



*С.А. Соловьев, Л.С. Шевцов, А.А. Соловьева
Вологодский государственный университет*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АРБОЛИТА И ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ КАК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Исследование выполнено в рамках договора № 00/01 от 23 мая 2022 г.
на выполнение научно-исследовательской работы с ООО «Компания АльянсИнвестСтрой»*

Использование различных продуктов переработки в строительных материалах позволяет создавать эффективные строительные конструкции с определенной экономической и экологической эффективностью. В данной статье исследуются и анализируются этапы возникновения арболита и аналогичных древесно-цементных композитов (ДЦК), а также древесных композиций с другими вяжущими как строительных материалов. Классический арболит представляет собой легкий бетон на цементном вяжущем, древесной дробленке и химических добавках. Приводится информация о первых зарубежных и советских патентах в области смесей древесно-цементных композитов и изделий на их основе. Отмечена региональная специфика производства арболита, заключающаяся в использовании в качестве крупного заполнителя местного органического сырья или продуктов вторичной переработки. Приведены сведения о текущих сферах использования строительной продукции на основе древесно-цементных композитов в России и за рубежом.

Арболит, легкий бетон, органические заполнители, патенты, древесно-цементный композит.

Согласно ГОСТ 19222-2019 «Арболит и изделия из него», арболит – легкий бетон на цементном вяжущем, древесной дробленке и химических добавках. Арболит является одним из видов легких бетонов, которые производятся на органическом заполнителе (щепе). Расчетное сопротивление арболита по ГОСТ 19222-2019 при сжатии составляет от 0,3 до 2,1 МПа, при осевом растяжении – от 0,087 до 0,570 МПа. На основе этих характеристик арболит используется или в виде теплоизоляционных самонесущих элементов строительных конструкций, или в виде элементов кладки стен.

Одной из приоритетных экономических задач в настоящее время остается развитие системы использования отходов деревопереработки в различных сферах экономики РФ. Целью настоящей работы является поиск и анализ исследований свойств и сфер использования древесно-цементных композитов на базе первых патентов и других видов интеллектуальной собственности.

Идея создания композитного материала из органических отходов и связующих в виде глины или извести появилась еще в метафизический период. Создание древесно-цементного композита обусловлено наличием цемента в смеси, который был изобретен в текущем виде в начале XIX века. Научно-технические предпосылки к разработке арболита как материала для строительных блоков появились также в XIX веке. Например, использование опилок в качестве мелкого заполнителя для растворов отмечается в патенте US4420A (США, 1846). В 1856 году были предложены композиты цемента и остатков кожной

продукции, которые прессовались в листы US15121A (США, 1856).

Одним из первых изобретений состава аналогичного арболиту можно считать патенты Самуэля Фовлера 1860-х годов [1]. Предлагаемый состав содержит деревянную или органическую фибру, вводимую в раствор. Отмечается огнестойкость данного материала – он используется даже для конструкции огнестойких сейфов. Также отмечается, что «композиция может быть выполнена в виде кирпича или плитки и использоваться при возведении стен в любом из вышеупомянутых сооружений или для любой другой подходящей цели». С. Фовлер также сообщает, что «для улучшения конструкции бетонных стен используются более грубые заполнители, такие как кукурузные початки или щепы, т.к. они являются наиболее экономичными, поскольку требуется меньше извести или цемента, чтобы сделать хорошую, прочную стену для оштукатуривания».

В патенте [2] 1869 года изобретатель Юлий Эдмунд Дотч декларирует формулу: «Смесь волокнистых материалов животного или растительного происхождения, таких как древесная кора, опилки, овечья шерсть, отходы, солома или аналогичный материал либо в сухом состоянии, либо в том же виде обработанный вареным льняным или другими маслами, с асфальтом, дегтем, смолой или любым другим гидрокарбонатом, используемый отдельно или в сочетании с торфом, угольной золой, шлаком, гравием, битым камнем, песком, гидравлическим цементом, гипсом, инфузориями, сланцем, мраморной пылью, кирпичной пылью или любым другим минералом».

отмечая что «я использую и применяю эту смесь либо в виде сплошной массы, либо формую и прессую ее в блоки, плитки, сланцы и т.д.».

В патенте 1894 года [3] указано: «Да будет известно, что я, Людвиг Гротн, управляющий, подданный германского императора, применил такое изобретение для образования защитных слоев для камня и других материалов и придания им способности выдерживать воздействие атмосферы». Разработанный камень состоял из следующих компонентов: вода, опилки или щепа, хлорид магния, глина или другое землистое вещество, кальцинированный магnezит. В патенте US290228A (США, 1883) также используются опилки, цемент и водный раствор клея для создания облицовочного материала для кирпичных стен.

Изобретатель Август Фогель изготовил конструкции ящиков и теплиц для садоводства из древесно-цементного композита и представил их в качестве новинки на Весенней выставке цветов Баварской садоводческой компании в Мюнхене в 1911 году. В 1913 году Джон Парди предложил использовать опилки и щепу как наполнитель смесей для создания покрытий тротуаров [4].

В 1926 году в Великобритании был зарегистрирован патент «Улучшенный бетонный строительный блок» [5]: строительные блоки изготавливаются из смеси 9 частей по объему древесной щепы, одной части портландцемента и 3 частей подходящего наполнителя, такого как зола, для использования в качестве связующего.

Затем голландец Ричард Хэндл подал заявку на патент «Способ изготовления легкого строительного материала из древесных отходов и цемента» в 1932 году. В 1933 году немецкая компания «IG Farbenindustrie AG» (И.Г. Фарбениндустри) зарегистрировала патент «Способ производства древесного бетона» [6], в котором содержатся древесные отходы или древесная щепа, жидкое стекло и цемент, отличающийся тем, что используется древесина с небольшими количествами сильно разбавленного раствора жидкого стекла для получения влажной смеси, которая затем перемешивается с коммерческим цементом и водой.

В 1938 году открылась известная компания Durisol Ag (или Leichtbaustoffe Durisol A Fuer – Легкие конструкционные материалы Дюрисол А). В 1939 году компания зарегистрировала патент «Способ получения бетона, содержащего волокнистые вещества» (Швейцария) [7]. Сам патент содержит следующую результирующую часть: «Способ производства бетона, содержащего волокнистые вещества, отличающийся тем, что волокнодержателем вещества предварительно обрабатывают раствором сульфата алюминия и известковым молоком, а затем смешивают со связующим веществом... в качестве волокнистого материала используют древесную стружку или опилки, или солому, или шерсть животных». В качестве связующих предлагалось использовать цемент или различные виды известки. В состав смеси также допускалось добавлять песок, шлак, дробленый кир-

пич, туф, пемзу, синтетическую пемзу и различные добавки.

Далее, компания Durisol расширяет ассортимент продукции и в 1948 году патентует кладку из пустотелых блоков [8]. Примечательно, что в качестве блоков для кладки рекомендуется применять «пустотелые блоки, которые изготовлены из атмосферостойкого, стойкого к гниению и огнестойкого материала, например легкого бетона, который может состоять из связанной цементом минерализованной древесной стружки». Впоследствии Durisol AG производила и продавала строительные материалы на международном уровне, в том числе путем выдачи лицензий.

В 1959 году компания патентует «Способ ускорения начального твердения строительных материалов» [9]. Способ заключается в том, что затвердевающие, свежесформованные блоки подвергаются периодическим изменениям температуры во влажных, содержащих углекислый газ нагревательных камерах, при этом относительная влажность воздуха не опускается ниже 75 % даже при верхнем температурном пределе, а содержание углекислого газа не опускается ниже 5 %. В патенте 1970 года данный способ развивается в проект конвейерной линии, совмещающей теплые и холодные зоны с высокой влажностью и необходимым уровнем двуокиси углерода.

Патентные права на первые виды и составы арболитовых блоков истекли в середине 1980-х годов. Впоследствии Durisol стала всемирно защищенным товарным знаком канадской Durisol International Corp., которая получила права на товарный знак.

Известно, что в СССР первые масштабные исследования арболита как строительного материала начались в середине XX века. Хотя исследования древесно-цементных композитов проводились в СССР с 20-х годов под названием «деревобетон». Так, например, хорошо известна книга профессора Петрова Виктора Павловича «Дерево-бетон: свойства дерево-бетона как конструктивного материала», изданная в 1936 году Ленинградским институтом инженеров железнодорожного транспорта.

Советские ученые внесли большой вклад в разработку новых видов арболита, а также оптимизацию его свойств. Уже в 1964 году Ильичевым Львом Иосифовичем была защищена кандидатская диссертация «Эффективность применения в ограждающих конструкциях малоэтажных зданий арболита, изготавливаемого на базе отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности» [10], содержащая более 300 страниц исследований арболита.

В 1967 году Алма-Атинским научно-исследовательским и проектным институтом строительных материалов было получено авторское свидетельство о разработке способа ускорения твердения арболитовых блоков [11]. Метод заключается в том, что наполнитель замачивается раствором натриевого жидкого стекла в количестве ~5 % безводного вещества от веса наполнителя, после чего в полученную смесь вводят цемент, а затем хлористый кальций в количестве 2,5 % от веса цемента. Предел прочности арболита повышался на

60 % в возрасте 7 дней и на 50 % в возрасте 28 дней по сравнению с арболитом, содержащим только хлористый кальций. Аналогично в 1968 году в Горьковском инженерно-строительном институте имени В.П. Чакова был разработан способ изготовления арболита, ускоряющий его твердение (В.А. Войтович и А.К. Яворский, АС SU 258904 А1). Для этого в состав смеси арболита добавлялся диэтаноламин в составе 0,2–0,6 % от веса вяжущего вещества. Скорость твердения арболита ускорялась на 60–70 %.

С конструкционной точки зрения арболит обладает меньшей прочностью, чем бетон или дерево. Поэтому перед советскими учеными стояла задача разработки высокопрочных арболитовых составов. При достижении необходимой прочности арболит превосходит аналогичные материалы по показателям плотности, теплопроводности и паропроницаемости. Решение такой задачи было предложено центральным Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона в 1969 году [12] – введение специальной добавки позволяло увеличить прочность арболита до 5 МПа.

В 1971 году Научно-исследовательский институт бетона и железобетона предложил способ изготовления арболитовых изделий, повышающий прочность арболитовых блоков и ускоряющий процесс их твердения (Г.А. Бужевич, Г.А. Евсеев). Это достигается тем, что термообработку арболитовых изделий осуществляют отходящими газами известковых печей с температурой 50–100 °С. Предлагаемый способ позволяет ослабить отрицательное воздействие экстрактивных веществ древесины на твердеющий цемент. Отходящие дымовые газы котельных или известковых печей, используемые для обработки арболита, содержат 15–30 % углекислого газа. Углекислый газ, проникающий в поры арболитовых изделий, замедляет процесс образования сахаратов кальция и вызывает рост кристаллов CaCO₃. Предлагаемая обработка способствует нормальному ходу гидратации цемента в присутствии экстрактивных веществ заполнителей из древесины и повышает прочность арболита, а также ускоряет процесс его приготовления.

Наряду с этими исследованиями, активно изучались вопросы изменения видов вяжущих в составе арболита. Институт леса и древесины имени В.Н. Сукачева в 1971 году запатентовал новый способ получения арболита. Цель изобретения: повысить прочность изделий, ускорить срок твердения и упростить технологию изготовления. Для этого используют известный способ получения арболита путем двухстадийного перемешивания заполнителя, например древесной дробленки, и вяжущего с последующим формованием. На первой стадии перемешивание производят с активированным вяжущим в количестве 20–30 % по весу от общего расхода, выдерживают в течение 10–24 часов при температуре не ниже +15 °С. Затем перемешивают с остальным количеством вяжущего, например портландцементом. На первой стадии перемешивания используют гипсобелитошламовое, а также магниальное вяжущее.

Также в 1970-х были решены задачи по повышению прочности арболита вследствие использования не выдержанной на воздухе древесины. Для этого использовалось жидкое стекло и сернокислое железо. Автором таких изобретений стал Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт механизации и энергетики лесной промышленности (В.Я. Акодус, Б.Н. Смирнов, Т.В. Минакова).

Производство арболита зачастую имеет регионально выраженную специфику, заключающуюся в использовании в качестве заполнителя органические продукты вторичной переработки местного сырья. В 1969 году Алма-Атинским научно-исследовательским и проектным институтом строительных материалов было получено авторское свидетельство о разработке состава арболита на основе гузапай (или стебля хлопчатника) (Г.А. Батырбаев и Р.Б. Утегенова). В составе арболита дробленые стебли хлопчатника, портландцемент М300, вода и хлористый кальций. Указанный арболит при плотности 600 кг/м³ выдерживает напряжение до 1 МПа, что соответствует классам В1,5, В2 и может использоваться как конструкционный материал для индивидуальных жилых домов.

В патенте «Арболит на основе вторичных ресурсов пищевых предприятий» [13] предлагается использовать муку, полученную из органических отходов пищевых производств (например, в пивоваренном производстве – высушенная пивная дробина, а в масложировом производстве – шелуха масличных семян), с размерами частиц 0,75...1,4 мм. В результате можно получить хороший теплоизоляционный материал с коэффициентом теплопроводности 0,068 Вт/м·°С при структурной прочности 0,8 МПа и плотности 350 кг/м³.

Специфика отдельных регионов позволяет производить арболит из костры. Костра – это одревесневшие части стеблей прядильных растений, получаемые при мятье и трепании льна, конопли, кенафа, кендыря. В патенте [14] «Сырьевая смесь для получения арболита» предлагается использовать льяную костру вместо древесной щепы. При указанных пропорциях можно получить материал с прочностью 1,04 МПа, плотностью 490 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 0,9 Вт/м·°С.

В разработке Центрального научно-исследовательского экспериментального и проектного института по сельскому строительству [15] используется лиственница Гмелина или даурская лиственница для получения древесной щепы. Содержание сахаров в обработанной дробленке даурской лиственницы составляет 0,03–0,05 %. Такое незначительное количество не влияет отрицательно на схватывание цементного теста, следовательно нет необходимости вводить в смесь химические добавки, кроме того расход воды снижается в 3 раза.

На текущий момент в РФ преобладает строительная продукция из арболита в виде полнотелых блоков или элементов несъемной опалубки. Зарубежная продукция представлена в основном пустотелыми блоками, которые затем заполняются армированным бетоном. Такая технология получила название ICFs

(Insulated Concrete Forms) – модульная система блоков с жестким утеплителем. Блоки изготавливают из арболита, а в пустоты закладывают арматуру и заливают бетон. Известные производители блоков – Fasewall (США), Nexsem, IsoTex (Европа).

В исследовании приведены этапы возникновения арболита и аналогичных древесно-цементных композитов как строительных материалов. Отмечена региональная специфика производства арболита, заключающаяся в использовании в качестве крупного заполнителя местного органического сырья или продуктов вторичной переработки. Приведены сведения о текущих сферах использования строительной продукции на основе древесно-цементных композитов в России и за рубежом.

Литература

1. Патент US69331А США, МПК С04В28/14. Improved composition of matter for filling safes, and for other purposes : заявл. 01.10.1867 : опубл. 01.10.1867 / Fowler S. T.

2. Патент US97893А США, МПК С04В26/003. Improved concrete for paving and for other purposes : заявл. 14.10.1869 : опубл. 14.12.1869 / Dotch J. E.

3. Патент US521264А США, МПК С04В28/02. Artificial Stone : заявл. 12.09.1893 : опубл. 12.06.1894 / Grote L.

4. Пат. US1090084А США, МПК С08Н8/00. Paving material : заявл. 13.02.1913 : опубл. 10.03.1914 / John S. E. Padree.

5. Патент GB275680А Великобритания, МПК С04В28/04. An improved concrete building block : заявл. 12.02.1926 : опубл. 12.08.1927 / Robins F. A., Taylor F. M.

6. Патент DE666785С Германия, МПК С04В28/26. Process for the production of wood concrete : заявл. 08.12.1933 : опубл. 28.10.1938 / Dr. Fritz Graf, Dr. Hans Wolf.

7. Патент СН216902А Швейцария, МПК С04В20/1055. Process for the production of a concrete containing fibrous substances : заявл. 01.06.1939 : опубл. 30.09.1941 / Leichtbaustoffe Durisol A Fuer.

8. Патент DE812004С Германия, МПК Е04В2/26. Hollow block masonry : заявл. 06.11.1948 : опубл. 27.08.1951 / Durisol AG.

9. Патент СН388168А Швейцария, МПК С04В40/0231. Process to accelerate the initial hardening of building materials : заявл. 10.09.1959 : опубл. 15.02.1965 / Herzig Ernst.

10. Ильичев, Л. И. Эффективность применения в ограждающих конструкциях малоэтажных зданий арболита, изготавливаемого на базе отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности : специальность 05.00.00 «Технические науки» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Л. И. Ильичев. – Москва, 1964. – 271 с.

11. АС SU 233506 А1 СССР, МПК С04В 40/00. Способ ускорения твердения арболитовых изделий : опубл. 01.01.1969 / Батырбаев Г. А.

12. АС SU 250718 А1 СССР, МПК С04В 18/26. Арболит : заявл. 04.08.1967 : опубл. 12.08.1969 / Бу-жевич Г. А. [и др.].

13. Патент RU 2689351 С1 Россия, МПК С04В 38/10. Арболит на основе вторичных ресурсов пищевых предприятий : заявл. 12.12.2017 : опубл. 27.05.2019 / Шахов С. В. [и др.].

14. Патент SU 1618737 А1 СССР, МПК С04В 28/04. Сырьевая смесь для получения арболита : заявл. 18.04.1988 : опубл. 07.01.1991 / Краснов А. М. [и др.].

15. Патент SU 1740348 А1 СССР, МПК С04В 28/04. Способ получения арболита на основе дробленки даурской лиственницы : заявл. 07.12.1989 : опубл. 15.06.1992 / Тутрушвили К. А. [и др.].

S.A. Solovyov, L.S. Shevtsov, A.A. Solovyova
Vologda State University

RESEARCH OF THE ORIGIN OF PAPERCRETE AND WOOD-CEMENT COMPOSITES AS STRUCTURAL MATERIALS

The use of various waste products as structural materials makes it possible to create effective decisions for buildings and structures. The article presents and analyzes the origins of papercrete and similar wood-cement composites as structural materials. The information about the first foreign and Soviet patents in the field of mixtures of wood-cement composites and products based on them is provided. The regional specificity of papercrete production which is in using local organic raw materials or recycled products as an aggregate is paid attention to. The information is given about the current areas of use of construction products based on wood-cement composites in Russia and abroad.

Papercrete, lightweight concrete, organic aggregates, patents, wood-cement composites.