

УДК 666.97.031:693.542

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АРБОЛИТ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СТЕНОВОЙ МАТЕРИАЛ  
ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*канд. техн. наук, доц. В.В. БОЗЫЛЕВ, Н.Ф. КЛУНДУК, Д.В. БОЗЫЛЕВ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Рассматривается возможность и целесообразность использования арболита в качестве стенового материала при возведении домов в сельской местности. Отмечены преимущества данного материала в сопоставлении с традиционно применяемыми стеновыми материалами. Указаны пути снижения негативного влияния древесного заполнителя на процессы набора прочности цементным вяжущим. Приведены результаты выполненных исследований по оптимизации составов арболита путем использования разработанной в Полоцком государственном университете добавки БТБ. Определена оптимальная дозировка добавки, установлена возможность уменьшения на 20 % водоцементного отношения в арболитовой смеси с добавкой БТБ. Отмечается возрастание в 2,5 раза прочности модифицированного арболита в сравнении с бездобавочным составом. Отмечается возможность значительного снижения гигроскопичности арболита при использовании добавки БТБ вместо распространенной добавки хлористого кальция.*

**Введение.** В Республике Беларусь постоянное внимание уделяется строительству жилья в сельской местности. На решение данной задачи затрачиваются большие финансовые и материальные ресурсы. Однако следует признать, что использование для этих целей кирпича, железобетонных панелей, блоков из ячеистого бетона в большинстве случаев приводит к появлению негативных последствий – это и низкие теплозащитные свойства, сырость в помещениях, высокая стоимость.

Опыт многих поколений сельских жителей ориентирован на использование древесины – это бревенчатые дома, в которых сочетается оптимальный микроклимат – зимой тепло, летом прохладно. При этом обеспечиваются высокие теплозащитные свойства – дома хорошо сохраняют тепло. К недостаткам таких домов следует отнести высокую трудоёмкость строительства и подверженность гниению деревянных конструкций, а следовательно, требуется постоянный уход и проведение текущих ремонтов.

С учетом вышесказанного следует признать, что в настоящее время незаслуженно забытым является материал на основе древесины – арболит. Материал сочетает положительные свойства древесины и цементного связующего, такие как низкая теплопроводность, малая плотность, легкость обработки режущим инструментом, гвоздимость, достаточная прочность, огнестойкость, биостойкость, при этом материал хорошо отделяется строительным раствором.

Арболит следует рассматривать как материал, применение которого позволит снизить стоимость строительства. За рубежом, например, в таких странах, как Германия и Швейцария, для термоизоляции жилых зданий в основном применяют плиты из арболита. Опубликованы сравнительные данные: если стоимость стен дома из арболита принять за 100 %, то стоимость их из керамзитобетона будет равна 195 %, из панелей, утепленных минеральной ватой – 214 %, из кирпича – 230 %.

**Основная часть.** Арболит является одним из наиболее дешевых материалов, так как производится на основе отходов деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности. В качестве вяжущего традиционно используют портландцемент и основные сложности при получении данного материала связаны с необходимостью обеспечить условия для получения достаточной прочности.

Это вызвано целым рядом факторов, влияющих на процессы структурообразования арболита, в частности, при изменении влажности цементный камень подвергается значительным напряжениям из-за набухания древесного заполнителя, сопоставимым с марочной прочностью самого бетона. Кроме того, цементный камень имеет низкую адгезию с древесным заполнителем.

Однако основная сложность при изготовлении материала связана с необходимостью предварительной подготовки древесного заполнителя, так как в нём содержатся водорастворимые сахара и другие соединения, которые «отравляют» цемент, в результате происходит значительное уменьшение прочности арболита.

Для снижения вредного влияния сахаров древесину хвойных пород выдерживают на складах в течение 2 месяцев, древесину лиственных пород выдерживают до 6 месяцев. Дробленку также выдерживают в воде или в растворах солей, которые нейтрализуют действие экстрактивных веществ. Ускорению процессов выведения сахаров способствует использование тепловой обработки древесины. Известно нанесение на поверхность древесного заполнителя специальных составов, уменьшающих проникновение сахаров в цементный камень.

Повышение структурной прочности арболита может быть достигнуто путем специальной обработки древесного заполнителя с целью повышения адгезионной прочности сцепления его с цементным камнем. Возможно введение в состав арболитовой смеси химических и полимерных добавок для повышения сцепления в зоне контакта древесины с цементным камнем, а также путем повышения механического сцепления в структуре (защемление заполнителя) увеличением объёма растворной части цементного камня при введении в состав тонкоизмельчённых фракций минеральных добавок [1].

Из опубликованных источников известно, что для снижения вредного влияния водорастворимых редуцирующих веществ, содержащихся в древесине, применяются различные виды добавок-минерализаторов. Так, в стандартах на изделия из арболита предусмотрено применение в качестве минерализатора хлористого кальция ( $CaCl_2$ ) в количестве 2 % в пересчёте на сухое вещество по массе цемента [2, 3].

В Полоцком государственном университете разработана комплексная добавка на основе суперпластификатора СПС в сочетании с минерализатором  $NaCl$ . К достоинствам данной добавки следует отнести использование доступных сырьевых материалов. Данная комплексная добавка получила условное название БТБ [4].

Были выполнены исследования по изучению возможности использования комплексной добавки БТБ при изготовлении арболита. На прочностные характеристики арболита влияют как расход цемента, так и содержание воды. Комплексным показателем влияния на прочность цементосодержащих материалов является водоцементное отношение (В/Ц).

На первом этапе изучалось влияние величины показателя В/Ц на прочность и плотность арболита, модифицированного добавкой БТБ. Для этого были изготовлены образцы (кубы)  $100 \times 100 \times 100$  мм с различным водоцементным отношением, расход цемента при этом составлял  $150 \text{ кг/м}^3$ , заполнителя –  $156 \text{ кг/м}^3$ , комплексной добавки БТБ – 2,5 % от массы цемента в пересчёте на сухое вещество. Результаты, полученные при испытании образцов, подвергнутых термовлажностной обработке (ТВО), приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Влияние водоцементного отношения на свойства арболита

Водоцементное отношение	Плотность, $\text{кг/м}^3$	Рсж после ТВО, МПа
0,7	570	0,033
0,8	605	0,148
0,9	641	0,162
1,0	660	0,159
1,1	680	0,156
1,2	672	0,153

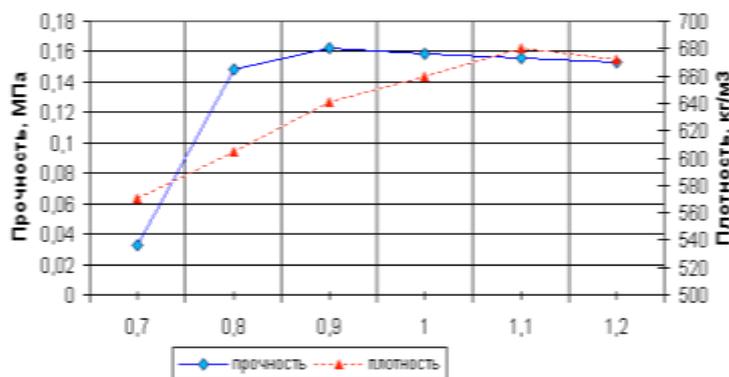


Рис. 1. Изменение плотности и прочности арболита при изменении показателя В/Ц

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что максимальная прочность арболита достигается при водоцементном отношении 0,9.

На втором этапе выполнялось определение оптимального расхода комплексной добавки БТБ. При изготовлении образцов-кубов  $100 \times 100 \times 100$  мм варьировалось содержание добавки БТБ от 2 до 4 %, расход цемента при этом составлял  $150 \text{ кг/м}^3$ , заполнителя –  $156 \text{ кг/м}^3$ , водоцементное отношение 0,9. Результаты, полученные при испытании образцов после термовлажностной обработки, приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2

Влияние добавки БТБ на свойства арболита

Количество добавки БТБ, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Рсж после ТВО, МПа
2	632	0,122
2,5	646	0,164
3	651	0,195
3,5	642	0,189
4	637	0,157

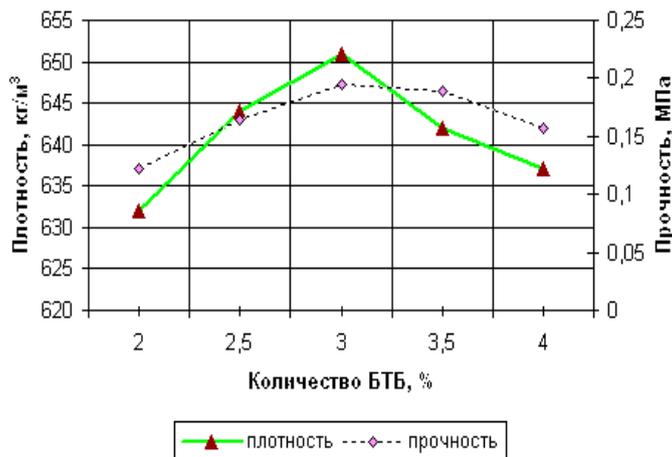


Рис. 2. Изменение плотности и прочности арболита в зависимости от количества добавки БТБ

Полученные данные позволяют установить оптимальную дозировку добавки БТБ – 3,2 %, при которой показатели прочности древесно-цементного композита достигают максимального значения, при этом содержание в добавке компонента-минерализатора NaCl составляло 2 %.

На третьем этапе выполнены сопоставительные исследования влияния добавок-модификаторов на свойства арболита. Из литературных источников известны эффективные минерализаторы хлорид кальция и сернокислый глинозём, которые сопоставлялись с комплексной добавкой БТБ по влиянию на упрочнение системы («древесина – цементный камень»).

Образцы из арболита (100×100×100 мм) изготавливались с различными видами добавок:

- состав 1 – контрольный бездобавочный. Расход цемента (М500) составлял 150 кг/м<sup>3</sup>; заполнителя – 156 кг/м<sup>3</sup>; водоцементное отношение принято 1,1.
- состав 2 – с добавкой БТБ в количестве 3,2 % в пересчёте на сухое вещество по массе цемента; расход цемента 150 кг/м<sup>3</sup>; заполнителя 156 кг/м<sup>3</sup>; водоцементное отношение 0,9;
- состав 3 – с добавкой Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> в количестве 2 %; расход цемента 150 кг/м<sup>3</sup>; заполнителя 156 кг/м<sup>3</sup>; водоцементное отношение принято 1,1 [5];
- состав 4 – с добавкой CaCl<sub>2</sub> в количестве 2 % в пересчёте на сухое вещество с расходом цемента 150 кг/м<sup>3</sup>; заполнителя 156 кг/м<sup>3</sup>; водоцементным отношением 1,1 [2].

Результаты, полученные при испытании образцов после термовлажностной обработки, приведены в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3

Влияние добавок-модификаторов на свойства арболита

Вид химической добавки	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа
Контрольный (бездобавочный)	400	0,068
БТБ (3,2 %)	672	0,191
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (2 %)	663	0,17
CaCl <sub>2</sub> (2 %)	668	0,188

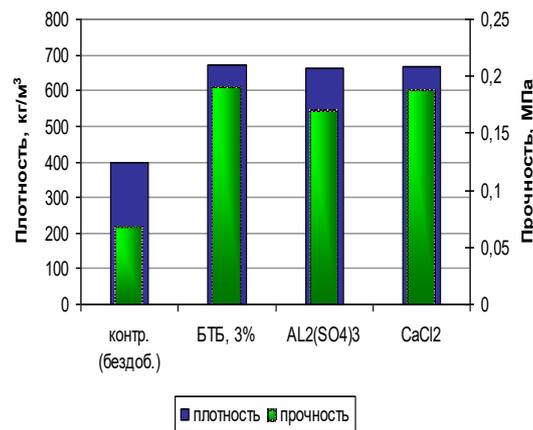


Рис. 3. Влияние химических добавок на свойства арболита

Сопоставительный анализ добавок-минерализаторов свидетельствует о том, что наибольшую эффективность имеют добавки БТБ и CaCl<sub>2</sub>, обеспечивающие увеличение прочности древесно-цементного композита в 2,5 раза в сравнении с контрольным бездобавочным составом.

Полученные данные свидетельствуют о возможности использования добавки БТБ в составе арболита, при этом данная добавка позволяет уменьшать до 20 % водоцементное отношение с величины 1,1 (значение, рекомендуемое нормативными документами [2, 3]) до величины 0,9 при сохранении величины удобоукладываемости смеси. Определена оптимальная дозировка добавки БТБ для обеспечения максимальной прочности арболита, которая составляет 3,2 % от массы цемента, при этом содержание компонента-минерализатора NaCl должно составлять 2 %.

При назначении составов арболита в соответствии с требованиями стандартов изменяют соотношение вяжущего и древесного наполнителя, сохраняя значение количества добавки-минерализатора и показатель В/Ц. Классифицируют арболит по средней плотности в высушенном до постоянной массы состоянии на конструкционный и теплоизоляционный. Теплоизоляционный материал имеет марку прочности при осевом сжатии М5...М15 и среднюю плотность 400...500 кг/м<sup>3</sup>, конструкционный соответственно М20...М35 и 500...850 кг/м<sup>3</sup> [2, 3].

Водопоглощение арболита заключено в диапазоне 30...80 % по массе. Однако несмотря на высокое водопоглощение арболит быстро отдаёт влагу, что является значительным преимуществом по сравнению с широко применяемым в настоящее время ячеистым бетоном, у которого равновесная влажность наступает только через 1...2 года после начала эксплуатации здания.

**Заключение.** Предлагаемая для использования в составах арболита добавка БТБ имеет ряд преимуществ по сравнению с добавкой CaCl<sub>2</sub>. Так, действующие стандарты на изготовление арболита предусматривают использование в составах хлористого кальция.

Однако из-за высокой гигроскопичности изделий, изготовленных с добавкой CaCl<sub>2</sub>, агрессивности данной добавки по отношению к арматуре, введено ограничение по количеству добавки – не более 2 % от массы цемента [2]. Эти показатели имеют более низкие значения при использовании добавки БТБ – арболит с данной добавкой не поглощает из воздуха и не удерживает в своем составе влагу.

Следовательно, полученные результаты позволяют рекомендовать модификатор БТБ в качестве добавки-минерализатора при изготовлении изделий из арболита различной прочности и плотности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крутов, П.И. Справочник по производству и применению арболита / П.И. Крутов [и др.]; под ред. И.Х. Наназашвили. – М.: Стройиздат, 1987. – 208 с.
2. Арболит и изделия из него. Общие технические условия: ГОСТ 19222-84. – Введ. 30.12.83. – М.: Госстрой СССР, 1983. – 21 с.
3. Блоки стеновые из арболита для малоэтажного строительства: СТБ 1105-98. – Введ. 01.07.98. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 1998. – 26 с.
4. Добавка пластифицирующая БТБ для бетонов и растворов. Опытная партия: ТУ РБ 300220696.335-2003. – Минск, 2003. – 9 с.
5. Арболит / под ред. Г.А. Бужевича. – М.: Стройиздат, 1968. – 187 с.

Поступила 23.05.2007