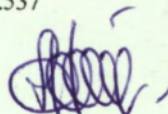


КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ

Диссертационный совет Д 05.05.268

На правах рукописи

УДК 691.537



**Мастиленко Павел Петрович**

**ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ЗОЛОЩЕЛОЧНОГО АРБОЛИТА  
ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек 2005

Работа выполнена в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры на кафедре «Металлические и полимерные конструкции».

Научный руководитель	- Заслуженный работник образования КР, доктор технических наук, профессор В.М.Курдюмова
Официальные оппоненты	- Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор В.М.Хрулев - кандидат технических наук, доцент Б.Т.Ассакунова
Ведущая организация	- КыргызНИИПстроительства

Защита состоится «18» марта 2005 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 05.05.268 Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры по адресу: 720020, Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры.

Автореферат разослан «14» февраля 2005 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Белинская Т.И.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одним из путей ускорения развития строительного комплекса Кыргызской Республики является создание и получение эффективных, дешевых, конкурентоспособных местных строительных материалов по ресурсосберегающим технологиям. Разработка технологии теплоизоляционного арболита с использованием отходов промышленности и сельского хозяйства является одним из путей решения кардинальных задач энерго- и ресурсосбережения, повышения сейсмостойкости конструкций и попутного решения экологической проблемы утилизации отходов. Поэтому проблема, рассматриваемая в диссертации, весьма актуальна.

Использование соломы и зол БТЭЦ для производства арболита способствует не только развитию промышленности строительных материалов, но и решению вопроса крупнотоннажных отходов, что способствует улучшению экологии окружающей среды.

Настоящая работа выполнялась в рамках «Государственной комплексной программы развития науки, техники и новых технологий в Кыргызской Республике до 2005 года (раздел «Строительство и стройиндустрия») и по плановой научно-исследовательской тематике КГУСТА.

**Цель работы.** Разработка научных основ ресурсосберегающей технологии производства золощелочного арболита на основе отходов промышленности и сельского хозяйства.

#### Задачи исследования:

- изучить способы активации малоизвестковой низкорекреационной золы;
- выявить влияние вида добавок и щелочного компонента на активность золощелочного вяжущего;
- разработать составы золощелочных вяжущих, изучить свойства и особенности их гидратации;
- оптимизировать составы золощелочного арболита с применением метода математико-статистического моделирования;
- разработать способ минерализации органического заполнителя;
- выявить особенности структурообразования золощелочного арболита;
- разработать технологическую схему изготовления изделий из арболита;
- провести испытания в промышленных условиях;
- определить технико-экономическую эффективность производства золощелочного арболита.

#### Научная новизна.

- Научно обоснована энерго- и ресурсосберегающая технология нового строительного материала – золощелочного арболита на комплексном вяжущем из золы, глины, щелочных добавок с заполнителем из соломенной сечки.

- Показано взаимодействие высокоосновных добавок (портландцементного клинкера, оксида кальция) с глинистым компонентом при совместном тонком измельчении с низкорекреационной золой и щелочным

компонентом, способствующее активации золы за счет интенсификации ионообменных реакций.

- Впервые установлено, что использование глауберовой соли ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaCl}$ ), не дающей в водной среде щелочной реакции, в сочетании с глинистой добавкой и ПЦК оказывает влияние как на направленность и интенсивность процессов гидратации, так и на фазовый состав новообразований искусственного камня.

- Выявлено, что применение глинозольной суспензии для минерализации заполнителя из соломы повышает прочность контакта заполнителя с золощелочным камнем благодаря химико-минералогическому средству новообразований и составляющих искусственного камня.

#### **Достоверность результатов.**

Полученные научные результаты носят обоснованный и достоверный характер. Выполнение работы базировалось на теоретических и экспериментальных исследованиях. В работе использован комплекс методов: физико-химических исследований, математико-статистического моделирования и планирования многофакторного эксперимента.

Основные результаты работы подтверждены разработанной технологией и выпуском опытно-промышленной партии арболита в производственных условиях.

**Научная и практическая значимость** результатов исследования заключается в разработке ресурсосберегающей технологии золощелочного вяжущего на основе низкоактивных зол и получении теплоизоляционного арболита. Это способствует расширению номенклатуры вяжущих веществ для органоминеральных композитов и организации производства эффективных теплоизоляционных материалов, для применения в индивидуальном, малозэтажном, поселковом строительстве.

#### **Научные положения и результаты, выносимые на защиту:**

- ресурсосберегающая технология получения золощелочного арболита на основе малореакционной золы и отходов растительного происхождения;

- механизм активации золощелочного вяжущего путем совместного использования высокоосновных добавок природного происхождения и продуктов промышленности;

- эффективный способ минерализации органического заполнителя и особенности структурообразования контактной зоны заполнителя с цементным камнем;

- результаты опытно-промышленных испытаний и технико-экономические показатели арболитовых блоков на золощелочном вяжущем.

**Апробация работы.** Основные научные положения и результаты опытов доложены на научно-технических, в том числе международных конференциях, проведенных в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры, Новосибирском архитектурно-строительном университете «Современные материалы и технологии в строительстве» (2002, 2004 гг.), а также демонстрировались на республиканских выставках.

Результаты диссертационной работы опубликованы в научных статьях, сборниках докладов республиканских и международных конференций, издано учебное пособие.

Результаты исследования использованы при выпуске опытных партий золощелочного арболита на предприятиях АО «Бишкеккурулуш», КыргызНИИПСтроительства, а также нашли применение в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных проектов на кафедре «Металлические и полимерные конструкции» КГУСТА, отражены в работах магистров и аспирантов.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 статей.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, приложений, списка использованной литературы.

Текстовая часть изложена на 131 странице. В работе содержится 22 таблицы, 30 рисунков; список литературы насчитывает 114 наименований, в том числе 11 на иностранных языках.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Введение** раскрывает и научно обосновывает актуальность и перспективы использования золощелочного арболита из местного сырья. Сформулированы гипотеза и цель исследования, научная новизна и направления практической реализации результатов исследований.

**Первая глава** посвящена литературному обзору основных принципов рациональной технологии и составов строительного арболита и изучению факторов, обуславливающих свойства арболита. Исследованию свойств и совершенствованию производства арболита посвящены работы А.А. Акчабаева, Г.А. Бужевича, М.И. Кауфмана, М.И. Клименко, В.К. Курьянова, И.И. Мещеряковой, И.Х. Нагазашвили, И.А. Рыбьева, В.И. Савина, Н.И. Склизкова, Е.Б. Соломоновой, В.М. Хрулева, А.С. Щербакова, Х.М. Шмидта, И.Графа, Д.Паркера и др.

Свойства арболита регулируются качеством и видом используемого вяжущего, поэтому в технической литературе известны цементный, гипсовый, полимерсиликатный, шлакощелочной и другие названия арболита.

Кроме того, физико-механические характеристики арболита зависят от вида и свойств заполнителя растительного происхождения, процесса предварительной обработки заполнителя в случае получения цементного арболита, прочности контактной зоны вяжущего с органическим заполнителем.

В практике производства арболита получили применение смешанные вяжущие с использованием золы: цементно-зольные, золосиликатные.

Высококальциевые золы гидравлически активны, способны к самостоятельному твердению при взаимодействии с водой. Применение высококальциевой золы как активной минеральной добавки при помолле цементного клинкера как составляющей в смешанных вяжущих обосновано в работах А.В. Волженского, В.А. Мелентьева, Л.О. Гольдштейна, В.В. Мансурова, С.Г. Караханиди, В.К. Козловой и др.

Анализ местного сырья (зола Бишкекской ТЭЦ) показал ее отличительную особенность – отсутствие в ее составе свободного оксида кальция, из-за чего зола самостоятельно не обладает вяжущими свойствами. Поэтому для придания низкорекреационной золе вяжущих свойств необходима активация.

В результате обобщения теоретических данных и сведений о рациональной технологии арболита выдвинута рабочая гипотеза следующего содержания: активация малоизвестковой золы путем совместного измельчения с высокоосновными добавками, слабощелочными компонентами, глинистой составляющей, а также предварительная обработка органического заполнителя глинозольной суспензией должна способствовать упрочнению контактной зоны цементного камня с органическим заполнителем и интенсификации процесса структурообразования арболита.

Во второй главе приведены физико-механические характеристики применяемого материала и методы исследования.

Для получения золощелочного арболита использована зола Бишкекской ТЭЦ, содержание в которой  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  составляет 76,44...88,55 %, в т.ч.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  20,49...26,50 %,  $\text{CaO}$  – 2,16...6,72 %, содержание стеклофазы 20...30 %. Активность золы 32...38 мг  $\text{CaO}$  на 1 г добавки.

Насыпная плотность золы 800...850  $\text{кг/м}^3$ , истинная плотность 1,82...2,2  $\text{г/см}^3$ , удельная поверхность 2230...2250  $\text{см}^2/\text{г}$ .

Для активации золы использован портландцемент КЦШК ПЦ 400 Д20 (ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент») с содержанием клинкерных минералов (в %):  $\text{C}_3\text{S}$  – 63,3;  $\text{C}_2\text{S}$  – 15,9;  $\text{C}_4\text{AF}$  – 12,5. Его нормальная густота 23,7 %, сроки схватывания: начало – 3,45, конец – 4,30 мин, удельная поверхность 3120  $\text{см}^2/\text{г}$ , активность – 42,2 МПа. Щелочным компонентом служила глауберова соль Шабыркольского месторождения с содержанием  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  70,8...86,86 % и  $\text{NaCl}$  2,11...10,45 %. Использован также  $\text{NaOH}$  (ГОСТ 2263-79).

В качестве глинистого компонента применили суглинки Беловодского месторождения, содержащие (в %):  $\text{SiO}_2$  – 54,54;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 13,25;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 5,01;  $\text{CaO}$  – 6,25;  $\text{MgO}$  – 3,63;  $\text{SO}_3$  – 0,58;  $\text{TiO}_2$  – 0,02;  $\text{K}_2\text{O}$  – 3,6; п.п.п. – 8,0. Их минералогический состав в масс. %: кварц – 32,6...34,2; полевой шпат – 21,12...25,80; глинистые минералы – 21,5...26,2; гидрослюда – 12,76...15,26; кальцит – 5...7; гидроксид железа 2...5; гипс 1...2. Содержание солей в масс. %:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  – 0,045;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 0,2;  $\text{NaCl}$  – 0,014;  $\text{CaSO}_4$  – 0,27;  $\text{MgSO}_4$  – 0,12.

В качестве органического заполнителя выбрана солома, характеризуемая показателями: pH водной вытяжки 6,4; водопоглощение за 1,5 ч – 240 %; насыпная плотность – 75  $\text{кг/м}^3$ ; коэффициент уплотнения – 20,9. Эксперименты проводили по стандартным методикам и ГОСТам на определение физико-механических свойств вяжущих и арболита.

Физико-химические анализы выполнены с использованием рентгенофазового, ИК-спектроскопического, растрово-электронно-микроскопического (РЭМ) методов.

Третья глава посвящена разработке составов и исследованию свойств золощелочных вяжущих на основе низкокальциевой золы.

Методом электронно-микроскопического анализа установлено, что при активации золы добавками оксида кальция или портландцементного клинкера с щелочным компонентом ( $\text{NaOH}$ ) происходит переход фазовых превращений в стадию твердения с участием кристаллических новообразований, что обеспечивает получение прочного искусственного камня.

Исследование влияния щелочного компонента и высокоосновных добавок на активность вяжущего из низкокальциевой золы проводилось с использованием гидроксида натрия, карбоната натрия, глауберовой соли, силиката натрия, содосульфатной смеси. Обнаружено, что наибольшее влияние на процесс структурообразования золощелочного вяжущего в ряду щелочных компонентов оказывает силикат натрия  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$  и глауберова соль с добавкой 0,3 %  $\text{NaOH}$ . Образцы с содержанием 1,5 % оксида кальция  $\text{CaO}$  и глауберовой соли + 0,3 %  $\text{NaOH}$  обладают прочностью 27,8...28,4 МПа, а с  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$  – 41,2...44,5 МПа. Образцы с содержанием 5 % портландцементного клинкера и глауберовой соли + 0,3 %  $\text{NaOH}$  показали прочность 32,4 МПа, образцы с  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$  – 46,8 МПа. Используемая впервые в работе глауберова соль с добавкой 0,3 %  $\text{NaOH}$  показала большую активность, чем  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и содовая смесь. Добавка рекомендована для приготовления золощелочных вяжущих в качестве щелочного компонента.

Так как на твердение золощелочных вяжущих значительно влияют ионно-обменные процессы между поверхностью твердых частиц вяжущего и раствора, то с целью интенсификации твердения и модифицирования свойств вяжущего в его состав введены суглинки Беловодского месторождения (5...20 %).

При исследовании влияния добавок суглинка на pH водной вытяжки и на активность смешанных вяжущих с добавкой глауберовой соли (ГС) и 0,3 %  $\text{NaOH}$  было выявлено повышение pH водной вытяжки как в составах с содержанием 5 % ПЦК, так и в составах с 1,5 %  $\text{CaO}$ . При совместном введении 5 % ПЦК и 1,5 %  $\text{CaO}$  происходит значительное повышение pH – 14,03.

Повышение pH водной вытяжки смесей с увеличением содержания суглинка от 5 до 20 % при постоянном количестве ПЦК и  $\text{CaO}$  показывает, что тонкоизмельченный суглинок является дополнительными источником щелочности среды. При этом создаются условия для применения в качестве щелочного компонента природной глауберовой соли, которая в водной среде дает слабощелочную реакцию ( $\text{pH} = 7,5...7,8$ ), усиливая структурообразующий эффект, так как повышение pH среды способствует интенсификации протекания ионно-обменных реакций.

Кроме того, наличие в составе золощелочных вяжущих глинистого компонента способствует повышению адгезионной прочности вяжущих с поверхностью заполнителя растительного происхождения, т.е. упрочнению контактной зоны цементного камня с органическим заполнителем.

Оптимизация состава золощелочного вяжущего проводилась с помощью экспериментально-статистического моделирования. Исходными факторами

были выбраны:  $X_1$  – содержание щелочной добавки, %;  $X_2$  – содержание ПЦК, %;  $X_3$  – содержание суглинка, %, остальное – зола. В качестве параметров оптимизации были приняты  $Y_1$  – pH среды;  $Y_2$  –  $R_{сж}^3$  – прочность на сжатие образцов 3-суточного твердения;  $Y_3$  –  $R_{сж}^{28}$  – прочность на сжатие образцов 28-суточного твердения.

По результатам эксперимента были рассчитаны математические модели свойств с всеми оценками значимости коэффициентов (1, 2, 3) и построены их графические образы.

$$Y_1(\text{pH}) = 10,84 + 0,22x_1 + 0,44x_1^2 - 0,04x_1x_2 + 0,09x_1x_3 + 0,2x_2 - 0,16x_2^2 - 0,06x_2x_3 - 0,15x_3 - 0,31x_3^2 \quad (1)$$

$$Y_2(R_{сж}^3) = 7,7 + 0,14x_1 + 0,38x_1^2 + 0,18x_1x_3 + 0,43x_2 + 0,03x_2^2 - 0,48x_2x_3 - 0,76x_3 - 0,72x_3^2 \quad (2)$$

$$Y_3(R_{сж}^{28}) = 27,3 + 0,36x_1 + 0,77x_1^2 - 0,14x_1x_2 + 0,09x_1x_3 + 0,59x_2 - 2,23x_2^2 - 1,31x_2x_3 - 1,98x_3 - 2,23x_3^2 \quad (3)$$

Результаты статистической обработки уравнений регрессии и анализ их графических образов позволили сделать вывод, что оптимальным в составе смешанных золощелочных вяжущих является содержание ПЦК в пределах 2,8...4,0 %, щелочного компонента 1...1,5 %, суглинка – 10...15 %.

Исследование свойств смешанных золощелочных вяжущих показало, что присутствие суглинка в составе вяжущих несколько удлиняет сроки схватывания, однако при длительном твердении (720 ч) обнаруживается рост прочности образцов в 1,2...1,5 раз. После тепловлажностной обработки и в нормальных условиях твердения прочность достигает 31,5...44,5 МПа при содержании суглинка до 20 %.

В четвертой главе приведены результаты оптимизации состава и свойств золощелочного арболита методом экспериментально-статистического моделирования.

Исходными факторами служили  $X_1$  – содержание соломы, %,  $X_2$  – содержание щелочного компонента, %.

В качестве параметров оптимизации были приняты  $Y_1(R_{сж})$  – прочность на сжатие;  $Y_2(\rho)$  – плотность арболита;  $Y_3(\lambda)$  – теплопроводность.

По результатам эксперимента рассчитаны математические модели свойств арболита:

$$R_{сж} = 1,6 - 1,8x_1 - 1,63x_1^2 + 0,03x_2 - 0,23x_2^2 + 0,15x_1x_2, \quad (4)$$

$$\rho = 360 + 135,7x_1 + 164x_1^2 + 11x_2 - 6x_2^2 + 3x_1x_2, \quad (5)$$

$$\lambda = 0,16 + 9,97x_1 + 0,45x_1^2 + 0,01x_2 - 0,905x_2^2 + 0,005x_1x_2. \quad (6)$$

Результаты статистической обработки уравнений регрессии (4, 5, 6) и анализ их графических образов позволили сделать вывод, что оптимальная область содержания соломы составляет 20,5...25,0 %, а щелочного компонента 2...4 %.

Учитывая, что в составе вяжущих содержится до 5 % ПЦК, при смешивании которого с соломой возможно выделение экстрактивных веществ, препятствующих нормальной гидратации цемента, а также с целью упрочнения контактной зоны цементного камня с органическим наполнителем в работе предусматривается минерализация органического наполнителя глинозольной суспензией.

Исследование кривых разжижения глинозольной суспензии позволило установить, что при содержании в качестве электролита 0,25...0,30 % NaOH повышается разжижаемость суспензии и сохраняется ее стабильность.

Диспергирование суглинка и зольной составляющей в водной среде в присутствии электролита приводит к активации и аморфизации гидрослюдистых минералов и кварца, повышению адсорбционной способности составляющих глинозольной суспензии и, как следствие, повышению адгезионной прочности минерального вяжущего на контакте с поверхностью органического наполнителя.

Зона контакта органического наполнителя с золощелочным камнем исследовалась рентгенографическим методом. На рентгенограмме образцов (рис.1) выявлено наличие гидросиликатов кальция типа  $C_2SH(1)$  с межплоскостными расстояниями  $d = 4,25; 3,34; 3,32; 2,55; 2,22 \text{ \AA}$ .

Образование гидросиликатов кальция подтверждается ИК-спектрами образцов, на которых выявляются полосы поглощения при 1480 и 1000  $\text{см}^{-1}$ , характерные для гидросиликатов кальция (рис.2).

Слабо выраженный характерный для кварца дуплет при 800 и 780  $\text{см}^{-1}$  показывает на связываемость свободного кварца в гидросиликаты кальция. Таким образом, минерализация органических наполнителей глинисто-зольной суспензией с добавкой 0,2...0,25 % щелочного компонента интенсифицирует ионообменные и адсорбционные процессы, происходящие на поверхности органического наполнителя. Щелочной компонент активизирует поверхность минеральных частиц золы и способствует упрочнению контактной золы вследствие синтеза новообразований типа гидросиликатов кальция. Это упрочнение происходит вследствие близкого химико-минералогического средства образующихся минералов и продуктов твердения золощелочного вяжущего.

Структура затвердевшего золощелочного арболита была исследована с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ. Результаты исследований приведены на рис.3.

На микрофотографии образцов ярко выражены чешуйчатые образования гидросиликатов кальция с вытянутыми кристаллами дигидрата кальция.

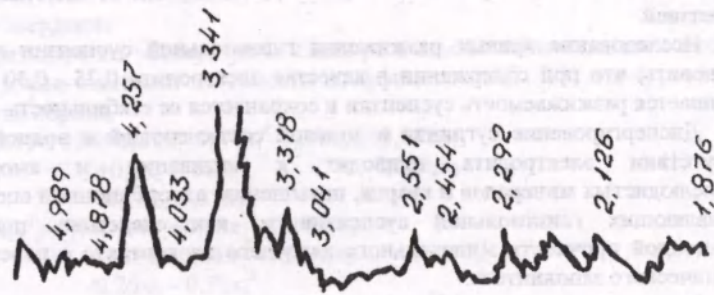


Рис. 1. Рентгенограмма образцов контактной зоны заполнителя с цементным камнем

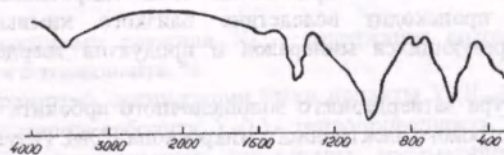


Рис. 2. ИК-спектры образцов контактной зоны заполнителя с цементным камнем

Поверхность волокон соломы покрыта мельчайшими новообразованиями, образующимися вследствие адсорбции глинозольной суспензии на ее поверхности и синтеза гидросиликатов и гидроалюминатов кальция на активных центрах твердеющей массы. По всей поверхности излома вырисовываются замкнутые поры.

Таким образом, электронно-микроскопическое исследование структуры арболита выявило наличие кристаллов гидросиликатов, гидроалюминатов кальция и дигидрата кальция, распределенных по поверхности органического заполнителя и упрочняющих зону контакта с цементным камнем.

Исследование основных физико-механических свойств золощелочного арболита показало, что разработанные составы различаются по содержанию вяжущего, заполнителя и затворителя. Содержание заполнителя составляет 150...250 кг/м<sup>3</sup>; вяжущего – 225...325 кг/м<sup>3</sup>; затворителя – 210...240 кг/м<sup>3</sup>.

Полученный арболит характеризуется плотностью 360...520 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 0,8...1,9 МПа, теплопроводностью 0,1...0,5 Вт/м·К и относится к теплоизоляционным материалам.

Весьма важным фактором при использовании арболита является изменение прочностных характеристик во времени. На рис.4 показано изменение прочности материала во времени.

Кривые 1-6 характеризуют изменение прочности золощелочного арболита, получаемого из составов 1-6 (табл.1). Рост прочности арболита на сжатие со временем объясняется продолжением процесс гидратации золощелочного камня. Щелочной раствор, поглощенный органическим заполнителем в процессе приготовления арболитовой смеси, в период твердения мигрирует в структуре композита, вследствие чего углубляются процессы гидратации вяжущего. Одновременно увеличивается плотность арболита, а потери влаги уменьшаются. В течение 28 суток прочность арболита возрастает интенсивно, а затем замедляется. Такое изменение прочности характерно для всех составов.

Важными эксплуатационными характеристиками арболита являются морозостойкость и атмосферостойкость. Результаты испытаний показали, что по морозостойкости золощелочной арболит оптимальных составов близок к Мрз 10-15, а при испытании на атмосферостойкость при попеременном увлажнении и высушивании образцы выдерживают 50 циклов без существенной потери прочности. Золощелочной арболит относится к трудногорючим материалам.

В пятой главе приведены результаты опытно-промышленных испытаний и расчет технико-экономической эффективности производства арболита.

Производство арболитовых блоков размером 1,0 x 0,5 x 0,1 м производилось согласно разработанной технологической схеме (рис.5).

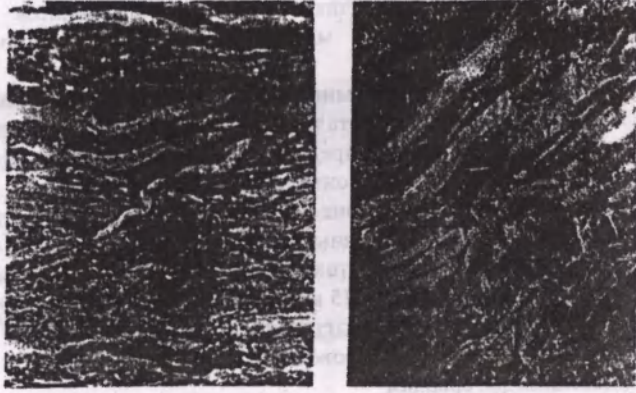


Рис. 3. Поверхности излома образца арболита в РЭМ

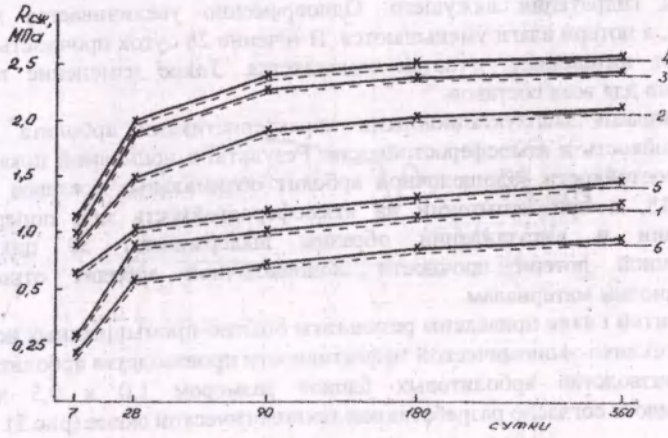


Рис. 4. Кинетика прочности золощелочного арболита при длительном хранении

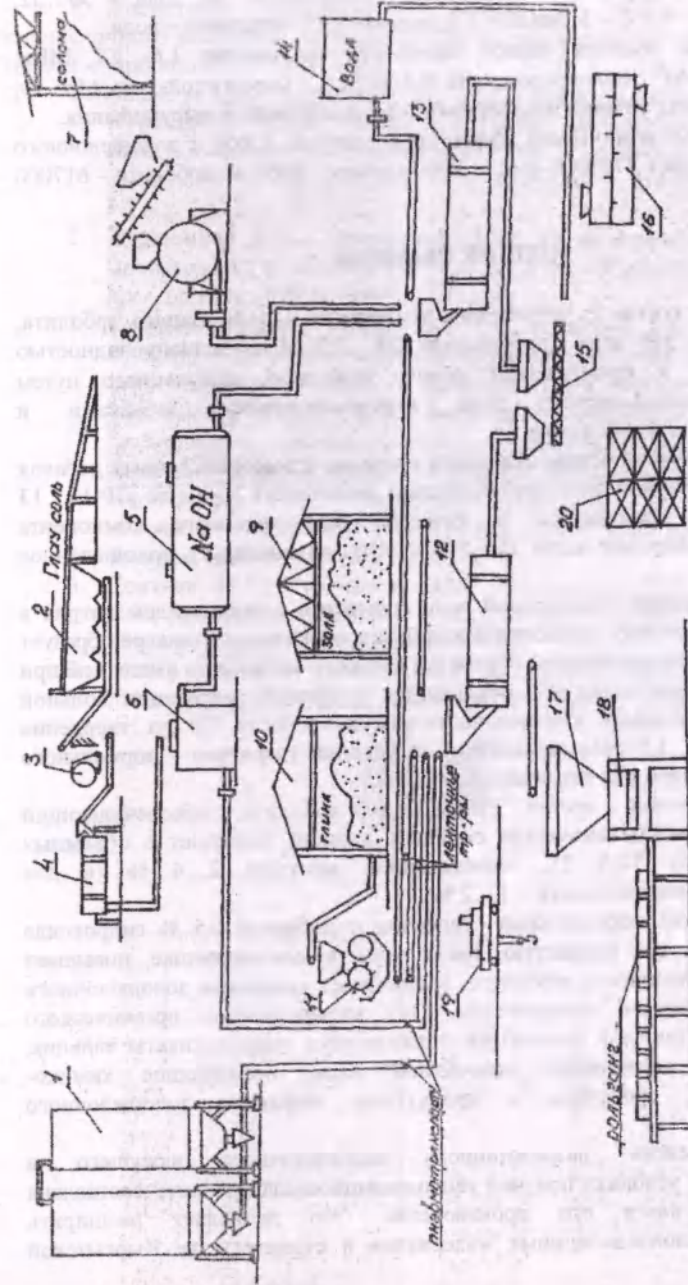


Рис. 5. Технологическая схема производства золощелочного арболита. 1. Силос для хранения цемента. 2. Расходный бункер-склад глауберовой соли. 3. Шнековая дробилка. 4. Шаровая мельница. 5. Емкостный склад NaOH. 6. Емкости для приготовления щелочного раствора. 7. Склад. 8. Соломорезка. 9. Склад золь. 10. Склад глины. 11. Камневыделительные вальцы. 12. Шаровая мельница. 13. Шаровая мельница. 14. Емкость для воды. 15. Шнековый транспортер. 16. Смеситель С-773. 17. Бункер вибропресса. 18. Виброавтомат СМ 162 А. 19. Мостовой кран. 20. Склад готовой продукции

Арболит изготавливался на основе базового состава сырьевой смеси, представленного содержанием следующих компонентов, %: зола – 50...52; глина – 10; ПЦК – 5; ГС – 3; NaOH – 0,3; солома – 25; остальное – вода.

Полученные изделия имеют прочность на сжатие 1,6...1,7 МПа; плотность 460 кг/м<sup>3</sup>; теплопроводность 0,3 Вт/м·°С; морозостойкость Мрз 10; атмосферостойкость 50 циклов попеременного увлажнения и высушивания.

Расчетный экономический эффект при выпуске 10000 т золощелочного вяжущего составляет 7778000 сом, а при выпуске 10000 м<sup>3</sup> арболита – 617000 сом.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Получен состав и разработана технология золощелочного арболита, плотностью 360...520 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 0,8...1,9 МПа, теплопроводностью 0,1...0,5 Вт/м·К, с применением нового вяжущего, полученного путем активации низкокальциевой золы высокоосновными добавками и слабощелочными компонентами.

2. Совмещение в составе вяжущего суглинка и высокоосновных добавок (цементного клинкера, известняка) повышает щелочность среды до pH=12...13 и способствует применению в качестве слабощелочного компонента pH=7,5...7,8 глауберовой соли (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+NaCl), активизирует золощелочное вяжущее.

3. Использование глауберовой соли совместно с гидроксидом натрия в качестве слабощелочного компонента и добавки цементного клинкера образует вяжущее, при тепловлажностной обработке которого активность выше, чем при использовании известняка, что объясняется глубиной гидратации зольной составляющей. Прочность золощелочного вяжущего после 720 сут. твердения возрастает в 1,2...1,5 раза независимо от условий твердения – нормального воздушного и водного или тепловлажностного.

4. Оптимальный состав смеси для арболита, обеспечивающий повышенные физико-механические свойства изделий, включает в объемных процентах: солому 10,5...25, золощелочное вяжущее 2...4 % (а для минимальной теплопроводности – 1...2 %).

5. Разжижение глинозольной суспензии с добавкой 0,5 % гидроксида натрия активизирует как глинистую, так и зольную составляющие, повышает адсорбционную способность вяжущего, увеличивает сцепление золощелочного камня с органическим наполнителем. При минерализации органического наполнителя глинозольной суспензией образуются гидросиликаты кальция, способствующие упрочнению контактной зоны, обладающие химико-минералогическим сродством с продуктами твердения золощелочного вяжущего.

6. На основе разработанного золощелочного вяжущего в производственных условиях получен теплоизоляционный арболит, составлена технологическая карта его производства. Это позволяет расширить номенклатуру теплоизоляционных материалов в строительстве Кыргызской

Республики за счет использования отходов (золы, соломы) и одновременно улучшить экологическую обстановку.

7. Расчетный экономический эффект от производства 1000 т золощелочного вяжущего составляет 777800 сомов, а от организации выпуска 100000 м<sup>3</sup> арболита – 617000 сомов.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Курдюмова В.М., Мاستиленко П.П. Производство арболита с использованием зол Бишкекской ТЭЦ //Современные материалы и технологии в строительстве: Сб. науч. тр. – Новосибирск: РАЕН. НГАУ, 2033, с. 136-140.
2. Курдюмова В.М., Мастиленко П.П. О возможности организации производства арболита в КР //Архитектура и строительство: Сб. науч. тр. – Бишкек: КРСУ, 2003, с. 229-235.
3. Курдюмова В.М., Мастиленко П.П. Арболит на основе отходов сельского хозяйства и золосодержащих вяжущих //Архитектура и строительство: Сб. науч. тр. – Бишкек: КРСУ, 2003, с. 235-240.
4. Мастиленко П.П. Физико-химические процессы минерализации органических наполнителей в органоминеральных композитах //Вестник КГУСТА. Вып. 1(2). Бишкек, 2003, с.76-79.
5. Курдюмова В.М., Мастиленко П.П. Технология и свойства золощелочных арболитовых изделий //Вестник КГУСТА. Вып. 1 (4). Бишкек, 2004, с. 150-155.
6. Тентиев Ж.Т., Курдюмова В.М., Мастиленко П.П., Мамаишвили Н.К. Древесные материалы и изделия для конструкций зданий: Уч. Пособие. Бишкек: Илим, 2004. – 272 с.
7. Мастиленко П.П. Золощелочной арболит на основе местного сырья //Известия вузов. Вып. 8. Бишкек: Илим, 2004, с. 124-128.

*Handwritten signature*



## РЕЗЮМЕ

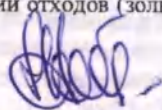
Мастиленко Павел Петрович

## «Технология и свойства золощелочного арболита из местного сырья»

Ключевые слова: арболит, гидратация, адгезия, золощелочное вяжущее, структурообразование, глинозольная суспензия, адсорбция, глауберова соль, диспергирование, аморфизация, гидросиликат.

Работа посвящена разработке ресурсосберегающей технологии получения золощелочного арболита с заданными свойствами с использованием отходов промышленности и сельского хозяйства. Разработан оптимальный состав нового вяжущего, полученного путем активизации низкокальциевой золы высокоосновными добавками и слабощелочными компонентами глауберовой соли. Минерализация органического заполнителя глинозольной суспензией способствует упрочнению контактной зоны, с продуктами твердения золощелочного вяжущего.

На основе золощелочного вяжущего в производственных условиях получен и применен в строительстве теплоизоляционный арболит, составлена технологическая карта. Это позволило расширить номенклатуру строительных материалов в Кыргызской Республике за счет утилизации отходов (золы, соломы) и одновременно улучшить экологическую обстановку.



## КОРУТУНДУ

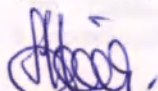
Мастиленко Павел Петрович

## Жергиликтүү чийки заттан жасалган күлщелочтуу арболиттин технологиясы жана касиеттери

Негизги сөздөр: арболит, гидратация, адгезия, күлщелочтуу чапаштыргыч, структуралоо, чопокулдүү суспензия, адсорбция, глаубер тузу, диспергирование, аморфизация, гидросиликат.

Иш өнөр жай жана айыл чарба калдыктарын колдонуп жасалган, алдын ала берилген касиеттери бар күлщелочтуу арболитти жасоонун үнөмдүү технологиясын иштеп чыгууга арналган. Аз кальцийлүү күлдү жогорку негиздүү кошулмалар жана глаубер тузунун алсыз щелочтуу компоненттери менен активдештирүү жолу аркылуу алынган жаңы чапаштыргычтын оптималдуу курамы иштелип чыккан. Органикалык толтургучту чопокулдүү суспензия менен минералдаштыруу контакт зонасын күлщелочтуу чапаштыргычтын катуу заттары менен бекемдөөгө түрткү берет.

Күлщелочтуу чапаштыргычтын негизинде өндүрүш шарттарында жылуулук сактоочу арболит алынган жана курулушта колдонулган, технологиялык карта түзүлгөн. Бул Кыргыз Республикасындагы курулуш материалдарынын номенклатурасын калдыктарды (күл, саман) колдонуу менен кеңейтүүгө жана ошол эле мезгилде экологиялык абалды жакшыртууга мүмкүнчүлүк берди.



## RESUME

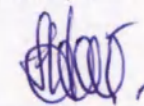
Mastilenko Pavel Petrovich

## Technology and properties of the ash-alkali arbolit made of local raw materials

Keywords: arbolit, aqution, adhesion, ash-alkali binder, structureforming, clay-ash suspension, adsorption, glauber salt, dispergation, amorfing, hydrosilicate.

A work is dedicated to the development of recourse saving technology on production of ash-alkali arbolit with assigned properties by using industrial and agricultural wastes. Optimal composition of the new binder, received after activation of low-calcium ash by higher-basic additives and low-alkaline components of the glauber salt, has been developed. Mineralization of organic filler by clay-ash suspension allows strengthening of contact zone with hardening products of ash-alkaline binder.

Heat-insulating arbolit, based on of ash-alkaline binder, is produced in industrial conditions and has been used in construction, a technological scheme is worked out. It allowed widening the building materials' nomenclature in the Kyrgyz Republic by utilizing of wastes (ash, straw) and at the same time it allowed improvement of the ecological situation.



**Мастиленко Павел Петрович**

**ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ЗОЛОЩЕЛОЧНОГО АРБОЛИТА  
ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Редактор С.Е. Аксененко

Подписано в печать 7.02.2005 г.  
Формат 60 x 84 1/16. Объем 0,8 уч.-изд. л.  
Печать офсетная. Бумага газетная.  
Тираж 100 экз. Заказ 1042

---

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б  
Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры