

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**
POSSIBILITIES OF USING WOOD WASTE FOR BUILDING MATERIALS
PRODUCTION

Шинкарук А.А., кандидат химических наук, доцент «Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова», Россия, Архангельск

Данилов В.Е., кандидат технических наук, доцент «Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова», Россия, Архангельск

Айзенштадт А.М., доктор химических наук, профессор «Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова», Россия, Архангельск

Shinkaruk A.A., candidate of chemical sciences, associate professor «Northern Arctic Federal University named after Lomonosov», Arkhangelsk, Russia

Danilov V.E., candidate of technical sciences, associate professor «Northern Arctic Federal University named after Lomonosov», Arkhangelsk, Russia

Ayzenshtadt A.M., Doctor of Chemistry, professor «Northern Arctic Federal University named after Lomonosov», Arkhangelsk, Russia

Аннотация. Проведен анализ количества образующихся древесных отходов, их видов и возможные направления использования таких отходов. Приведены технологические особенности производства древесно-минерального композита на основе коры и отходов базальта, обладающего теплозвукоизоляционными свойствами. Показано, что в зависимости от выбранного соотношения компонентов смеси, можно получать композит с заданными эксплуатационными характеристиками. Производство нового композиционного материала позволит расширить ассортимент отечественных эффективных экологически чистых строительных материалов, а также решить проблему утилизации древесных отходов.

Summary. The analysis of the amount of wood waste generated, its types and possible uses of such waste is carried out. The technological features of the production of wood-mineral composite based on wooden bark and basalt waste with heat and sound insulating properties are given. It is shown that, depending on the selected ratio of the components of the mixture, a composite with specified operational characteristics can be obtained. Production of a new composite material is designed to expand the range of eco-friendly building materials in Russia, and also to solve the problem of wood waste disposal.

Ключевые слова: древесно-минеральные композиты (ДМК), кора, базальт, тонкодисперсные компоненты, теплоизоляционные панели, блоки, плиты, засыпка, экологичные строительные материалы.

Keywords: wood-mineral composites (WMC), bark, basalt, fine components, thermal insulation panels, blocks, plates, backfilling, eco-friendly building materials

Проблема утилизации древесных отходов остается актуальной на протяжении многих лет. Комплексному использованию древесного сырья посвящено множество различных исследований, однако полностью эта задача не решена. Ежегодно на территории Российской Федерации образуется около 60 млн. т отходов и почти три четверти приходится на долю лесопиления, из них 60% составляют крупные или кусковые (горбыль, рейки, вырезки и т.д.) и 40% мелкие или мягкие (опилки, стружка и т.д.). Применение древесных отходов в промышленности ограничено вследствие непостоянства их химического и фракционного состава.

Из основных направлений использования отходов деревообработки можно отметить применение в качестве сырья для целлюлозно-бумажных комбинатов, которые традиционно строили в местах, богатых лесом. Как правило, на лесопильных заводах организована переработка отходов лесопиления в щепу и доставка на ЦБП. При большой удаленности целлюлозно-бумажных от лесопильных предприятий такое направление переработки отходов будет экономически нецелесообразно.

Сравнительно новым направлением, которое появилось около 20 лет назад, является производство топливных пеллет. Производство может быть основано исключительно на сырье из отходов производства древесины, допустимо присутствие коры. Пеллеты – один из самых востребованных источников энергии в развитом мире.

Другим перспективным направлением использования древесных отходов является производство различных видов строительных материалов. Наибольшее распространение получили производство ДСП, ДВП, а также материалов на основе минеральных вяжущих – арболит, фибролит, ксилолит и др.

С переработкой коры ситуация несколько иная. Ввиду некоторых специфических свойств коры, ее переработка довольно затруднительна, поэтому нередко кора от окорки древесины свозится в отвалы и проблема остается нерешенной.

Кора – это низкосортное топливо с высоким содержанием влаги, золы и низкими сыпучими свойствами. Перед сжиганием требуется ее специальная подготовка, включающая измельчение и обезвоживание. Практика сжигания коры без предварительного высушивания была реализована в начале 2000-х г. На Соломбальском ЦБК (г. Архангельск). Проект был направлен на модернизацию энергетического хозяйства СЦБК с целью снижения расхода ископаемого топлива (угля и мазута) за счет внедрения современных технологий утилизации кородревесных отходов для выработки энергии с прекращением вывоза отходов на свалки. Предусматривалась замена мазутного парового котла на котел для сжигания кородревесных отходов, а также строительство участка по приему, подготовке и подаче отходов на сжигание.

Возможности использования отходов производства при изготовлении композиционных строительных материалов является приоритетным направлением развития строительной отрасли [1-6]. Разработка и внедрение в строительную индустрию таких материалов позволит решить комплекс проблем. Например, используя отходы производств, а именно кору и базальт, механоактивированных до тонкодисперсного состояния и взятых в различных соотношениях, можно получить материалы широкого спектра свойств (от теплоизоляционных до конструктивных). Для создания такого материала совместно с корой применяли отсев базальта, который также является отходом производства, а в получаемом композите будет

повышать прочность и улучшать пожарно-технические характеристики. В работе [7] показано, что наибольшая прочностная эффективность, оцениваемая коэффициентом конструктивного качества, достигается при содержании коры в составе композита от 20 до 40% и водотвердом соотношении в диапазоне от 0,4 до 0,6.

Нашими исследованиями ранее установлено [8], что с увеличением содержания коры в составе древесно-минерального композита (ДМК) его способность деформироваться без потери несущей способности существенно возрастает. Отмечается, что составы с содержанием коры до 10 % по массе показывают хрупкий характер разрушения при сжатии, в то время как составы с массовым содержанием коры в диапазоне от 10 до 60% показывают упруго-пластическое разрушение, а образцы с массовым содержанием коры свыше 60% пластично деформируются при возрастании нагрузки. При этом, максимальная прочность на сжатие образцов состава 20% коры и 80% базальта достигает 4,3 Мпа, при коэффициенте теплопроводности 0,10 Вт/(м·К) и индексе изоляции воздушного шума 62 дБ.

Коэффициент теплопроводности ДМК наиболее интенсивно снижается с увеличением содержания коры до 60% (0,07 Вт/(м·К)). Что касается влияния влажности полученного материала на коэффициент теплопроводности, то можно отметить следующее, при содержании коры в композите до 40 % влияние влажности незначительное, а для составов с большим содержанием коры – значение данного параметра возрастает.

В таблице 1 представлены физико-механические свойства составов ДМК (прочность на сжатие – $R_{сж}$, плотность – ρ , коэффициент конструктивного качества – ККК, относительная деформация – ε), теплофизические (коэффициент теплопроводности – λ), акустические (индекс изоляции воздушного шума – R_w), пожарно-технические характеристики (группа по горючести – Г, воспламеняемости – В, дымообразованию – Д, распространению пламени – РП).

Таблица 1. Рациональные составы и свойства

Состав	$R_{сж}$, МПа	ρ , кг/м ³	ККК	ε , %	λ , Вт/м·К	R_w , дБ	Г, В, Д, РП
20К80Б	4,3	1200	3,58	8	0,10–0,11	62	2, 1, 1, 1
40К60Б	3,1	900	3,44	9	0,08–0,10	55	2, 3, 2, 2
60К40Б	1,6	750	2,13	10	0,07–0,09	45	3, 3, 2, 3

Назначение древесно-минеральных композитов на основе тонкодисперсных базальта и коры можно разделить на два вида в зависимости от их состава [8]: тепло- и звукоизоляционные конструкционные материалы; функциональная теплозвукоизоляция.

Таким образом, в зависимости от того, какими свойствами должен обладать материал, можно варьировать соотношение компонентов и получить строительный материал, обладающий оптимальным набором свойств. Древесно-минеральный композит можно выпускать в виде блоков (для несущих и самонесущих стен, колонн), панелей (для самонесущих стен), плит (межкомнатные перегородки, черновой пол) и сухой засыпки (засыпка стен, полов).

С точки зрения технологии получения такого типа строительных материалов, важен подбор правильный оборудования. Предлагается осуществить его либо на основе

существующей технологической линии, либо подобрать современное оборудование для достижения наилучшего результата.

Принципиальная блок-схема получения панелей, блоков, плит и сухой засыпки приведена на рисунке 1. Следует предусмотреть высушивание коры до воздушно-сухого состояния в специальных сушильных камерах перед корорубительной машиной, что позволит улучшить размол коры. Сепаратор необходим для разделения измельченной коры на фракции. В силосах для коры будут отдельно храниться фракции коры < 100 мкм и 0,1 – 10 мм. При необходимости более крупная фракция может направляться на повторное измельчение. В качестве промышленных мельниц для диспергирования минерального сырья целесообразно использовать щековые дробилки на первом этапе (только в случае крупного исходного сырья – базальтового щебня), затем барабанно-шаровые мельницы (в случае мелкого исходного сырья – отсева дробления базальтового щебня).

Для увеличения количества образующихся тонкодисперсных минеральных частиц рекомендуется применить промышленный ультразвуковой диспергатор.

После экструдера следует конвейер к складу готового сырья, при прохождении по нему экструдата (готового ДМК), он нарезается автоматизированным механическим инструментом (пилой или ножом) на отдельные блоки. Представленная на рисунке 1 схема может быть изменена в зависимости от подобранного оборудования, имеющегося сырья и других производственных факторов.

Для получения ДМК в виде панелей и плит будет достаточно заменить на экструдере фильеру и уменьшить частоту нарезки экструдата.



Рисунок 1. Технологическая блок-схема получения древесно-минеральных композиционных блоков, панелей, плит и засыпки на ЛПК

Строительные материалы на основе древесных отходов включают довольно широкий спектр материалов, которые используются в малоэтажном каркасном и монолитном домостроении, при возведении жилых и общественных зданий.

Основными преимуществами строительных композиционных материалов на основе древесных отходов являются:

1. Высокие теплоизоляционные свойства, позволяющие значительно сократить расход энергоресурсов для отопления зданий и домов, а также снизить расходы на строительство. Включение в состав материала базальтовых частиц незначительно увеличивает коэффициент

теплопроводности, однако улучшает пожарно-технические характеристики получаемого материала.

2. Экологическая безопасность. Строительные материалы на основе древесного сырья и отходов базальта не выделяют вредных летучих веществ, не электризуются. Повышению экологической безопасности способствует утилизация отходов и сокращение количества и объема отходов.

3. Древеснонаполненные композиты морозостойки, способны выдерживать резкие перепады температур, устойчивы к атмосферным воздействиям, влаге, ультрафиолету, образованию плесени и грибков.

4. Строительные материалы на основе древесных отходов легко поддаются ручной и механической обработке – пилению, сверлению, фрезерованию и т.д.

Так как в качестве сырья будут использоваться отходы производств, можно предположить, что получение композита на основе коры и базальта как линейки конструктивной теплозвукоизоляции в виде блоков, панелей, плит и засыпки будет являться перспективной в экономическом плане. Организация таких технологических линий наиболее обоснована непосредственно на территории лесоперерабатывающих предприятий, т.к. древесное сырье, склады и часть оборудования уже имеются, а минеральное сырье (базальт) за счет его высокой насыпной плотности будет проще транспортировать на ЛПК.

Лесопереработка была и остается одной из наиболее востребованных отраслей хозяйственной деятельности человека. Большие объемы лесозаготовки гарантируют значительное количество отходов, что позволяет рассматривать комплексную переработку древесины и как фактор заботы об окружающей среде, и как бизнес. При этом, внедрить переработку отходов сможет не только крупное производственное предприятие, это под силу и малому бизнесу.

Список литературы

1. Стородубцева Т.Н., Аксомитный А.А. Увеличение роста эффективности производства изделий с использованием древесных композитов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8–7. – С. 1550–1554.
2. Грызлов В.С., Завьялова Д.В. Отсев дробления шлакового щебня как эффективный компонент бетона // *Строительные материалы*. – 2018. – № 5. – С. 40–43
3. Бабаев В.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Базальтовое волокно как компонент для микроармирования цементных композитов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. – 2012. – № 4. – С. 58–61.
4. Хамидулина, Д. Д. Отсевы дробления – эффективный способ повышения качества бетонов / Д. Д. Хамидулина, М. С. Гаркави, В. И. Якубов и др. // *Строительные материалы*. – 2006. – № 11. – С. 50–51.
5. Сарайкина К.А., Голубев В.А., Яковлев Г.И., Сеньков С.А., Политаева А.И. Наноструктурирование цементного камня при дисперсном армировании базальтовым волокном // *Строительные материалы*. – 2015. – № 2. – С. 34–38.
6. Новиченкова Т.Б., Петропавловская В.Б., Завадько М.Ю., Бурьянов А.Ф., Пустовгар А.П., Петропавловский К.С. Применение пылевидных отходов базальтового производства в

- качестве наполнителя гипсовых композиций // Строительные материалы. – 2018. – № 8. – С. 9–13.
7. Данилов, В.Е. Получение органоминерального наполнителя на основе древесной коры и базальта для разработки композиционных материалов / В.Е. Данилов, А.М. Айзенштадт, М.А. Фролова, М.А. Туробова, А.М. Карельский // Строительные материалы. – 2015. – № 7. – С. 72–75.
8. Данилов В.Е., Шинкарук А.А., Айзенштадт А.М. Технологические особенности и перспективы производства инновационного древесно-минерального композита // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2019. – № 7-8. – С. 24-27.

References

1. Storodubceva T.N., Aksomitnyj A.A. Increase in the efficiency of production of products using wood composites // Journal of fundamental research. – 2014. – № 8–7. – P. 1550–1554.
2. Gryzlov V.S., Zav'yalova D.V. Screening of crushed slag as an effective component of concrete // Construction materials. – 2018. – № 5. – P. 40–43
3. Babaev V.B., Strokova V.V., Nelyubova V.V. Basalt fiber as a component for micro-reinforcement of cement composites // Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2012. – № 4. – P. 58–61.
4. Hamidulina, D. D. Crushing screenings are an effective way to improve the quality of concrete / D. D. Hamidulina, M. S. Garkavi, V. I. Yakubov и др. // Construction materials. – 2006. – № 11. – P. 50–51.
5. Sarajkina K.A., Golubev V.A., Yakovlev G.I., Sen'kov S.A., Politaeva A.I. Nanostructuring of cement stone with dispersed basalt fiber reinforcement // Construction materials. – 2015. – № 2. – P. 34–38.
6. Novichenkova T.B., Petropavlovskaya V.B., Zavad'ko M.YU., Bur'yanov A.F., Pustovgar A.P., Petropavlovskij K.S. Application of dust-like waste from basalt production as a filler for gypsum compositions // Construction materials. – 2018. – № 8. – P. 9–13.
7. Danilov, V.E. Preparation of organomineral filler based on wood bark and basalt for the development of composite materials / V.E. Danilov, A.M. Ayzenshtadt, M.A. Frolova, M.A. Turobova, A.M. Karel'skij B.E. // Construction materials. – 2015. – № 7. – P. 72–75.
8. Danilov V.E., Shinkaruk A.A., Ayzenshtadt A.M. Technological eatures and prospects for the production of innovative woodmineral composite // Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. – 2019. – № 7-8. – P. 24-27.