

УДК 691.1

DOI 10.52928/2070-1683-2024-37-2-24-30

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕРЕЗОВОЙ КОРЫ ПО ФИЗИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ
В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЕВОГО ИСТОЧНИКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ**

*канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ, Р.Л. ОБРОМПАЛЬСКИЙ
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)*

Рассматриваются результаты исследований по получению из березовой коры структурообразующего материала для тепловой изоляции. После изучения свойств коры предложено разделять березовую кору на луб и бересту. Изучено влияние фракционированных составов коры, луба и бересты на коэффициент теплопроводности экспериментальных составов. Установлено, что наибольшим теплоизолирующим эффектом обладает береста. Независимо от способа измельчения бересты при плотности 100–150 кг/м³ коэффициент теплопроводности составляет 0,037–0,039 Вт/(м·°С).

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, плотность, кора березы, луб, береста.

Введение. Древесина в Беларуси является экономически важным возобновляемым природным ресурсом. По данным национального статистического комитета Республики Беларусь за 2023 год, площадь посадки и посева лесов составляет 30 тыс. га, из них 88,9% предназначены для лесозаготовки¹. Данные статистики свидетельствуют об увеличении объема ежегодной заготовки ликвидной древесины с 20,9 млн м³ в 2019 году до 25,7 млн м³ в 2023 году². Согласно государственной программе «Белорусский лес» на 2021–2025 год, запланировано увеличение ежегодной заготовки объемов древесины до 26,6 млн м³ в 2025 году³. На территории страны к основным лесобразующим породам относятся: сосна – 54,8% от общей площади покрытых лесом земель, береза – 18,8%, ель – 11%, ольха черная – 8,2%. Остальные породы (дуб, осина, граб и т.п.) занимают площадь, суммарно равную – 7,2% [1]. Таким образом, расширение сферы применения лесных ресурсов в промышленном производстве и увеличение объемов лесодобычи обуславливает научный интерес к исследованиям, связанным с переработкой различных пород древесины, и в первую очередь березы.

Современный рынок строительных материалов представлен различной продукцией, выполненной с использованием березового массива, такой как: цельный брус, клееный брус, клееный профилированный брус с наружными ламелями, доски и столярные щиты. Также изготавливаются межкомнатные дверные полотна и рамы, различные перегородки и стеновые панели, паркетная доска, фанера. Несмотря на небольшую стойкость к гниению, древесина березы имеет ряд положительных свойств, являясь прочной, твердой и технологичной в работе. В ней отмечается пониженное содержание смол и дубильных веществ [2].

Побочным продуктом деревообработки является березовая кора, состоящая из бересты и луба. Одним из возможных способов использования коры березы считается химическая переработка для извлечения биологически активных веществ, таких как бетулин и суберин [3–6]. Также она используется при производстве фосфорных биокомпозитных удобрений [7; 8]. Кроме того, известен опыт получения биотоплива с использованием березовой коры⁴ [9]. Березовый луб находит применение в качестве сырья для получения дубильных веществ и антоцианидиновых красителей [10]. В работах [11–13] рассмотрена возможность получения и практического применения углеродных сорбентов, полученных на основе березового луба.

Бересту используют при изготовлении материалов для внутренней отделки. Так, Шадринская берестяная мастерская «Честа» выпускает берестяную фанеру, изготовленную из нескольких слоев предварительно подготовленной бересты. Для повышения прочности и устойчивости к деформации готового изделия слои чередуются под углом 90° по направлению волокон. В качестве связующего вещества использован нетоксичный фенолформальдегидный клей «БФ-6, медицинский»⁵.

Разработано покрытие для пола с лицевым декоративным слоем из подготовленной бересты⁶. Финишный защитный слой выполнен из натуральных или полимерных ингредиентов, в результате чего образуется особо устойчивое к влаге и механическим нагрузкам декоративное покрытие.

¹ Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/oficial_statistika/2023/infographics_forest-2023-1.pdf.

² Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/38b/0zivld0r04aj7eajlmczbaah3me35tfj.pdf?ysclid=lvbw62b-8fb907354756>.

³ О Государственной программе «Белорусский лес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 52 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100052>.

⁴ Установка для получения биотоплива из березовой коры: пат. RU 2672246 C1 / В.И. Мелехов, О.Д. Мюллер, Н.Г. Пономарева, Т.В. Тюрикова, Е.В. Сазанова. – Опубл. 13.11.2018.

⁵ Берестяная фанера: пат RU 138174 U1 / В.Г. Махнюк, А.В. Романовский. – Опубл. 10.03.2014.

⁶ Декоративное покрытие для пола из натуральной бересты: пат RU 138174 U1 / С.В. Матюнин, А.С. Храмов. – Опубл. 10.09.2012.

В Поволжском государственном технологическом университете исследована возможность получения отделочных плит из березовой коры без использования связующего. После сбора кору измельчали, сушили, сортировали по фракциям. Затем из коры формировали ковер методом горячего прессования при температуре 160 °С, после чего обрезали плиты по размеру. В результате прессования получали плиты толщиной 14 мм со значением предела прочности при статическом изгибе равным 3,02 МПа при средней плотности образцов 716 кг/м³ [14].

Теплоизоляционные плиты на основе бересты получены в Воронежском государственном лесотехническом университете имени Г.Ф. Морозова. В качестве древесного наполнителя использовали измельченную бересту размерами частиц от 150 до 3000 мкм, как связующее применялся гидролизированный суберин. После измельчения и сушки сырья плиты формировались методом горячего прессования при температуре 135–145 °С и давлении от 10 до 15 МПа с последующей выдержкой в течение 24 часов при температуре воздуха 20±3 °С. В результате при плотности плит 200–210 кг/м³ и прочности на разрыв 0,2–0,5 МПа коэффициент теплопроводности составил 0,041 Вт/(м·°С), а коэффициент звукопоглощения – 0,4⁷. Следует отметить, что для теплоизоляционных материалов в работах⁸ [14] отсутствуют сведения о горючести плит.

Материалы и методы испытаний. В качестве исходного структурообразующего материала для экспериментальной тепловой изоляции использовали кору березы, полученную при переработке древесины на предприятиях Полоцкого района.

Кора березы включает в себя две четко различимые области – наружная (береста) и внутренняя (луб), существенно отличающиеся по химическому составу. На долю бересты приходится 5,4% от веса березы [15]. Береста характеризуется белым цветом, что обусловлено наличием бетулина – белого порошкообразного вещества, содержащегося в клетках. В экстрактах из бересты наряду с бетулином содержатся окисленные производные: бетулиновая кислота, бетулиновый альдегид, метиловый эфир бетулиновой кислоты. Бетулин и бетулиновая кислота представляют интерес для медицины в качестве основы для разработки новых противовирусных агентов. Луб содержит относительно меньшее количество экстрактивных веществ. Во внутренней области коры содержание целлюлозы варьируется в пределах 19,3–25,2%, лигнина 24,7–37,9%, легкогидролизуемых полисахаридов 18,1–26,9%, трудногидролизуемых полисахаридов 17,1–22,8% и золы 1,1–2,4%. Луб березы содержит 9–12% дубильных и до 6,5% сахаристых веществ [16].

При получении структурообразующего материала из коры для теплоизоляции применяли два метода переработки сырья: ручной с использованием секатора и механизированный с применением измельчителя «Эликор 1». Размер частиц на выходе зависел от диаметра отверстий установленных в измельчителе сит. После измельчения сырьевая масса подвергалась фракционированию через сита с ячейками диаметром 0,16–5 мм.

Основные физические показатели сырьевых материалов – плотность и влажность – измеряли в соответствии с ГОСТ 17177.

Коэффициент теплопроводности экспериментальных составов определяли по стандарту EN 12667 на образцах размером 250×250×30 мм. В каждой серии испытывали 5 образцов. Показатель измеряли для коры, луба и бересты различных фракций в насыпном и уплотненном состоянии без вяжущего компонента. Необходимый объем фракционированного сырья засыпали и равномерно распределяли в измерительной камере прибора «ИТП – МГ4» между теплой плитой (40 °С) и холодной плитой (10 °С) для определения коэффициента теплопроводности.

Результаты лабораторных исследований. Определение плотности и коэффициента теплопроводности березовой коры. Для определения коэффициента теплопроводности березовую кору нарезали с помощью секатора на частицы в виде пластинок с размером ребра 10–20 мм и 5–10 мм. Толщина частиц составляла 2–5 мм. Фракции 1,25–2,5 мм и 2,5–5 мм получали на измельчителе. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Влияние фракции средней плотности на коэффициент теплопроводности березовой коры

Состав	Фракции	Средняя плотность смеси, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности смеси, Вт/(м·°С)
1	10–20 мм	200	0,08
2		225	0,086
3		250	0,082
4		275	0,083
5	5–10 мм	200	0,08
6		225	0,074
7		250	0,079
8		275	0,078
9	2,5–5 мм	200	0,056
10		225	0,058
11		250	0,058
12		275	0,061
13	1,25–2,5 мм	200	0,059
14		225	0,059
15		250	0,06
16		275	0,064

⁷ Способ получения композиционного материала из коры березы: пат RU 2739888 С1 / А.С. Черных, А.С. Сысоев. – Опубл. 29.12.2020.

⁸ См. сноску 7.

При рассмотрении результатов отмечается, что для фракции 10–20 мм минимальный коэффициент теплопроводности составляет 0,08 Вт/(м·°C) при плотности 200 кг/м³ (состав 1). При незначительном повышении плотности до 225 кг/м³ коэффициент теплопроводности увеличивается на 7,5% (состав 2). Дальнейшее возрастание плотности на 22,2% влечет за собой незначительное снижение показателя теплопроводности до уровня 0,082–0,083 Вт/(м·°C).

Для фракции 5–10 мм наибольшее снижение коэффициента теплопроводности на 7,5% отмечается при плотности 225 кг/м³ (состав 6). Последующее увеличение плотности (составы 7, 8) обеспечивает повышение коэффициента теплопроводности на 5,4–6,7%. Следует отметить, что при плотности 200 кг/м³ для обеих фракций коэффициент теплопроводности имеет одинаковое значение 0,08 Вт/(м·°C). Составы 6–8 при повышении плотности до 275 кг/м³ имеют более низкие на 4–16% показатели теплопроводности, по сравнению с составами 2–4.

Значительное снижение коэффициента теплопроводности наблюдается на фракциях 1,25–2,5 мм и 2,5–5 мм (составы 9–16). Наименьших показателей коэффициента теплопроводности удается достичь на фракции 2,5–5 мм при плотности 200–250 кг/м³. Относительно составов фракции 5–10 мм при плотности 200 кг/м³ коэффициент теплопроводности снижается на 30% и равен 0,056 Вт/(м·°C) (состав 9), а при плотности 225–250 кг/м³ – на 21,6–26,6% (составы 10, 11).

Уменьшение размеров частиц до 1,25–2,5 мм не ведет к снижению коэффициента теплопроводности, а наоборот, фиксируется повышение показателя для всех составов до значений 0,059–0,064 Вт/(м·°C), что связано с формированием более плотной структуры тепловой изоляции и изменениями на уровне микроструктуры частиц коры.

Достаточно высокие показатели коэффициента теплопроводности березовой коры указывают на необходимость поиска технологических решений, направленных на значительное снижение исследуемого параметра. Одним из таких технологических приемов является разделение коры на две составляющие – бересту и луб. Ниже приведены исследования по изучению возможности применения бересты и луба различных фракций в виде структурообразующего материала для тепловой изоляции.

Определение плотности и коэффициента теплопроводности березового луба и бересты. Для дальнейших экспериментов березовую кору разделяли на две части: верхний слой – бересту, обладающую эластичностью, и нижний слой – луб, характеризующийся жесткой структурой. Измельчение исходного сырья проводили ручным и механическим способом.

Исследование коэффициента теплопроводности лубяного слоя коры. Первый способ подготовки сырья заключается в измельчении березового луба с помощью секатора на кубовидные частицы с ребром 3–6 мм, коэффициент теплопроводности для полученной фракции составил 0,074 Вт/(м·°C) при средней плотности 335 кг/м³, что соответствует минимальному значению коэффициента теплопроводности измельченной коры березы фракции 5–10 мм (состав 6, таблица 1).

После переработки на измельчителе (второй способ) полученная сырьевая масса подвергалась фракционированию. Для каждой фракции луба в насыпном состоянии определяли коэффициент теплопроводности (таблица 2).

Таблица 2. – Коэффициент теплопроводности для полученных фракций березового луба

№ состава	Размер фракции, мм	Насыпная плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)
1	5–10	330	0,077
2	2,5–5	350	0,068
3	1,25–2,5	365	0,059
4	0,63–1,25	385	0,078

Максимальные значения коэффициента теплопроводности равные 0,077–0,078 Вт/(м·°C) показали составы 1 и 4 при средней плотности смеси 330 и 385 кг/м³. При уменьшении размера частиц от 10 мм до 1,25 мм наблюдается постепенное снижение показателей коэффициента теплопроводности. Для состава 2 снижение коэффициента теплопроводности составило 11,7% относительно показателя состава 1. Тенденция уменьшения коэффициента на 13,2% сохранилась и для состава 3 в сравнении с составом 2. Резкое повышение коэффициента теплопроводности на 32,2% зафиксировано на минимальной фракции 0,63–1,25 мм, что обусловлено значительным нарушением целостности микроструктуры мелких частиц при измельчении.

Далее изучали влияние процентного содержания фракций составов 2 и 3 на показатель коэффициента теплопроводности и средней плотности смеси, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Влияние соотношения фракций луба на коэффициент теплопроводности смеси

Состав	Содержание фракции 2,5–5 мм и фракции 1,25–2,5 мм в смеси, %	Насыпная плотность смеси, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности смеси, Вт/(м·°C)
1	90/10	350	0,058
2	80/20	355	0,062
3	70/30	355	0,064
4	60/40	360	0,062
5	50/50	360	0,062

При замещении части фракции 2,5–5 мм на фракцию 1,25–2,5 мм коэффициент теплопроводности понижается на 5,9–17,2% относительно значения состава 2 (таблица 2). Наименьшего значения коэффициента теплопроводности удается достичь при введении 10% фракции 1,25–2,5 мм. Таким образом коэффициент теплопроводности состава 1 (таблица 3) снижается на 17,2% относительно значения состава 2 (таблица 2). Дальнейшее увеличение дозировки фракции 1,25–2,5 мм не приводит к существенному понижению коэффициента теплопроводности в сравнении с показателями состава 2 (таблица 2).

Следует отметить, что на березовом лубе удается достичь значений коэффициента теплопроводности на уровне 0,058–0,059 Вт/(м·°С), что незначительно превышает минимальный показатель на коре (состав 9, таблица 1).

Исследование коэффициента теплопроводности бересты. Подготовка сырья заключалась в разделении бересты вручную на фрагменты в виде полосок. По размерам полоски бересты разделяли на три фракции (таблица 4).

Таблица 4. – Размеры частиц бересты по фракциям

№ фракции	Размеры частиц		
	толщина, мм	ширина, мм	длина, мм
1	0,5–2	3–4	20–40
2	0,1–0,5	3–4	20–40
3	0,1–0,5	4–7	20–40

Для полученных фракций бересты определяли коэффициент теплопроводности при изменении плотности. Результаты исследований приведены в таблице 5.

Таблица 5. – Изменение коэффициента теплопроводности бересты в зависимости от плотности и фракции частиц

Средняя плотность фракции, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)		
	Фракция 1	Фракция 2	Фракция 3
45	0,077	-	-
50	0,072	0,048	0,05
75	0,064	0,048	0,047
100	0,052	0,044	0,043
125	0,05	0,041	0,04
138	0,048	0,041	0,039
150	0,048	0,04	0,039
163	0,05	0,042	0,042
175	0,053	0,042	0,043

Максимальное значение коэффициента теплопроводности для фракции 1 составило 0,077 Вт/(м·°С) при плотности 45 кг/м³. Повышение средней плотности в 2,2 раза (100 кг/м³) приводит к понижению коэффициента теплопроводности на 32,4%, до показателя 0,052 Вт/(м·°С). Минимального значения коэффициент теплопроводности равный 0,048 Вт/(м·°С) достигает при плотности 138 кг/м³, что на 37,7% ниже максимального значения.

При изучении показателей фракции 2 установлено, что для плотности 50–75 кг/м³ коэффициент теплопроводности соответствует 0,048 Вт/(м·°С). При увеличении средней плотности в 3 раза наблюдается снижение коэффициента теплопроводности на 20% до наименьшего значения равного 0,04 Вт/(м·°С). Дальнейшее возрастание плотности вызывает незначительное повышение коэффициента теплопроводности до 0,042 Вт/(м·°С).

Для фракции 3 при плотности 138–150 кг/м³ коэффициент теплопроводности равен 0,039 Вт/(м·°С). Понижение плотности материала до 50 кг/м³ влечет повышение коэффициента теплопроводности на 28,2%. При плотности 175 кг/м³ также отмечается прирост показателя теплопроводности бересты на 10,3%.

При ручной переработке бересты наилучшие показатели коэффициента теплопроводности равные 0,039–0,04 Вт/(м·°С) демонстрируют фракции 2 и 3 при плотности 138–150 кг/м³, что на 14,6–18,8% ниже значений фракции 1.

После измельчения бересты механическим способом максимальный размер частиц соответствовал 10 мм, часть смеси подвергали фракционированию. Для полученных фракций на разных плотностях определяли коэффициент теплопроводности. В результате получены зависимости изменения коэффициента теплопроводности бересты исходя из средней плотности по фракциям (рисунок 1).

Для нефракционированной смеси наименьший коэффициент теплопроводности 0,039 Вт/(м·°С) соответствует средней плотности в пределах 100–125 кг/м³. Снижение и повышение плотности влечет повышение коэффициента теплопроводности на 10,2–30,7%.

Следует отметить, что в сравнении с нефракционированной берестой для фракции 5–10 мм значения коэффициента теплопроводности показали тенденцию в сторону увеличения на 1,9–18,6% при минимальной величине 0,044 Вт/(м·°С) для плотности 100–125 кг/м³.

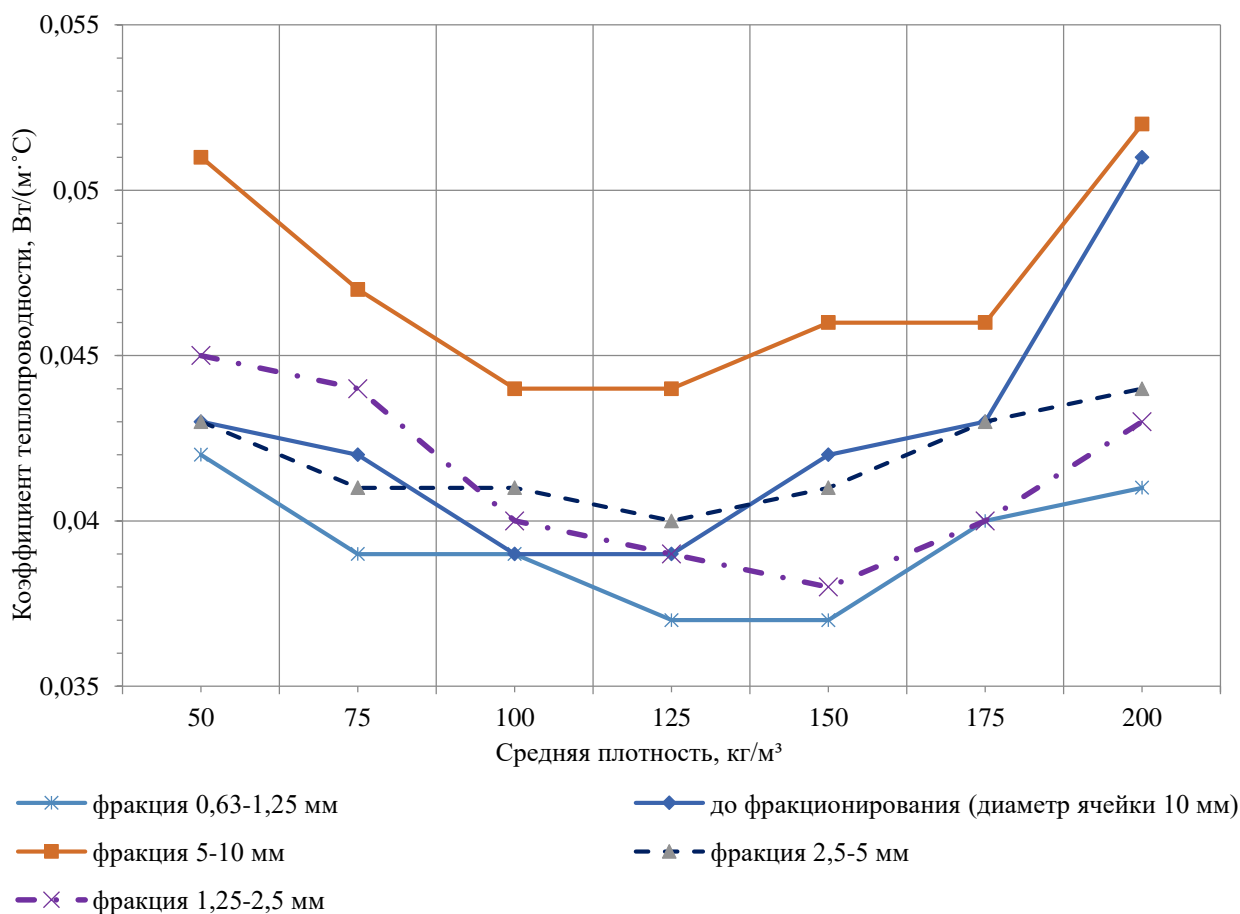


Рисунок 1. – Изменение коэффициента теплопроводности бересты в зависимости от средней плотности по фракциям

Показатели коэффициента теплопроводности фракции 2,5–5 мм практически совпадают со значениями нефракционированной бересты. Наименьшие показатели коэффициента теплопроводности 0,04–0,041 Вт/(м·°С) получены на плотностях 75–150 кг/м³.

Уменьшение размеров частиц до фракции 1,25–2,5 мм позволяет при плотности 150 кг/м³ получить коэффициент теплопроводности бересты равный 0,038 Вт/(м·°С). Для бересты плотностью в границах 100–175 кг/м³ коэффициент теплопроводности не превышает показатель 0,04 Вт/(м·°С).

При исследовании фракции 0,63–1,25 мм установлено, что в основном береста имеет показатели коэффициента теплопроводности на 2,3–19,6% ниже значений нефракционированной смеси. На плотностях 125–150 кг/м³ удастся получить минимальный коэффициент теплопроводности 0,037 Вт/(м·°С). В случае снижения плотности до 50 кг/м³ коэффициент теплопроводности повышается на 13,5%. При повышении показателя до 200 кг/м³ коэффициент теплопроводности увеличивается на 10,8%.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о возможности получения высокоэффективной изоляции из механически измельченной бересты с размером частиц по ширине менее 10 мм без фракционирования и после фракционирования размерами частиц по ширине 1,25–2,5 мм и 0,63–1,25 мм, обеспечивающей коэффициент теплопроводности на уровне 0,037–0,4 Вт/(м·°С).

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Результаты исследований показывают, что применение березовой коры в качестве утеплителя не обеспечивает высоких теплоизоляционных показателей ограждающих конструкций, так как минимальные коэффициенты теплопроводности коры соответствуют 0,056–0,059 Вт/(м·°С) при плотности 200–250 кг/м³.

2. Эксперименты с лубяной частью березовой коры позволили установить, что применение фракции луба 1,25–5 мм позволяет получить составы с коэффициентом теплопроводности 0,058–0,059 Вт/(м·°С), что сопоставимо с показателями березовой коры.

3. Наибольший эффект достигается при использовании для тепловой изоляции бересты после механического измельчения через сито с размером ячеек 10 мм. Применение нефракционированной измельченной бересты, а также фракции 0,63–2,5 мм дает возможность получать при плотности смеси 100–150 кг/м³ теплоизоляционные составы с коэффициентом теплопроводности 0,037–0,039 Вт/(м·°С), что на 30,3–33,9% ниже минимального показателя коры и на 32,7–36,2% – значений березового луба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухтик М.И., Трухнова Д.С. Лесное хозяйство Беларуси: эффективное использование // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы: сб. тр. XVI междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 29 апр. 2022 г.: в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь и др.; редкол.: В.И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2022. – Ч. 1. – С. 21–25.
2. Алексеева А.А., Суханов Ю.В. К вопросу расширения использования древесины березы в строительстве // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 14–15 фев. 2023 г. – Петрозаводск: Петрозавод. гос. ун-т, 2023. – С. 8–11.
3. Methods of betulin extraction from birch bark / O.V. Demets, A.T. Takibayeva, R.Z. Kassenov et al. // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27, № 11. DOI: 10.3390/molecules27113621.
4. Выделение бетулина и суберина из коры березы, активированной в условиях «взрывного автогидролиза» / Б.Н. Кузнецов, В.А. Левданский, А.П. Еськин и др. // *Химия растительного сырья*. – 1998. – № 1. – С. 5–9.
5. Левданский В.А., Кузнецов Б.Н., Полежаева Н.И. Влияние активации коры березы перегретым паром на выход и состав экстрактов, содержащих бетулин и дубильные вещества // *Химия раст. сырья*. – 2005. – № 2. – С. 15–20.
6. Судакова И.Г., Кузнецов Б.Н., Гарынцева Н.В. Изучение процесса выделения субериновых веществ из бересты березовой коры // *Химия растит. сырья*. – 2008. – № 1. – С. 41–44.
7. Синтез и свойства биокomпозитных удобрений на основе мочевины и коры березы / С.А. Кузнецова, Б.Н. Кузнецов, Е.С. Скурыдина и др. // *Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия*. – 2013. – Т. 6, № 4. – С. 380–393.
8. Получение и свойства фосфорных биокomпозитных удобрений на основе коры березы / Е.В. Веприкова, С.А. Кузнецова, Н.В. Чесноков и др. // *Журнал Сиб. федер. ун-та. Химия*. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 413–421.
9. Энергетический потенциал биотоплива из коры лиственных пород древесины / В.И. Мелехов, О.Д. Мюллер, Н.Г. Пономарева и др. // *Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер. Материалы. Конструкции. Технологии*. – 2019. – № 3. – С. 28–37. DOI: 10.25686/2542-114X.2019.3.28.
10. Получение дубильных веществ, красителей и энтеросорбентов из луба березовой коры / С.А. Кузнецова, В.А. Левданский, Б.Н. Кузнецов и др. // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2005. – Т. 13, № 3. – С. 401–409.
11. Свойства энтеросорбентов, полученных из автогидролизованной коры березы / Е.В. Веприкова, С.А. Кузнецова, Н.В. Чесноков и др. // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2012. – Т. 20, № 6. – С. 673–678.
12. Albumine, bilirubine and activated carbon: new edges of an old triangle / V.V. Sarnatskaya, W.E. Lindup, P. Walther et al. // *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol.* – 2002. – № 30(2). – P. 113–126. DOI: 10.1081/bio-120003192.
13. Изучение сорбции маркера белковой природы – желатина на пористой подложке из луба березы / Е.В. Веприкова, М.Л. Щипко, С.А. Кузнецова и др. // *Катализ в промышленности*. – 2011. – № 2. – С. 72–76.
14. Семенова Е.Г., Микрюкова Е.В. Изготовление плитных материалов из березовой коры // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам: сб. науч. тр. по результатам работы V Междунар. молодеж. науч.-практ. конф., Вологда-Молочное, 23 апр. 2020 г. – Т. 3, Ч. 1. – Вологда-Молочное: Вологод. гос. молочнохоз. акад. им. Н.В. Верещагина, 2020. – С. 252–255.
15. Ведерников Д.Н., Шабанова Н.Ю., Рошин В.И. Изменение химического состава корки и луба березы повислой *Betula pendula* Roth. (Betulaceae) по высоте дерева // *Химия раст. сырья*. – 2010. – № 2. – С. 43–48.
16. Белякова А.Ю., Погребняк А.В., Погребняк Л.В. Физико-химические и биологические свойства компонентов внешней коры березы // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2-2. – С. 492.

REFERENCES

1. Bukhtik, M.I. & Trukhnova, D.S. (2022). Lesnoe khozyaistvo Belarusi: effektivnoe ispol'zovanie. In V.I. Dunai (Eds.) *Ustoichivoe razvitiie ekonomiki: sostoyanie, problemy, perspektivy*: sb. tr. XVI mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Pinsk, 29 apr. 2022 g. (v 2 ch., Ch. 1) (21–25). Pinsk: PolesGU, 2022. (In Russ.).
2. Alekseeva, A.A. & Sukhanov, Yu.V. (2023). K voprosu rasshireniya ispol'zovaniya drevesiny berezy v stroitel'stve. In *Derevyannoe domostroenie Severa: traditsii i innovatsii*: sb. st. po materialam Vseros. nauch.-prakt. konf., Petrozavodsk, 14–15 fev. 2023 g. (8–11). Petrozavodsk: Petrozavod. gos. un-t.
3. Demets, O.V., Takibayeva, A.T., Kassenov, R.Z. & Aliyeva, M.R. (2022). Methods of betulin extraction from birch bark. *Molecules*, 27(11). DOI: 10.3390/molecules27113621.
4. Kuznetsov, B.N., Levdanskii, V.A., Es'kin, A.P. & Polezhaeva, N.I. (1998). Vydelenie betulina i suberina iz kory berezy, aktivirovannoi v usloviyakh «vzryvnogo avtgidroliza». *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, (1), 5–9. (In Russ.).
5. Levdanskii, V.A., Kuznetsov, B.N. & Polezhaeva, N.I. (2005). Vliyanie aktivatsii kory berezy peregretym parom na vykhod i sostav ekstraktov, soderzhashchikh betulin i dubil'nye veshchestva. *Khimiya rast. syr'ya*, (2), 15–20. (In Russ.).
6. Sudakova, I.G., Kuznetsov, B.N. & Garyntseva, N.V. (2008). Izuchenie protsesssa vydeleniya suberinovykh veshchestv iz beresty berezovoi kory. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, (1), 41–44. (In Russ.).
7. Kuznetsova, S.A., Kuznetsov, B.N., Skurydina, E.S., Maksimov, N.G., Kalacheva, G.S., Ul'yanova, O.A. & Skvortsova, G.P. (2013). Sintez i svoistva biokompozitnykh udobrenii na osnove mocheviny i kory berezy [Synthesis and Properties of Biocomposite Fertilizers on the Basis of Urea and Birch Bark]. *Zhurnal Sib. feder. un-ta. Khimiya [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]*, 6(4), 380–393. (In Russ., abstr. in Engl.).
8. Veprikova, E.V., Kuznetsova, S.A., Chesnokov, N.V. & Kuznetsov, B.N. (2015). Poluchenie i svoistva fosfornykh biokompozitnykh udobrenii na osnove kory berezy [Preparation and Properties of Phosphorus Biocomposite Fertilizers Based on the Birch Bark]. *Zhurnal Sib. feder. un-ta. Khimiya [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]*, 8(4), 413–421. (In Russ., abstr. in Engl.).
9. Melekhov, V.I., Myuller, O.D., Ponomareva, N.G., Tyurikova, T.V. & Sazanova, E.V. (2019). Energeticheskii potentsial biotopliva iz kory listvennykh porod drevesiny [Energy Potential of Biofuels Produced from the Bark of Hardwood Timber]. *Vestn. Povolzh. gos. tekhnol. un-ta. Ser. Materialy. Konstruktii. Tekhnologii [Vestnik of Volga State University of Technology. Series Materials. Constructions. Technologies]*, (3), 28–37. DOI: 10.25686/2542-114X.2019.3.28. (In Russ., abstr. in Engl.).

10. Kuznetsova, S.A., Levanskii, V.A., Kuznetsov, B.N. & Shchipko, M.L. (2005). Poluchenie dubil'nykh veshchestv, krasitelei i enterosorbentov iz luba berezovoi kory. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 13(3), 401–409. (In Russ.).
11. Veprikova, E.V., Kuznetsova, S.A., Chesnokov, N.V. & Kuznetsov, B.N. (2012). Svoistva enterosorbentov, poluchennykh iz avto-gidrolizovannoi kory berezy. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 20(6), 673–678. (In Russ.).
12. Sarnatskaya, V.V., Lindup, W.E., Maslenny, V.N., Yushko, L.A., Sidorenko, A.S., Nikolaev, A.V. & Nikolaev, V.G. (2002). Albumine, bilirubine and activated carbon: new edges of an old triangle. *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol*, 30(2), 113–126. DOI: 10.1081/bio-120003192.
13. Veprikova, E.V., Shchipko, M.L., Kuznetsova, S.A. & Kuznetsov, B.N. (2011). Izuchenie sorbtsii markera belkovoii prirody – zhelatina na poristoi podlozhke iz luba breezy. *Kataliz v promyshlennosti*, (2), 72–76. (In Russ.).
14. Semenova, E.G. & Mikryukova, E.V. (2020). Izgotovlenie plitnykh materialov iz berezovoi kory. In *Molodye issledovateli agro-promyshlennogo i lesnogo kompleksov – regionam: sb. nauch. tr. po rezul'tatam raboty V Mezhdunar. molodezh. nauch.-prakt. konf., Vologda-Molochnoe, 23 apr. 2020 g. (T. 3, Ch. 1) (252–255)*. Vologda-Molochnoe: Vologod. gos. molochnokhoz. akad. im. N.V. Vereshchagina. (In Russ.).
15. Vedernikov, D.N., Shabanova, N.Yu. & Roshchin, V.I. (2010). Izmenenie khimicheskogo sostava korki i luba berezy povisloi *Betula pendula* Roth. (Betulaceae) po vysote dereva. *Khimiya rast. syr'ya*, (2), 43–48. (In Russ.).
16. Belyakova, A.Yu., Pogrebnyak, A.V. & Pogrebnyak, L.V. (2015). Fiziko-khimicheskie i biologicheskie svoistva komponentov vneshnei kory breezy. *Sovrem. problemy nauki i obrazovaniya*, (2-2), 492. (In Russ.).

Поступила 28.05.2024

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF BIRCH BARK BY PHYSICAL INDICATORS AS A RAW MATERIAL SOURCE FOR THE PRODUCTION OF THERMAL INSULATION

A. BAKATOVICH, R. OBROMPALSKY
(*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk*)

The results of research on the production of structure-forming material for thermal insulation from birch bark are considered. After studying the properties of the bark, it was proposed to divide birch bark into bast and birch bark. The influence of fractionated compositions of bark, bast and birch bark on the thermal conductivity coefficient of experimental compositions was studied. It has been established that birch bark has the greatest heat-insulating effect. Regardless of the method of grinding birch bark at a density of 100–150 kg/m³, the thermal conductivity coefficient is 0,037–0,039 W/(m·°C).

Keywords: thermal conductivity coefficient, density, birch cork, bass, birch bark.