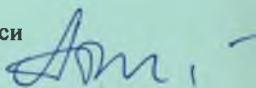


2009-73

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н.Исанова**

Диссертационный совет Д 05.07.361

На правах рукописи
УДК 666.941



АБЫЛОВ САЙДУЛЛА АБДИЛ АЛИШЕРОВИЧ

**БЕЗОБЖИГОВЫЕ КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНО-ВОЛЛАСТОНИТОВОЙ
КОМПОЗИЦИИ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

БИШКЕК — 2009

Диссертационная работа выполнена в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова на кафедре «Производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций».

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Абдыкалыков А.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Тулемышев М.Ш.

кандидат технических наук,
Иманалиева Д.А.

Ведущая организация: ТОО «НИИСТРОМПРОЕКТ»
Республика Казахстан, Алматы

Защита состоится « 20 » июня 2009 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.07.361 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) по адресу: 720020, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34-б, ауд. 1/101. Тел./факс: 996 312 545136

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

Автореферат разослан « 16 » мая 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

 Ильченко Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Одним из путей повышения эффективности строительства в Кыргызской Республике и развития строительной индустрии в целом являются максимальное использование местных сырьевых ресурсов, разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий в производстве строительных материалов и изделий.

За последние годы в структуре жилищного строительства в нашей республике произошел значительный сдвиг от индустриального многоэтажного строительства к строительству малоэтажных индивидуальных жилых домов.

Структурный сдвиг в жилищном строительстве отрицательно сказывается на обеспеченности этого сектора строительными материалами и, в первую очередь, материалами для устройства кровли.

Крыша - один из главнейших элементов здания, защищающих от атмосферных воздействий конструкцию и его обитателей. Часто роль крыши не ограничивается защитными функциями: она оказывается важным декоративным элементом здания.

Материалы, используемые для устройства кровли современного дома, должны соответствовать требованиям: долговечность не менее 25 лет; высокая огнестойкость; стойкость к агрессивным средам; высокие декоративные качества (широкий ассортимент по цвету, размерам, конфигурации); небольшие затраты на устройство и эксплуатацию кровли, высокая механическая прочность в сочетании с легкостью; возможность повторного использования материала.

Этим требованиям в должной мере отвечает черепица.

Черепичные кровли имеют большие преимущества по сравнению с железными и мягкими кровлями, асбестовым шифером. Они отличаются огнестойкостью и долговечностью. Кроме того, черепица является экологически благоприятной для окружающей среды и придает своеобразие архитектуре города. Черепичная кровля сокращает затраты на ремонт зданий.

Керамическая черепица имеет высокую стоимость из-за энергоемкой технологии производства, а цементно-песчаная черепица не нашла широкого применения ввиду повышенного расхода цемента при изготовлении, повышенной массы и хрупкости.

В связи с вышеизложенным вопрос создания новых качественных безобжиговых кровельных материалов является актуальной проблемой.

Цель работы: разработка технологии безобжиговой черепицы с улучшенными эксплуатационными характеристиками из местного сырья.

Задачи исследования:

1. Разработать рациональные составы композиционных вяжущих с использованием в качестве наполнителей золы и некондиционных воластонитсодержащих пород для производства безобжиговой черепицы.

2. Исследовать влияние дефеката (отхода сахарного производства) на процесс измельчения и механо-химическую активацию зольной составляющей вяжущего для безобжиговой черепицы.

3. Исследовать влияние дисперсности волластонитовой породы на свойства безобжиговой черепицы и особенности структурообразования мелкозернистых смесей для безобжиговой черепицы на основе цементно-золотолластонитовых композиций.

4. Оптимизировать составы сырьевых смесей для безобжиговой черепицы методом математического планирования эксперимента.

5. Исследовать физико-механические свойства безобжиговой черепицы, полученной на основе разработанных смесей.

6. Разработать окрашивающие составы из местного сырья и технологию изготовления безобжиговой черепицы.

7. Внедрить полученные результаты исследования в производство и рассчитать технико-экономическую эффективность.

Научная новизна:

- впервые на основе экспериментально-теоретических исследований разработаны композиционные малоклинкерные вяжущие вещества с использованием в качестве наполнителя тонкоизмельченных некондиционных волластонитовых пород совместно с золой;

- установлено, что дефека́т (отход сахарного производства) в процессе измельчения низкокальциевой золы, способствует ее активации за счет содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{CaO}_{\text{св}}$, интенсифицирует процесс измельчения и оказывает пластифицирующее действие на конечный продукт за счет лигнина (15,8 %), содержащегося в дефека́те.

- комплексом физико-химических исследований установлено, что свойства цементно-золо-волластонитового камня обусловлены структурными особенностями частиц волластонита, играющих армирующую роль, и активацией золы в процессе измельчения, что является предпосылкой глубины протекания гидратации с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция;

- выявлено, что химико-минералогическое средство волластонита с клинкерными минералами и кальцит, присутствующий в волластонитовой породе, способствуют упрочнению контактной зоны элементов цементного камня за счет образования гидрокарбоалюминатов кальция, характеризующихся высокой адгезией.

Достоверность результатов работы обусловлена и подтверждается использованием современных методов физико-химического исследования, метода экспериментально-статистического моделирования и сопоставлением полученных результатов с опытными данными других авторов.

Значение исследований для науки и практики заключается в том, что результаты работы являются новым этапом развития и совершенствования производства и применения в строительстве кровельных материалов.

Разработанные водостойкие и долговечные безобжиговые изделия с наполнителями из местных волластонитосодержащих пород и золы позволяют использовать их для кровли малоэтажных гражданских зданий, придавая своеобразие архитектуре современного градостроительства; получены новые результаты, устанавливающие закономерности структурообразования

малоклинкерных композиционных вяжущих при использовании в качестве наполнителя материалов природного происхождения - волластонитосодержащих пород и отходов энергетической промышленности.

Разработаны рациональные режимы изготовления изделий с наполнителями из мелкозернистых смесей на основе композиционных малоклинкерных вяжущих, обеспечивающие улучшенные эксплуатационные свойства.

Результаты исследования позволяют расширить сырьевую базу и номенклатуру кровельных материалов, что решает вопросы импортозамещения.

Научные положения и результаты, выносимые на защиту:

- рациональные составы цементно-золо-волластонитовых композиций, характеризующиеся повышенной прочностью и водостойкостью;

- физико-химические особенности структурообразования малоклинкерных композиционных вяжущих с наполнителями различного генезиса и химико-минералогического состава;

- технология производства безобжиговой черепицы методом прессования;

- разработанные составы силикатных окрашивающих масс с применением местных сырьевых материалов и отходов производства, повышенная адгезионная прочность которых с окрашивающей бетонной поверхностью связана с использованием комплексных связующих, состоящих из органо-минеральных составляющих (жидкое натриевое стекло и отход сахарного производства, содержащий до 15,8 % лигнина).

Личный вклад соискателя. Проведением экспериментально-теоретических исследований разработан состав композиционных смесей из отходов промышленности и природных материалов для безобжиговой черепицы, исследованы особенности структурообразования композитов комплексом физико-химических методов, разработана технология производства безобжиговой черепицы.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на международных, республиканских, межвузовских научно-технических конференциях, семинарах, форумах: международной научно-технической конференции КГУСТА «Современное состояние и перспективы развития строительной науки» (Бишкек, 2000); международной научно-технической конференции КГУСТА, посвященной 45-летию образования строительного факультета ФПИ «Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века» (Бишкек, 2000); республиканской научно-технической конференции КНИИП строительства «Проблемы строительной отрасли и пути их решения» (Бишкек, 2001), Научно-технической конференции по вопросу развития малых городов и п.г.т. (Токмок, 2001); 7-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и студентов, посвященной 10-летию КГУСТА (Бишкек, 2002); Научно-технической конференции посвященной проблемам и перспективам развития химии и химических технологий в Кыргызстане (Бишкек, 2003); Научно-технической конференции профессорско-

преподавательского состава и студентов КГУСТА, посвященной проблемам проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений в горной местности (Бишкек, 2004); Научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и студентов, КГУСТА (Бишкек, 2009); 7-м научном семинаре кафедры «Строительные инженерные системы» Института строительства и архитектуры КазНТУ им. К.И. Сатпаева (Алматы, 2009).

Образцы безобжиговой черепицы, полученные по разработанной технологии, выставлялись на стендах выставки, посвященной I съезду инженеров (Бишкек, 2002); выставке, посвященной 2200-летию кыргызской государственности в инновационном центре «Инновация» (Бишкек, 2003); выставке достижений науки и техники в выставочном комплексе «Интеллектуальные ресурсы -2004» (Бишкек, 2004) и др.

Результаты исследований подтверждены лабораторными и производственными испытаниями, которые проводятся в рамках «Государственной комплексной программы развития науки и техники и новых технологий в КР» (раздел «Строительство и стройиндустрия») и по плановой научно-исследовательской тематике кафедры «Технология и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций» КГУСТА. По результатам диссертационной работы опубликованы научные статьи, выпущены методические указания для выполнения лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов.

Внедрение результатов исследований. Основные научные положения и результаты исследований по разработке безобжиговой черепицы на основе малоклинкерных композиционных вяжущих с наполнителями различного генезиса внедрены в производство в ССПП ОАО «Кыргызалтын», г. Бишкек, а также использованы вышеуказанной организацией при устройстве кровли коттеджей на объектах ГП «Кыргызалтын» в с.Бостери Иссык-Кульского района. Разработаны технологическая карта и технические условия на производство безобжиговой черепицы с неорганическими наполнителями природного происхождения и отходов производства.

Потенциальными потребителями результатов работы могут быть научные и инженерно-технические работники, проектировщики, научно-исследовательские институты, предприятия стройиндустрии, строительные организации и ведомства по организации строительства.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 8 научных трудов, в том числе 1 монография, 1 патент на изобретение (№733 от 30.11.2004 г., Кыргызпатент) с положительным решением, в которых отражены основные результаты, изложенные в диссертации.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и приложений. Текстовая часть изложена на 143 страницах. В диссертации содержатся 23 таблицы, 19 рисунков, список литературы насчитывает 137 наименований, в т.ч. 6 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает и научно обосновывает актуальность и перспективность организации производства безобжиговой черепицы из местного сырья. Сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и направления практической реализации результатов исследований.

Первая глава работы посвящена литературному обзору по назначению, выпуску и применению современных кровельных материалов, рассмотрены их преимущества и недостатки, из которых выявлено, что наиболее приемлемым в области технологичности и декоративных качеств в современном градостроительстве является безобжиговая черепица, эксплуатационные свойства которой зависят от структуры затвердевшего камня. Поэтому проведен анализ процессов структурообразования цементных композитов, содержащих различные добавки.

Изучению процессов структурообразования цементных композитов посвящены работы многих зарубежных и отечественных ученых (Ю.М. Баженов, В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.А. Вознесенский, С.М. Байболов, В.З. Абдрахимов, И.И. Мороз, С.А. Оганесян, И.Н. Ушакова, С.Г. Караханиди, А.А. Абдыкалыков, В.М. Хрулев, А.А. Магдалин и др.) которыми рассматривались особенности процессов структурообразования в зависимости от химико-минералогического состава, количества и активности наполнителей. Однако в литературных источниках отсутствуют данные по совместному использованию волластонито-зольных наполнителей. Поэтому рассмотрены перспективы использования отходов промышленности и волластонитовых пород в производстве безобжиговых строительных материалов, обоснована возможность их применения при организации выпуска безобжиговой черепицы.

Во второй главе приведены результаты комплексного исследования применяемых сырьевых материалов (химический и минералогический составы, физико-механические характеристики) и методы исследований.

В работе были использованы портландцемент М400 КЦШК (ГОСТ 10178-85), зола БТЭЦ, охристая глина Тоссорского месторождения, пиритные огарки, бой керамического кирпича, известковый отход сахарного производства, жидкое натриевое стекло.

А также впервые была использована волластонитовая порода Макмальского месторождения, которая в промышленных масштабах не разрабатывается. Порода характеризуется низким содержанием волластонита, (32,54 %), содержание других минералов составляет: кальцита – 54,16 %, кварца – 3,2 %, магнезита - 4,06 %, полевого шпата - 6,23 %, поэтому обогащение ее для извлечения волластонитового концентрата неэффективно. Минералогический состав породы, химическое сродство волластонита с клинкерными минералами, игольчатая структура и белизна (низкое содержание красящих оксидов Fe_2O_3 - 0,79 %) являются обоснованием для использования ее в качестве наполнителя для композиционных цементов.

В качестве наполнителя в композиционные цементы используется зола БТЭЦ, которая характеризуется отсутствием свободного СаО и алюминатным

составом. Наличие в химическом составе золы СаО обусловлено содержанием кальцита, кроме того, в ней содержатся кварц, полевой шпат, доломит, а также выделившиеся из расплава C_2S , Са, муллит, аморфизированное глинистое вещество. Активность золы составляет 34-36 мг СаО на 1 г добавки.

Для активации золы использовался дефекат (отход сахарного производства) который представлен содержанием $CaCO_3 \cdot 6H_2O$; $Ca(OH)_2$; $CaO_{св}$ (80-82 %) и органическими составляющими (15,8 %) лигнина.

В качестве пигмента использованы местные охристые глины, пиритные огарки и кирпичный бой, а в качестве связующего в окрашивающих составах – жидкое натриево-стекло совместно с дефекатом.

Физико-химические исследования выполнены с использованием рентгенофазового, дифференциально-термического и ИКС методов анализа. Физико-механические испытания сырьевых материалов и безобжиговой черепицы проведены с использованием стандартных методов согласно действующей технической документации.

Оптимизация рецептурно-технологических факторов получения безобжиговой черепицы проводилась с использованием метода экспериментально - статистического моделирования.

Третья глава посвящена разработке композиционных вяжущих и сырьевых смесей для безобжиговой черепицы, оптимизации состава смеси методом экспериментально - статистического моделирования и исследованию влияния окрашивающих добавок и способов твердения на физико-механические свойства готовых изделий.

Использование чистого портландцемента для получения безобжиговой черепицы не оправдано, ввиду его дефицитности, высокой стоимости, и кровельные изделия на его основе характеризуются повышенной массой, что не соответствует требованиям ГОСТ. Весьма приоритетным направлением в области вяжущих является использование малоклинкерных минерально-шлаковых вяжущих с использованием тонкоизмельченных горных пород.

Поэтому в данной работе нами разрабатывались малоклинкерные золоминеральные вяжущие с использованием в качестве наполнителя золы и волластонита.

Зола характеризуется невысокой насыпной и истинной плотностью, и использование ее в составе сырьевой смеси безобжиговой черепицы будет способствовать некоторому снижению массы изделий.

Отличительная особенность золы БТЭЦ – это то, что в ней практически отсутствует свободная известь, и она самостоятельно не обладает вяжущими свойствами. Активация золы достигается путем помола с добавкой отхода сахарного производства (1,5-5 %), который содержит свыше 80 % $CaCO_3 \cdot 6H_2O$, $Ca(OH)_2$, $CaO_{св}$, что обуславливает химическую активацию золы. А наличие лигнина в добавке (15,8 %) способствует повышению эффективности измельчения золы, так как лигнин, обладая развитой внутренней поверхностью, сорбируется на образующихся новых поверхностях, создавая пленки на поверхности. При этом уменьшается площадь и число контактов между частицами, что предупреждает их налипание и агрегирование.

Активацию золы подтверждают результаты прочности образцов из нее содержащих 1,5-5 % дефеката, которая составляет 14,8-15,5 МПа в 28 - суточном возрасте. Активация золы портландцементом протекает более эффективно. Прочность образцов из механоактивированной золы, содержащей 5-15 % портландцемента, характеризуется более высокими значениями (18,6-20,04 МПа). Наибольший эффект достигается при совместном воздействии 5 % портландцемента с 1,5-5 % отхода сахарного производства. Прочность образцов достигает 24,3-24,6 МПа.

Таким образом, механо-химическая активация низкокальциевой золы с добавкой кальцийсодержащих отходов (1,5-5 %) и 5 % портландцемента способствует получению низкомарочных вяжущих М200, что имеет практическое значение в строительстве для замены дорогостоящего портландцемента в кладочных, штукатурных работах и при производстве изделий для неответственных сооружений.

С другой стороны, нами были исследованы цементы с содержанием механоактивированной золы в пределах 15-50 %.

При добавке до 30 % механоактивированной золы прочность цемента остается в пределах марочной (39,9 МПа); с увеличением золы до 50 % прочность цемента снижается до 36,9 МПа.

Термообработка золонаполненных цементов, содержащих 15-50 % механоактивированной золы, способствует повышению прочности образцов в пределах 42,5-36,9 МПа.

Однако для получения кровельных материалов необходимо придать изделиям более высокую прочность на изгиб и водонепроницаемость, поэтому в составе масс для безобжиговой черепицы был использован волластонит, структурные особенности которого и химико-минералогическое сродство с цементными минералами являются обоснованием его применения.

Поскольку в работе впервые используется волластонитовая порода с малым содержанием волластонита (32,54 %), высоким содержанием кальцита (54,16 %) а также других минералов (свыше 10 %), то мы исследовали влияние указанной породы на свойства портландцемента.

Установлено, что при добавке волластонитовой породы до 30-40 % водопотребность цемента изменяется незначительно (26,5-26,6 %). Частицы волластонита оказывают пластифицирующее влияние, а также они обладают отчетливо выраженными адсорбционными и структурообразующими свойствами, ликвидируют усадочные деформации и повышают прочность на изгиб и сжатие строительных смесей ($R_{изг}=7,7-6,4$ МПа; $R_{сж}=40,0-38,9$ МПа). Повышению прочностных характеристик способствует и кальцит, содержащийся в породе.

Установлено, что использование волластонитосодержащих пород до 40 % обуславливает получение вяжущих в пределах указанной марки. Причем цементно-волластонитовые композиции с максимальным диаметром волластонита 0,125 мм характеризуются более высокими значениями на изгиб (10,2-10,58 МПа).

Для безобжиговых кровельных изделий использовались цементно-воллстонитовые композиции, состав и свойства которых оптимизировались методом математического планирования эксперимента.

Реализован двухфакторный эксперимент и выбраны критерии оптимизации. В качестве варьируемых факторов служили: волластонит x_1 – 30-50 %, зола x_2 – 30-40 %, цемент – остальное. Кровельный материал считается удовлетворительным, если прочность на изгиб в 28-суточном возрасте составляет ≥ 6 МПа. Выходными параметрами в данной работе были взяты также прочность в 14 суток, средняя плотность в сухом и водонасыщенном состоянии ρ_c и ρ_w ($г/см^3$).

По результатам двухфакторного эксперимента были получены экспериментально-статистические модели исследуемых свойств: средней плотности в сухом состоянии $\gamma_1(\rho_c)$ (1), средней плотности в водонасыщенном состоянии $\gamma_2(\rho_w)$ (2), прочности на изгиб в 14-суточном возрасте $\gamma_3(R_{изг}^{14})$ (3) и прочности на изгиб в 28-суточном возрасте $\gamma_4(R_{изг}^{28})$ (4). По этим моделям видно, что зола и молотый волластонит незначительно снижают среднюю плотность (1, 2), линейные коэффициенты имеют отрицательный знак. Модели (3, 4) прочности на изгиб показали, что при одновременном повышении содержания золы и волластонита прочность на изгиб снижается незначительно.

$$\gamma_1(\rho_c) = 1,467 - 0,04x_1 - 0,025x_1^2 - 0,087x_2 - 0,03x_2^2 + 0,025x_1x_2 \quad (1)$$

$$\gamma_2(\rho_w) = 1,87 - 0,025x_1 - 0,04x_1^2 - 0,075x_2 - 0,04x_2^2 + 0,013x_1x_2 \quad (2)$$

$$\gamma_3(R_{изг}^{14}) = 8,55 - 0,95x_1 - 0,058x_1^2 - 1,17x_2 - 1,22x_2^2 + 0,475x_1x_2 \quad (3)$$

$$\gamma_4(R_{изг}^{28}) = 9,71 - 1,62x_1 - 0,4x_1^2 - 1,57x_2 - 0,35x_2^2 + 0,615x_1x_2 \quad (4)$$

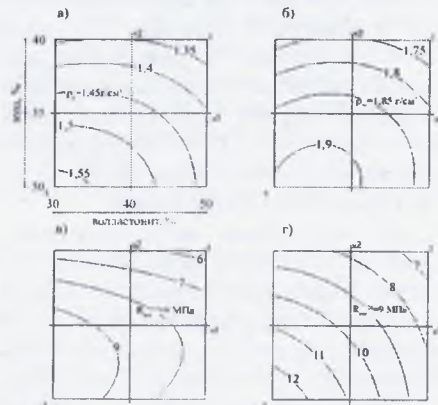


Рис. 1. Изолинии свойств безобжигового кровельного материала:
 а) средней плотности в сухом состоянии $\gamma_1(\rho_c) = f(x_1, x_2)$;
 б) водонасыщении $\gamma_2(\rho_w) = f(x_1, x_2)$;
 в) прочность на изгиб в 14 - суточном возрасте $\gamma_3(R_{изг}^{14}) = f(x_1, x_2)$;
 г) в 28 - суточном возрасте $\gamma_4(R_{изг}^{28}) = f(x_1, x_2)$

Для решения технико-экономической задачи наиболее оптимальным становится состав с минимальным содержанием цемента 10 %, золы 40 %, волластонита 50 %.

Введение в состав смесей окрашивающих добавок (10-15 %) различного происхождения (пиритные огарки, кирпичный бой, охристые глины) способствует некоторому повышению прочности ($R_{сж} = 28,0$ МПа, $R_{изг} = 10,7$ МПа) и объемному окрашиванию в темнокоричневый цвет. При необходимости требуется дополнительная обработка для придания определенного калора.

Четвертая глава посвящена исследованию физико-механических и эксплуатационных характеристик безобжиговой черепицы и исследованию структурообразования мелкокристаллических композиционных смесей при комплексом физико-химических методов: ДТА, ИКС и рентгенографический анализ.

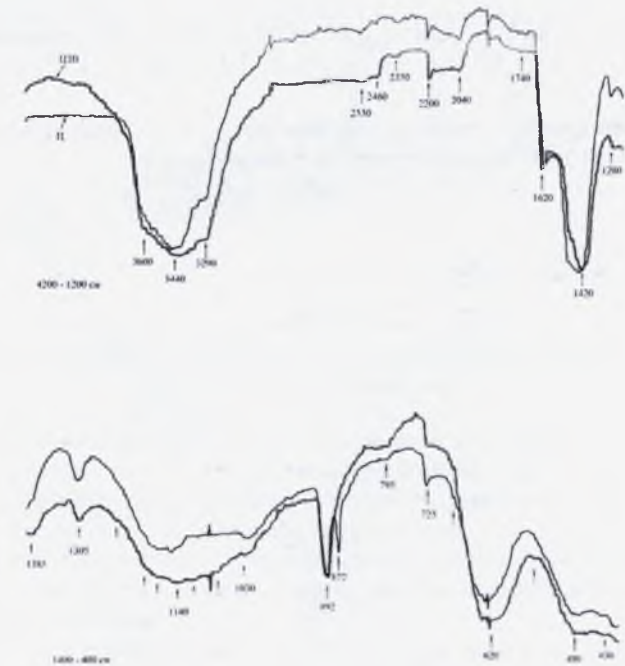


Рис.2. Спектроскопический анализ продуктов гидратации цементно-золо-воллстонитовой композиции

Физико-механические характеристики безобжиговой черепицы приведены в табл.1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики безобжиговой черепицы

Размеры черепицы, мм	m _w , кг	Масса после сушки		R _{изг.} МПа	Масса 1 м ² покрытия, в кг	Мрз	Водонепроницаемость
		m ₁ , в суш. шкафу	m ₂ в естест. услов.				
419x330x12,1	4,356	3,75	3,84	13,6	38,4	25	Водонепроницаема
420,5x331x12,8	4,364	3,75	3,82	13,7	38,2	25	Водонепроницаема
421x330,5x13	4,368	3,73	3,80	13,6	39,0	25	Водонепроницаема

Приведенные данные показывают, что полученная черепица соответствует требованиям технической документации.

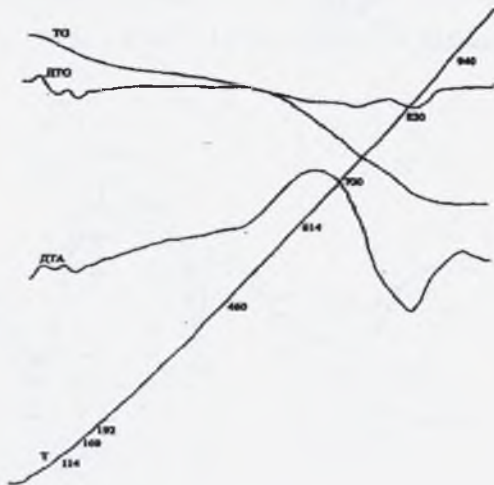


Рис.3. ДТА продуктов гидратации цементно-золо-воластонитовой композиции

Комплексом физико-химических исследований цементно-золо-воластонитового камня установлено образование тоберморитоподобной группы гидросиликатов кальция, характеризующихся повышенной плотностью и прочностью. Выявлено остаточное содержание кальцита, одного из составляющих минералов воластонитсодержащей породы, который также придает упрочняющий эффект. Причем он связан с продуктами новообразований гидрокарбоалюминатом кальция, которому характерна высокая адгезия. Обнаружено, что образование гидросиликатов кальция происходит и на основе воластонита с присоединением молекул воды.

Результаты исследований приведены на ДТА и дифрактограмме (рис.3, 4).

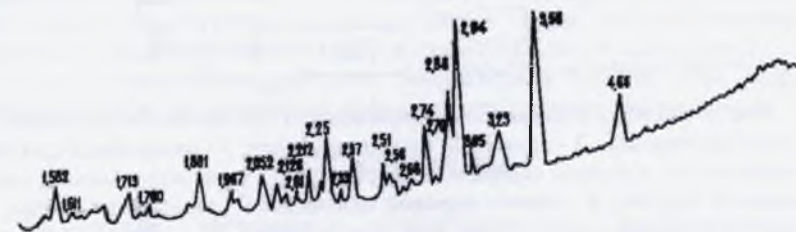


Рис.4. Рентгенофазовый анализ продуктов гидратации цементно-золо-воластонитовой композиции

Для придания декоративности и повышения водостойкости полученных изделий были разработаны составы силикатной краски на основе местных материалов. В качестве связующего использовались жидкое натриевое стекло совместно с дефекатом (отход сахарного производства).

В качестве наполнителя в окрашивающие составы была использована тонкоизмельченная воластонитовая порода, характеризующаяся повышенной адгезионной способностью.

В качестве пигмента были использованы местные охристые глины, пиритные огарки и кирпичный бой, которые способствуют получению изделий различной тональности.

Силикатная краска характеризуется укрывистостью 450-500 г/см², временем высыхания – 6 ч, вязкостью по ВЗ – 246 – 14-16 с.

На основании проведенных экспериментально-теоретических исследований разработана технология изготовления безобжиговой черепицы на основе местного сырья.

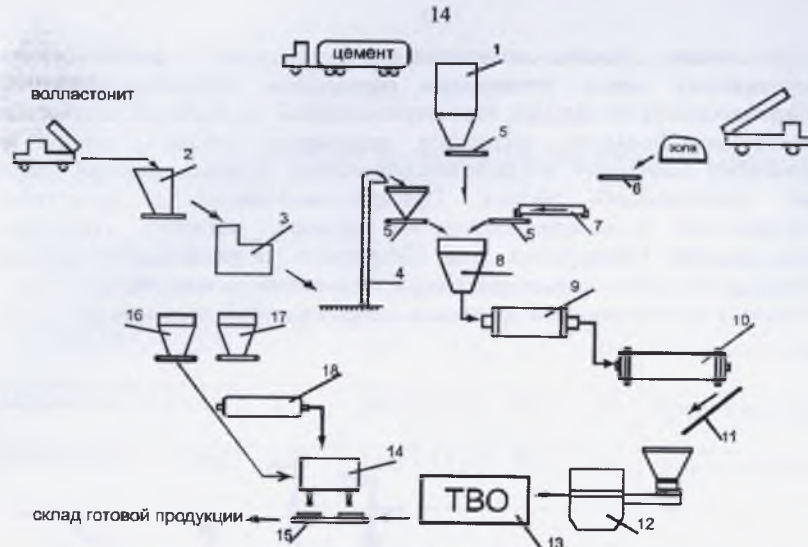


Рис. 5. Технологическая схема производства безобжиговой черепицы: 1 - силос для цемента; 2 - приемный бункер дробилки; 3 - молотковая дробилка; 4 - элеватор; 5 - дозаторы сырьевых материалов; 6 - шнек для подачи золы; 7 - сушильный барабан; 8 - бункер шаровой мельницы; 9 - шаровая мельница; 10 - стержневой смеситель; 11 - шнек для подачи смеси; 12 - пресс; 13 - камера ТВО; 14 - краскораспылитель; 15 - транспортер готовых изделий; 16 - бункер для жидкого натриевого стекла; 17 - бункер для волластонита и пигмента; 18 - шаровая мельница.

В пятой главе приведены результаты проведения опытно-промышленных испытаний и их технико-экономические показатели.

Промышленная апробация рекомендуемых составов безобжиговой черепицы по разработанной технологии была проведена в условиях производства ССПП ОАО «Кыргызалтын» выпуском опытной партии франкфуртской гладкой черепицы размером 420x330x13 мм на установке действующей на предприятии.

В качестве сырьевых материалов были использованы портландцемент М400–Д20; зола БТЭЦ; измельченная волластонитовая порода Макмальского месторождения.

За базовый был принят разработанный в лабораторных условиях состав, %: цемент - 25; зола - 25; волластонит - 50%.

Формование образцов черепицы производилось путем регулирования толщины полученных образцов (13 мм). Через сутки после формования образцы подвергались тепловлажностной обработке в пропарочной камере предприятия по режиму 2-8-2 при температуре 75-80 °С.

Испытание образцов производилось путем отбора требуемого по ГОСТ количества изделий.

Средняя масса во влажном состоянии составляет $m=4,355$ кг. После сушки образцов при температуре 60 °С в сушильном шкафу в течении 6 часов она составляет 3,85 кг. Средняя масса, высушенная в естественных условиях, $m=3,88$ кг. Масса 1 м² составляет 38,6 кг. Были проведены испытания пропаренных образцов через 28 суток твердения.

$$R_{изг} = 3PL/2bh^2 = 3 \cdot 1500 \cdot 300 / (2 \cdot 300 \cdot (13)^2) = 12,1 \text{ МПа.}$$

Средняя масса одной черепицы в насыщенном водой состоянии $m=4,4156$ кг; 1 м² = 10 шт., следовательно масса 1 м² черепицы равна $m=44,16$ кг. Черепица выдержала испытания на водонепроницаемость. Морозостойкость определялась по ГОСТ 7025 и выдержала 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Выпущенная в промышленных условиях ССПП ОАО «Кыргызалтын» безобжиговая черепица по своим эксплуатационным характеристикам соответствует требованиям ТУ 575620-001-00824646-99 (акт 1) и была использована этой организацией при устройстве кровли жилых коттеджей на объектах ГП «Кыргызалтын» в с.Бостери Иссык-Кульского района (акт 2).

При организации производства безобжиговой черепицы при условии выпуска 100000 м² экономическая эффективность составит 760 тыс.сомов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная задача в области строительных материалов и изделий разработкой более совершенной технологии производства безобжиговой черепицы с использованием местного сырья.

При этом получены следующие выводы:

1. Впервые разработана технология получения безобжиговой черепицы с использованием некондиционной волластонитовой породы (содержание CaO·SiO₂ - 30-40 %) и отходов промышленности.

2. Разработан состав сырьевой смеси для изготовления безобжиговых кровельных материалов, включающая цемент, золу, волластонит, которая была запатентована как новая строительная смесь для производства строительных изделий (изобретение № 733 от 30.10.2004 г.).

3. Методом экспериментально-статистического моделирования оптимизированы составы композиционных малоклинкерных вяжущих материалов (цемента - 10-25 %; золы - 40-45 %; волластонита-40-50 %), характеризующихся повышенной прочностью на изгиб (8,09-12,4 МПа), невысокой плотностью ($\rho_{cp}=1,3-1,4$ кг/м³), которые могут быть использованы для конструкций с повышенными требованиями на разрыв.

4. Установлено, что механо-химическая активация низкокальциевых зол достигается при использовании отхода сахарного производства, который вследствие содержания свыше 80 % Ca(OH)₂, CaO_{св} и 15,8 % лигнина, является интенсификатором помола и активатором твердения золы, на основе которой

могут быть получены высоконаполненные цементы (до 50 % золы) при незначительном снижении марочной прочности (до 10 %).

5. Выявлено, что использование в составе сырьевых смесей волластонита, обладающего химико-минералогическим сродством к клинкерным минералам портландцемента, ввиду особенностей структуры и химико-минералогического состава, способствует повышению качественных и эксплуатационных характеристик безобжиговой черепицы и снижению расхода цемента, что обусловлено активным участием его в процессе структурообразования, так как он играет армирующую роль в этих композициях с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция CSH(B), обеспечивая повышенные прочностные показатели на изгиб. Установлена возможность получения безобжиговой черепицы на основе цементно-зольно-волластонитовой композиции, обладающей высокими эксплуатационными характеристиками ($R_{изг}=8,01-10,34$ МПа, Мрз-25-30 циклов, водонепроницаемая).

6. Установлено, что использование игольчатых кристаллов волластонита (фракции 0,125 мм) способствует большей консолидации смеси за счет пластифицирующего действия на смесь; существенно повышает сопротивляемость изделий изгибающим (растягивающим) нагрузкам. Мелкие фракции волластонита, обладая также адсорбционными и структурообразующими свойствами, способствуют повышению прочности на сжатие, а замена части дорогостоящего цемента золой, которая является отходом промышленности, способствует снижению себестоимости продукции и попутному решению экологической проблемы.

7. На основе местных материалов разработаны силикатные окрашивающие составы, где в качестве наполнителя использована тонкоизмельченная волластонитовая порода, пигмента – охристые глины, кирпичный бой и пиритные огарки и комбинированного связующего - натриевого жидкое стекло совместно с отходом сахарного производства для окрашивания кровельных материалов, которые характеризуются повышенной укрывистостью (500 г/м^2), светостойкостью, щелочестойкостью, атмосферостойкостью и высокой адгезионной прочностью.

8. Результаты проведенных опытно-промышленных испытаний показали, что на основе местных сырьевых материалов получена безобжиговая черепица, отвечающая всем требованиям действующей технической документации (ТУ575620-001-00824646.99 Технические условия. Цементно-песчаная черепица). В условиях ССПП ОАО «Кыргызалтын» выпущена партия безобжиговой черепицы (акт 1) и использована при устройстве кровли коттеджей в с.Бостери Иссык-Кульского района (акт 2).

9. Расчет экономической эффективности производства безобжиговой черепицы и сравнительный анализ показали, что достигнуто значительное снижение себестоимости изделий, производимых по предлагаемой технологии и экономический эффект при внедрении новой технологии и выпуска 100000 м^2 черепицы составил 760000 сомов.

Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах

1. **Абылов С.А.** Оптимизация рецептуры безобжигового кровельного материала // Проблемы и перспективы развития химии и химических технологий, Сборник научных трудов №7 института химии НАН Кыргызской Республики, часть 1. - Б.: Илим, 2003. С.110-114.

2. **Абылов С.А.** Низкомарочные цементы на основе природного сырья и отходов промышленности // Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений в горной местности, Сборник научных трудов №17 КГУСТА. - Б.: КГУСТА, 2004. - С.74-84.

3. **Абылов С.А.** Использование волластонитосодержащих пород в производстве безобжиговых кровельных материалов // Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений в горной местности, Сборник научных трудов №17 КГУСТА. - Б.: КГУСТА, 2004г. - С. 84-92.

4. **Абылов С.А., Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т.** Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий (патент). Изобретение №733. С04 В 28/2. - Б.: Кыргызпатент. - 2004. - 5 с.

5. **Абылов С.А.** Безобжиговая черепица из местного сырья (монография). - Б.: Китеп компани. - 2008. - 96 с.

6. **Абылов С.А.** Получение безобжиговой черепицы в промышленных условиях // Вестник КГУСТА. - Б. - вып. 1 (23) Т. 2. - 2009. - С. 67-72.

7. **Абылов С.А.** Волластонит – как эффективный наполнитель смеси для производства кровельного материала (цементно-песчаной черепицы) // Вестник КГУСТА. - Б. - вып. 1 (23) Т. 2. - 2009. - С. 62-67.

8. **Абылов С.А., Масылканова Б.А.** Производство безобжиговой черепицы из цементно-волластонитовой композиции // Алматы, Вестник Казахской Академии транспорта и коммуникаций (КазАТК). - 2009, № 1. - С. 155-160.