

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. Раззакова**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Б.Н. Ельцина**

Диссертационный совет Д 05.23.664

На правах рукописи
УДК 691.2/.5+666.9(043.3)

БАЙМЕНОВА ГУЛНАЗ РАХИМОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПСОВЫХ
ВЯЖУЩИХ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ**

05.23.05 - строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

БИШКЕК – 2023

Диссертационная работа выполнена на кафедре производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Научный руководитель: **Ассакунова Бубузуура Ташеновна**
кандидат технических наук, профессор,
профессор кафедры производство и экспертиза
строительных материалов, изделий и
конструкций Кыргызского государственного
технического университета им. И. Раззакова

**Официальные
оппоненты:**

Касымова Мариам Тохтахуновна
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры строительства
Кыргызско-Российского Славянского
университета им. Б.Н.Ельцина

Маразыкова Бермет Бейшембаевна
кандидат технических наук, старший
научный сотрудник,
ученый секретарь института химии и
фитотехнологии Национальной академии наук
Кыргызской Республики

Ведущая организация: **Международный университет инновационных технологий**

Адрес: 720048, Кыргызская Республика,
г. Бишкек, ул. Анкара, 1/17.

Защита диссертации состоится 29 мая 2023 г. в 16-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.23.664 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720020, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Малдыбаева 34, б, ауд. 1/101, www.kstu.kg, тел: 0(312) 543561, факс: 0(312) 545162. Идентификационный код онлайн трансляции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/052-cxc-nsq-nbk>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова по адресу: 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66 и Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44 и на сайте www.kstu.kg.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2023 г.

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



Маданбеков Н. Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Современный этап развития страны характеризуется стабильным повышением темпов строительства, где доминирующим является жилищное строительство.

Материалы для жилищного строительства должны обладать требуемыми конструктивными и эксплуатационными характеристиками, экологически и экономически эффективными, изготовленными по ресурсо-энергосберегающей технологии с использованием техногенных продуктов.

Этим требованиям в значительной степени отвечают гипсовые материалы и изделия, которые характеризуются несложной технологией с незначительным расходом топлива и энергии, в 4 и 5 раза меньшим, чем при производстве портландцемента. Сами изделия характеризуются комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, отвечающих требованиям современного строительства: достаточной прочностью, легкостью, повышенными теплозащитными свойствами, огнестойкостью, высокой декоративностью, экологической безопасностью и комфортностью.

По химическому составу гипс нетоксичен, при его переработке в окружающую среду не выделяется CO_2 , поэтому (в отличие от цемента и извести) получаемые из нее вяжущие не являются аллергенами и не вызывают заболевания силикозом.

В Кыргызской Республике в строительстве широко используются гипсовые вяжущие и изделия, ввозимые из ближнего и дальнего зарубежья, хотя имеются предпосылки для развития собственной отрасли гипсовых материалов. Республика располагает значительным запасом гипсового камня и гипсосодержащих материалов. Гипсовые вяжущие и изделия использовались в строительстве древнего зодчества (Шах Фазиль, Бурана).

Для широкомасштабного освоения природных запасов гипсового и гипсосодержащего сырья и в связи с повышением требований к качеству и эффективности гипсовых вяжущих, материалов и изделий, является необходимым более тщательное изучение исходного сырья, технологии его переработки для придания гипсовым изделиям новых свойств.

На территории Кыргызстана имеется более 100 месторождений гипсового сырья, большинство из которых сопровождается прослоями, линзами глин, алевролитов, песчаников, известняков, мергелей. Гипсосодержащие породы, являющиеся смесью мельчайших кристаллов гипса с глинопесчаным и карбонатным материалом, известны под разными названиями: глиногипс, глинокарбонатогипс, и они не нашли промышленного применения. По данной проблеме занимались такие ученые как А.В. Ферронская (1998-2001 гг.), А.В. Волженский (1950-1965 гг.), Ю.М. Бутт (1974-1976 гг.), С.Г. Караханиди (1995-1999 гг.) и др.

В связи с вышеизложенным, исследование особенностей физико-механических свойств гипсового и гипсосодержащего сырья республики, вовлечение их в строительную отрасль является актуальной проблемой.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка ресурсо-энергосберегающей технологии производства безобжиговых гипсовых вяжущих и гипсосодержащих композитов с использованием некондиционного сырья и техногенных отходов производства.

В соответствии с поставленной целью были поставлены и решены следующие задачи:

- разработать энергосберегающую технологию производства безобжиговых гипсовых вяжущих веществ из сырья с высоким содержанием примесей и изучить влияние модифицирующих добавок на физико-механические характеристики гипсового цемента;
- разработать технологию производства композиционных безобжиговых гипсовых вяжущих из техногенного сырья (сульфогипса) и изделий на их основе;
- разработать гипсовые композиты из сульфогипса с использованием в качестве наполнителя зол ТЭЦ и модифицирующих добавок;
- разработать мелкозернистый бетон с использованием в качестве заполнителя топливного шлака и технологию производства стеновых блоков на их основе;
- провести опытно-промышленные внедрение результатов исследования и технико-экономическая оценка выполненной работы.

Научная новизна полученных результатов достигается в результате того, что:

- разработана безобжиговая технология производства гипсового цемента из некондиционного природного гипсосодержащего сырья с высоким содержанием примесей;
- разработана технология получения изделия методом прессования из безобжигового сульфогипса и модифицирующих добавок;
- разработаны зологипсовые композиты на основе сульфогипса, зол ТЭЦ и модифицирующих добавок;
- разработан высокопрочный мелкозернистый бетон на основе зологипсовых вяжущих и топливного шлака.

Практическая значимость полученных результатов: работа является новым этапом развития и совершенствования производства и применения гипсовых материалов и изделий.

Разработанная ресурсосберегающая технология производства безобжиговых гипсовых вяжущих, композиционных безобжиговых изделий из техногенного сырья способствует вовлечению некондиционных материалов и

отходов производства в строительную отрасль, что является решением вопроса энерго- и ресурсосбережения, расширением сырьевой базы и номенклатуры гипсовой продукции.

Вовлечение промышленных отходов (золы, сульфогипс) в производство энергоэффективных стеновых материалов является решением экологических вопросов утилизации отходов, охраны окружающей среды, снижением себестоимости продукции и расширения выпуска экологически чистых материалов для строительства.

Экономическая значимость полученных результатов. Экономический эффект при использовании 10 000 тонн композиционного гипсового вяжущего с использованием топливных отходов при изготовлении 100 000 стеновых блоков прибыль составила 987 000 сом.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту: физико-химические характеристики используемых природных гипсосодержащих и техногенных материалов; результаты физико-механических испытаний модифицированных гипсовых композитов из сырья с высоким содержанием примесей; физико-механические характеристики сульфогипсов и материалов из них, полученные методом прессования; составы гипсовых композитов с использованием зол ТЭЦ и модифицирующих добавок; ресурсо- и энергосберегающая технология экологических и теплоэффективных стеновых изделий на основе композиционных золонаполненных гипсовых вяжущих и заполнителей; разработанная технологическая схема по получению экологически эффективных гипсовых изделий (гипс Г-4, стеновые блоки).

Личный вклад соискателя. Автором сформулированы цель и задачи исследований. Непосредственное участие автора в научно-исследовательских и экспериментальных работах по данной проблеме позволило предложить промышленности энергосберегающую технологию получения нового состава вяжущего из местного сырья для стеновых блоков. С личным участием автора результаты работы внедрены в производство.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований докладывались на международных, республиканских, межвузовских научно-технических конференциях, семинарах, форумах: Международная научно-практическая конференция «Разработка безобжигового гипсового цемента из сырья с высоким содержанием примесей» (Турция, 2017); Республиканская конференция Маргулановских чтений «Модифицированный безобжиговый гипсовый цемент из сырья с высоким содержанием примесей» (Казахстан, 2018); Международная научно-практическая конференция «Малоэнергоемкие стеновые материалы на основе сульфогипса с добавками» (КазГАСА, Казахстан, 2018); Международная конференция Байконуровские чтения «Человеческий капитал – фундаментальная основа развития общества и движущая сила четвертой промышленной революции» (Жезказган, Казахстан,

2018); Международная научно-практическая конференция «Использование гипсосодержащих отходов при обессеривании дымовых газов теплоэнергетических станций» (КазГАСА, Казахстан, 2018); Международная научно-практическая конференция «Гипсозольные композиции» (Москва, Россия, 2019); Международная конференция «Стеновые материалы из гипсозольных композиций» (Душанбе, Таджикистан, 2019).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По диссертации опубликовано 12 научных статей, в том числе в печатных изданиях Кыргызстана – 5, России – 1, Таджикистана – 1, Турции – 1 и Казахстана – 4 (из них 1 - SCOPUS).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 139 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена 151 страницах и включает 58 рисунков и 42 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены актуальность проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна работы, практическая и экономическая значимость полученных результатов, раскрыты положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, апробация результатов исследований, структура и объем диссертации.

В первой главе «Состояние проблемы получения материалов и изделий из гипсосодержащего сырья» отражены перспективы использованная в строительстве гипсовых изделий. Проведен анализ гипсовых пород Кыргызской Республики, аналитический обзор научно-технической и патентной литературы, связанный с производством и способом повышения технико-эксплуатационных характеристик гипсовых вяжущих веществ и изделий на их основе.

Большой вклад в разработку технологических принципов повышения эксплуатационных свойств гипсовых вяжущих и изделий на их основе внесли видные отечественные и зарубежные ученые: П.П. Будников, А.В. Волженский, П.И. Боженков, А.В. Ферронская, Ф.Ф. Алкснис, С.С. Печура, Ю.Г. Мещеряков, А.А. Абдыкалыков, М.Т. Касимова, В.М. Курдюмова, В.И. Соловьев, С.Г. Карахиниди, Б.Т. Ассакунова и др.

Отмечено, что Кыргызская Республика располагает значительными запасами гипсового и гипсосодержащего сырья (глиногипсов и карбонатоглиногипсов), использование которых в производстве гипсовых материалов и изделий расширит сырьевую базу и номенклатуру изделий.

Во второй главе «Характеристика сырьевых материалов. Методы исследования» приведены основные химические, физико-химические и физико-механические характеристики использованных материалов и методика экспериментальных исследований.

Объектом исследования являются гипсовые композиционные вяжущие различного функционального назначения.

Предмет исследования - некондиционные гипсовые породы, золошлаковые отходы, сульфогипс, химические добавки, органические и неорганические наполнители.

Для получения безобжигового гипсового цемента использована гипсосодержащая порода Сарджи-Агачского месторождения с минералогическим составом: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 35,56%, CaSO_4 - 4,38-10,8%, CaCO_3 - 8,5%, MgCO_3 - 9,08%, глинистых минералов – 22,54%, SiO_2 – 6,31%, Na_2SO_4 – 0,01%, MgSO_4 - 0,72, NaCl - 1,45%.

В качестве модифицирующих минеральных добавок использованы: строительная известь, портландцемент, строительный гипс Г-5, топливный шлак, зола-унос, K_2CO_4 , цементная пыль, MgO , MgCl_2 . В качестве химических добавок: суперпластификатор С-3, Glenium115, лимонная кислота, K_2CO_4 . В качестве органического наполнителя ($\rho=210\ldots220 \text{ кг/м}^3$ и пористость 70...80%) и заполнителя: древесные опилки и топливный шлак ($d_{\text{наиб}} - 50\text{-}120\text{мм}$).

В качестве основного компонента для получения безобжигового гипсового вяжущего использовали сульфогипс, который является техногенным отходом Бишкекский ТЭЦ со следующими характеристиками: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 93...95%; CaCO_3 – 1,6...1,7 %; Зола < 3 %, $S_{\text{уд.}}$ -2800...3000 $\text{см}^2/\text{г}$; $\rho_{\text{нас}}$ – 520...530 кг/м^3 ; $\rho_{\text{ист}}$ – 2350...2370 кг/м^3 ; pH - 4,5-9.

При изучении свойств сырья, продуктов гидратации композиционных вяжущих применены физико-механические и физико-химические методы анализа (химический, электронно-микроскопический, ДТА и рентгенофазовый).

Удельная поверхность измельченных материалов определялась ситовым анализом и на приборе ПСХ-2. Оптимизация составов композиционных гипсовых вяжущих проводилась методом ЭСМ.

Третья глава «Разработка безобжиговых гипсовых вяжущих материалов» посвящена разработке технологии получения композиционных безобжиговых гипсовых цемента и модифицированных гипсовых вяжущих из сульфогипса.

Безобжиговый гипсовый цемент получают путем тонкого помола гипсового камня месторождения Сарджи-Агач с высоким содержанием глинистых примесей 22,4% и 18% карбонатов (табл. 1).

Содержание глины в гипсовой породе способствует лучшей пластификации вяжущего. Известно, что глина повышает прочностные характеристики вяжущего при содержании ее до 7%. А содержание карбонатов MgO и CaO будет служить подложкой в процессах кристаллизации вяжущего.

Таблица 1 – Влияние степени измельчения на свойства вяжущего

№ составов	Время помола, час.	Остаток на сите №008, %	Водо-твердое отношение, %	Сроки схватывания, мин.		Плотность гипсового камня, кг/м ³	Прочность при 28 суток, МПа		Водо-поглощение, %
				начало	конец		на изгиб, R _{изг}	на сжатие, R _{сж}	
1	2	18,75	20	92	525	1610	0,78	2,24	5,1
2	3	16,5	20	91	505	1660	1,12	3,36	4,9
3	4	15,2	20	90	500	1720	1,3	3,94	4,3
4	5	15,7	20	67	432	1740	1,84	4,68	4,2
5	1	25,7	20	-	-	1370	0,16	0,48	-

Тонкое измельчение природного гипсосодержащего сырья в течении 1-5 часов в следствие его физико-механической активации в присутствии ПАВ (С-3 - 0,5...0,7%) позволяет увеличить прочность $R_{сж} = 0,48... 4,68$ МПа, $R_{изг} = 0,16...0,78$ МПа и плотность ρ - 1370...1740 кг/м³ безобжигового гипсового цемента, что видно на рисунке 1.

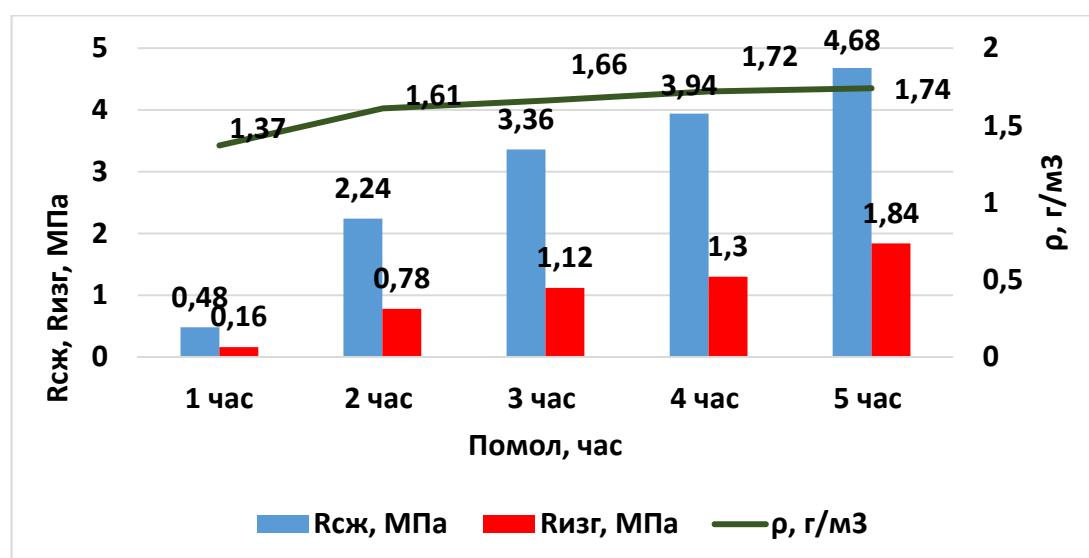


Рисунок 1 - Влияние степени измельчения гипсового камня на прочностные характеристики и плотность безобжигового гипсового цемента

В исследованиях изучено влияние минеральных модифицирующих добавок извести, цемента и топливного шлака на свойства, полученного безобжигового гипсового цемента.

На рисунке 2 видно, что при совместном измельчении гипсового камня с модификатором в виде цемента 10% при В/Т = 20% наблюдается рост прочности образцов $R_{изг}$. от 1,08 до 2,7 МПа и $R_{сж}$. от 2,24 до 8,8 МПа, т.е. почти в 4 раза. Поскольку при взаимодействии C_3A цемента с гипсом образуется этtringит, который обеспечивает повышению прочности вяжущего.

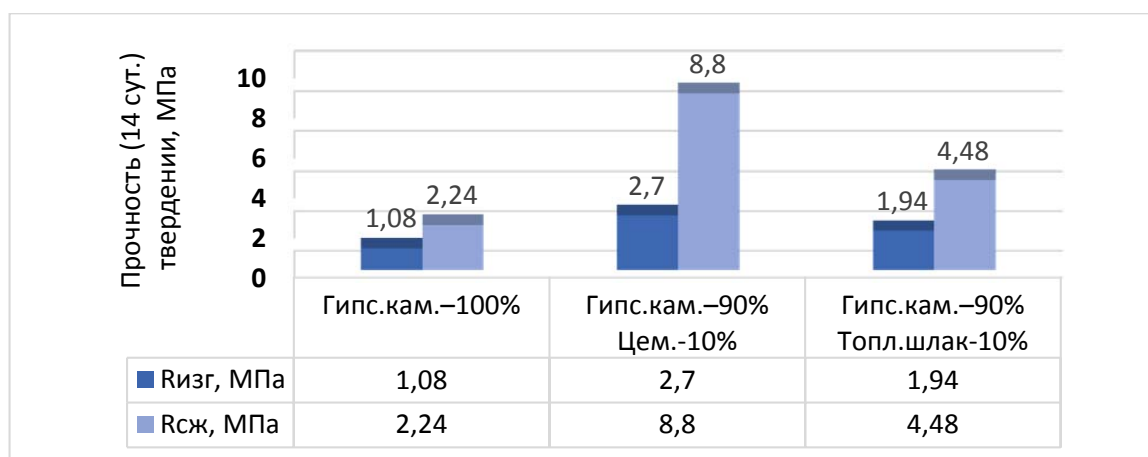


Рисунок 2 - Прочностные характеристики модифицированного безобжигового гипса цементом и топливным шлаком

При модификации топливным шлаком 10% наблюдается рост прочности до 4,48 МПа, что объясняется пуццоланическими свойствами шлака. Кроме того в процессе измельчения происходят процессы перекристаллизации тонкоизмельченного гипса и сульфатная активация шлака с образованием водостойкого гипсового камня.

На следующем этапе исследований изучалась возможность получения гипсовых вяжущих на их основе сульфогипса, который можно отнести к высококачественному гипсовому сырью I сорта.

Технология получения гипсового вяжущего из сульфогипса заключается в сушке исходного сырья для устранения прилипания массы к поверхности мельницы и мелющих тел до влажности 1-2 % и дополнительном измельчении. Полученный продукт характеризовался высокой дисперсностью с остатком на сите №008 – 8...10 %. Водовязущее отношение (В/В) соответствующее тесту нормальной консистенции, подбиралось равное 0,26. При этом плотность гипсового камня составила 1,43 г/см³ и суточная прочность $R_{сж}^{1сут} = 1,2$ МПа. По срокам схватывания материал относится к медленно твердеющим, где наблюдалось начало схватывания через 20 минут и конец 33 минуты. В результате перекристаллизации дигидрата сульфата кальция получен безобжиговый гипс марки Г 2, который может быть использован как штукатурный гипс. Для повышения прочностных характеристик предложен оптимальный режим обжига сульфогипса. При температуре 140 °С прочность вяжущего составила $R_{сж}^{1сут} = 1,2...1,4$ МПа, а при температуре 150 °С уже возрастает до $R_{сж} = 6,2...6,3$ МПа. При наиболее оптимальной температуре обжига 160 °С прочность равна $R_{сж} = 8,2$ МПа, что соответствует марке гипса Г-5 и Г-7.

Для получения безобжиговых гипсовых плит на основе сульфогипса и модификаторов была проведена активация сульфогипса. В качестве модификаторов для вяжущего из сульфогипса использовались добавки: известь (CaO), K₂SO₄, цементная пыль, портландцемент, MgO, Na₂SO₄, MgCl₂·4H₂O, Glenium 115, строительный гипс.

Наиболее эффективной индивидуальной добавкой оказался $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, кристаллы которого образуют дополнительные контакты срастания, заполняют свободные промежутки между кристаллами $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, что повышает механическую прочность кристаллизационной структуры. В результате кристаллизации хлористого магния из раствора и заполнения его кристаллами пор в гипсовом камне прочность высушенных образцов из него возрастает.

Для снижения водопотребности смеси до 25 % в состав вводится Glenium 115 (0,7 %), который оказывает пластифицирующее действие, а упрочнение образцов из необожженного сульфогипса достигается совместным использованием сульфогипса со строительным гипсом, что отображено на рисунке 3.

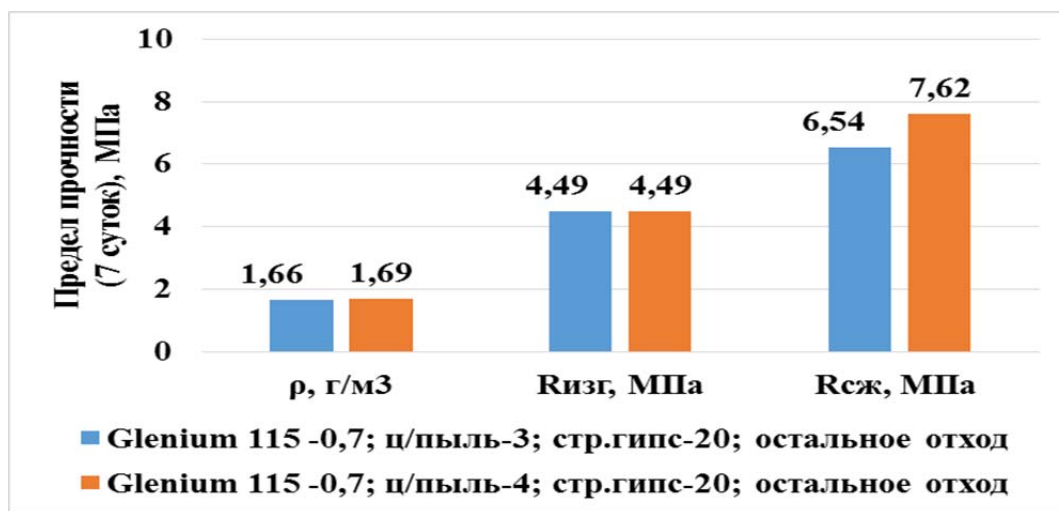


Рисунок 3 - Модифицирование сульфогипса комбинированной добавкой

Одним из эффективных технологических приемов при получении высокопрочных гипсовых изделий на основе низкомарочных вяжущих веществ является метод прессования, что обеспечивает прочную и плотную структуру искусственного камня.

Поэтому следующий этап модификации сульфогипса сочетался с его прессованием, что обуславливает сближение частиц и формированию кристаллов в местах контакта. Наличие в вяжущем двуводного гипса (сульфогипса) способствует интенсификации кристаллизации, поскольку они являются зародышами кристаллообразования.

В таблице 2 рассмотрены результаты испытаний вяжущих, где видно, что при введении в него 3-4 % цементной пыли и 20 % полуводного гипса при давлении прессования 15 МПа прочность образцов в суточном возрасте составила $R_{сж}^{1сут} = 1,32-1,24$ МПа, по истечении 14 суток достигает $R_{сж}^{14сут} = 4,27-4,20$ МПа и после 28 суток твердения прочность возросла до $R_{сж}^{28} = 5,6...5,4$ МПа.

Таблица 2 – Влияние состава смеси сульфогипса с полуводным гипсом на свойства блоков

Составы	Соотношение С/Г:полуводн. гипс:цем.пыль	$\rho_{\text{ист}},$ г/см ³	Прочность на сжатие, в возрасте, $R_{\text{сж}},$ МПа				Степень гидратации, %		
			1 сут.	7сут.	14 сут.	28 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.
1	77:20:3	1,66	1,32	2,26	4,27	5,6	12	17	18
2	76:20:4	1,69	1,24	2,20	4,20	5,4	13	18	19
3	78:20:2	1,56	1,05	1,15	2,10	2,78	7	9	10

На рисунке 4 видно, что в данном случае при давлении прессования 15 МПа добавка полуводного гипса до 20 % активизирует сульфогипс, а цементная пыль обеспечивает заполнение межзерновых пустот в структуре вяжущего.

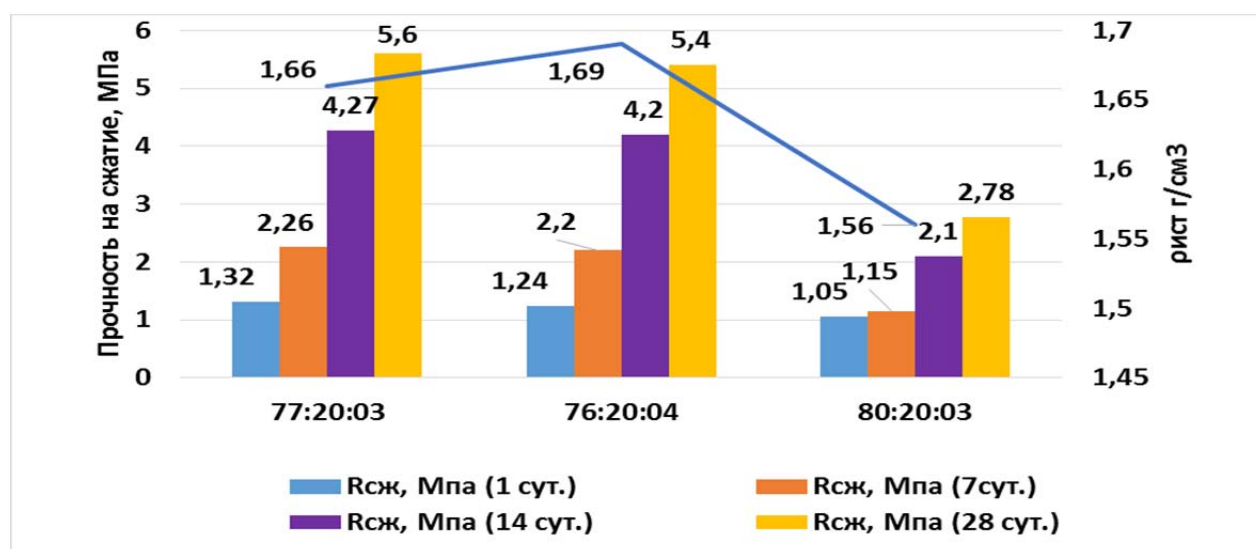


Рисунок 4 - Совместное влияние цементной пыли и полуводного гипса на прочностные характеристики и плотность сульфогипса

Повышение прочности прессованных образцов из смеси $\text{CaSO}_4 \times 0,5\text{H}_2\text{O}$ с сульфогипсом объясняется благоприятными для кристаллизации двуводного гипса условиями. Прессование образцов из смешанных гипсовых вяжущих происходит в индукционный период твердения, а также в условиях повышенного обводнения частиц, т.к. сульфогипс имеет влажность 10%.

Следующий этап исследований заключался в получении гипсоволокнистых изделий, где в смесь вяжущего дополнительно включали 3 % мелких опилок размером до 1 мм. Образцы изготавливались при давлении прессования 15 МПа, но полученные образцы с меньшей средней плотностью обладали меньшей прочностью равной 2,74 МПа.

При прессовании образцов из сульфогипса ($W=1\%$) с модифицирующими добавками их прочность после 2-х часового твердения составила 5,6-5,4 МПа. Аналогичная прочность получена при формовании образцов методом литья и только в суточном возрасте составила 5,12...5,28 МПа. Это обусловлено

благоприятными условиями кристаллизации и образованием прочной структуры камня, что подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями структуры образцов на основе сульфогипса, полученных прессованием и литьем.

На рисунке 5 показана микроструктура прессованных изделий из сульфогипса. Для сульфогипсового камня стандартного изготовления характерно беспорядочное расположение иглоподобных кристаллов двуводного гипса. Хаотическое расположение длинных призматических кристаллов двуводного гипса создает войлокообразную структуру материала с точными контактами на небольшой площади.

Отдельные кристаллы двуводного гипса, положенные параллельно друг другу срастаются, что не оказывает существенного влияния на характер структуры материала.

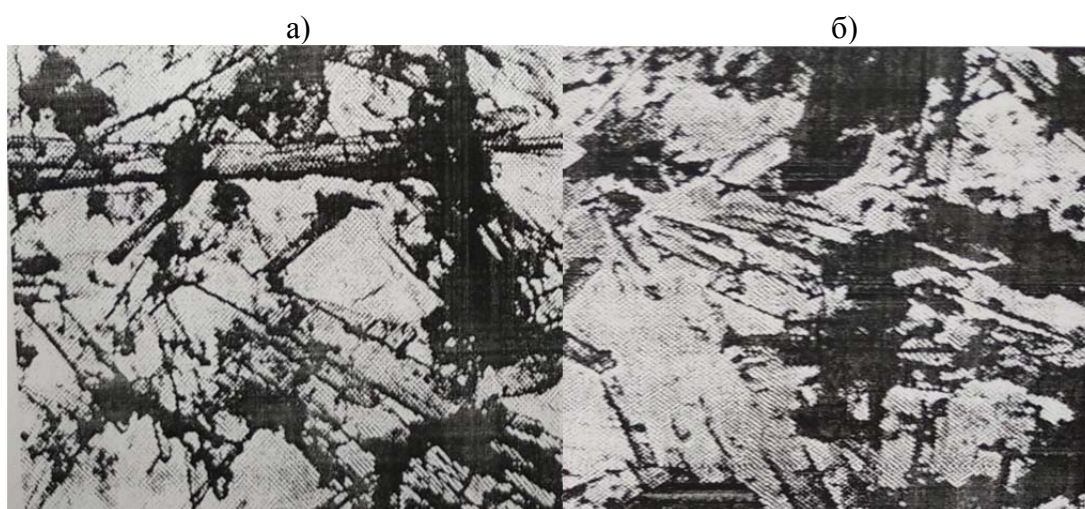


Рисунок 5 - Микроструктура прессованных гипсосодержащих материалов: (а) - в возрасте 1 суток, (б) - 28 суток

Четвертая глава «Гипсовые композиты с различными наполнителями» посвящена оптимизации составов композиционных гипсовых вяжущих с комплексными добавками золой, цементом, K_2SO_4 и CaO .

Был реализован 4-х факторный эксперимент по плану B_4 , где варьировались 4 рецептурных фактора: зола $X_1 - 0, 15, 30 \%$; известь $X_2 - 0, 2, 4 \%$; $K_2SO_4 - X_3 - 0, 1,5, 3\%$; цемент $X_4 - 0, 5, 10 \%$; остальное сульфогипс. Параметрами оптимизации на начальном этапе исследований служили: Y_1 - Нормальная густота, $\%$. Y_2 – начало схватывания, мин.; Y_3 – конец схватывания, мин.; Y_4 – $R_{изг.}$, МПа; Y_5 – $R_{сж.}$, МПа; Y_6 – $R_{сж.вл.}$, МПа; коэффициент размягчения K_p - Y_7 .

Получены следующие параметры оптимизации:

Y_2 - Начало схватывания, мин.

$$(Y_2) = 6,483 + 0,289 x_1 - 0,818 x_1^2 + 0,405 x_1 x_2 - 0,203 x_1 x_3 - 0,191 x_1 x_4 + 2,271 x_2 - 0,428 x_2^2 - 0,366 x_2 x_3 - 0,02 x_2 x_4 - 4,502 x_3 + 3,072 x_3^2 + 0,517 x_3 x_4 - 0,423 x_4 + 0,362 x_4^2 \quad (1)$$

Y_3 - Конец схватывания, мин.

$$(Y_3) = 9,694 + 0,629 x_1 + 0,231 x_1^2 + 0,514 x_1 x_2 - 0,76 x_1 x_3 - 0,404 x_1 x_4 + 2,516 x_2 - 0,439 x_2^2 - 0,036 x_2 x_3 - 0,363 x_2 x_4 - 7,335 x_3 + 4,451 x_3^2 + 0,989 x_3 x_4 - 0,745 x_4 - 1,239 x_4^2 \quad (2)$$

$$Y_4 - R_{изг.} \text{ прочность при изгибе, МПа} \\ (Y_4) = 2,209 + 0,491 x_1 - 0,054 x_1 x_2 - 0,093 x_1 x_3 - 0,052 x_1 x_4 - 0,0169 x_2 + 0,064 x_2 x_3 - 0,357 x_3 - 0,006 x_3 x_4 \quad (3)$$

$$Y_5 - R_{сж.сух.} \text{ прочность на сжатие, МПа} \\ (Y_5) = 12,133 - 1,873 x_1 - 2,673 x_1^2 - 0,317 x_1 x_2 - 0,085 x_1 x_3 - 0,05 x_1 x_4 - 0,589 x_2 + 3,707 x_2^2 - 0,082 x_2 x_3 - 0,302 x_2 x_4 - 0,549 x_3 - 3,433 x_3^2 + 0,165 x_3 x_4 + 0,191 x_4 - 1,573 x_4^2 \quad (4)$$

$$Y_7 - K_p \text{ - коэффициент размягчения} \\ (Y_7) = 0,633 + 0,005 x_1 - 0,078 x_1^2 + 0,022 x_1 x_2 - 0,011 x_1 x_3 + 0,006 x_1 x_4 - 0,014 x_2 - 0,028 x_2^2 + 0,034 x_2 x_3 - 0,014 x_2 x_4 - 0,032 x_3 - 0,033 x_3^2 + 0,012 x_3 x_4 + 0,031 x_4 - 0,018 x_4^2 \quad (5)$$

Проведенные предварительные исследования позволили выявить область рецептов, по которым следует продолжить уточняющий эксперимент:

Установлено существенное повышение активности композиций зола+известь в условиях сульфатной активации. Присутствие золы в пределах 0-30 % обуславливает удлинение сроков схватывания до 18 мин.

На рисунке 6 показаны номограммы прочности на сжатие ($R_{сж.сух.}$) сухих композиционных гипсовых вяжущих с комплексными добавками золой, цементом, K_2SO_4 и CaO в девяти точках факторного пространства x_1 и x_4

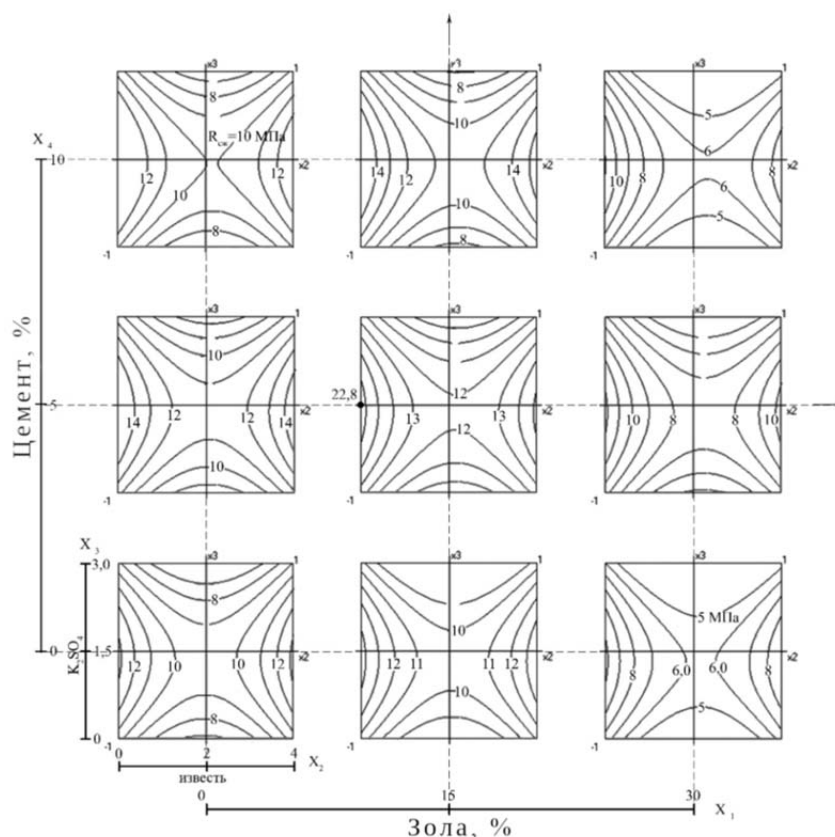


Рисунок 6 - Изолинии прочности на сжатие $Y_5 - (R_{сж.сух.}) = f(x_2, x_3)$ в девяти точках факторного пространства x_1 и x_4

По номограммам можно наблюдать, что максимальная прочность комплексного гипсового вяжущего во всех 9 точках пространства обеспечивается при оптимальном сочетании извести в пределах 1...3 % и K_2SO_4 0, 7...2,0 %. И максимальная прочность вяжущего достигает 22,8 МПа при количестве цемента 5 %, золы 15 %, K_2SO_4 1,5 % и без добавки извести. На рисунке 7 ниже наглядно можно наблюдать, что в этой области обеспечивается повышенное значение коэффициента $K_p \geq 0,6$ (незакрашенная область).

Таким образом, рабочий этап исследования показал, возможность утилизации золы до 30 % в гипсовых вяжущих при сохранении требуемых показателей качества.

При оптимальном количестве компонентов добавок (зола 15-30%, цемент 5-10, K_2SO_4 1,5 – 2,0 %, извести 0 – 2 %) обеспечивается получение водостойкого композиционного гипсового вяжущего прочностью в сухом состоянии $R_{сж.сух.} = 14...22$ МПа и коэффициентом размягчения $K_p \geq 0,6$.

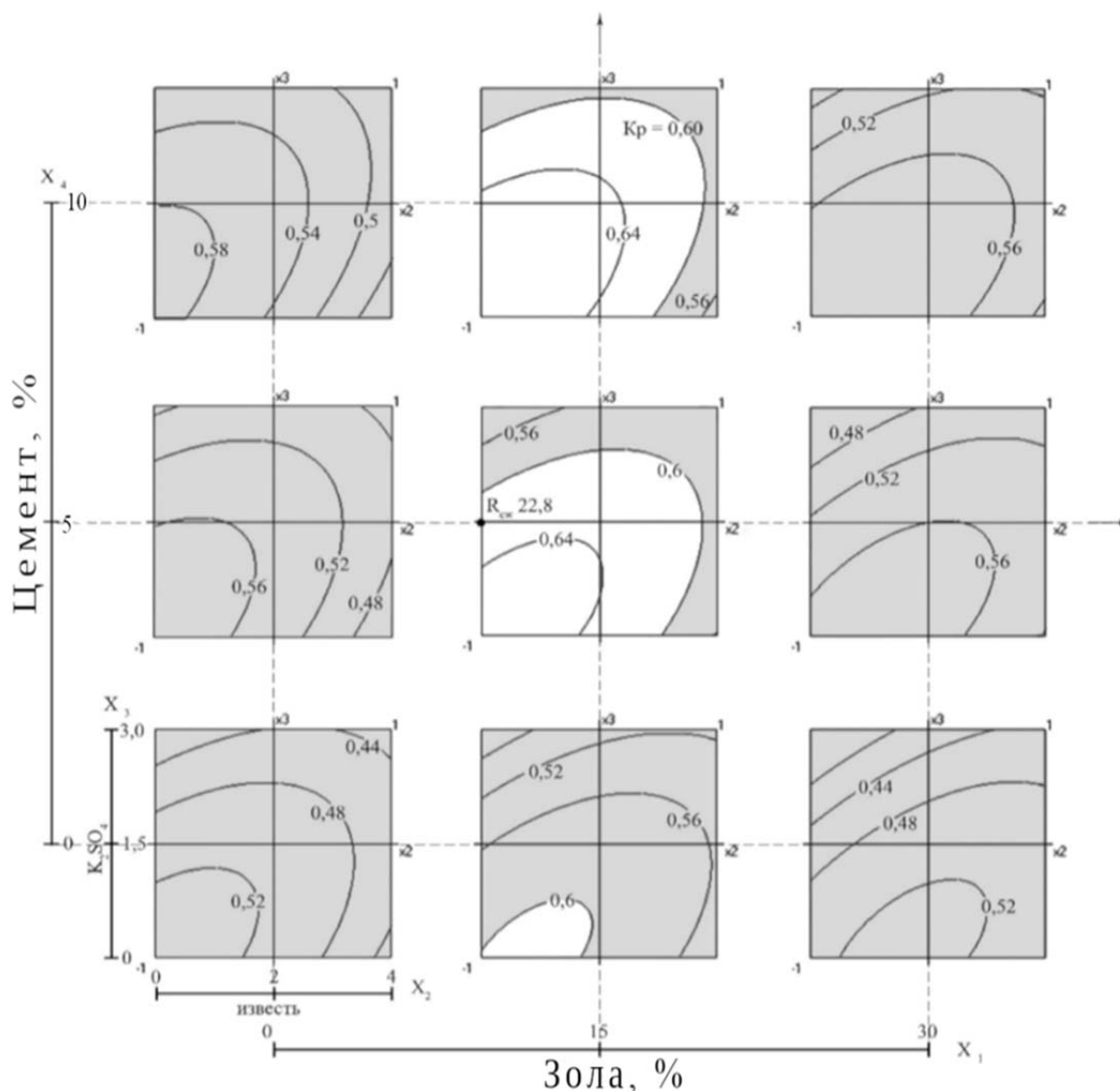


Рисунок 7 - Изолинии коэффициента размягчения образцов из гипса $Y_7(K_p) = f(x_2, x_3)$ в девяти точках факторного пространства x_1 и x_4

Далее в исследовании с целью повышения эксплуатационных свойств композиционных гипсовых вяжущих вводились различные химические добавки для создания благоприятных условий формирования оптимальной и плотной структуры гипсовых композиций. В связи с чем далее исследования были направлены на изучение влияния химических добавок на свойства модифицированных сульфогипсовых вяжущих.

Химические добавки, такие как суперпластификатор GLENIUM 115 способствуют снижению водопотребности КГВ с образованием сольватных оболочек на дисперсных частичках твердой фазы, а добавка лимонной кислоты позволяет регулировать сроки схватывания гипса. Кроме того, в исследованиях рассматривалась совместное влияние добавок GLENIUM 115 или лимонной кислоты на свойства модифицированного гипсового вяжущего.

По данным таблицы 3 можно отметить существенный пластифицирующий эффект добавки Glenium 115, где видно, что с увеличением концентрации добавки от 0,1 до 0,5 % расплыв конуса повышается от 0,12 м до 0,21 м., сокращаются сроки начала схватывания от 9 до 8,15 и конца схватывания от 12 до 11,20. Наблюдается также рост прочности после 2 часов твердения от 3,2 до 4,3 МПа.

Таблица 3 - Влияние химических добавок на свойства КГВ

№ п\п	Вид добавки	Содержание добавки, % по массе	Расплыв конуса, м	Сроки схватывания мин.сек.		Прочность при сжатии, МПа		
				начало	конец	2 ч.	7сут.	28сут.
1	б\д	-	0,120	9-00	12-00	3,2	13,2	
2	Glenium 115	0,1	0,150	8-45	11-45	4,8	13,6	14,8
		0,3	0,180	8-30	11-30	4,6	13,6	14,7
		0,5	0,210	8-15	11-20	4,3	13,0	14,1
3	Лимонная кислота	0,03	0,152	18,02	24,08	4,2	11,6	12,4
		0,05	0,154	20,5	26,20	3,8	10,9	11,4
		0,07	0,156	22,7	27,80	3,6	10,7	11,6
4	Лимонная кислота-глениум	0,05+0,3	0,240	25,8	32,1	3,9	13,0	14,0

Добавка лимонной кислоты от 0 до 0,07 % незначительно повышает расплыв конуса от 0,120 до 0,156 м., что существенно оказывает влияние на сроки схватывания КГВ: начало схватывания растет от 9,00 до 22,7, а конец схватывания от 12,00 до 27,8. Совместная добавка лимонной кислоты + Glenium 115 (0,005 + 0,3) значительно увеличивает расплыв конуса гипсового вяжущего от 0,13 до 0,24 м., также наблюдается рост прочности, которая через 28 суток составляет 14 МПа.

Пятая глава «Технология получения композиционных гипсовых вяжущих и изделий на их основе. Опытно-промышленные внедрения и расчет экономической эффективности» посвящена разработке технологии получения композиционных гипсовых вяжущих и изделий на их основе с опытно-промышленным внедрением и расчету экономической эффективности.

Для производства мелкоштучных стеновых изделий на композиционном гипсовом вяжущем с модификаторами был разработан состав мелкозернистого бетона при соотношениях: вяжущее: заполнитель: 1:1, 1:2, 1:3. В качестве заполнителя использовался дробленый топливный шлак.

Разработанная технологическая схема изготовления безобжиговых сульфогипсовых блоков представлена на рисунке 8. Изделия из мелкозернистого бетона на данном гипсовом вяжущем выпускались на ОАО «Кыргыз Тоо-Таш».

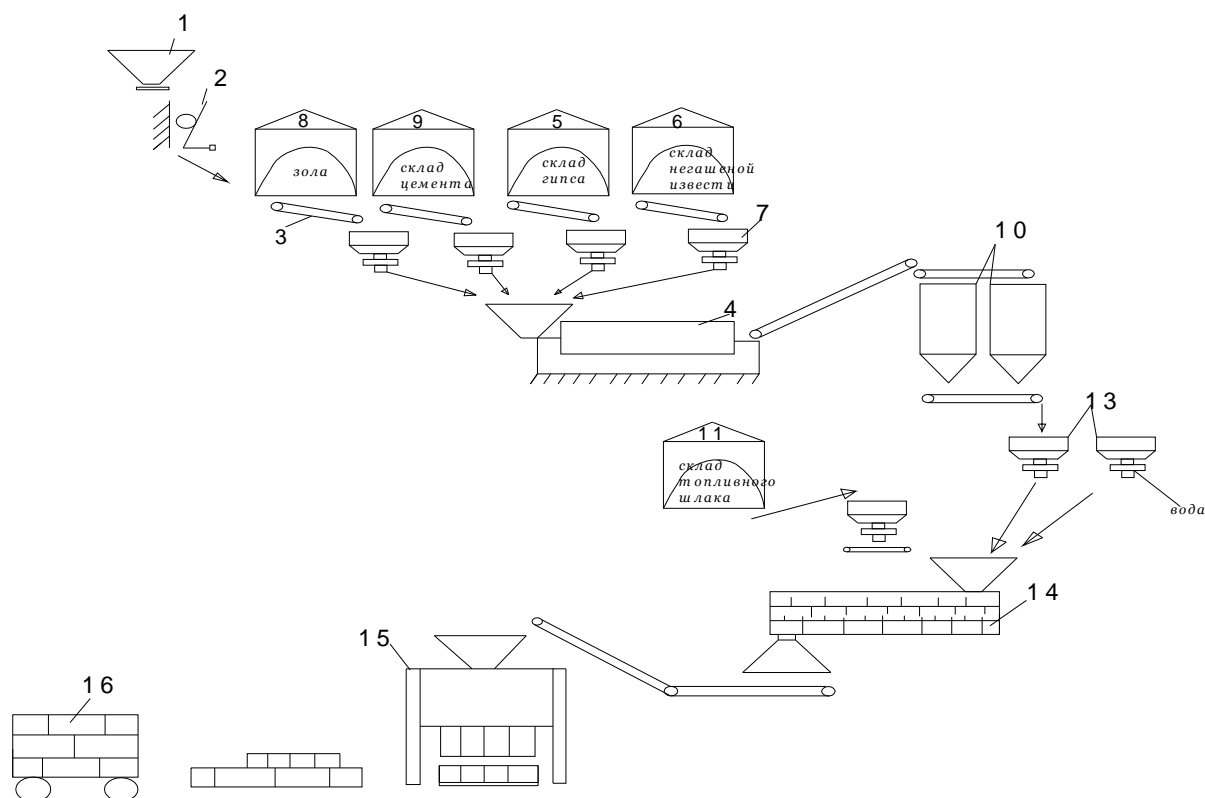


Рисунок 8 - Технологическая схема изготовления КГВ и изделий на их основе:

- 1-приемный бункер золы с питателем; 2-валковая дробилка; 3-ленточный транспортер; 4-шаровая мельница; 5-промежуточный склад гипса; 6-склад негашеной извести; 7-дозаторы; 8-склад золы; 9-склад цемента; 10-силос КГВ; 11-склад заполнителя – топливный шлак; 13-дозатор КГВ шлака; 13-дозатор композиционного вяжущего и воды; 14-смеситель; 15-коленорычажный пресс СМ 143-А; 16-вагонетка

На рисунке 9 представлена технология приготовления гипсобетонной смеси.

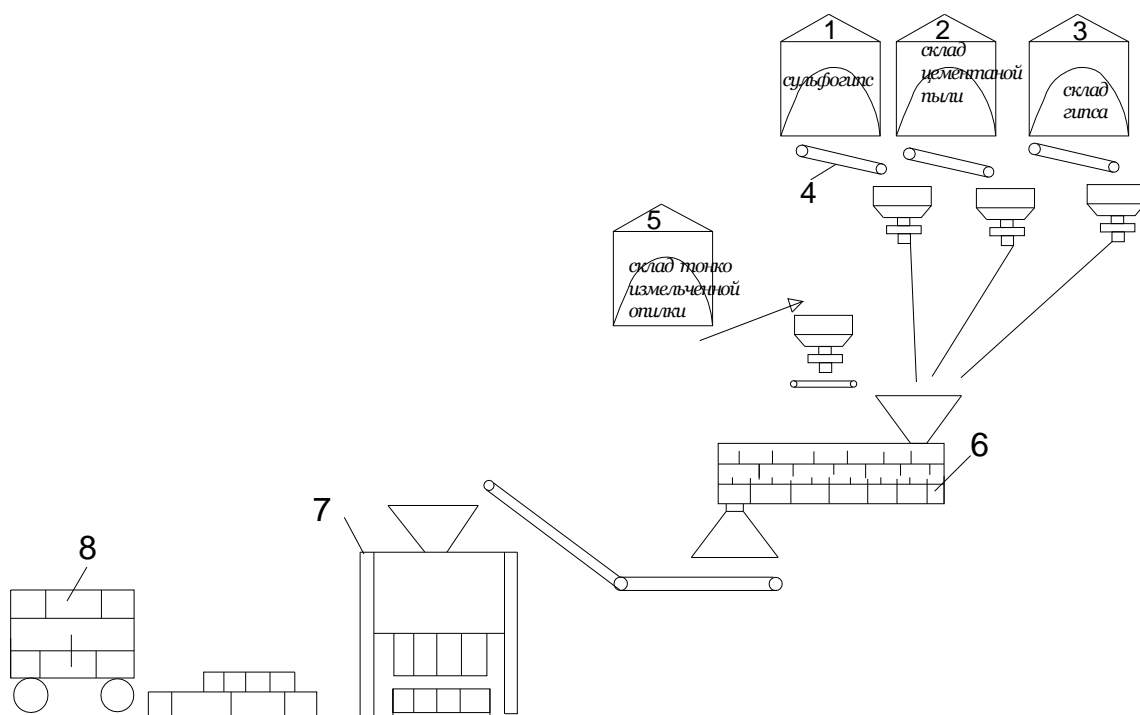


Рисунок 9 - Технологическая схема безобжиговых сульфогипсовых блоков: 1-склад сульфогипса; 2-склад цементной пыли; 3-склад гипсового вяжущего; 4-ленточный транспортер; 5-склад тонко измельченной опилки; 6- смеситель; 7- коленорычажный пресс СМ 143-А; 8-вагонетка

Технология изготовления безобжиговых сульфогипсовых блоков заключается в совместном перемешивании в смесителе цементной пыли с удельной поверхностью $3200 \text{ см}^2/\text{г}$ с полуводным гипсом, тонкодисперсным влажным порошком сульфогипса и с тонкоизмельченными опилками. Далее приготовленные гипсобетонные смеси затворяют водой (влажность 10-12%) до однородной консистенции. Формование сульфогипсовых блоков осуществляется методом вибропрессования. Сбор блоков производится на поддонах и вывозится вагонеткой для дальнейшего твердения. Данная технология производства гипсовых изделий также внедрена на производство.

Экономическая эффективность при условии выпуска 10000 т. композиционного гипсового вяжущего и 100000 блоков на их основе составила 987 000 сом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что физико-механическая активация природного гипсового камня месторождения Сарджи-Агач с высоким содержанием глинистых примесей 22,4% и 18% карбонатов в течении 1- 5 часов в присутствии ПАВ (С-3 - 0,5...0,7%) позволяет получить безобжиговый гипсовый цемент прочностью $R_{сж} = 0,48... 4,68$ МПа.

1. Установлено, что при модификации гипсового цемента минеральными добавками (топливный шлак 10% или портландцемент 10%) и совместном помоле 2 часа, прочность вяжущего составляет $R^{14сут}_{сж} = 4,48...8,8$ МПа, что обусловлено образованием дополнительных продуктов гидратации. При температуре варки $t^{\circ} -150...160^{\circ}$ С и выдержке 90 минут сульфогипса, являющийся техногенным продуктом обессеривания дымовых газов БТЭС, получен строительный гипс марки Г- 5...7 ($R_{сж} = 6,3...8,2$ МПа. Установлено, что при модификации сырого сульфогипса ($R_{сж} = 1,2$ МПа) комбинированной минерально-химической добавкой (Glenium 115 -0,7 %; цементная пыль -3...4 %; строительный гипс-20 %) получено композиционное гипсовое вяжущее марок Г - 6...7 ($R_{сж} = 6,54...7,62$ МПа).

2. При модификации сульфогипса: известью (CaO), K_2SO_4 , цементной пылью, MgO , Na_2SO_4 , $MgCl_2 \cdot 4H_2O$, пластификатором Glenium 115, строительным гипсом более эффективной индивидуальной добавкой является $MgCl_2 \cdot 4H_2O$, кристаллы которого образуют дополнительные контакты срастания, заполняют свободные промежутки между кристаллами $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. При прессовании (15 МПа) прочность гипсовых вяжущих из сульфогипса $R_{сж}$ возрастает от 1,2 до 4,32 МПа, а при дополнительном введении цементной пыли (3...4%) прочность составляет 5,6 МПа. При введении в модифицированное вяжущее мелких опилок 1 мм прессованием получены гипсоволокнистые изделия прочностью равной 2,74 МПа.

3. В результате экспериментально-статистического моделирования свойств композиционного гипсового вяжущего установлено оптимальное количество модифицирующих добавок (зола 15-20%, цемент 5-10, K_2SO_4 1,5 – 2,0 %, извести 0 – 2 %), что обеспечивает получение водостойкого и прочного вяжущего ($R_{сж.сух.} = 14...22$ МПа и $K_p \geq 0,6$).

Установлено, что комплексная добавка лимонной кислоты и пластификатора Glenium 115 ($0,005 + 0,3$) значительно увеличивает расплыв конуса гипсового вяжущего от 0,13 до 0,24 м. и увеличение $R^{28}_{сж}$ до 14 МПа.

5. Изготовлены стеновые блоки на основе вышеуказанного вяжущего и заполнителя из топливного шлака в соотношении (1: 1), мелкозернистый бетон имеет характеристики: $\rho = 1750...1850$ г/см³, $K_p = 0,61...0,62$, морозостойкость $F = 10$ циклов, теплопроводность 0,41...0,42 Вт/(мК). При соотношении (1:2) плотность $\rho = 1750...1850$ г/см³, $K_p = 0,61...0,62$. Экономический эффект при условии выпуска 10 000 т. вяжущего и 100000 блоков на их основе составил 987 000 сом.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Абылов, С.А. Стеновые материалы из гипсозольных композиций [Текст] / С.А. Абылов, Б.Т. Ассакунова, **Г.Р. Байменова** // Материалы IV Международной конференции, посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Хамида Мухсиновича Якубова и Зухуриддина Нуриддиновича Юсуфова. Таджикский национальный университет. - Душанбе, 2019. – С. 260-265.

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/52/040/52040984.pdf

2. Ассакунова, Б.Т. Композиционные безобжиговые гипсовые вяжущие вещества из местного сырья [Текст] / Б.Т. Ассакунова, **Г.Р. Байменова**, М.А. Аманкулов // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек: ОсОО Наука и новые технологии, 2017. - №10. – С. 26-28.

3. Ассакунова, Б.Т. Сульфогипс - продукт обессеривания дымовых газов Бишкекской ТЭЦ [Текст] / Б.Т. Ассакунова, Э.Э. Текбаева, **Г.Р. Байменова** // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова. – Бишкек: 2017. - № 4(58). – С. 144-148.

<https://vestniksucta.kg/wp-content/uploads/2019/06/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%9A%D0%93%D0%A3%D0%A1%D0%A2%D0%90-458-2017.pdf>

4. Ассакунова, Б.Т. Гипсовые композиты с применением местных глиежей и отходов камнепиления травертина [Текст] / Б.Т. Ассакунова, С.А. Абылов, **Г.Р. Байменова** // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек: ОсОО Наука и новые технологии, 2018. - №2. – С. 45-47.

5. Ассакунова, Б.Т. Разработка безобжигового гипсового цемента из сырья с высоким содержанием примесей [Текст] / Б.Т. Ассакунова, **Г.Р. Байменова** // Перспективные направления и состояние агропромышленного комплекса государств-членов евразийского экономического союза "The Europe and the Turkic World: Science, Engineering and Technology": materials of the international scientific-practical conference. – Side, Turkey: Regional Academy of Management, May 29-31 Turkey. Измир, 2017. – С. 167-175.

https://drive.google.com/file/d/0B_W2hkSE3iXrZDZLbjVMNEdEVkU/view

6. Ассакунова, Б.Т. Использование отходов теплоэнергетики Кыргызстана в композиционных вяжущих веществах [Текст] / Б.Т. Ассакунова, М.А. Джусупова, **Г.Р. Байменова**, С.Т. Кульшикова // Известия национальной академии наук Республики Казахстан. – Алматы: Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, 2019. - №3. – С. 67-72.

https://nauka-nanrk.kz/assets/assets/Geol2019/Geology_03_2019_%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D0%BD_30_06_2020.pdf

7. **Байменова, Г.Р.** Модифицированный безобжиговый гипсовый цемент из сырья с высоким содержанием примесей [Текст] / Г.Р. Байменова // Сборник материалов Республиканских IX Маргулановских чтений «Пять инициатив президента – Основы социальной конкурентоспособности». – Жезказган, 2018. – С. 83-88.

8. **Байменова, Г.Р.** Малоэнергоемкие стеновые материалы на основе сульфогипса с добавками [Текст] / Г.Р. Байменова // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкций: инновация, модернизация и энергоэффективность в строительстве». – Жезказган, 2018. – С. 323-328.

9. **Байменова, Г.Р.** Перспективы использования гипса в строительстве [Текст] / Г.Р. Байменова // Международная конференция XVIII Байконуровские чтения «Человеческий капитал – фундаментальная основа развития общества и движущая сила четвертой промышленной революция». – Жезказган, 2018. – С. 78-80.

10. **Байменова, Г.Р.** Использование гипсосодержащих отходов при обессеривании дымовых газов теплоэнергетических станций [Текст] / Г.Р. Байменова // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкций: инновация, модернизация и энергоэффективность в строительстве». – Алматы, 2018. – С. 328-332.

11. **Байменова, Г.Р.** Гипсозольные композиции [Текст] / Г.Р. Байменова // Интеграция науки в современном мире. XII Международная научно-практическая конференция Евразийского научного объединения. – Москва, 2019. - №6 (52). – С. 70-72.

12. Абылов, С.А. Использование сульфогипса в производстве цемента [Текст] / С.А. Абылов, **Г.Р. Байменова**, Б.А.Масылканова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – Алматы, 2019. -№1. – С. 72-77.
<https://vestnik.alt.edu.kz/index.php/journal/issue/view/10/10>

05.23.05 - курулуш материалдары жана буюмдары адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн «Отко какталбаган гипс чапташтыргычтын жана анын негизиндеги буюмдардын технологиясын иштеп чыгуу» деген темадагы Гүлназ Рахимовна Байменованын диссертациялык эмгегине

КОРУТУНДУ

Түйүндүү сөздөр: сульфогипс, отко какталбаган, дегидратация (кургатуу), оптимизациялоо, чапташтыргыч, сууга туруктуулук, пресстөө, бышыктык, чопо, күлмайда, курулуш аралашмасы, дубал блоктору, жылууулук өткөрүмдүүлүк, суукка туруктуулук.

Изилдөөнүн объектиси: ар кыл максаттарга пайдаланылуучу гипстүү композит чапташтыргычтар.

Изилдөө предмети: чала жетилген (кондициясына жетпеген) гипс тектери, күл шлак калдыктары, сульфогипс, химиялык кошулмалар, органикалык жана органикалык эмес толтургучтар.

Иштин максаты: кондициясына жетпеген чала сырьену жана өндүрүштөгү техногендик калдыктарды колдонуп, отко какталбаган гипс чапташтыргычты жана гипс камтыган композиттерди өндүрүү үчүн ресурсту, энергияны үнөмдөөчү технологияны иштеп чыгуу.

Изилдөөнүн методдору жана жабдуулар: физикалык-химиялык изилдөөлөрдө электрондук микроскопияны, анализдөөнүн рентген фазалык жана дифференциялык-термикалык ыкмалары колдонулду. Отко какталбаган гипс чапташтыргыч менен майда бүртүктүү бетонду эксперименттик изилдөө эксперименттик-статикалык моделдөө ыкмасы менен жүргүзүлдү.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы: -кондицияга жетпеген(чала жетилген), гипс камтылган жана башка аралашмасы көп табигый сырьедон отко кактабай гипс цемент өндүрүүнүн технологиясы иштелип чыкты; -отко какталбаган сульфогипс менен модификациялоочу кошулмалардан пресстөө жолу менен заттарды алуунун технологиясы иштелип чыкты; -сульфогипстен, ЖЭБден(ТЭЦ) чыккан күл менен модификациялоочу кошулмалардан турган күлгипс композиттери жасалды; -күлгипс чапташтыргыч менен от жаккандан калган калдыктардан бышыктыгы мыкты майда бүртүктүү бетон (МББ) жасалды.

Колдонуу даражасы: гипс чапташтыргычты пайдаланып пресстөө жолу менен блокторду өндүрүү технологиясы иштелип чыкты жана сунушталды. Тыгыздыгы $\rho=1650 \text{ кг/м}^3$ болгон модификациялоочу кошулмалар аралашкан, отко какталбаган гипс чапташтыргычтан алынган майда бүртүктүү бетондон дубал блоктордун тажрыйбалык партиясы өндүрүштүк шартта, 100 даана жасалып чыкты. «Кыргыз-Тоо-Таш» ачык акционердик коомунда жана «DREZA» жоопкерчилиги чектелген коомдо бул эмгектерди далилдеген актылар бар.

Колдонуу тармагы: курулуш аралашмаларына, дубалдын бетин каптоочу материалдарды даярдоого, дубалдын бетин каптоочу плиткаларды жасоого, ар кыл чондуктагы жана конфигурациядагы блокторду жасоого колдонулат.

РЕЗЮМЕ

диссертации Гулназ Рахимовны Байменовой на тему: «Разработка технологии безобжиговых гипсовых вяжущих и изделий на их основе» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия

Ключевые слова: сульфогипс, безобжиговый, дегидратация, оптимизация, вяжущее, водостойкость, прессование, прочность, глина, зола-унос, строительная смесь, стеновые блоки, теплопроводность, морозостойкость.

Объект исследования: гипсовые композиционные вяжущие различного функционального назначения.

Предмет исследования: некондиционные гипсовые породы, золошлаковые отходы, сульфогипс, химические добавки, органические и неорганические наполнители.

Цель работы: разработка ресурсо-энергосберегающей технологии производства безобжиговых гипсовых вяжущих и гипсосодержащих композитов с использованием некондиционного сырья и техногенных отходов производства.

Методы исследования и аппаратура: Физико-химические исследования проводились с использованием электронной микроскопии, рентгенофазового и дифференциально-термического методов анализа. Экспериментальные исследования безобжиговых гипсовых вяжущих и МЗБ проводились методом экспериментально-статистического моделирования.

Полученные результаты и их новизна:

- разработана безобжиговая технология производства гипсового цемента из некондиционного природного гипсосодержащего сырья с высоким содержанием примесей;

- разработана технология получения изделия методом прессования из безобжигового сульфогипса и модифицирующих добавок;

- на основе сульфогипса, зол ТЭЦ и модифицирующих добавок разработаны зологипсовые композиты;

- разработан высокопрочный МЗБ на основе зологипсовых вяжущих и топливный шлак.

Степень использования:

Предложены и разработаны технология получения безобжиговых гипсовых вяжущих с использованием модифицирующих добавок и блоков методом прессования.

В производственных условиях выпущена опытная партия стеновых блоков из мелкозернистого бетона на основе безобжиговых гипсовых вяжущих с использованием модифицирующих добавок плотностью $\rho-1650$ кг/м³ в количестве 100 шт.

Имеются акты внедрения в ОАО «Кыргыз-Тоо-Таш» и ОсОО «DREZA».

Область применения: в строительных растворах, облицовочных материалах, облицовочных плитах, блоках различных размеров и конфигураций.

SUMMARY

dissertation of Gulnaz Rakhimovna Baimenova on the topic "Development of technology of non-firing gypsum binders and products based on them" for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.23.05 - building materials and products

Key words: sulfogypsum, unfired, dehydration, optimization, binder, water resistance, pressing, strength, clay, fly ash, building mixture, wall blocks, thermal conductivity, frost resistance.

Object of research: gypsum composite binders of various functional purposes.

Research subject: substandard gypsum rocks, ash and slag waste, sulphogypsum, chemical additives, organic and inorganic fillers.

Purpose of research: development of a resource-saving technology for the production of non-firing gypsum binders and gypsum-containing composites using substandard raw materials and industrial waste.

Research methods and tools: Physicochemical studies were carried out using electron microscopy, X-ray phase and differential thermal analysis methods. Experimental studies of non-fired gypsum binders and fine-grained concrete were carried out by the method of experimental-statistical modeling.

The results obtained and their novelty:

- a non-firing technology for the production of gypsum cement from substandard natural gypsum-containing raw materials with a high content of impurities has been developed;
- a technology has been developed for obtaining a product by pressing from non-firing sulphogypsum and modifying additives;
- on the basis of sulfogypsum, thermal power plant ash and modifying additives, sologypsum composites were developed;
- developed a high-strength fine-grained concrete based on zologypsum binders and full slag.

Usage degree:

A technology for obtaining unburned gypsum binders using modifying additives and blocks by pressing has been proposed and developed.

Under production conditions, an experimental batch of wall blocks made of fine-grained concrete based on non-firing gypsum binders with the use of modifying additives with a density of $\rho = 1650 \text{ kg/m}^3$ in the amount of 100 pieces was produced.

There are acts of implementation in OJSC "Kyrgyz-Too-Tash" and LLC "DREZA".

Scope: in construction solutions, facing materials, facing plates, blocks of various sizes and configurations.

Гулназ Рахимовна Байменова

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОБЖИГОВЫХ ГИПСОВЫХ
ВЯЖУЩИХ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ**

Специальность 05.23.05 - Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Редактор: А.Б.Аманкулова

Подписано в печать 26.04.2023 г.

Формат 60x84 1/16. Объем 1,25 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ 54

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский государственный технический университет
им.И. Раззакова