясь на традиционных технологиях получения древесных плит [34], можно предположить, что значительное влияние на свойства стружечно-корьевых плит окажут режимные параметры горячего прессования, которые будут оценены в дальнейших работах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве исходного сырья для изготовления армирующего компонента плит использовалась стружка, полученная из отходов фанерного производства (шпон-рванина, карандаши) на стружечном станке LS-400. Влажность полученной стружки составила от 90 до 120 %. Использование в качестве сырья для изготовления стружки отходов фанерного производства, обладающих влажностью более 100 %, позволяет избежать внутренних напряжений в плите во время прессования за счет обеспечения равномерной влажности стружечно-корьевого пакета. Определение содержания коры и гнили не производилось ввиду их отсутствия в отходах фанерного производства.

В роли матрицы применялась гидродинамически активированная корьевая масса на основе коры сосны *Pinus Sylvestris*. Кора измельчалась до фракции не более 5 мм в мельнице молоткового типа. Влажность коры в момент измельчения должна составлять не менее 40 %. Измельченная кора смешивалась с водой в пропорции 3 кг абсолютно сухой коры на 50 литров воды и подавалась в бак лабораторного гидродинамического диспергатора РГД – 1. Кратность обработки равнялась 30 циклам. Обезвоживание обработанной корьевой массы до влажности от 450 до 600 % производилось методом отлива на сите с размером ячеек 0,12 мм. Смешивание полученной гомогенной корьевой массы со стружкой производилось с помощью лопастного смесителя в следующих соотношениях по абсолютно сухому веществу, масс. %: кора/стружка 70/30; 60/40; 50/50; 40/60; 30/70. Операция подпрессовки осуществлялась при помощи отжимной пресс-формы, на дно которой укладывалась фильтровальная сетка с размером ячеек аналогичным операции обезвоживания массы. Давление подпрессовки 1 МПа, конечная влажность стружечно-коревой массы 170 ± 5 %. Полученный стружечно-коревой пакет прессуется согласно следующему режиму прессования: температура прессования 190 °С, удельное давление 3 МПа; удельная продолжительность выдержки 1,9 мин/мм. Плотность готовой плиты – 750 кг/м³. Форматная обрезка плит, изготовление образцов для дальнейших испытаний на показатели прочности при изгибе, прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты и разбухания по толщине за 24 ч производились после выдержки изготовленных плит при комнатных условиях не менее 24 ч.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-механические свойства стружечно-коревых плит исследовались в зависимости от соотношения кора/стружка, используемого при смешивании компонентов. Согласно стандарту на древесностружечные плиты [35] в качестве основных прочностных характеристик плит, используемых в сухих условиях, определяются два показателя: прочность при изгибе, определяемая согласно ГОСТ 10635–88 [36] и прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, определяемая согласно ГОСТ 10636–2018 [37].

На рис. 1 и рис. 2 представлены результаты испытаний исследуемых свойств плит, полученных при соотношении компонентов (кора/стружка), масс. %: 70/30; 60/40; 50/50; 40/60; 30/70. Толщина плит 16 мм.

Согласно стандарту [35] прочность при изгибе древесностружечных плит марки Р-1 толщиной св. 13 до 20 вкл. мм, должна составлять не менее 10 МПа, марки Р-2 – не менее 11 МПа. Как видно из рис. 1, все представленные образцы стружечно-коревых плит удовлетворяют предъявляемым требованиям. Следует также отметить нарастание прочности при изгибе стружечно-коревой плиты с увеличением количества армирующего компонента в виде стружки. Наиболее значительное увеличение показателя прочности наблюдается при изменении соотношения кора/стружка от 70/30 до 60/40, порядка 4,2 МПа. Аналогичное

наиболее значимое снижение прочности наблюдается при изменении соотношения кора/стружка от 40/60 до 30/70 МПа, порядка 5,1 МПа. Таким образом, введение в состав плитного материала стружки в количестве менее 40 масс. % не приводит к значительному увеличению прочности плиты при статическом изгибе, в связи с недостаточным количеством армирующих элементов (стружки). При введении в состав материала стружки в количестве более 60 масс. % материал приобретает высокую хрупкость, в связи с недостаточным количеством связывающего компонента – гидродинамически активированной коревой массы, которая как отмечено в работе [38], обладает большой удельной поверхностью и большим количеством адгезионных связей.

Изменение количества адгезионных контактов между армирующим элементом – стружкой – и коревой массой можно оценить проведенными испытаниями на прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты. Как известно, прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты используется для оценки силы взаимодействия древесных частиц во внутреннем слое древесностружечной плиты, в котором древесная стружка отличается большими размерными характеристиками в сравнении с наружными слоями, за счет чего площадь контакта между частицами уменьшается [39]. Как видно на рис. 2 с увеличением количественного соотношения в композиции в сторону армирующего элемента, обладающего значительно большими размерами частиц в сравнении с гидродинамически обработанными частицами коры, прочность плит при растяжении перпендикулярно к пласти уменьшается. При этом соответствие значений данного показателя ГОСТ 10632–2014 на древесностружечные плиты у стружечно-коревых плит наблюдается в диапазоне изменения соотношения от 70/30 до 40/60 – от 0,49 до 0,29 МПа соответственно. Для указанной толщины плит прочность при растяжении перпендикулярно к пласти древесностружечных плит марок Р-1 и Р-2 по стандарту составляет соответственно 0,24 и 0,35 МПа [35].

Косвенной характеристикой для оценки степени взаимодействия между крупными и мелкими частицами в древесных плитах также может служить показатель разбухания по толщине материала.

В ранее проведенных исследованиях, посвященных изучению влияния мелкодисперсной фракции на свойства плитного материала на основе коревой пресс-массы [38], было выдвинуто предположение, что показатель разбухания увеличивается при увеличении количества крупных частиц в материале в связи с недостаточным контактом частиц между собой и образованием свободных пространств между ними ввиду малого количества мелких частиц, заполняющих эти пространства и формирующих целостный внутренний каркас плиты. Аналогичную закономерность можно отметить у стружечно-корьевого композита, рис. 3. Увеличение количества вводимой в состав композита стружки приводит к увеличению показателя разбухания. При этом наиболее значительное увеличение происходит при введении в состав плитного материала армирующего компонента в количе-

стве более 50 масс. %. Это можно объяснить как большей водопоглощающей способностью древесной стружки в сравнении с гидродинамически активированными частицами коры, так и увеличением количества свободных полостей внутри материала, которые остаются незаполненными мелкой корьевой массой, как в виду ее малого количества, так и ввиду труднодоступности для нее образовавшихся между крупными частицами полостей.

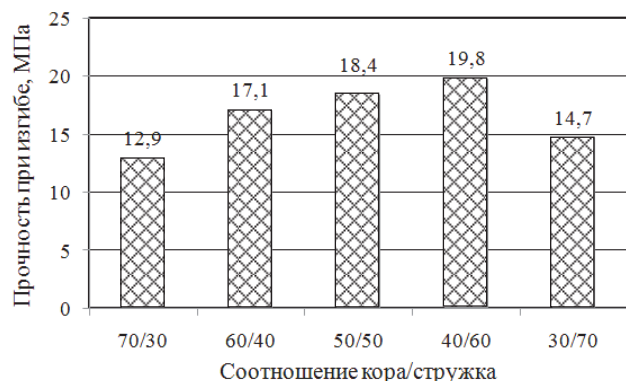


Рис. 1. Прочность при изгибе стружечно-корьевых плит

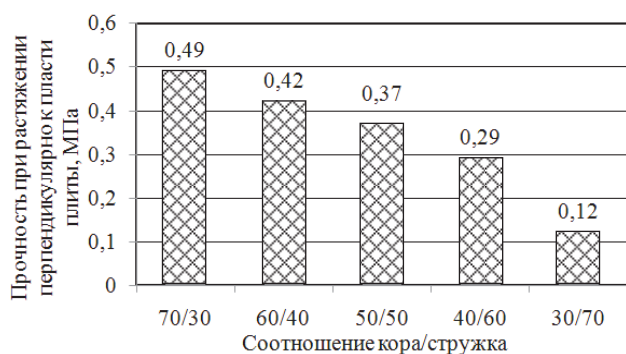


Рис. 2. Прочность при растяжении перпендикулярно к плите стружечно-корьевых плит

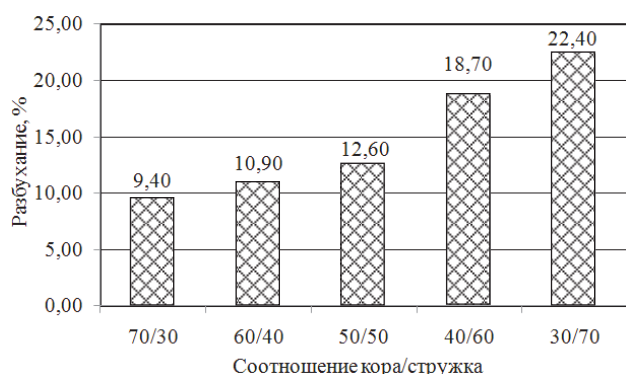


Рис. 3. Разбухание стружечно-корьевых плит

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенных исследований позволили установить возможность изготовления стружечно-корьевого композита с высоким физико-механическими свойствами без применения связующих веществ.

2. Введение в состав плитного материала стружки в количестве менее 40 масс. % приводит к снижению

прочности плиты при изгибе, в связи с недостаточным количеством армирующих элементов.

3. Введение в состав плитного материала стружки в количестве более 60 масс. % приводит к увеличению показателя объемного разбухания, в связи с большей водопоглощающей способностью древесной стружки в сравнении с гидродинамически активированными частицами коры, и снижению прочности при разрыве перпендикулярно к плите, в связи с тем, что в композиции между мелкодисперсными частицами коры образуются более прочные структурные связи, чем между частицами коры и стружки.

4. Разбухание по толщине за 24 ч у стружечно-корьевой плиты наиболее значимо увеличивается с 12,6 до 18,7 % при изменении соотношения компонентов с 50/50 до 40/60 масс. %.

5. Показатели прочности при растяжении перпендикулярно к плите и прочности при изгибе для плит толщиной 16 мм значительно снижаются при уменьшении количества гидродинамически активированной корьевой массы в компонентном составе плит от 40/60 до 30/70 с 0,29 до 0,12 МПа и с 19,8 до 14,7 МПа соответственно.

6. Физико-механические показатели стружечно-корьевых плит плотностью 750 кг/м³, толщиной 16 мм удовлетворяют требованиям стандарта для древесно-стружечных плит, используемых в сухих условиях, аналогичной плотности и толщины при соотношении компонентов (кора/стружка) от 60/40 до 40/60 масс. %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Шушканова А. С. Роль лесопромышленного комплекса в экономике субъектов РФ (на примере Кировской области) // Экономические исследования. 2024. № 2.
2. Современные технологии заготовки и переработки древесной биомассы: теория и практика / А. П. Мохирев, С. О. Медведев, Ю. А. Безруких [и др.]. Красноярск : ООО РПБ «Амальгамма», 2017. 160 с.
3. Храмченкова О. М., Цуриков А. Г., Шеин П. А. Высотное распределение зольности коры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2015. № 3(90). С. 55–59.
4. Neumann M., Lawes M. J. Quantifying carbon in tree bark: The importance of bark morphology and tree size // *Methods in Ecology and Evolution*. 2021. Vol. 12, No. 4. P. 646–654. DOI 10.1111/2041-210x.13546.
5. The utilization of tree bark / Z. Pásztor, I. R. Mohácsiné, Z. Börsök, G. Gorbacheva // *BioResources*. 2016. Vol. 11, no. 3. P. 7859–7888. DOI 10.15376/biores.11.3.Pasztor
6. Stanley Corder E. Properties and Uses of Bark as an Energy Source // XVI IUFRO World Congress. 1976. 21 p.
7. Цывин М. М. Использование древесной коры. М. : Лесная промышленность, 1973. 96 с.
8. Terzopoulou P., Kamperidou V., Lykidis Ch. Cypress Wood and Bark Residues Chemical Characterization and Utilization as Fuel Pellets Feedstock // *Forests*. 2022. Vol. 13, no. 8. P. 1303. DOI 10.3390/f13081303
9. Каримов И. Р., Фахрутдинов Р. Р., Гизатуллина Л. И. Анализ химического состава и физических

свойств древесной коры // Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований : сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 03 декабря 2019 г. Т. 3. Воронеж : Омега сайнс, 2019. С. 56–58.

10. Федоров В. С., Рязанова Т. В. Кора хвойных пород. Химический состав и направления использования // Леса России: политика, промышленность, наука, образование : материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 24–26 мая 2023 г. ; Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова. СПб., 2023. С. 493–496.

11. Патент № 2796684 С1 Российская Федерация, МПК В27N 3/00, В32В 21/00. Способ изготовления многослойного древесного материала : № 2022118272 : заявл. 05.07.2022 : опубл. 29.05.2023 / Е. В. Микрюкова, Е. С. Шарапов, Э. А. Кириллова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

12. Коновалов К. Э., Микрюкова Е. В. Определение водостойкости плитных материалов из березовой и сосновой коры // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ : сборник статей II Международной научно-технической конференции в рамках Международного молодежного форума по лесопромышленному образованию (Лес–Наука–Инновации-2022), Минск, 06–09 декабря 2022 г. ; Белорусский государственный технологический университет. Минск, 2022. С. 110–113.

13. Влияние вида сырья на свойства древесных пластиков без добавления связующих / А. С. Ершова, А. В. Артемов, А. В. Савиновских, В. Г. Бурыйдин // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 3(47). С. 74–80.

14. Pasztory Z., Borcsok Z., Bazhelka I. K. Thermal insulation panels from tree bark [et al.] // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. No. 1(240). P. 141–149. – DOI 10.52065/2519-402x-2021-240-19-141-149.

15. Giannotas G., Kamperidou V., Barboutis I. Tree bark utilization in insulating bio-aggregates: a review // Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 2021. DOI 10.1002/bbb.2291

16. Исследование прочностных характеристик угольных брикетов из древесной коры / А. Р. Ахметов, Д. В. Тунцев, С. В. Китаев, М. Р. Хайруллина // Инновационные процессы в современной науке, тенденции развития : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Уфа, 28 сентября 2019 года. Ч. 1. Уфа : ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2019. С. 94–98.

17. Lykidis Ch., Kamperidou V., Mantanis G. I. The Use of Black Pine Bark for Improving the Properties of Wood Pellets // Forests. 2023. Vol. 14, no. 6. P. 1069. DOI 10.3390/f14061069

18. Рынкевич М. Физические и механические свойства пеллет из сосновых опилок и коры // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3(11). С. 181–187.

19. Виноградов Ю. О., Воронцова Е. А. Переработка отходов целлюлозно-бумажной промышленно-

сти для создания удобрений и топливных брикетов // Химия. Экология. Урбанистика. 2019. Т. 1. С. 56–60.

20. Патент № 2249583 С2 Российская Федерация, МПК С05F 11/00. способ получения органических удобрений из древесной коры : № 2001102513/12 : заявл. 29.01.2001 : опубл. 10.04.2005 / Н. А. Туев, Л. В. Свиринов, А. А. Бровцев [и др.].

21. Патент № 2066678 С1 Российская Федерация, МПК С05F 11/00. способ получения органического удобрения из древесной коры : № 5012175/15 : заявл. 22.11.1991 : опубл. 20.09.1996 / В. А. Шапиро, Л. И. Шлейфман.

22. Сафин Р. Г., Зиятдинова Д. Ф., Арсланова Г. Р. Экстрагирование биологически активных веществ из коры осины // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2017. Т. 21, № 2. С. 65–69.

23. Комплексная переработка коры лиственницы сибирской с использованием моноэтаноламина. Сообщение 1. Получение и использование дубильного экстракта / В. С. Федоров, Т. В. Рязанова, О. О. Мамаева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 42, № 2. С. 80–87.

24. Вахнина Т. Н. Использование отходов окорки для производства древесно-стружечных плит // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : IV Международная научная экологическая конференция, Краснодар, 24–25 марта 2015 г. Т. 1. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2015. С. 355–358.

25. Петрова А. А., Алашкевич Ю. Д., Воронин И. А. К вопросу о комплексной переработке древесных отходов с использованием технологии рециклинга // BIOAsia Altai 2024 : материалы IV Международного биотехнологического форума, Барнаул, 23–28 сентября 2024 г. Барнаул : Алтайский государственный университет, 2024. С. 491–494.

26. Effect of Pine (*Pinus Sylvestris*) Bark Dust on Particleboard Thickness Swelling and Internal Bond // S. Medved, E. M. Tudor, C. Marius, V. Barbu, N. Jambreković // Drvna industrija. 2019. Vol. 70, no. 2. P. 141–147. doi.org/10.5552/drind.2019.1902

27. Blanchet P., Cloutier A., Riedl B. 2000: Particleboard made from hammer milled black spruce bark residues. Wood Science and Technology, 34: 11–19. doi.org/10.1007/s002260050003

28. Martin R. E., Crist J. B. 1968: Selected physical-mechanical properties of eastern tree barks. Forest Products Journal, 13 (10): 419–426.

29. Патент № 2818825 С1 Российская Федерация, МПК В27N 3/04. Способ изготовления корьевого плиты : № 2024105657 : заявл. 05.03.2024 : опубл. 06.05.2024 / В. Д. Эскин, А. И. Криворотова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева».

30. Эскин, В. Д. Конструкционные плиты из гидродинамически активированной коры сосны (*Pinus sylvestris*) без связующих веществ / В. Д. Эскин, В. Н. Ермолин, А. И. Криворотова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2024. № 5(401). С. 175–187.

31. Патент № 2608531 С Российская Федерация, МПК C08L 97/02, B27N 3/04. Опилочно-стружечная плита : № 2015127324 : заявл. 07.07.2015 : опубл. 19.01.2017 / С. Н. Казицин, М. А. Баяндин, С. Г. Елисеев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева» (СибГАУ).

32. Острякова В. А., Ермолин В. Н., Баяндин М. А. Влияние геометрических характеристик наполнителя на свойства древесного композита // Лесной вестник, 2024. Т. 28, № 1. С. 139–148.

33. Ермолин В. Н., Острякова В. А., Баяндин М. А. Разработка состава композиции для получения древесных плит на основе механоактивированной массы // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. 41, № 6. С. 530–535.

34. Денисов О. Б., Анисов П. П., Кондрючий А. И. Технологические основы прессования древесных композиционных материалов : учеб. пособие. Красноярск, 1994.

35. ГОСТ 10632–2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014. 14 с.

36. ГОСТ 10635–88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. 11 с.

37. ГОСТ 10636–2018. Плиты древесно-стружечные и древесно-волокнистые. Метод определения предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты. М. : Стандартинформ, 2018. 8 с.

38. Эскин В. Д., Криворотова А. И., Ермолин В. Н. Влияние мелкодисперсной фракции на основные свойства пресс-массы и плитного материала без связующих веществ из коры *Pinus sylvestris* // Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. 43, № 1. С. 78–84.

39. Баженов В. А., Карасев Е. И., Мерсов Е. Д. Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков : учебник для техникумов. М. : Лесная промышленность, 1980. 360 с.

REFERENCES

1. Shushkanova A. S. Rol' lesopromyshlennogo kompleksa v ekonomike sub"ektov RF (na primere Kirovskoy oblasti) // Ekonomicheskie issledovaniya. 2024. № 2.

2. Sovremennye tekhnologii zagotovki i pererabotki drevesnoy biomassy: teoriya i praktika / A. P. Mokhirev, S. O. Medvedev, Yu. A. Bezrukikh [i dr.]. Krasnoyarsk : OOO RPB «Amal'gamma», 2017. 160 s.

3. Khranchenkova O. M., Tsurikov A. G., Shein P. A. Vysotnoe raspredelenie zol'nosti kory sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.) // Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. 2015. № 3(90). S. 55–59.

4. Neumann M., Lawes M. J. Quantifying carbon in tree bark: The importance of bark morphology and tree size // Methods in Ecology and Evolution. 2021. Vol. 12, No. 4. P. 646–654. DOI 10.1111/2041-210x.13546

5. The utilization of tree bark / Z. Pásztor, I. R. Mohácsiné, Z. Börsök, G. Gorbacheva // BioResources. 2016. Vol. 11, No. 3. P. 7859–7888. DOI 10.15376/biores.11.3.Pasztor

6. Stanley Corder E. Properties and Uses of Bark as an Energy Source // XVI IUFRO World Congress. 1976. 21 p.

7. Tsyvin M. M. Ispol'zovanie drevesnoy kory. M. : Lesnaya promyshlennost', 1973. 96 s.

8. Terzopoulou P., Kamperidou V., Lykidis Ch. Cypress Wood and Bark Residues Chemical Characterization and Utilization as Fuel Pellets Feedstock // Forests. 2022. Vol. 13, No. 8. P. 1303. DOI 10.3390/f13081303

9. Karimov I. R., Fakhrutdinov R. R., Gizatullina L. I. Analiz khimicheskogo sostava i fizicheskikh svoystv drevesnoy kory // Modeli i metody povysheniya effektivnosti innovatsionnykh issledovaniy : sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Voronezh, 03 dekabr'ya 2019 g. T. 3. Voronezh : Omega sayns, 2019. S. 56–58.

10. Fedorov V. S., Ryazanova T. V. Kora khvoynykh porod. Khimicheskiy sostav i napravleniya ispol'zovaniya // Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie : materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 24–26 maya 2023 goda. Sankt-Peterburg : Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet imeni S. M. Kirova, 2023. S. 493–496.

11. Patent № 2796684 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B27N 3/00, B32B 21/00. Sposob izgotovleniya mnogosloynnogo drevesnogo materiala : № 2022118272 : zayavl. 05.07.2022 : opubl. 29.05.2023 / E. V. Mikryukova, E. S. Sharapov, E. A. Kirillova ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Povolzhskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet».

12. Konovalov K. E., Mikryukova E. V. Opredelenie vodostoykosti plitnykh materialov iz berezovoy i sosnoy kory // Sostoyanie i perspektivy razvitiya lesnogo kompleksa v stranakh SNG : sbornik statey II Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskoy konferentsii v ramkakh Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma po lesopromyshlennomu obrazovaniyu (Les–Nauka–Innovatsii-2022), Minsk, 06–09 dekabr'ya 2022 g. / Belorusskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet. Minsk : Belorusskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet, 2022. S. 110–113.

13. Vliyanie vida syr'ya na svoystva drevesnykh plastikov bez dobavleniya svyazuyushchikh / A. S. Ershova, A. V. Artemov, A. V. Savinovskikh, V. G. Buryndin // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2020. № 3(47). S. 74–80.

14. Pasztory Z., Börsök Z., Bazhelka I. K. Thermal insulation panels from tree bark [et al.] // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. No. 1(240). P. 141–149. DOI 10.52065/2519-402x-2021-240-19-141-149

15. Giannotas G., Kamperidou V., Barboutis I. Tree bark utilization in insulating bio-aggregates: a review // Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 2021. DOI 10.1002/bbb.2291

16. Issledovanie prochnostnykh kharakteristik ugol'nykh briketov iz drevesnoy kory / A. R. Akhmetov, D. V. Tuntsev, S. V. Kitaev, M. R. Khayrullina // Innovatsionnye protsessy v sovremennoy nauke, tendentsii razvitiya : sbornik statey po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ufa, 28 sentyabr'ya 2019 g. Chast' 1. Ufa : Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Nauchno-izdatel'skiy tsentr «Vestnik nauki», 2019. S. 94–98.

17. Lykidis Ch., Kamperidou V., Mantanis G. I. The Use of Black Pine Bark for Improving the Properties of Wood Pellets // *Forests*. 2023. Vol. 14, No. 6. P. 1069. DOI 10.3390/f14061069
18. Rynkevich M. Fizicheskie i mekhanicheskie svoystva pellet iz sosnovykh opilok i kory // *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2013. № 3(11). S. 181–187.
19. Vinogradov Yu. O., Vorontsova E. A. Pererabotka otkhodov tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti dlya sozdaniya udobreniy i toplivnykh briketov // *Khimiya. Ekologiya. Urbanistika*. 2019. T. 1. S. 56–60.
20. Patent № 2249583 C2 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C05F 11/00. sposob polucheniya organicheskikh udobreniy iz drevesnoy kory : № 2001102513/12 : zayavl. 29.01.2001 : opubl. 10.04.2005 / N. A. Tuev, L. V. Svirin, A. A. Brovtsev [i dr.].
21. Patent № 2066678 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C05F 11/00. sposob polucheniya organicheskogo udobreniya iz drevesnoy kory : № 5012175/15 : zayavl. 22.11.1991 : opubl. 20.09.1996 / V. A. Shapiro, L. I. Shleyfman.
22. Safin R. G., Ziatdinova D. F., Arslanova G. R. Ekstragirovanie biologicheskii aktivnykh veshchestv iz kory osiny // *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*. 2017. T. 21, № 2. S. 65–69.
23. Kompleksnaya pererabotka kory listvennitsy sibirskoy s ispol'zovaniem monoetanolamina. Soobshchenie 1. Poluchenie i ispol'zovanie dubil'nogo ekstrakta / V. S. Fedorov, T. V. Ryazanova, O. O. Mamaeva [i dr.] // *Khvoynye boreal'noy zony*. 2024. T. 42, № 2. S. 80–87.
24. Vakhnina T. N. Ispol'zovanie otkhodov okorki dlya proizvodstva drevesno-struzhechnykh plit // *Problemy rekultivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva : IV Mezhdunarodnaya nauchnaya ekologicheskaya konferentsiya*, Krasnodar, 24–25 marta 2015 g. T. 1. Krasnodar : Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2015. S. 355–358.
25. Petrova A. A., Alashkevich Yu. D., Voronin I. A. K voprosu o kompleksnoy pererabotke drevesnykh otkhodov s ispol'zovaniem tekhnologii retsiklinga // *BIOAsia Altai 2024 : materialy IV Mezhdunarodnogo biotekhnologicheskogo foruma*, Barnaul, 23–28 sentyabrya 2024 goda. Barnaul : Altayskiy gosudarstvennyy universitet, 2024. S. 491–494.
26. Effect of Pine (*Pinus Sylvestris*) Bark Dust on Particleboard Thickness Swelling and Internal Bond / S. Medved, E. M. Tudor, C. Marius, V. Barbu, N. Jambreković // *Drvna Industrija*. 2019. Vol. 70, No. 2. P. 141–147. doi.org/10.5552/drvind.2019.1902
27. Blanchet P., Cloutier A., Riedl B., 2000: Particleboard made from hammer milled black spruce bark residues // *Wood Science and Technology*, 34: 11–19. doi.org/10.1007/s002260050003
28. Martin R. E., Crist J. B., 1968: Selected physical-mechanical properties of eastern tree barks // *Forest Products Journal*, 13 (10): 419–426.
29. Patent № 2818825 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B27N 3/04. Sposob izgotovleniya kor'evoy plity : № 2024105657 : zayavl. 05.03.2024 : opubl. 06.05.2024 / V. D. Eskin, A. I. Krivorotova ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Sibirskiy gosudarstvennyy universitet nauki i tekhnologii imeni akademika M. F. Reshetneva».
30. Eskin V. D., Ermolin V. N., Krivorotova A. I. Konstruktsionnye plity iz gidrodinamicheski aktivirovannoy kory sosny (*Pinus sylvestris*) bez svyazuyushchikh veshchestv // *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2024. № 5(401). S. 175–187.
31. Patent № 2608531 C Rossiyskaya Federatsiya, MPK C08L 97/02, B27N 3/04. Opilochno-struzhechnaya plita : № 2015127324 : zayavl. 07.07.2015 : opubl. 19.01.2017 / S. N. Kazitsin, M. A. Bayandin, S. G. Eliseev [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Sibirskiy gosudarstvennyy aerokosmicheskiy universitet imeni akademika M. F. Reshetneva» (SibGAU).
32. Ostryakova V. A., Ermolin V. N., Bayandin M. A. Vliyanie geometricheskikh kharakteristik napolnitelya na svoystva drevesnogo kompozita // *Lesnoy vestnik*, 2024. T. 28, № 1. S. 139–148.
33. Ermolin V. N., Ostryakova V. A., Bayandin M. A. Razrabotka sostava kompozitsii dlya polucheniya drevesnykh plit na osnove mekhanooaktivirovannoy massy // *Khvoynye boreal'noy zony*. 2023. T. 41, № 6. S. 530–535.
34. Denisov O. B., Anisov P. P., Kondryuchiy A. I. Tekhnologicheskie osnovy pressovaniya drevesnykh kompozitsionnykh materialov : uchebnoe posobie. Krasnoyarsk, 1994.
35. GOST 10632–2014. Plity drevesno-struzhechnye. Tekhnicheskie usloviya. M. : Standartinform, 2014. 14 s.
36. GOST 10635–88. Plity drevesnostruzhechnye. Metody opredeleniya predela prochnosti i modulya uprugosti pri izgibe. M. : Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam, 1988. 11 s.
37. GOST 10636–2018. Plity drevesno-struzhechnye i drevesno-voloknistye. Metod opredeleniya predela prochnosti pri rastyazhenii perpendikulyarno k plati plity. M. : Standartinform, 2018. 8 s.
38. Eskin V. D., Krivorotova A. I., Ermolin V. N. Vliyanie melkodispersnoy fraktsii na osnovnye svoystva press-massy i plitnogo materiala bez svyazuyushchikh veshchestv iz kory *Pinus sylvestris* // *Khvoynye boreal'noy zony*. 2025. T. 43, № 1. S. 78–84.
39. Bazhenov V. A., Karasev E. I., Mersov E. D. Tekhnologiya i oborudovanie proizvodstva drevesnykh plit i plastikov: uchebnik dlya tekhnikumov. M. : Lesnaya promyshlennost', 1980. 360 s.

© Криворотова А. И., Эскин В. Д.,
Литвин Р. Р., Эскина В. Р., 2025