УДК 674.048:691.115

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АРБОЛИТ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Матыева А.К.

*Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: matyeva59@mail.ru*

Качественно новым этапом повышения технического уровня возведения объектов является малоэтажное домостроение. Оно позволяет ускоренными темпами выполнять задачу улучшения жилья. Применение материалов в жилищном строительстве должно соответствовать эксплуатационным требованиям, экологическим, экономически эффективным, изготовленным по малоэнергоёмкой технологии с применением местного сырья. Применение легких конструкций из арболита позволяет снизить расход материалов, уменьшить стоимость и сроки строительства. Производство арболита в Кыргызской Республике является перспективной отраслью промышленности строительных материалов. Ее развитию способствуют многие факторы, как традиционные – возможность получения легкого деревобетона для жилищного строительства, так и новые – резкий дефицит деловой древесины в Кыргызской Республике и в то же время возрастающие требования к биостойкости и огнестойкости конструкций, экологическая обстановка. Новые факторы стимулируют изготовление арболита из всевозможных растительных отходов сельскохозяйственных культур взамен древесных отходов и использования местных модифицированных вяжущих. Использование отходов деревообработки и сельхозпродукции способствует энерго- и ресурсосбережению в производстве арболита и, как следствие, получению дешевых конструкций из арболита по сравнению с другими аналогичными материалами. Предложенный материал для ограждающих конструкций зданий соответствует по физико-механическим свойствам для применения в качестве стеновых блоков. Вовлечение отходов сельского хозяйства (соломы) в производство энергоэффективных стеновых материалов является решением экологических вопросов их утилизации, охраны окружающей среды, снижением себестоимости продукции и расширения выпуска теплоэффективных и экологически комфортных материалов для малоэтажного жилищного строительства.

Ключевые слова: атмосферостойкие арболитовые блоки, смола малоконцентрированная, гипсозольное вяжущее, схватывание, твердение, гидратация, модуль упругости, коэффициент Пуассона, модификаторы, ограждающие конструкции зданий

MODIFIED ARBOLITE FROM LOCAL RAW MATERIALS OF THE KYRGYZ REPUBLIC ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR BUILDING STRUCTURE ENVELOPE

Matyeva A.K.

*Kyrgyz State University of Construction, Transportation and Architecture, Bishkek,
e-mail: matyeva59@mail.ru*

For improving the technical level of low-rise housing construction were have been found new stage qualitatively objects. It could be able to rapid progress for improving the new housing construction. The materials that used in low-rise housing construction have to be required the environmental, cost-effective, maintains requirements and made by low-energy technology with consist the local raw materials. The use of woodworking and agricultural waste contributes to energy and resource saving in the production of arbolite and as a result, the production of cheap arbolite structures compared to other similar materials. The manufacture of arbolite (papercrete) in the Kyrgyz Republic is a perspective and promising industry of construction materials. Many factors contribute to its development, both as a traditional – the possibility of obtaining lightweight wood concrete for housing construction and as a new – the sharp shortage of industrial wood in the Kyrgyz Republic, and at the same time, increasing requirements on the biostability and fire resistance of structures, the ecological situation. New factors stimulate the manufacture of arbolite (papercrete) from all possible sorts of plant waste from agricultural crops instead of wood waste and the use of local modified binder materials. The use of waste wood and agricultural products contributes to energy and resource saving in the production of wood concrete, and, as a result, the production of cheap arbolite (papercrete) structures compared to other similar materials. The proposed material for building envelope (walling) structures corresponds to the physicomachanical properties for use as wall blocks. The involvement of agricultural waste (straw) in the production of energy-efficient wall materials is a solution to the environmental and ecological issues of its utilization, environmental protection, reducing production costs and expanding the production of heat-efficient and ecologically comfortable materials for low-rise housing residential construction.

Keywords: waterproof arbolite (papercrete) blocks, low concentrated resin, gypsum-ash binding agent, setting time, hardening, hydration, modulus of elasticity, Poisson's ratio, modifiers, building envelope (walling) structures

Правительством Кыргызской Республики (КР) поставлена задача большой социально-экономической значимости по использованию местных отходов сырья в производстве композиционных материа-

лов с гидрофобными добавками. Одним из таких материалов является атмосферостойкий арболит. Его применение повысит уровень индустриализации за счет сокращения сроков строительства и его стоимости.

Применение отходов деревообработки и сельхозпродукции способствует энерго- и ресурсосбережению в производстве арболита и, как следствие, получению дешевых конструкций из арболита по сравнению с другими аналогичными материалами.

Известна технология гипсовых, гипсо-вых композиционных водостойких вяжущих, низкая водопотребность которых была достигнута путем введения в них местного сырья Кыргызской Республики извести, золы-уноса глины и др. Кроме того, снижает расход гипса [1–3].

Авторы [4, 5] использовали базальтовые породы, гранит, волластонит, глиеж в качестве наполнителей для разработки гипсовых композиционных вяжущих. Гипс использовали марки Г4 и Г5.

Для повышения прочности и водостойкости в гипсовые вяжущие вводят модифицирующие, пластифицирующие и воздухововлекающие добавки, для увеличения сроков схватывания – лимонную кислоту и костный клей.

Добавки влияют на механические свойства материалов путем изменения условий структурообразования. Применяемые в работе замедлители носят комплексный характер: способствуют уменьшению кристаллических новообразований, скорость их роста, габитус.

Причину низкой прочности гипсового камня практически все исследователи объясняют его высокопористым строением с преобладанием в нем макропор. Более 90% объема пор в гипсовом камне составляют макропоры диаметром более 0,01 мкм, в том числе объем пор, проникаемых для воды, т.е. диаметром более 1 мкм не менее 40–70%. Образование макропористой структуры гипсового камня обусловлено тем, что при затворении вяжущего водой образуются крупные игольчатые кристаллы двуводного гипса (со средними размерами 20–40х0,5–2 мкм), которые хаотично переплетаясь между собой, образуют высокопористую «войлочную» структуру. По своей породе гипсовый камень характеризуется довольно плотной структурой, водостоек (коэффициент размягчения выше 0,60).

Для увеличения показателей водостойкости материалов необходимо отдать предпочтение использованию добавок и наполнителей, способствующих повышению плотности изделия, уменьшению дефектности кристаллов двугидрата, блокированию кристаллизационных контактов гипсового сростка труднорастворимыми соединениями [5, 6].

Способы увеличения прочности арболита на основе различных заполнителей

исследовались в работе [7]. Применение жидкого стекла и хлористого кальция образовало дополнительные связи в контактируемых зонах, устранив тем самым вредное действие экстрактивных веществ заполнителя на цемент.

Применение золы-уноса способствует снижению расхода энергии, так как практически изготовление их идет без тепловой обработки и ускоренные сроки твердения обеспечивают увеличение оборота формоснастки.

Вовлечение техногенных отходов и отходов сельского хозяйства (соломы) в производство энергоэффективных стеновых материалов является решением экологических вопросов их утилизации, охраны окружающей среды, снижением себестоимости продукции и расширения выпуска теплоэффективных и экологически комфортных материалов для малоэтажного жилищного строительства [8, 9].

Цель исследования: исследовать влияние различных заполнителей на технические свойства материалов на основе гипсозолощелочного вяжущего. Определить физико-механические свойства атмосферостойких арболитовых блоков.

Разработка нового состава арболита и способов активации гипсозольного вяжущего для получения атмосферостойкого арболита.

По результатам экспериментальных данных предложить производственному комплексу изготовить опытную партию стеновых арболитовых блоков и теплоизоляционных плит.

Материалы и методы исследования

Для создания растительно-гипсовой композиции применили солому злаковых и гипс строительный.

В эксперименте для получения арболита использованы стебли соломы пшеницы, произрастающей на Севере и на Юге Кыргызской Республики. Физико-механические показатели этого растительного сырья аналогичны древесине, что обеспечило возможность исследовать стебли пшеницы для получения нового водостойкого материала с заданными свойствами – прочностью при растяжении – 316,2 Н/мм²; плотностью до 60 кг/м³ при гигроскопической влажности до 30%. Заполнитель из соломы соответствовал нормативным требованиям, предъявляемым для производства водостойкого арболита, применяемого в ограждающих конструкциях зданий [9].

В Кыргызстане в Нарынской области имеются большие запасы месторождений сырья для получения быстротвердеющего гипса марок Г-5 и Г-7, суглингов Ошской области, техногенных отходов золы Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), а также портландцементный клинкер (ПЦК) п.г.т. Кант в Кыргызстане.

В работе использованы модификаторы на основе полимерсиликатной системы с применением мало-концентрированной смолы СФЖ-3066. В состав вя-

жущего на основе гипса введены пластификаторы, антипирены и замедлители схватывания нового поколения, обеспечивающие качество вяжущего согласно стандартам [10].

Свойства арболита определялись в соответствии со стандартными лабораторными методиками. Испытания проводились с помощью следующих приборов и оборудования: разрывная машина МР-05-1, пресс гидравлический ПГМ-1500МГ4, прибор ультразвуковой УК-15М, ПЛС-100, ДРОН-2, лазерный анализатор ЛГ-78, вискозиметр Суттарда ВС – для определения вязкости гипсового теста по ГОСТ 23789, пенетромтр Вика с восемью ячейками измерения для автоматического определения характеристик схватывания гипса.

Показатели качества арболитовых смесей и арболитовых блоков определены по ГОСТ 10181, ГОСТ 10180, ГОСТ 12730.

Прочностные характеристики разработанных вяжущих проводились на малых образцах размером 2х2х2 см при соответствующих водотвердых отношениях, а также на образцах-балочках 4х4х16 см и выдерживании в естественных условиях при температуре 18–20 °С. Испытание на прочность проводилось через 2 часа, 1 сутки, 3 суток, 7 суток, 28 суток.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам экспериментально-теоретических разработок на производственном участке завода ОсОО «Домостроительный сервис» «Азат», г. Бишкек, были изготовлены композиционные гипсозольно-щелочные вяжущие вещества (ГЗЩВ), содержащие: полимерную смолу СФЖ-3066, жидкое натриевое стекло и пластификаторы ЛСТ и СКС.

По результатам экспериментальных данных предложен рациональный комплексный состав растительно-вяжущей композиции (РВК) для водостойкого стенового арболита из местного сырья, состоящий из 24–32 % соломы; 30–34 % гипса с 0,05 % нитрофосфорометилфосфорной кислотой (НТФ); 18–22 % золы; 0,15 % сульфатно-дрожжевой бражки (СДБ) с 5 % ПЦК;

3–2 % глиногипса; 8–12 % полимерсиликатных добавок (ПСД) (на основе малоконцентрированного олигомера СФЖ-3066 + 0,2 бутадиенстирольный латекс (СКС) и 0,15 % лигносульфата технического (ЛСТМ); 0,8 % катализаторов ТПФН, 0,5 % отвердителя и остальное вода.

Арболитовые блоки изготавливали следующим образом. Солому измельчали до 30–50 мм, затем смачивали жидким стеклом. После подсушивания наполнитель смешивали с полимерпластифицирующими добавками и перемешивали с гипсозольно-щелочными вяжущими в смесителе в течение 3–5 мин. Полученной композицией заполняли металлические формы с подпрессовкой крышек на 15 мин под 0,3–0,8 МПа в зависимости от заданной плотности. Изделия выдерживались в течение 24 ч при температуре ≈ 20 °С.

Далее распалубленные блоки отправлялись в естественных условиях под навесом.

Производство гипсозольно-щелочных вяжущих может быть организовано в отдаленных регионах, куда доставка портландцемента связана с повышенными транспортными расходами.

Результаты испытаний образцов стеновых блоков по основным строительно-техническим свойствам приведены в таблице.

Повышению прочности и снижению водопоглощения арболита способствовала предварительная обработка органического наполнителя различными пленкообразующими составами.

Модифицирование полимерными добавками растительно-вяжущей композиции (РВК) в производстве атмосферостойкого арболита привело к увеличению его прочностных характеристик, а также водостойкости, обеспечивающих стойкость его к влагопеременным условиям эксплуатации строительных конструкций.

Основные технические показатели арболитовых блоков (среднестатистические)

Свойства	Ед. измерения	Основные показатели полученных образцов арболита	
		В лабораторных условиях (28 сут.)	В заводских условиях (28 сут.)
Плотность	кг/м ³	450–600	600–650
Прочность при сжатии	МПа	1,7–2,9	3,2–4,0
Прочность при изгибе	МПа	0,3–0,9	0,5–1,1
Теплопроводность	Вт/м·К	0,08	0,09
Водопоглощение	%	16–18	15–17
Стойкость при вымачивании	цикл	30–40	25–30
Огнестойкость		Трудногоряемые	

Примечание. Для испытаний заформованы кубики 10х10х10 см, испытанные через 28 суток.

Атмосферостойкий арболит – стойкий к влагопеременным условиям. На эксплуатационные свойства арболита (морозостойкость, атмосферостойкость) оказывает влияние водопоглощение арболита, которое зависит от его плотности. С увеличением плотности арболита и полимерсиликатных добавок водопоглощение резко сокращается и зависит от расхода полимерсиликатно-гипсозолощелочного вяжущего, так как вяжущее, обволакивая частицы соломы, сокращает поглощение ею воды.

Влияние модификаторов смеси на показатели прочности на сжатие и изгиб, а также на pH среды гипсозолощелочных вяжущих на рис. 1.

Из диаграммы видно, что при содержании 11–12% модификаторов прочность на сжатие образцов в возрасте 28 суток значительно повышается в сравнении с прочностью трехсуточных образцов. При этом

образцы воздушного хранения имели прочность 32 МПа и выше. Образцы при водном хранении имели прочность 26–27 МПа.

Исследованы свойства полученных композитов с учетом интенсивности процессов гидратации при различных составах и сроках схватывания вяжущего (рис. 2).

Вяжущие композиции с содержанием 5% ПЦК обладают сроками схватывания, приближенными к срокам схватывания портландцемента (начало схватывания 1-05, конец – 2-45). Конец схватывания гипсозолощелочного вяжущего изменяется равномерно до 12,5% содержания модификатора смеси (МС).

Экономический эффект от внедрения технологии атмосферостойкого арболита на модифицированном вяжущем из местного растительного сырья по сравнению с известной технологией на 1 м³ арболита составит 936 сом.

	1	2	3	4	5	6
■ Предел прочности на сжатие, МПа, в возрасте 28 сут.	29,8	32,4	32,5	28,4	27	26,7
■ Предел прочности на сжатие, МПа, в возрасте 3 сут.	6,8	9,2	8,4	7,5	7,6	8,9
■ Показатель pH водной вытяжки смеси	10,5	10,6	10,8	10,6	11,5	10,9
■ ПЦК	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
■ МС	10,00	11,00	12,00	12,50	12,80	12,00
■ жидкое стекло	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
■ зола	20,00	20,00	20,00	19,00	19,00	20,00
■ Глиногипс (гажа)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
■ гипс	35,00	35,00	30,00	30,00	29,00	29,00

Рис. 1. Влияние модификаторов смеси на показатели прочности на сжатие и изгиб, а также на pH среды гипсозолощелочных вяжущих

Рис. 2. Сроки схватывания гипсозолощелочных вяжущих композиций (среднестатистические данные). Примечание: Нормальная густота (НГ) составляет 28...32 %

Заключение

При содержании 11–12% модификаторов прочность на сжатие образцов при их длительном хранении (28 сут) значительно повышается в разных условиях твердения по сравнению с прочностью трехсуточных образцов.

Модифицирование растительно-вяжущей композиции на основе гипса и зол высокоосновными добавками и полимерсиликатным компонентом с пластификаторами (ЛСТ, СКС, СДБ) способствует образованию прочного сростка и получению на их основе гипсозолощелочных вяжущих с повышенными техническими свойствами.

Разработана новая технология изготовления арболитовых смесей на основе гипса и золы с ПСД, отвечающая требованиям ГОСТ 19222* «Арболит и изделия из него» и может быть рекомендована в производстве стеновых и теплоизоляционных блоков для малоэтажного строительства.

Список литературы

1. Абышов А.А. Гипсовые изделия с органическими наполнителями // Вестник КГУСТА. 2012. № 4 (38). С. 39–43.
2. Абыкаева А.К., Омурбеков И.К., Абышов А.А. Мелкоштучные изделия из глиногипсовых материалов с органи-

ческим наполнителем // Научный и информационный журнал «Материаловедение». 2013. Вып. 1. С. 96–99.

3. Абышов А.А., Абдысадырова А.А., Пайдиева О.С. «Исследование влияния метода прессования на физико-механические свойства смешанных гипсоизвестковых вяжущих» // Материаловедение. 2014. № 2. С. 5.

4. Мавлянов А.С., Абышов А.А. Определение фазового состава вяжущих из местных гипсосодержащих пород // Вестник КГУСТА. 2012. № 3. С. 38–41.

5. Мавлянов А.С. Абдыкалыков А.А. Комплексное использование минерального сырья // Илим. 2016. С. 326.

6. Удербасов С., Аримбаев С., Курманаева Ж.М. Исследование адгезии рисовой лузги с золоцементными вяжущими смесями // Научный журнал Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 113–115.

7. Matyeva A.K. The research of the wether resistant gypsum- ash- alkaline arbolit structure by scanning electron microscopy. Proceeding of the In International Scientific and Practical Conference «The goals of the World Science № 3 (7), VoL. 1, March 2016 (February 25–26, 2016, Dubai, UAE)». P. 98–102.

8. Ассакунова Б.Т., Абдыкалыков А.А. Проблема утилизации отходов в производстве вяжущих материалов // Фундаментальные и прикладные проблемы науки: материалы Международного симпозиума. М., 2014. С. 143–147.

9. Матыева А.К. Особенности технологии производства атмосферостойкого арболита и перспективы его применения в строительстве // Научный поиск в современном мире. Махачкала, 2016. С. 41–45.

10. Матыева А.К. Модифицированные водостойкие гипсовые вяжущие вещества из местного сырья для производства гипсозолощелочного арболита // Материаловедение. 2015 № 2 (9). С. 153–155.