УДК 691.11

В.А.МИРОНОВ

Тверской государственный технический университет

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Установлено, что наиболее перспективный метод предварительной обработки растительного сырья – биологическое активирование, или биоферментация. Биоферментация древесного заполнителя осуществлялась в лабораторном биореакторе с помощью микроорганизмов, содержащихся в субстрате животного происхождения – навозе. Биоферментация опилок привела к уменьшению содержания в них водорастворимых редуцирующих веществ и, как следствие, к улучшению строительно-технических показателей древесно-цементной композиции. Получены опытные образцы опилкобетона на биологически активированном заполнителе и определены их основные физико-механические свойства. Разработаны проект технологического регламента производства биологически активированного опилкобетона и вариант использования этого материала в качестве утеплителя слоистой панели.

It is established, that the most perspective method of preliminary processing of vegetative raw material – biological activation or a biofermentation. The biofermentation of a wood filler was carried out in a laboratory bioreactor with the help of the microorganisms contained in a substratum of an animal origin – manure. The biofermentation of sawdust has led to to reduction of the maintenance in them of water-soluble reducing substances, and as consequence, to improvement of building – technical parameters of a wood-cement composition. Pre-production models wood concrete on biologically activated filler are received and their basic physicomechanical properties are determined. Are developed the project of production schedules of manufacture biologically activated wood concrete and a variant of use of this material as a heater of the layered panel.

В последние годы в технологии строительных материалов все шире начинают использоваться принципы работы биосистем для разработки строительных биотехнологий и биокомпозитов. Это основано, в частности, на определенных аналогиях в работе, восприятиях внешних нагрузок и внутреннем строении объектов живой и неживой природы [1, 6]. К важнейшим задачам биотехнологии относится создание композиционных материалов строительного назначения на основе древесного и другого растительного сырья. Пьезометрическая обработка или тонкое измельчение сырья для придания ему вяжущих свойств в производстве этого типа материалов требует больших энергозатрат. Альтернативным вариантом этому способу обработки сырья могут быть древесные биопластики, изготовленные без добавления токсичных синтетических связующих [2, 4]. Применение биотехнологического процесса удаления сахаров из органического заполнителя может повысить прочность древесно-цементных композиций в зависимости от продолжительности обработки в 1,5-3 раза [5].

Важным условием при осуществлении биотехнологического процесса является экологическая чистота продукта биоферментации. Актуальной является и экономическая сторона процесса – стоимость исходной биологической культуры, ее сохранения и воспроизводства. С этих точек зрения привлекательным является использование для процесса ферментации растительного сырья микроорганизмов, содержащихся в субстрате животного происхождения – навозе [3].

Целью данной НИР являлась разработка малоэнергоемких технологических вари-

антов получения строительных материалов на основе отходов деревообработки с использованием биотехнологического процесса активирования древесного сырья.

Основные задачи НИР сформулированы следующим образом:

- разработка методики биологической подготовки древесного заполнителя для использования в опилкобетонах;
- получение зависимостей «состав – свойства» древесного композита на основе отходов деревообработки с разработкой соответствующих математических моделей;
- разработка эффективных малоэнергоемких технологических вариантов получения строительных материалов на основе отходов деревообработки.

После биоферментации опилок по разработанной методике (методика патентуется) и дозирования компонентов сырьевой смеси: опилок, цемента и химических добавок, – согласно плану эксперимента, смесь перемешивалась в лабораторном смесителе в течение 3 мин и затем уплотнялась в формах размером $10 \times 10 \times 10$ см по ГОСТ 10180. Образцы твердели при комнатной температуре в течение 7 суток, после чего они взвешивались, обмерялись и высушивались до постоянной массы при температуре 80 °С. Высушенные образцы взвешивались и испытывались на прочность на сжатие. Кроме того, определялась их средняя плотность по ГОСТ 12730.1.

Для построения математических моделей вида «состав – свойства» для биокомпозита на активированном заполнителе использовался трехфакторный нелинейный планированный эксперимент типа $B\text{-}D_{13}$. На основе предварительных опытов были установлены границы изменения факторов: отношения по массе опилок (по сухой навеске) и цемента О/Ц от 0,65 до 0,85; отношения массы воды затворения к суммарной массе сухого древесного заполнителя и цемента В/М от 0,80 до 1,00; содержания добавки хлорида кальция (ХК) по отношению к суммарной массе сухого древесного заполнителя и цемента от 1 до 3 %. После определения оптимального состава биокомпозита по результатам эксперимента для сравнения и выявления эффекта биологического активирования древесного заполнителя в тех же условиях и с тем же составом были изготовлены образцы на исходных опилках.

Построены математические модели зависимостей плотности ρ_0 и прочности на сжатие $R_{сж}$ биокомпозита от его состава:

$$\rho_0 = 737{,}7 - 30{,}9x_1 + 18{,}1x_2 + 39{,}9x_3 - 42{,}4x_1^2 -$$

$$-17{,}7x_1x_2 - 2{,}3x_1x_3 - 14{,}5x_2^2 - 9{,}2x_2x_3 - 18{,}0x_3^2;$$

$$R_{сж} = 1{,}37 - 0{,}06x_1 - 0{,}02x_2 + 0{,}5x_3 + 0{,}15x_1^2 -$$

$$-0{,}05x_1x_2 - 0{,}02x_1x_3 - 0{,}05x_2^2 - 0{,}2x_2x_3 - 0{,}18x_3^2,$$

где

$$x_1 = \frac{\text{О/Ц} - 0{,}75}{0{,}1};\ x_2 = \frac{\text{В/М} - 0{,}9}{0{,}1};\ x_3 = \frac{\text{ХК} - 2}{1}.$$

Расчетные значения состава биокомпозита по различным критериям оптимальности следующие: при $R_{сж}$, равном 0,62; 2,07, минимум ρ_0 равен 584,7; 709 соответственно.

Сравнение расчетных показателей свойств биокомпозита оптимальных составов с требованиями ГОСТ 19222 для арболита показывает, что состав, определенный по критерию минимальной плотности, соответствует требованиям к теплоизоляционному арболиту.

Если учесть, что прочность арболита после 7-суточного твердения составляет 60-70 % от марочной прочности, то марка по прочности этого состава М10, а класс по прочности на сжатие В0,75. Состав, определенный по критерию максимальной прочности на сжатие, соответствует требованиям ГОСТ 19222 по этому показателю к теплоизоляционно-конструкционному арболиту. Марка по прочности этого состава – М25, а класс по прочности на сжатие – В2.

Результаты сравнительных испытаний опытных (на активированном заполнителе) и контрольных (без обработки заполнителя) образцов арболита показывают, что при близких значениях плотности опытные образцы опилкобетона (в числителе) обладают значительно бо́льшей прочностью, чем контрольные (в

знаменателе), и, в отличие от последних, соответствуют требованиям ГОСТа:

Опилкобетон	Теплоизоляционно-конструкционный опилкобетон	Теплоизоляционный опилкобетон
Средняя плотность, кг/м^3	710/715	585/590
Прочность на сжатие, МПа	2,1/0,85	0,62/0,310

Таким образом, биологическая обработка растительного заполнителя позволяет получить строительный материал даже на основе некондиционного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреев Е.И.* Использование принципов работы биосистем в технологии строительных материалов // Современные проблемы строительного материаловедения: Матер. Межд. науч.-техн. конф. Казань, 1996. Ч.1. С.25-27.

2. *Лехина Е.П.* Пути повышения эксплуатационных свойств древесных бипластиков / Е.П.Лехина, В.И.Соломатов, В.Д.Черкасов // Современные проблемы строительного материаловедения: Матер. Межд. науч.-техн. конф. Пенза,1998. Ч.1. С.36-39.

3. *Рабинович Г.Ю.* Влияние биодобавок на развитие микроорганизмов-продуцентов метаболитов при экспрессной биоферментации / Г.Ю.Рабинович, Н.Г.Ковалев, Э.М.Сульман // Биотехнология. 1999. № 5.

4. *Соломатов В.И.* Перспективы применения биотехнологии в строительстве / В.И.Соломатов, В.П.Селяев, В.Д.Черкасов и др. // Изв. вузов. Строительство. 1995. № 7. С.34-38.

5. *Соломатов В.И.* Создание строительных биокомпозитов из древесного и другого растительного сырья / В.И.Соломатов, В.Д.Черкасов // Изв. вузов. Строительство. 1997. № 1-2. С.27-32; Там же. 1997. № 3. С.32-35.

6. *Шушпанов В.А.* Принципы организации биоструктур в строительные материалы // Современные проблемы строительного материаловедения: Матер. Межд. науч.-техн. конф. Пенза, 1998. Ч.2. С.103-104.