

УДК 674.816.2

**И. Г. Федосенко, И. И. Веретиков**

Белорусский государственный технологический университет

**ПРИМЕНЕНИЕ КОРЫ ДЕРЕВЬЕВ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОЛИРУЮЩИХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ ПЛИТ**

В статье описывается исследование влияния структурообразующих факторов на физико-механические свойства гипсо-корьевых композиционных материалов.

Оценено влияние фракционного состава коры и вспенивающего лигнинсодержащего агента на эксплуатационные свойства гипсовых плит. В качестве оцениваемых свойств выбраны: предел прочности при статическом изгибе, плотность и теплопроводность.

Показано, что хороший теплоизолирующий эффект с сохранением эксплуатационных характеристик достигается при использовании частиц размерами от 2 до 5 мм. Включение в состав лигнинсодержащего агента значительно снижает прочность при недостаточной теплоэффективности. Использование извести в составе смеси помогает снизить радиоактивный фон коры древесины, заготовленной в местах, пострадавших от аварии на ЧАЭС, и других аналогичных районах.

Полученные данные помогут спланировать свойства композиционных материалов на основе коры и минеральных вяжущих в процессе производства. Выбор индивидуальных рецептур композиционных материалов для изготовления отдельных изделий и элементов конструкций позволит обеспечить рациональную стоимость объектов конструирования.

**Ключевые слова:** кора, гипс, плита, вспенивающий агент, прочность, плотность, теплопроводность, структура, фракция, наполнение.

**I. G. Fedosenko, I. I. Veretikov**

Belarusian State Technological University

**APPLICATION OF TREE BARK  
IN THE PRODUCTION OF INSULATING AND STRUCTURAL PLATES**

The article describes the study of the influence of structure-forming factors on the physicomachanical properties of gypsum-measles composite materials.

The influence of the fractional composition of the crust and the foaming lignin-containing agent on the performance properties of gypsum boards is evaluated. The following properties were selected as the evaluated properties: tensile strength under static bending, density and thermal conductivity.

It is shown that a good heat-insulating effect while maintaining operational characteristics is achieved when using particles with sizes from 2 to 5 mm. The inclusion of a lignin-containing agent in the composition significantly reduces strength with insufficient heat efficiency. The use of lime in the mixture helps to reduce the radioactive background of the bark of wood harvested in places affected by the Chernobyl accident and other similar areas.

The data obtained will help to plan the properties of composite materials based on bark and mineral binders in the production process. The choice of individual formulations of composite materials for the manufacture of individual products and structural elements will ensure a rational cost of design objects.

**Key words:** bark, gypsum, plate, blowing agent, strength, density, thermal conductivity, structure, fraction, filling.

**Введение.** При переработке древесины образуется множество вторичных древесных ресурсов, применения которым ранее не находили и утилизировали их как не имеющие ценности отходы. С развитием новых технологий и оценочных подходов к жизнедеятельности человека такие ресурсы находят все больше областей применения и замещают вредные материалы, производимые из продуктов переработки нефти. Одним из таких ресурсов с раскрываемой сегодня ценностью является кора деревьев [1].

В Республике Беларусь кора выделяется в обособленный ресурс в основном при окорке круглых лесоматериалов перед механической обработкой, требующей получения чистой древесины.

Использование коры в производстве конструкционных материалов позволит улучшить экологию путем вовлечения в оборот естественного углерода. За счет введения в общий объем изделия кора снизит потребление более дорогих материалов, увеличит звуко-теплоизоляционные свойства продукта [2], а за счет цветовой контраста и проницаемости для жидких красителей – улучшит эстетическое восприятие.

Желание создать здоровые условия существования заставляет человека переосмыслить окружающее пространство и вызывает желание погрузиться в первозданную красоту природы. Так, в последние годы в Европе набирает популярность использование цельнолистовой коры,

заготовленной с живого или свежеспеленного дерева тополя. Такой материал отлично подходит как для защиты от атмосферных воздействий, так и для внутренней отделки стен [3].

Тем не менее основная практика использования коры сосредоточена на переработке отходов изготовления бутылочных пробок. Пробки традиционно изготавливают из коры пробкового дуба (*Quercus suber*). Не весь материал подходит для использования по назначению, так как может не соответствовать нужным показателям однородности, толщины и механической стойкости. Существует масса технологий, позволяющих использовать отходы пробки в народном хозяйстве. Наиболее интересной технологией является: измельчение коры до размера 20 мм, сортировка от примесей и мелочи, пропаривание в автоклаве при температуре 400°C, в результате которого частицы увеличиваются в размерах и выделяют вещества, являющиеся связующим, формование и охлаждение до комнатной температуры [4]. Полученный материал (Expanded Cork) имеет размеры 1000×500 мм и толщину от 10 до 300 мм (в ЕС стоимость составляет 4,31–75,94 евро за 1 м<sup>3</sup> соответственно). Он используется для тепло- и звукоизоляции зданий, изготовления стеновых блоков, изделий интерьера и мебели. Аналогичным способом изготавливают плитку «Natural cork contrast» [5], имеющую большие размеры: 1024×1024 мм. Плотность такого материала всего 120 кг/м<sup>3</sup>, что обеспечивает уникальные изолирующие свойства. Так, удельная теплоемкость этого материала достигает 2100 Дж/кг·К, что в 1,5–2 раза выше, чем у синтезированных нефтехимических изоляционных материалов.

Еще в Советском Союзе были освоены древесно-корьевые плиты плотностью 600–800 кг/м<sup>3</sup> на клеевых связующих [6], таких как сульфитно-спиртовая барда или фенолформальдегидные смолы. Без связующих прессовали лишь плиты на основе хвойной коры, чаще еловой, которую заготавливали длинными лентами. Наиболее подходящим для гипсо-коревых плит вариантом является создание гомогенных пустот при добавлении вспенивающих добавок на стадии сухого смешивания компонентов.

Известны материалы из коры, где в качестве вяжущего использовали гипс или цемент (королит). Кроме того, кора использовалась для производства легких бетонов в качестве наполнителя (не более 50% по массе).

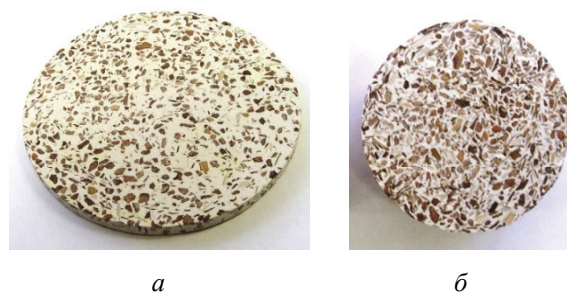
Учитывая экологическую обстановку Республики Беларусь, в большей части спелой древесины содержатся изотопы: цезий-137 и стронций-90 [7, 8, 9]. При этом основная концентрация этих элементов находится именно в коре, так как она является внешней преградой де-

рева от окружающей среды. Использование такой коры для производства изделий и материалов для жилищ в чистом виде затруднительно.

**Основная часть.** На первом этапе работ предпринята попытка решить проблему с утилизацией загрязненной радионуклеидами коры. В результате остановились на производстве плит и панелей, где кора связывается гипсовым вяжущим с добавлением извести как природной редуцирующей [10, 11] и пластифицирующей добавки, снижающей радиационный фон по Cs-137, в нашем случае в среднем в 10 раз.

В результате подготовки образцов для исследований было обнаружено высокое декоративное свойство гипсовых плит с наполнителем из коры. Оригинальный пестрый рисунок создает большой потенциал для их использования в качестве отделочных материалов.

Внешний вид плит представлен на рис. 1.

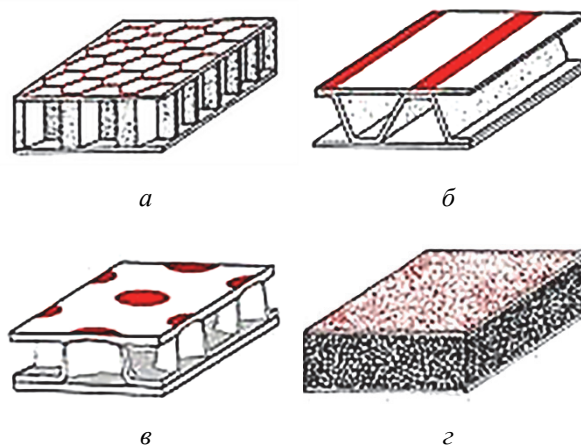


а

б

Рис. 1. Внешний вид плит на основе гипса и частиц коры крупнее 2 мм:  
а – средне наполненная частицами коры;  
б – предельно наполненная частицами коры

Для получения плит с наибольшим термическим сопротивлением используют структурирование материалов. Принцип структурообразования облегченных плит показан на рис. 2.



а

б

в

г

Рис. 2. Принцип структурообразования облегченных плит:  
а, б, в – структура с упорядоченными пустотами;  
г – структура с гомогенными пустотами

Для дальнейшего изучения было решено оценить эксплуатационные свойства этих плит в зависимости от размеров частиц коры. В качестве этих свойств были выбраны: прочность при статическом изгибе, плотность и теплопроводность (в том числе термическое сопротивление).

Наиболее подходящим для гипсо-корьевых плит вариантом является создание гомогенных пустот при добавлении вспенивающего агента на стадии сухого смешивания компонентов. Так получили образцы, представленные на рис. 3. В качестве вспенивающего агента использовали лигносодержащее вещество (ЛсВ), обладающее адгезионными свойствами к древесине. Применялась добавка 5, 7 и 10% (ЛсВ5, ЛсВ7 и ЛсВ10) по массе гипса.

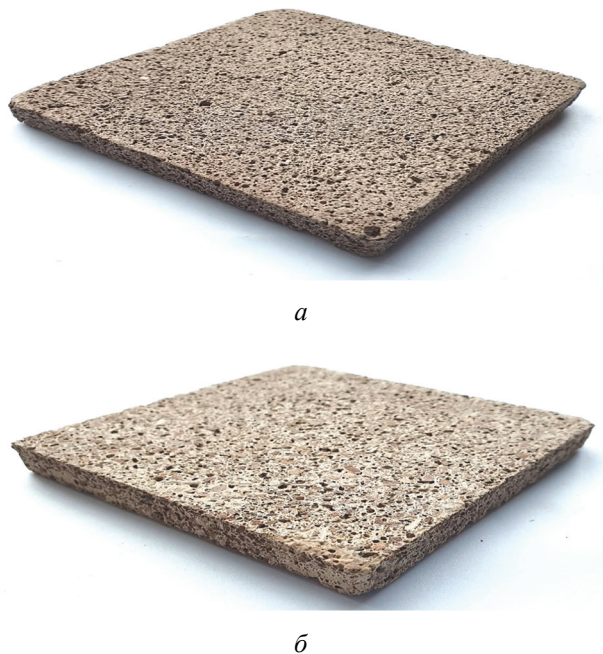


Рис. 3. Внешний вид плит на основе гипса и частиц коры с добавлением вспенивающего агента:  
а – с частицами сосновой коры размером менее 2 мм;  
б – с частицами сосновой коры размером от 2 до 5 мм

Испытывались предельно наполненные корой плиты. Так, при смешивании была выбрана пропорция 1:1 для гипса и коры по объему, так как больший объем коры препятствовал целостности материала.

Определение плотности и теплопроводности проводили согласно методике к прибору [12] на образцах размерами 100×100 мм, выпиленных из отлитых плит. Прочность при статическом изгибе оценивали согласно ГОСТ 26816 [13].

Результаты определения эксплуатационных показателей представлены в процентах к значениям показателей контрольных отливок плит из гипса марки Г-4 (Г) в таблице.

#### Свойства гипсо-корьевых плит

Маркировка образцов	Прочность, %	Плотность, %	Теплопроводность, %
Г+ЛсВ10	-49	+16	-33
Г+КК	-65	-56	-68
Г+КК+ЛсВ5	-77	-32	-53
Г+КК+ЛсВ7	-78	-36	-56
Г+КК+ЛсВ10	-81	-43	-60
Г+МК	-77	-37	-56
Г+МК+ЛсВ5	-90	-46	-64
Г+МК+ЛсВ7	-91	-45	-67
Г+МК+ЛсВ10	-91	-46	-69

Была отмечена положительная тенденция к снижению плотности или веса получаемой плиты и ее теплопроводности, т. е. к улучшению теплоизолирующего эффекта. Зависимость теплопроводности гипсо-корьевых плит от размеров частиц коры представлена на рис. 4.

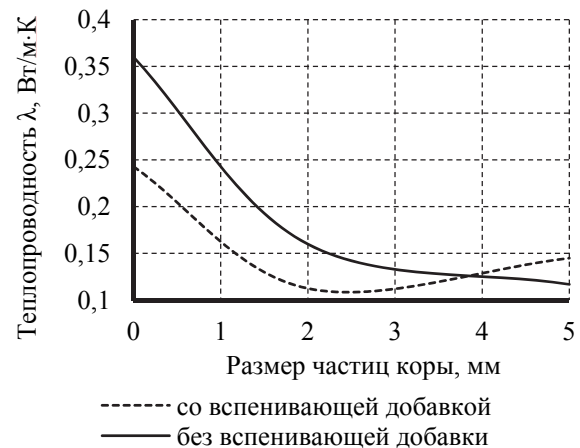


Рис. 4. Зависимость теплопроводности гипсо-корьевых плит от размеров частиц коры

Однако стоит отметить и значительное снижение прочности при статическом изгибе, которое ограничивает использование таких плит как конструктивных.

Также по результатам исследований можно сделать заключение о том, что для сохранения эксплуатационных свойств все же не стоит использовать частицы коры размерами менее 2 мм, так как это не приводит к значительному теплоизолирующему эффекту, но при этом критически снижает прочность материала. Значительный теплоизолирующий эффект при использовании коры без добавок лигносодержащего вещества может быть обусловлен ускоренным отверждением самого гипса и выделением достаточного количества пузырьков газа при реакции смеси на поверхности коры. Гипс Г-4 отверждается также не без пустот [14], и этот факт отражен в некотором увеличении плотности при добавлении в смесь лигносодержащих веществ.

**Заключение.** Армирование стеклосеткой или картоном может решить проблему дефицита прочности получаемого материала [15], однако в таком случае эстетические свойства материала полностью маскируются.

Получение плит и декоративных панелей, в том числе из мозаики, позволит наиболее эффективно использовать отходы окорки древе-

сины. Хороший теплоизолирующий эффект с сохранением эксплуатационных характеристик достигается при использовании частиц размерами от 2 до 5 мм. Включение извести в состав смеси помогает снизить радиоактивный фон коры древесины, заготовленной в местах, пострадавших от аварии на ЧАЭС, и других аналогичных районах.

### Список литературы

1. Цывин М. М. Использование древесной коры. М.: Лесная промышленность, 1973. 96 с.
2. Gil L. Cork as a building material. technical manual. Santa Maria de Lamas, Portugal: APCOR 2007. P. 325
3. Федосенко И. Г. Перспективы использования коры деревьев в эко-дизайне экстерьера и интерьера зданий // Технология и техника лесной промышленности: тезисы 83-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотр. и асп. (с междунар. участием), г. Минск, 4–15 фев. 2019 г. / отв. за издание И. В. Войтов. Минск: БГТУ, 2019. С. 61–62.
4. Gil L. Process for the production of cork powder agglomerates, without glues, through predepolymerization of suberin and polymerization by pressing and heating. PT88239. Portuguese Patent. Published August 04, 1994.
5. Panelesaislantes de corcho natural compoactado [Электронный ресурс]. URL: <http://www.deco-proyecandalucia.com/paneles-de-corcho> (дата обращения: 12.03.2020).
6. Коротаев Э. И. Производство строительных материалов из древесных отходов. М.: Лесная промышленность, 1972. 143 с.
7. Булавик И. М., Переволоцкий А. Н. Влияние различных факторов на накопление Cs древесными растениями // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 1996. Вып. 49. С. 148–160.
8. Гайдунь А. З., Переволоцкий А. Н., Булавик И. М. Распределение радионуклидов 137 Cs и 90 Sr в радиальном направлении ствола // Лес, наука, молодежь: материалы Междунар. науч. конф. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 1999. Т. 2. С. 19–21.
9. Булко Н. И., Шабалева М. А. Особенности вертикальной миграции Cs-137 и Sr-90 в сопряженных типах леса // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Вып. 66. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2006. С. 94–104.
10. Клебанович Н. В. Влияние известкования на поступление радиоцезия в растениеводческую продукцию // Третий съезд по радиационным исследованиям: тез. докл., г. Москва, 14–17 окт. 1997 г. / Междунар. ассоц. академ. наук. Пушино, 1997. Т. 2. С. 453–454.
11. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н. И. Санжарова [и др.] // Российский химический журнал / под ред А. В. Пуховского. 2005. № 3. С. 26–34.
12. Измеритель теплопроводности ИТП-МГ4. Руководство по эксплуатации. Э 12.102.010 РЭ [Электронный ресурс]. URL: [http://www.stroypribor.com/netcat\\_files/316/175/manual\\_itp.pdf](http://www.stroypribor.com/netcat_files/316/175/manual_itp.pdf). (дата обращения: 12.03.2020).
13. Плиты цементно-стружечные. Технические условия: ГОСТ 26816–2016. Введ. 01.04.2018. М.: Стандартинформ, 2016. 20 с.
14. Федосенко И. Г., Усович А. В. Производственное планирование свойств древесных материалов на основе минеральных вяжущих // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 2 (210). С. 224–229.
15. Сенаторов Н. Я., Коршунова А. П., Муштаева Н. Е. Лепные работы. М.: Высшая школа, 1987. 240 с.

### References

1. Tsyvin M. M. *Ispol'zovaniye drevesnoy kory* [Use of tree bark]. Moscow, Forestry Publ., 1973. 96 p.
2. Gil L. *Cork As a Building Material. Technical Manual*. Santa Maria de Lamas, Portugal, APCOR 2007. P. 325.
3. Fedosenko I. G. Prospects for the use of tree bark in the eco-design of the exterior and interior of buildings. *Tekhnologiya i tekhnika lesnoy promyshlennosti: tezisy 83-y nauch.-tekhn. konf. prof.-prepod. sostava, nauch. sotr. i asp. (s mezhdunar. uchastiem)* [Technology and technique of the forest industry: theses

of the 83rd scientific-technical conference of faculty, researchers and graduate students (with international participation)]. Minsk, BSTU Publ., 2019, pp. 61–62 (In Russian).

4. Gil L. Process for the production of cork powder agglomerates, without glues, through pre-polymerization of suberin and polymerization by pressing and heating. PT88239. Portuguese Patent. Published August 04, 1994.

5. Panelesaislantes de corcho natural compoctado. Available at: <http://www.decoproyecandalucia.com/paneles-de-corcho> (accessed 12.03.2020).

6. Korotaev E. I. *Proizvodstvo stroitel'nykh materialov iz drevesykh otkhodov* [Production of building materials from wood waste]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1972. 143 p.

7. Bulavik I. M., Perevolotsky A. N. The influence of various factors on the accumulation of Cs by woody plants. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr. In-ta lesa NAN Belarusi* [Problems of forest science and forestry. Scientific works of the Institute of NASB]. Gomel, 1996, vol. 49, pp. 148–160 (In Russian).

8. Gaidul A. Z., Perevolotsky A. N., Bulavik I. M. The distribution of radionuclides 137 Cs and 90 Sr in the radial direction of the barrel. *Les, nauka, molodyozh: materialy Mezhdunar. nauch. konf.* [Forest, Science, Youth: Mater. Int. scientific conf.]. Gomel, IL NAN Belarusi, 1999, vol. 2, pp. 19–21 (In Russian).

9. Bulko N. I., Shabaleva M. A. Features of the vertical migration of Cs-137 and Sr-90 in conjugated forest types. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr. In-ta lesa NAN Belarusi* [Problems of forest science and forestry: collection of scientific papers of the National Academy of Sciences of Belarus]. Vol. 66. Gomel, IL NAN Belarusi, 2006, pp. 94–104 (In Russian).

10. Klebanovich N. V. The effect of liming on the receipt of radiocesium in crop production. *Tretiy s'ezd po radiatsionnym issledovaniyam* [Third congress on radiation research]. Pushchino, 1997, vol. 2, pp. 453–454 (In Russian).

11. Sanzharova N. I., Sysoeva A. A., Isamov N. N., Aleksakhin R. M., Kuznetsov V. K., Zhigareva T. L. The role of chemistry in the rehabilitation of agricultural land exposed to radioactive contamination. *Rossiyski khimicheskii zhurnal* [Russian chemical journal], 2005, no. 3, pp. 26–34 (In Russian).

12. Thermal conductivity meter ITP-MG4. Manual. E 12.102.010 RE. Available at: [http://www.stroy-pribor.com/netcat\\_files/316/175/manual\\_itp.pdf](http://www.stroy-pribor.com/netcat_files/316/175/manual_itp.pdf) (accessed 03.12.2020).

13. GOST 26816-2016. Cement-bonded slabs. Technical conditions. Moscow, Standardinform Publ. 2016. 20 p. (In Russian)

14. Fedosenko I. G., Usovich A. V. Production planning of the properties of wood materials based on mineral binders. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], Issue 1, Forestry, Nature Management and Renewable Resources Processing, 2018, no. 2 (210), pp. 224–229 (In Russian)

15. Senatorov N. Ya., Korshunova A. P., Mushtaeva N. E. *Lepnyye raboty* [Stucco work]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1987. 240 p.

### Информация об авторах

**Федосенко Иван Гаврилович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [Ivan.fedosenko@mail.ru](mailto:Ivan.fedosenko@mail.ru)

**Веретиков Игорь Иванович** – магистр технических наук, ассистент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [veretikov.igor@mail.ru](mailto:veretikov.igor@mail.ru)

### Information about the author

**Fedosenko Ivan Gavriilovich** – PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [Ivan.fedosenko@mail.ru](mailto:Ivan.fedosenko@mail.ru)

**Veretikov Igor Ivanovich** – Master of Engineering, Assistant Lecturer, the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [veretikov.igor@mail.ru](mailto:veretikov.igor@mail.ru)

Поступила 11.03.2020