

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*На правах рукописи
УДК 666.913.2*

ИВАНОВА ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
КОМПОЗИЦИОННОГО ФОСФОГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ
АЛЬФА-МОДИФИКАЦИИ ПОЛУГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ**

05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент – 2011

Работа выполнена на кафедре «Химическая технология неорганических веществ» Ташкентского химико-технологического института

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Атакузиев Темур Азим угли

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Ходжаев Саидаглам Аглоевич

кандидат технических наук, доцент
Мухамедбаева Замира Абдулжапаровна

Ведущая организация **Институт общей и неорганической химии
АН РУз**

Защита состоится «_____» _____ 2011 г. в _____ часов на заседании специализированного совета Д.067.24.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: 100007, ул. Х. Абдуллаева, 41, библиотека ТХТИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ташкентского химико-технологического института по адресу: 100011, г. Ташкент, ул. Навои, 32.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 100011, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Навои, 32, ТХТИ, ученому секретарю

Тел.: (8371) 244-79-20, факс (8371) 244-79-17. Адрес электронной почты: mail galina _13@inbox.ru

Автореферат разослан «_____» _____ 2011 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
доктор технических наук, доцент

Х.Ч. Мирзакулов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. С обретением независимости и становлением рыночных отношений в Республике Узбекистан произошли коренные изменения во всех отраслях промышленного производства, в том числе и в сфере строительной индустрии. Интенсивно ведется промышленное и гражданское строительство, возводятся высотные административные и жилые здания, резко возрос объем частного строительства. Все это требует большого количества различных строительных материалов, в том числе и недорогих, быстротвердеющих отделочных вяжущих материалов, обладающих достаточной прочностью, водо- и атмосферостойкостью, не требующих при их выпуске сложных технологических приемов и высоких температур. В своей работе «Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана» Президент Республики Узбекистан И.А. Каримов отмечает, что «... новое строительство немислимо без применения новых, современных строительных материалов и конструкций». Приоритетным направлением развития экономики Узбекистана является рациональное и эффективное использование минерального сырья и техногенных отходов промышленности, получение строительных материалов по ресурсо- и энергосберегающим технологиям.

К числу таких материалов можно отнести гипсовые вяжущие. В Узбекистане накоплено огромное количество фосфогипса – отхода производства экстракционной фосфорной кислоты, загрязняющего атмосферу, воду и полезные земельные угодья, в связи с чем необходимо решать проблему его утилизации. В настоящее время фосфогипс в небольших количествах (до 10% от общего объема) используется в сельском хозяйстве и при строительстве автодорог. Из него изготавливается строительный гипс β -модификации, который характеризуется низкой прочностью и водостойкостью, в связи с чем область его использования ограничена условиями эксплуатации строящихся объектов. Использование фосфогипса взамен природного гипсового камня позволит сократить расходы на добычу, дробление и помол, что существенно скажется на снижении себестоимости готовой продукции. В связи с этим проблема разработки состава и технологии получения высокопрочного композиционного вяжущего повышенной прочности и водостойкости из фосфогипса, отвечающего требованиям современной строительной индустрии, является **актуальной**.

Степень изученности проблемы. Вопросами утилизации фосфогипса занимаются ученые всего мира, в том числе в России, США, Японии, Белоруссии, Казахстане, Узбекистане и других странах, где имеются такие отходы. Наиболее целесообразным способом переработки фосфогипса во всем мире признан способ получения на его основе строительных материалов. В этом случае фосфогипс утилизируется в больших объемах, а

вред, который он наносит окружающей среде, оказывается минимальным. Разработанные технологии получения вяжущих из фосфогипса внедрены во многих странах. Однако эти разработки связаны с промывкой фосфогипса водой для удаления растворимого P_2O_5 и фтора. При этом в большом количестве образуются загрязненные воды. Разработанные технологии не могут быть использованы в Узбекистане еще и в силу того, что накопленный в отвалах фосфогипс отличается повышенным содержанием кремнезема, фтористых и фосфорных соединений, что не позволяет перерабатывать его по известным технологиям. В связи с этим необходимо провести дополнительные исследования по переработке запесоченного «кислого» фосфогипса с целью получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости, состоящего из α -полугидрата сульфата кальция и низкоосновных гидросиликатов кальция, путем связывания вредных примесей гидравлическими добавками в гидротермальных условиях.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Диссертационная работа выполнялась по темам №43-90 (№ Госрегистрации 01.9.100-55427) «Получение высокопрочного гипсового вяжущего из фосфогипса и термофосфорных шлаков автоклавированием» (1990-1993 г.г.) и А-5-050 «Разработка технологии получения высокопрочного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости и стеновых блоков на его основе для создания промышленной установки по их выпуску» (2006-2008 г.г.).

Цель исследования: разработка составов и оптимизация технологии получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости на основе запесоченного фосфогипса ОАО «Аммофос-Максам» путем гидротермальной обработки фосфогипсовой пульпы в автоклаве в присутствии различных гидравлических добавок.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие научно-технические задачи:

- исследовать влияние добавки гидроксида кальция на свойства вяжущего на основе запесоченного фосфогипса;
- исследовать характер распределения примесей в вяжущем из запесоченного фосфогипса;
- исследовать процесс регулирования кристаллизации α -полугидрата сульфата кальция в жидкой щелочной среде;
- изучить механизм пассивирующего действия фосфат- и фтор-ионов и разработать способы его устранения;
- определить оптимальное количество извести и портландцемента, необходимых для нейтрализации вредных примесей фосфогипса при получении α -полугидрата сульфата кальция в щелочной среде;

- исследовать процессы дегидратации фосфогипса в присутствии различных гидравлических добавок в условиях гидротермальной обработки в автоклаве с целью получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости;

- исследовать процессы гидратации и твердения композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации в присутствии различных гидравлических добавок;

- исследовать строительно-технические свойства полученного высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости;

- оптимизировать технологию и разработать рекомендации по получению высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости;

- определить технико-экономическую эффективность производства высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости и определить области его применения.

Объект и предмет исследования. Объектами исследования диссертационной работы являются:

- композиционные фосфогипсовые вяжущие α -модификации, полученные путем гидротермальной обработки в автоклаве запесоченного фосфогипса в присутствии добавок извести, портландцемента, электротермофосфорного шлака или белитового клинкера и регуляторов процесса кристаллизации полугидрата сульфата кальция.

Предметом исследования является установление возможности повышения прочности и водостойкости композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации за счет изменения его фазового состава в присутствии примесей, содержащихся в фосфогипсе, и гидравлических добавок, вводимых в композицию в процессе гидротермальной обработки фосфогипса в автоклаве.

Методы исследований. В работе были использованы современные физико-химические, химические и физико-механические методы исследований (РФА, ДТА, микроскопический) твердеющей системы « α -фосфополугидрат – добавка – вода», а также стандартные физико-химические и физико-механические методы исследования гипсовых вяжущих материалов.

Гипотеза исследования заключается в научном обосновании влияния гидравлических добавок, вводимых в фосфогипс при гидротермальной обработке в автоклаве, на процесс связывания вредных примесей, содержащихся в нем, образования низкоосновных гидросиликатов кальция и повышения за счет этого прочности и водостойкости композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований процесса гидратации вяжущего из запесоченного фосфогипса в присутствии избытка иона кальция;
- установленные закономерности распределения примесей в вяжущем из фосфогипса и их влияние на процессы образования и твердения α -фосфополугидрата сульфата кальция, полученного при гидротермальной обработке в автоклаве;
- механизм пассивирования α -фосфополугидрата сульфата кальция из запесоченного фосфогипса в кислой среде фосфатами и фторидами кальция и способы его устранения;
- зависимость «состав – свойства», выявленная при гидратации и твердении α -фосфополугидрата сульфата кальция, полученного при гидротермальной обработке в автоклаве запесоченного фосфогипса в присутствии извести, портландцемента, электротермофосфорного шлака или белитового клинкера, а также регуляторов процесса кристаллизации полуводного сульфата кальция;
- разработанные составы и оптимизированная технология получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости на основе α -модификации сульфата кальция из фосфогипса и различных гидравлических добавок;
- технико-экономическое обоснование эффективности производства высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего из α -модификации полугидрата сульфата кальция при введении в его состав различных гидравлических добавок в условиях гидротермальной обработки в автоклаве.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- установлен механизм пассивирующего действия примесей, содержащихся в запесоченном фосфогипсе, на процесс схватывания и твердения α -фосфополугидрата сульфата кальция, заключающийся в том, что примеси, взаимодействуя с гидроксидом кальция, образуют соединения, которые перекрывают доступ воды к зернам фосфогипсового вяжущего, замедляя тем самым процесс схватывания и твердения;
- разработан способ устранения пассивирующего действия фосфат- и фтор-ионов, содержащихся в фосфогипсе, путем связывания их ионами железа, алюминия или избытком ионов кальция при гидротермальной обработке запесоченного фосфогипса под давлением в среде насыщенного пара. Вяжущее, полученное в таких условиях, характеризуется быстрым набором высокой прочности (до 9,4 МПа);
- разработаны составы высокопрочных композиционных фосфогипсовых вяжущих повышенной водостойкости из запесоченного фосфогипса путем введения в его состав таких гидравлических добавок, как известь, портландцемент, электротермофосфорный шлак или белитовый клинкер, а также регуляторов процесса кристаллизации. Оптимальный состав

высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости на основе α -фосфополугидрата сульфата кальция содержит до 10 мас.% гидравлической добавки, имеет марку до М300 и коэффициент размягчения до 0,70;

- оптимизирована технология получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости из запесоченного фосфогипса при гидротермальной обработке в автоклаве в щелочной среде в присутствии таких гидравлических добавок, как известь, портландцемент, электротермофосфорный шлак или белитовый клинкер;

- установлено положительное влияние добавок извести, портландцемента, электротермофосфорного шлака или белитового клинкера на процесс твердения и набор прочности α -фосфополугидрата сульфата кальция, заключающийся в том, что при повышенных температуре и давлении в среде насыщенного пара, наряду с ростом кристаллов гипса, происходит образование гидросиликатов кальция низкой основности, гидросульфоалюмината кальция трехсульфатной формы и тоберморитоподобных фаз, что подтверждается рентгенофазовым и микроскопическим методами анализа;

- повышенная водостойкость разработанных составов α -фосфополугидрата сульфата кальция обеспечивается за счет экранирования его кристаллов пленками из кристаллов гидросиликатов кальция, имеющих малую растворимость.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Разработанные составы и оптимизированная технология получения высокопрочных композиционных фосфогипсовых вяжущих α -модификации полугидрата сульфата кальция из композиции запесоченного фосфогипса и таких гидравлических добавок, как известь, портландцемент, электротермофосфорный шлак или белитовый клинкер при гидротермальной обработке в автоклаве; процессы их гидратационного твердения; установленная зависимость «состав – свойства» при твердении являются новыми и вносят определенный вклад в развитие науки о химии и технологии гипсовых и гипсо-цементно-пуццолановых вяжущих материалов, обогащают ее новыми, ранее не известными данными.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что разработанные составы композиционных фосфогипсовых вяжущих с гидравлическими добавками характеризуются повышенной прочностью, водостойкостью и стойкостью к воздействию отрицательных и положительных температур, а также попеременного влагонасыщения и высушивания. Оптимальный состав композиционного фосфогипсового вяжущего содержит до 10 мас.% гидравлических добавок, имеет марку до М300 и коэффициент размягчения до 0,70. Такие вяжущие могут быть использованы при отделке и строительстве зданий и сооружений частного,

сельскохозяйственного и бытового назначения взамен дорогостоящего портландцемента.

Реализация результатов диссертационной работы была осуществлена путем выпуска в автоклаве цеха Центрального ремонтно-механического завода ОАО «Алмалыкский ГМК» опытно-промышленной партии композиционного фосфогипсового вяжущего в количестве 4 т. Проведены испытания полученного вяжущего, из которого было изготовлено 12 армированных панелей ограждения марки П-3ВА. Результаты выпуска опытно-промышленной партии композиционного высокопрочного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости оформлены в виде соответствующих актов.

Апробация работы. Основные материалы диссертационной работы были доложены и обсуждены на: Республ. НТК студентов «Химическая технология, нефтяная и газовая промышленность, геология и горное дело» (Ташкент, 1989 г.); IV конф. молодых ученых и специалистов «Молодые ученые – отрасли строительных материалов и строительству» (Белгород, 1989 г.); Науч. семинаре ВХО им. Д.И. Менделеева «Внедрение безотходных технологий производства строительных материалов, расширение сырьевой базы для решения проблемы увеличения товаров народного потребления» (Ташкент, 1989 г.); Науч. конф. «Состояние и перспективы использования вторичных ресурсов и отходов производства на предприятиях Узбекистана» (Ташкент, 1990 г.); Науч. конф. «Промышленные отходы – резерв строительного производства» (Севастополь, 1990 г.); Республ. науч.- практ. конф. студентов, молодых ученых и специалистов «Достижения науки молодых – производству» (Ташкент, 1991 г.); Научно-теоретической и технической конференции профессоров, преподавателей, аспирантов и научных работников Ташкентского Ордена Дружбы Народов политехнического института им. А.Р. Беруни (Ташкент, 1991 г.); Всесоюзном семинаре-совещании по проблеме реализации «Государственной программы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СССР на 1991-1995 г.г. и на период до 2005 г.» (Ташкент, 1992 г.); Межд. НТК «Высокие технологии и перспективы интеграции образования, науки и производства» (Ташкент, 2006 г.); Межд. НТК «Инновация – 2006» (Ташкент, 2006 г.); Межд. НТК по химической технологии, посвященной 100-летию Н.М. Жаворонкова (Москва, 2007 г.); Республ. НТК «Современные технологии переработки местного сырья и продуктов» (Ташкент, 2007 г.); Республ. НТК «Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана» (Ташкент, 2007 г.); Республ. НТК с участием заруб. ученых «Композиционные материалы: структура, свойства и применение» (Ташкент, 2008 г.), Республ. межвузовской конференции молодых ученых «Нанокomпозиционные материалы» (Ташкент, 2009 г.), Межд.

НТК«Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития» (Навои, 2010 г.).

Сведения о публикациях. По материалам диссертации опубликовано 21 научных трудов, из них 4 статьи в отечественных и зарубежных журналах, 17 тезисов докладов зарубежных и отечественных научных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 154 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, содержит 19 таблиц и 31 рисунок, список использованной литературы из 154 наименований отечественных и зарубежных источников и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность проблемы получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости при гидротермальной обработке в автоклаве запесоченного фосфогипса в присутствии различных гидравлических добавок и регуляторов процесса кристаллизации полугидрата сульфата кальция, сформулированы цель, задачи и новизна результатов исследований, показана научно-практическая значимость полученных результатов.

Первая глава содержит информацию о способах переработки фосфогипсовых отходов в мире и у нас в стране. На основе критического анализа вопроса получения фосфогипсовых вяжущих повышенной водостойкости обоснована целесообразность выбора направления их получения способом гидротермальной обработки в автоклаве композиции, состоящей из запесоченного фосфогипса и гидравлических добавок, таких как известь, портландцемент, электротермофосфорный шлак или белитовый клинкер в присутствии регуляторов процесса кристаллизации.

Во второй главе приведены характеристики исходных материалов и описаны методики исследований. В качестве исходного сырья для получения фосфогипсового вяжущего использовали фосфогипс с влажностью 25-30% и $pH = 2,40-3,22$, отобранный с отвала. В качестве контрольного вяжущего использовали технический гипс, полученный из природного сырья Мамаджургатинского месторождения, свойства которого приведены в сравнении со свойствами вяжущего из фосфогипса. Из приведенных результатов исследований установлено, что фосфогипс по ряду таких показателей, как светопреломление, содержание двуводного сульфата кальция, гранулометрический состав и др. сходен с природными гипсовыми материалами. Однако он имеет более низкую температуру дегидратации, содержит значительное количество примесей фосфорной и серной кислот, кремнезема, фтора, железа, алюминия и др., что необходимо учитывать при

использовании фосфогипса в качестве сырья для изготовления композиционных фосфогипсовых вяжущих при гидротермальной обработке в автоклаве.

Исследование причин замедленной гидратации вяжущего, полученного в кислой среде из фосфогипса и нейтрализации фосфат- и фтор-ионов, проводили с использованием двуводного сульфата кальция, который дегидратировали при атмосферном давлении до β -полуhydrата. β -полуhydrат гидратировали в растворах фосфорной кислоты 5-30%-ной концентрации по P_2O_5 . Из гипса, закристаллизованного в растворах кислоты, гидротермальной обработкой под давлением получали α -полуhydrат и исследовали его твердение с добавками гидроксида кальция. Для приготовления растворов использовали 64%-ную фосфорную кислоту, а в качестве примесей и добавок, вводимых в раствор кислоты и в сырьевую гипсовую пульпу, применяли кремнефтористоводородную кислоту, сульфаты железа, алюминия, цинка, натрия и аммония.

В качестве гидравлических добавок были использованы известь, портландцемент, электротермофосфорный шлак и белитовый клинкер. В качестве регуляторов процесса кристаллизации исследованы малеиновый ангидрид, янтарная кислота, оксиды аминов и ДНС.

Экспериментальные исследования проведены с применением химических, физико-механических и физико-химических методов анализа. Химический анализ проб гипса и фосфогипса проводили согласно ГОСТ 5382. Фазовый состав исходных материалов, полученных вяжущих и гидратированных образцов исследовали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН-2. Дифференциально-термический анализ проводили на комплексной термографической установке, усовершенствованной Г.Н. Воронковым на базе установки Курнакова. Исследования микроструктуры исходных вяжущих материалов и затвердевших композиций выполнены на микроскопе МИН-8.

Для получения гипсового вяжущего α -модификации методом гидротермальной обработки гипсовое сырье (фосфогипс, химически чистый или природный гипс) смешивали с водой до соотношения Ж:Т = 1:1. В пульпу вводили регулятор процесса кристаллизации полуhydrата сульфата кальция в количестве 0,01-0,03% от массы твердого вещества. Гидротермальную обработку сырьевой смеси производили в автоклаве емкостью 5 л при температуре 130-140⁰С и давлении 0,3-0,4 МПа. Атмосферо-, водо- и морозостойкость затвердевших образцов оптимального состава исследовали по общепринятым методикам.

В третьей главе приведены результаты по разработке составов высокопрочного фосфогипсового вяжущего. С этой целью были проведены исследования влияния гидроксида кальция на свойства вяжущего на основе запесоченного фосфогипса. Известно, что в системе $CaO-SiO_2-H_2O$ при гидротермальной обработке в автоклаве происходит кристаллизация

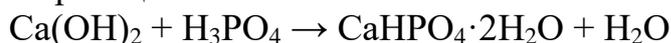
гидросиликатов кальция, которые характеризуются малой растворимостью в воде и, следовательно, в нашем случае могут внести положительный вклад в показатель водостойкости фосфогипсового вяжущего. Вяжущее α -модификации, полученное в кислой среде из запесоченного фосфогипса при гидротермальной обработке в автоклаве, при последующем добавлении извести или портландцемента характеризуется замедленными процессами гидратации и твердения и невысокой прочностью. Добавка извести или портландцемента в состав вяжущего на основе природного гипса практически не влияет на эти процессы.

Исследован характер распределения примесей фосфогипса в полученном вяжущем. Установлено, что на скорость твердения и набор прочности существенное влияние оказывают содержащиеся в фосфогипсе примеси P_2O_5 и фтора. При введении извести эти примеси связываются ионами кальция с образованием труднорастворимых соединений, которые, экранируя поверхность кристалла в виде пленки, затрудняют процесс растворения сульфата кальция. Установлено, что примеси фосфогипса содержатся не только на поверхности, но и во всем объеме кристаллов α -полугидрата сульфата кальция. Введение в сырьевую пульпу фосфогипса при дегидратации в автоклаве сульфатных солей алюминия, железа или $Ca(OH)_2$ сокращает сроки его схватывания. Основным фактором, способствующим получению α -полугидрата сульфата кальция, относительно быстро твердеющего в присутствии извести, является связывание фосфат- и фтор-ионов, внедренных в кристаллическую решетку сульфата кальция, в фосфаты алюминия, железа, кальция и CaF_2 .

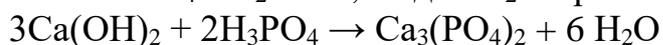
Для получения крупных кристаллов α -полугидрата сульфата кальция в условиях гидротермальной обработки в автоклаве наиболее эффективными регуляторами процесса кристаллизации (РПК) являются янтарная кислота и малеиновый ангидрид (таблица 1), введение которых в количестве 0,02-0,03 мас.% обеспечивает получение α -полугидрата сульфата кальция с крупными кристаллами в виде утолщенных призм с соотношением длины к ширине 2:1 и 3:1 (рисунок 1). Рассматривая влияние количества РПК на прочность α -полугидрата сульфата кальция, полученного в щелочной среде, следует отметить, что замедленная гидратация его с увеличением количества РПК сказывается и на прочности последнего. Так, прочность образцов из α -полугидрата сульфата кальция, полученного с 0,02 мас.% РПК, через 1,5 часа выше по сравнению с большим количеством добавки, что объясняется её замедляющим влиянием. Однако через сутки значения прочности для всех образцов, высушенных до постоянной массы, практически одинаковы (рисунок 2).

Сокращение сроков схватывания вяжущего, полученного в щелочной среде, до 8-10 мин и высокие показатели прочности (до 9,2-10 МПа) достигаются при введении в его состав 3,5-4 мас.% портландцемента или 0,4-0,8 мас.% извести, что говорит о полном связывании ионов фтора и фосфора,

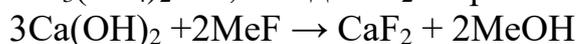
содержащихся в фосфогипсе, с образованием практически нерастворимых соединений по реакциям:



(растворимость $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,2 г/дм³ H₂O при 25⁰С);



(растворимость $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – 0,02 г/дм³ H₂O при 25⁰С);



(растворимость CaF_2 – $18 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ H₂O при 25⁰С).

Кроме того, в щелочной среде возможно образование апатита $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке способов повышения водостойкости фосфогипсовых вяжущих. Изучалась возможность получения фосфогипсовых вяжущих повышенной водостойкости путем совместной гидротермальной обработки в автоклаве запесоченного фосфогипса и таких гидравлических добавок, как портландцемент, электротермофосфорный шлак или белитовый клинкер.

Как уже было отмечено, фосфоритовые фосфогипсы содержат большое количество примесей (до 20%), основными из которых являются диоксид кремния в виде кристаллического и аморфного (до 18%), органические вещества (до 1%), $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ}}$ (до 2,5%), P_2O_5 раств. (до 0,8%) и фтор (до 0,7%). Присутствие диоксида кремния в сырье открывает перспективу его использования в технологии получения высокопрочного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости. По такой технологии для придания вяжущему повышенных прочности и водостойкости во время гидротермальной обработки в автоклаве в сырьевую шихту вводят гидравлические добавки – известь, портландцемент, электротермофосфорные шлаки или белитовый клинкер.

Таблица 1

Свойства вяжущих, полученных в щелочной среде с РПК

Наименование РПК	Удельная поверхность, см ² /г	Водопотребность, %	Сроки схватывания, мин - сек		Предел прочности при сжатии, МПа	
			начало	конец	через 1 сут	высушенные
Малеиновый ангидрид	2000	33	12-45	18-00	14,8	38,1
Янтарная кислота	1700	35	9-08	11-20	17,4	37,4
Оксиды аминов	2240	30	15-30	21-50	20,1	39,6
ДНС	2230	32	18-45	24-10	12,7	38,7



а – янтарная кислота; б – малеиновый ангидрид

Рис. 1. Микрофотографии кристаллов α -полугидрата сульфата кальция, полученного с добавками РПК. X 300

Для связывания выделяющегося при гидратации гидравлической добавки гидроксида кальция в состав высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости обычно вводят пуццолановые добавки, роль которых, в случае использования запесоченного фосфогипсового сырья, играет содержащийся в нем диоксид кремния.

При получении вяжущих повышенной прочности и водостойкости щелочную среду создавали добавлением в пульпу фосфогипса извести в количестве 0,8 мас.%, вводили 0,02 мас.% регулятора процесса кристаллизации и затем – гидравлическую добавку.

Было получено композиционное вяжущее на основе запесоченного фосфогипса и добавки 10 мас.% портландцемента, обладающее следующими строительно-техническими свойствами: водопотребность – 40%; сроки схватывания: начало – 8 мин, конец – 13 мин; прочность при сжатии образцов-кубиков размером 3х3х3 см через 28 сут 28,7 МПа; коэффициент размягчения через 28 сут 0,70. Установлено, что продуктами твердения такого вяжущего являются α -CaSO₄·0,5H₂O; SiO₂; портландцементные негидратированные минералы алита и белита, низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH(B), а также C₂SH(C) и C₂SH₂, что подтверждено рентгенофазовым анализом (рисунок 3).

Поскольку в вяжущем на основе α -полугидрата из фосфогипса имеются примеси P₂O₅ и фтора, то при его твердении срастание кристаллов, кроме указанных гидросиликатов, возможно с образованием соединений типа Ca₃(PO₄)₂·CaF₂ или подобных ему твердых растворов.

Введение белитового клинкера – попутного продукта, получаемого при производстве серной кислоты из фосфогипса, и электротермофосфорного

шлака – отхода производства элементарного фосфора, позволяет заменить дорогостоящий портландцемент на более дешевую гидравлическую добавку.

В то же время, за счет отсутствия в белитовом клинкере алюминатов кальция и высокоосновного силиката кальция C_3S , выделяющего в процессе гидратации $Ca(OH)_2$, отпадает необходимость введения в композиционное вяжущее пуццолановой добавки, что значительно упрощает технологию (рисунок 4). Прочность композиционного вяжущего на основе α -полугидрата сульфата кальция с добавкой белитового клинкера в количестве 10 мас.% достигает значений 32,0 МПа, сроки схватывания 26 (начало) и 39 (конец) минут, прочность образцов при сжатии через 4 часа – 12,4 МПа, коэффициент размягчения 0,69.

В пятой главе приведены результаты исследований свойств фосфогипсовых вяжущих повышенной прочности и водостойкости разных составов (таблица 2). Установлено, что разработанные вяжущие долговечны при длительном хранении образцов, как на воздухе, так и в воде (рисунок 5); при попеременном водонасыщении и высушивании, замораживании и оттаивании. Сравнение изученных свойств вяжущих разных составов (таблица 3), получаемых на основе фосфогипса, показывает, что композиционные фосфогипсовые вяжущие повышенной водостойкости, полученные способами как смешения компонентов при помол, так и совместной гидротермальной обработки композиции из фосфогипса и гидравлических добавок в автоклаве, по показателям своих свойств выгодно отличаются от вяжущего на основе α -полугидрата из фосфогипса, полученного без введения гидравлических добавок.

В шестой главе приведена оптимизированная технологическая схема получения высокопрочных композиционных фосфогипсовых вяжущих повышенной водостойкости (ВКФВ) при гидротермальной обработке в автоклаве (рисунок 6).

Технология получения ВКФВ повышенной водостойкости состоит из следующих стадий: приготовление фосфогипсовой пульпы с соотношением Ж:Т = 1:1; дозирование гидравлической добавки; смешение добавки с водой в соотношении Ж:Т = 1:2-2,5; дозирование регулятора процесса кристаллизации; введение добавки и РПК в сырьевую пульпу; подача пульпы в автоклав-реактор и дегидратация фосфогипса до получения α -модификации сульфата кальция и частичная гидратация гидравлической добавки; выгрузка готового продукта из автоклава и отделение жидкой фазы на вакуум-фильтре; сушка вяжущего; помол и упаковка вяжущего в тару.

В целях оптимизации технологической линии производства ВКФВ повышенной водостойкости предложено фосфополугидратную пульпу из автоклава направлять на мокрый помол в мельницу, затем на организованное в том же цехе производство гипсокартонных плит или изделий, изготавливаемых по литьевой технологии. При этом сокращаются расходы на сушку фосфогипсового вяжущего, что значительно сократит расход

электроэнергии и за счет этого снизится себестоимость как фосфогипсового вяжущего, так и изделий на его основе.

Результаты лабораторных исследований апробированы в цехе Центрального ремонтно-механического завода ОАО «Алмалыкский ГМК» в ходе опытно-промышленных испытаний, где в автоклаве была получена опытная партия вяжущего в количестве 4 т, которая была использована для

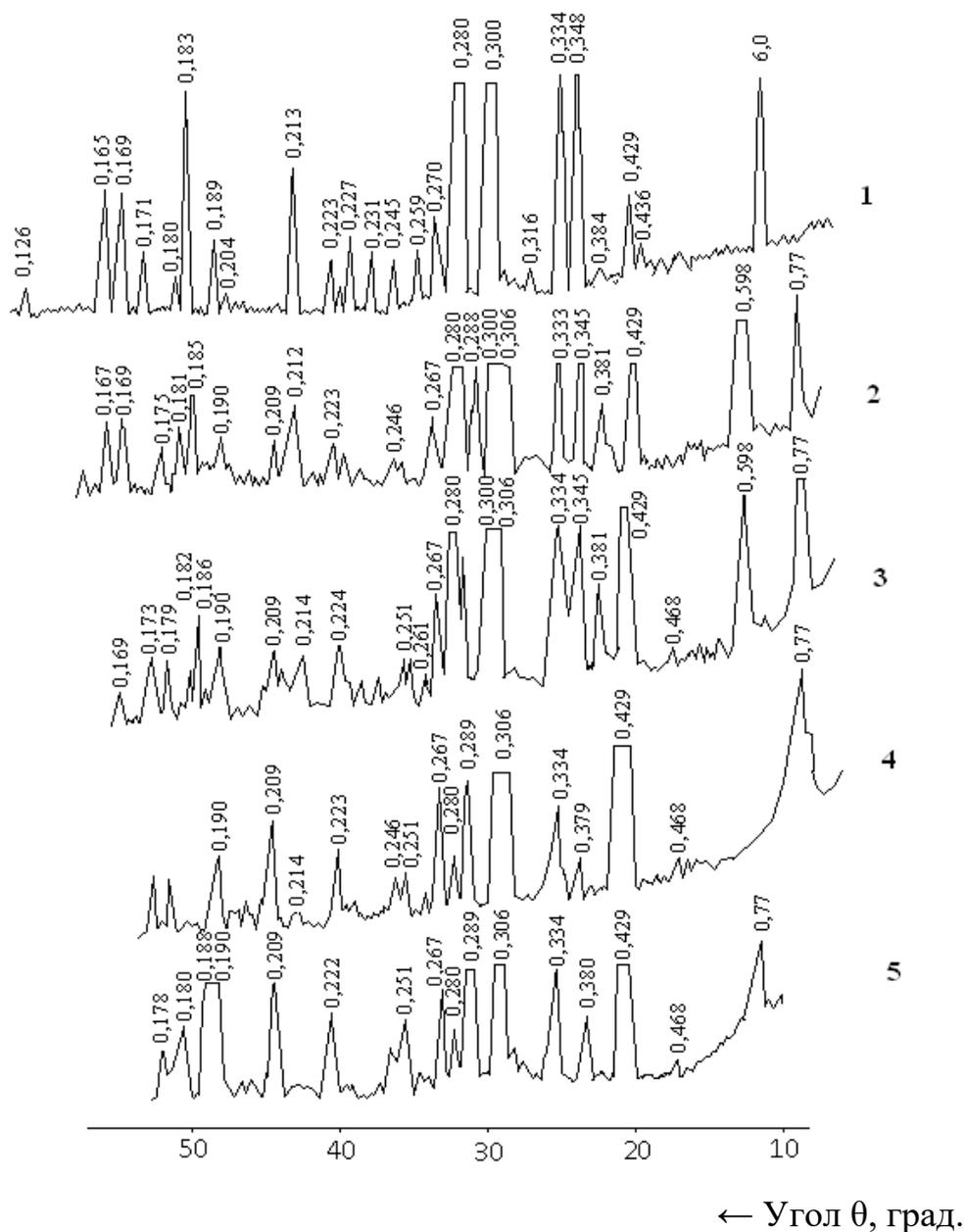


Рис. 3. Рентгенограммы высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости, полученного при гидротермальной обработке в автоклаве запесоченного фосфогипса в присутствии 10 мас.% портландцемента (1) и камня на его основе, твердевшего 4 часа (2), 1 (3), 7 (4) и 28 (5) сут

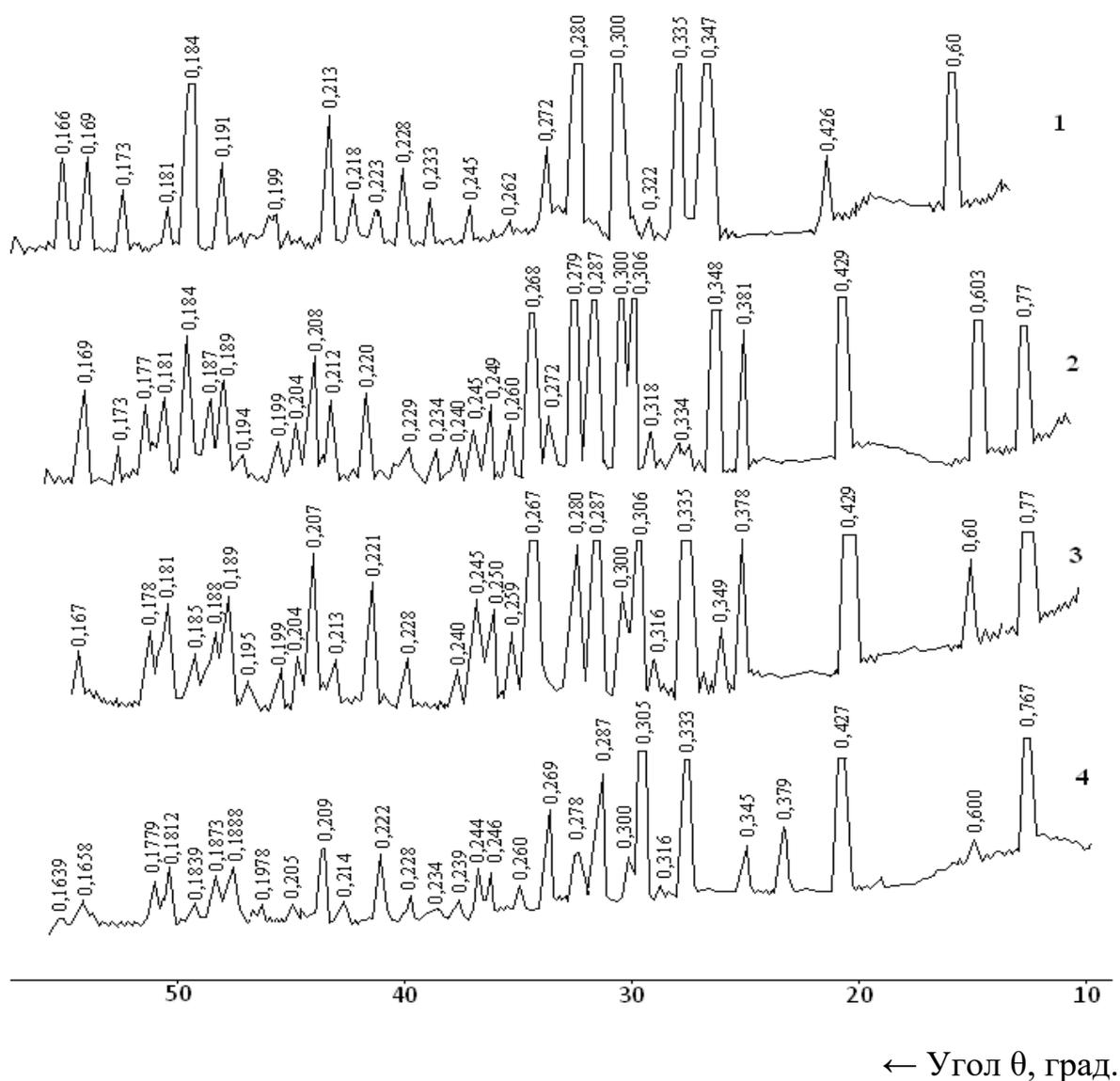


Рис. 4. Рентгенограммы фосфогипсового вяжущего, полученного при гидротермальной обработке в автоклаве смеси запесоченного фосфогипса и 10 мас.% добавки белитового клинкера (1), а также камня на его основе, твердевшего 4 часа (2), 28 сут (3) и 3 года (4)

изготовления 12 армированных панелей ограждения марки П-3ВА. В ходе опытно-промышленного выпуска были определены технологические параметры гидротермальной обработки в автоклаве композиционной фосфогипсовой шихты.

По результатам проведенных работ, согласно разработанной технологической линии, произведен сравнительный расчет основных статей расходов и экономическая эффективность производства. Себестоимость 1 т высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости (ВКФВ) рассчитана, исходя из цен на 2011 год. Для сравнения

Таблица 2

Составы исследуемых вяжущих повышенной
водостойкости из фосфогипса

№ пп	Способ приготовления	Водопот- ребность, %	Состав вяжущего, мас.%		
			α- полугидрат	портланд- цемент	белито- вый клинкер
1	α-полугидрат, полученный в щелочной среде из фосфогипса	40	100	-	-
2	Смешение компонентов при помоле	40	90	10	-
3	То же	42	85	15	-
4	То же	43	90	-	10
5	То же	44	85	-	15
6	Совместная гидротермальная обработка в автоклаве композиции из фосфогипса и гидравлических добавок	39	90	10	-
7	То же	39	85	15	-
8	То же	40	90	-	10
9	То же	40	85	-	15
10	То же	41	80	-	20

принята себестоимость гипсового вяжущего, получаемого из природного материала, для действующих заводов Узбекистана. Основным экономическим преимуществом производства ВКФВ является уменьшение затрат на сырье, а также за счет исключения таких статей, как добыча, дробление и помол исходного материала, сушка, тарирование, упаковка и хранение готового ВКФВ. Применение белитового клинкера взамен дорогостоящего портландцемента также позволит снизить себестоимость готовой продукции. Внедрение разработанной технологии в производство даст экономический эффект с каждой тонны продукции 33,48 тыс. сум. При проектной мощности цеха 100 тыс. т в год экономический эффект составит 3348 млн. сум. При этом качество вяжущего будет отличаться от вырабатываемого по традиционной технологии повышенной прочностью и водостойкостью. Одновременно будут положительно решены экологические проблемы.

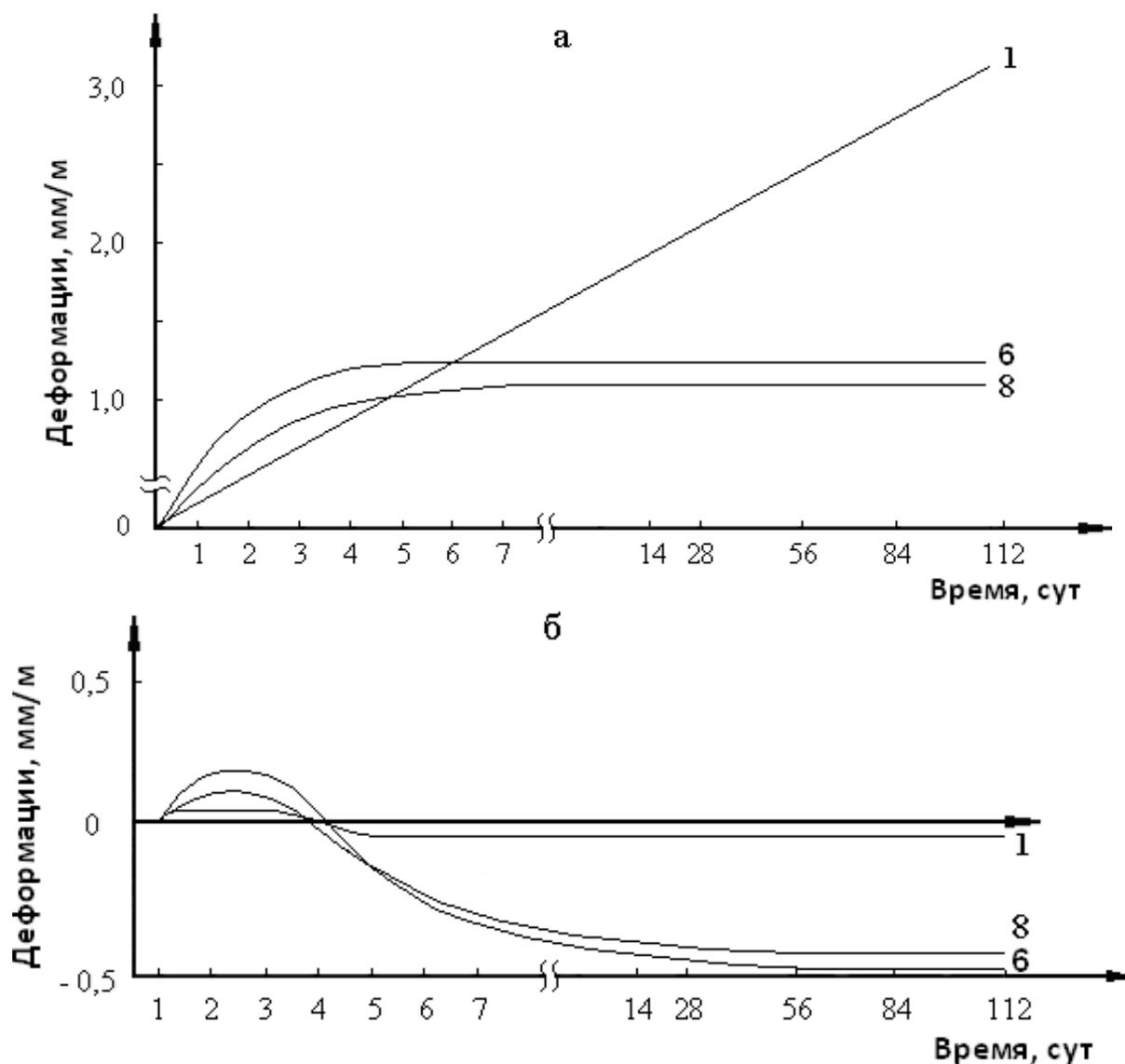


Рис. 5. Деформации усадки и расширения вяжущих повышенной водостойкости из фосфогипса составов 1, 6 и 8, твердевших а – в воде; б – на воздухе

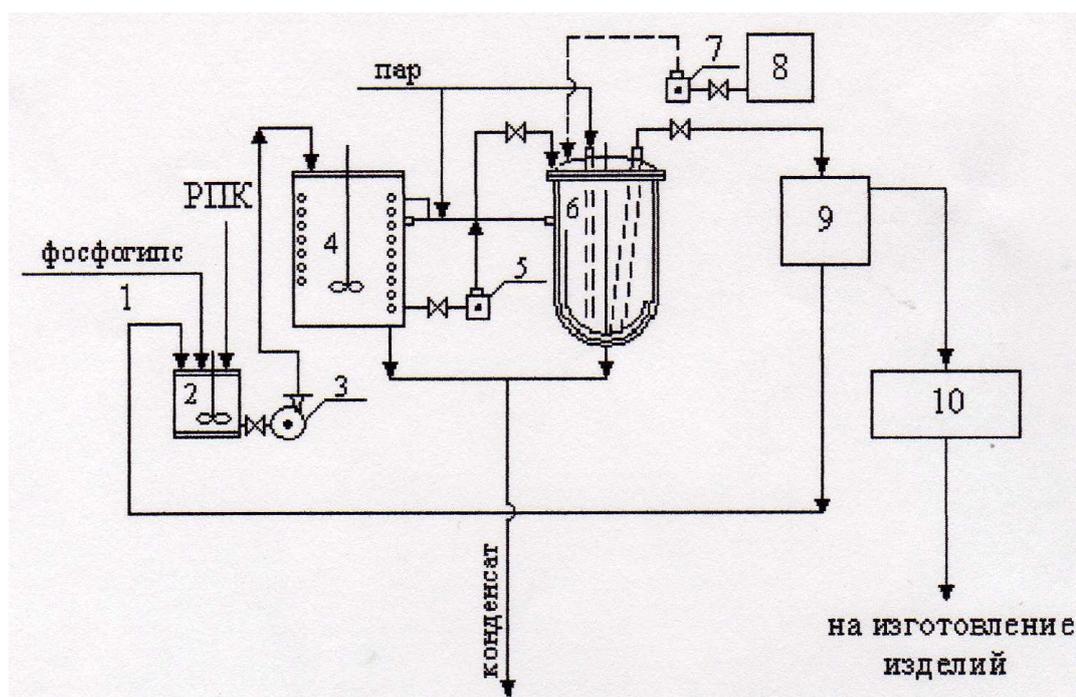
Разработанные высокопрочные композиционные фосфогипсовые вяжущие повышенной водостойкости можно будет использовать взамен дорогостоящего портландцемента при строительстве жилых, сельскохозяйственных и промышленных зданий и сооружений, панелей ограждения, сантехкабин, для заливки полов, а также использовать при наружной отделке фасадов зданий. Таким образом, производство высокопрочных композиционных фосфогипсовых вяжущих повышенной водостойкости представляется экономически и экологически целесообразным.

Таблица 3

Влияние попеременного водонасыщения на прочность образцов из
фосфогипсового вяжущего

Состав вяжущего, мас.%			Способ получения	Проч- ность при сжати, МПа	Потеря прочности, %, после	
$\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$	портланд- цемент	белито- вый клинкер			50 циклов	100 циклов
100	-	-	ГТО*	32,4	60,5	73,3
90	10	-	то же	35,7	21,2	24,4
85	15	-	то же	32,6	18,1	23,7
90	-	10	то же	31,8	16,4	19,8
90	-	10	смешение	31,0	14,5	18,3

Примечание: *ГТО – гидротермальная обработка.



1 – транспортер; 2 – репульпатор; 3, 5, 7 – насосы, 4 – расходная емкость;
6 – автоклав, 8 – дозатор гидравлической добавки; 9 – вакуум-фильтр;
10 – помольный агрегат

**Рис. 6. Технологическая схема установки по производству
высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего
повышенной водостойкости**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что вяжущее α -модификации, полученное в кислой среде из запесоченного фосфогипса при гидротермальной обработке в автоклаве, при последующем добавлении извести или портландцемента характеризуется замедленными процессами гидратации и твердения и невысокой прочностью, что существенно зависит от примесей, содержащихся в фосфогипсе, а именно от P_2O_5 и фтора. При этом фосфат- и фтор-ионы связываются ионами кальция с образованием труднорастворимых соединений, которые, экранируя поверхность кристалла, затрудняют процесс растворения сульфата кальция. Исследованиями установлено, что примеси фосфогипса содержатся не только на поверхности, но и во всем объеме кристаллов α -полугидрата сульфата кальция.

2. Основным фактором, способствующим получению α -полугидрата сульфата кальция, относительно быстро твердеющего в присутствии извести, является связывание фосфат- и фтор-ионов, внедренных в кристаллическую решетку сульфата кальция, в фосфаты алюминия, железа, кальция и CaF_2 в процессе автоклавной обработки. Для получения крупных кристаллов α -полугидрата сульфата кальция в условиях гидротермальной обработки в автоклаве наиболее эффективными являются такие регуляторы процесса кристаллизации полугидрата сульфата кальция, как янтарная кислота и малеиновый ангидрид, введение которых до 0,03 мас.% обеспечивает получение α -полугидрата сульфата кальция с крупными кристаллами в виде утолщенных призм с отношением длины к ширине от 2:1 до 3:1.

3. Получение вяжущего повышенной водостойкости из фосфогипса осуществляется путем гидротермальной обработки в автоклаве в щелочной среде сырьевой пульпы, состоящей из фосфогипса и гидравлической добавки (известь, портландцемент, электротермофосфорный шлак или белитовый клинкер) в присутствии регуляторов процесса кристаллизации.

4. Оптимальный состав высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости, полученного из запесоченного фосфогипса методом гидротермальной обработки в автоклаве с 10 мас.% добавки портландцемента, имеет прочность 28,7 МПа, сроки схватывания 8 (начало), 13 (конец) минут, коэффициент размягчения 0,70. Высокая прочность и водостойкость α -полугидрата сульфата кальция в присутствии добавки в процессе твердения обеспечивается образованием низкоосновных гидросиликатов кальция и тоберморитоподобных фаз. Присутствующие в вяжущем примеси P_2O_5 и фтора образуют соединения типа $Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$.

5. При введении 10 мас.% электротермофосфорного шлака было установлено, что по прочности, срокам схватывания и коэффициенту водостойкости полученное композиционное вяжущее практически не уступает вяжущему с добавкой портландцемента в том же количестве за счет

образования в процессе гидротермальной обработки низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(V) и гиrolита $C_2S_3H_2$.

6. Прочность композиционного фосфогипсового вяжущего оптимального состава на основе α -полугидрата сульфата кальция с добавлением 10 мас.% белитового клинкера достигает значений 32,0 МПа, сроки схватывания до 26 (начало) и 39 (конец) минут, прочность образцов при сжатии через 4 часа твердения – 12,4 МПа, коэффициент размягчения 0,69. Микроскопическим методом анализа установлено образование гидросиликатных соединений в виде чешуйчатых, таблитчатых кристаллов и волокнистых связок, отдельных скрученных пластинок, которые в процессе твердения нарастают на поверхность кристаллов гипса, обеспечивая повышенную водостойкость композиционного вяжущего.

7. Образцы из полученных композиционных фосфогипсовых вяжущих долговечны при длительном хранении, как на воздухе, так и в воде, при попеременном водонасыщении и высушивании, замораживании и оттаивании.

8. Оптимизирована технологическая схема получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости, по которой полученное вяжущее не сушится, а направляется на мокрый помол и изготовление гипсокартона или изделий по литьевой технологии.

9. Результаты проведенных исследований прошли опытно-промышленное испытание в цехе Центрального ремонтно-механического завода ОАО «Алмалыкский ГМК», где в автоклаве было получено 4 т высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости, из которого было изготовлено 12 армированных панелей ограждения марки П-3ВА. Расчетный экономический эффект при производстве 1 т высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости составил 33,48 тыс. сум. При проектной мощности цеха по производству ВКФВ 100 тыс. т на ОАО «Аммофос-Максам», где образуется отход фосфогипса, годовой экономический эффект составит 3348 млн. сум. При этом качество ВКФВ будет отличаться от вырабатываемых по традиционной технологии повышенной прочностью и водостойкостью. Одновременно будут положительно решены экологические проблемы.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Иванова Г.В., Бахритдинова Ф.Г. Получение гипсового вяжущего //Химическая технология, нефтяная и газовая промышленность, геология и горное дело: Тез. докл. РНТК студентов 19-22 апреля 1989 г. – С. 3.
2. Талипов Н.Х., Атакузиев Т.А., Иванова Г.В. Исследование возможности получения гипсового вяжущего из фосфогипса и

биологической добавки //Молодые ученые – отрасли строительных материалов и строительству: Тез. докл. IV конф. молодых ученых и специалистов 23-25 мая 1989 г. – Белгород, 1989. – С. 46.

3. Таиров З.К., Атакузиев Т.А., Иванова Г.В. Способ получения высокопрочного гипсового вяжущего //Внедрение безотходных технологий производства строительных материалов, расширение сырьевой базы для решения проблемы увеличения товаров народного потребления: Тез. докл. науч. семинара ВХО им. Д.И. Менделеева. – Ташкент, 1989. – С. 75.

4. Иванова Г.В., Атакузиев Т.А., Таиров З.К., Сим А.Д. К вопросу получения гипсового вяжущего из фосфогипса //Состояние и перспективы использования вторичных ресурсов и отходов производства на предприятиях Узбекистана: Тез. докл. науч. конф. – Ташкент, 1990. – С. 25.

5. Атакузиев Т.А., Иванова Г.В., Иваницкий В.В., Таиров З.К. Физико-химические исследования получения гипсового вяжущего из фосфогипса и продукта его термообработки //Промышленные отходы – резерв строительного производства: Тез. докл. науч. конф. 9-10 апреля 1990 г. – Севастополь, 1990. – Ч. 1. – С. 97.

6. Иванова Г.В., Атакузиев Т.А., Таиров З.К. Высокопрочное гипсовое вяжущее из фосфогипса //Доклады Академии наук УзССР. – Ташкент, 1990. – № 9. – С. 40-41.

7. Иванова Г.В., Атакузиев Т.А., Иваницкий В.В. Исследование влияния гидроксида кальция на свойства вяжущего из фосфоритового фосфогипса //Достижения науки молодых – производству: Тез. докл. РНПК студентов, молодых ученых и специалистов 22-24 апреля 1991 г. – Ташкент, 1991. – С. 38.

8. Иванова Г.В., Атакузиев Т.А., Мамажанов М.М. Модифицирование свойств вяжущего из фосфогипса – отхода производства экстракционной фосфорной кислоты //НТиТК профессоров, преподавателей, аспирантов и научных работников Ташкентского Ордена Дружбы Народов политехнического института имени Беруни: Тез. докл. – Ташкент, 1991. – С. 35.

9. Киличов А.К., Иванова Г.В., Атакузиев Т.А., Мамажанов М.М. Вяжущие из фосфогипса //Всес. семинар-совещание по проблеме реализации «Государственной программы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СССР на 1991-1995 г.г. и на период до 2005 года»: Тез. докл. – Ташкент, 1992. – С. 64.

10. Атакузиев Т.А., Иванова Г.В. Подбор состава фосфогипсового вяжущего повышенной водостойкости //Композиционные материалы. – Ташкент, 2006. – № 2. – С. 14-15.

11. Негматов С.С., Степанова Т.А., Ермакова М.С., Иванова Г.В. Влияние природы исходного сырья на качество гипсовых вяжущих //Композиционные материалы. – Ташкент, 2006. – № 4. – С. 20-21.

12. Атакузиев Т.А., Иванова Г.В. Исследование процесса твердения вяжущего из фосфогипса в присутствии извести или портландцемента //Высокие технологии и перспективы интеграции образования, науки и производства: Тез. докл. Междун. НТК. – Ташкент, 2006. – Т.1. – С. 308-309.
13. Иванова Г.В., Атакузиев Т.А., Степанова Т.А. Исследование характера распределения примесей в вяжущем из фосфогипса //Инновация – 2006: Тез. докл. Междун. НПК 25-27 октября 2006 г. – Ташкент, 2006. – С. 101-102.
14. Степанова Т.А., Талипов Д.Н., Иванова Г.В., Талипов Н.Х. Интенсификация процессов получения сухих строительных смесей на основе фосфогипсовых вяжущих //Междун. НТК по химической технологии, посвященной 100-летию Жаворонкова: Тез. докл. – М., 2007. – С. 243-245.
15. Степанова Т.А., Негматов С.С., Иванова Г.В., Талипов Д.Н. К вопросу повышения водостойкости гипсовых вяжущих //Современные технологии переработки местного сырья и продуктов: Тез. докл. РНТК. – Ташкент, 2007. – С. 231-233.
16. Степанова Т.А., Талипов Д.Н., Негматов С.С., Иванова Г.В., Талипов Н.Х. Получение фосфогипсовых вяжущих для сухих строительных смесей //Композиционные материалы. – Ташкент, 2007. – № 2. – С. 53-55.
17. Степанова Т.А., Негматов С.С., Иванова Г.В., Талипов Н.Х. Комплексное использование промышленных отходов при производстве сухих строительных смесей //Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана: Тез. докл. РНТК 2-3 октября 2007 г. – Ташкент, 2007. – С. 353-355.
18. Иванова Г.В. Исследование влияния электротермофосфорного шлака на свойства вяжущего на основе фосфоритового фосфогипса //Композиционные материалы: структура, свойства и применение: Тез. докл. РНТК с участием зарубежных ученых 27-28 июня 2008 г. – Ташкент, 2008. – С. 300-301.
19. Степанова Т.А., Самигов Н., Негматов С.С., Иванова Г.В. Влияние механоактивирования на процесс твердения сухих строительных смесей // Наноконпозиционные материалы: Тез. докл. Респ. межвузовской НТК молодых ученых 16-17 апреля 2009 г. – Ташкент, 2009. – С. 169-170.
20. Иванова Г.В. Исследование влияния электротермофосфорного шлака на свойства фосфогипсового вяжущего альфа-модификации //Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития: Тез. докл. Междун. НТК 12-14 мая 2010 г. – Навои, 2010. – С. 93.
21. Степанова Т.А., Негматов С.С., Иванова Г.В. Стойкость вяжущих из фосфогипса к физическому и бактерицидному разрушению //Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития: Тез. докл. Междун. НТК 12-14 мая 2010 г. – Навои, 2010. – С. 136-137.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Иванова Галина Владимировнанинг 05.17.11 – Силикат ва қийин эрийдиган нометалл материаллар технологияси ихтисослиги бўйича «Модификацияланган композицион альфа-яримгидратли сувли кальций сульфатининг эксплуатацион хоссаларини ошириш» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: фосфогипс, фаол гидравлик қўшимчалар, автоклавлаш, альфа-ярим сувли кальций сульфати, сувда турғунлик, гидратланиш ва қотиш, юқори мустаҳкамлик, атмосфера таъсирига бардошлилик.

Тадқиқот объектлари: серкум фосфогипс, оҳак, портландцемент, белитли клинкер, электротермофосфорли тошқол ва турли кристалланиш жараенини бошқарувчилар (КЖБлар) иштирокида автоклавда ишлов бериш йўли билан олинган мустаҳкамлиги ва сувда турғунлиги юқори фосфогипс боғловчиларнинг α -модификацияси.

Ишнинг мақсади: Серкум фосфогипс асосида ОАЖ «Аммофос-Максам» фосфогипсли бўтқасини турли хил фаол гидравлик қўшимчалар иштирокида автоклавда ишлов бериш йўли билан сувда турғунлиги ва мустаҳкамлиги юқори бўлган α -модификациядаги фосфогипс боғловчисининг таркибини ишлаб чиқариш ва олиш технологиясини оптималлаштириш.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: серкум фосфогипс ва фаол гидравлик қўшимчалар – оҳак, портландцемент, белитли клинкер, электротермофосфорли тошқоллардан тузилган композициялардан гидротермал ишлов бериш йўли билан мустаҳкамлиги ва сувда турғунлиги юқори бўлган α -модификациядаги фосфогипс боғловчисининг таркиби ишлаб чиқилган ва олиш технологияси оптималлаштирилган. Серкум фосфогипсдаги қўшимчаларнинг қотишини секинлаштирувчи таъсир механизми ўрганилган ва уни бартараф этиш усули яратилган. Портландцемент, белитли клинкер ва электротермофосфорли тошқолларнинг фосфогипс асосида α -яримгидратли кальций сульфатининг қотиш ва мустаҳкамлик тўплаш жараёнига ижобий таъсир кўрсатиши аниқланган. Узоқ муддатли синовлар натижасида, олинган боғловчиларнинг кўпга чидамлиги, ҳаво таъсирига ҳам, сув таъсирига ҳам турғунлиги юқори эканлиги, кетма-кет сув билан тўйиниш ва қуриш, музлаш ва эриш шароитларига чидамли эканлиги аниқланган.

Амалий аҳамияти: сувда турғунлиги юқори α -модификациядаги фосфогипсли боғловчилар қимматбаҳо портландцементнинг ўрнига бино ва иншоотларга ташқи ва ички безак беришда, ҳамда оғир юк тушмайдиган бетон буюмлар ясашда ишлатилиши мумкин.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: синов-саноат партияси ишлаб чиқилди ва унинг 1 т ишлаб чиқаришда эришилган топилди.

Қўлланиш соҳаси: қурилиш материаллари ишлаб чиқариш саноати ва қурилиш индустрияси.

РЕЗЮМЕ

диссертации Ивановой Галины Владимировны на тему: «Повышение эксплуатационных свойств композиционного фосфогипсового вяжущего из альфа-модификации полугидрата сульфата кальция» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Ключевые слова: фосфогипс, гидравлические добавки, автоклавирование, гидратация и твердение, альфа-полугидрат сульфата кальция, водостойкость, прочность, атмосферостойкость.

Объекты исследования: высокопрочные композиционные фосфогипсовые вяжущие α -модификации повышенной водостойкости, полученные в автоклаве запесоченного фосфогипса в присутствии извести, портландцемента, электротермофосфорного шлака или белитового клинкера и добавок регуляторов процесса кристаллизации.

Цель работы: разработка составов и оптимизация технологии получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации повышенной водостойкости на основе запесоченного фосфогипса ОАО «Аммофос-Максам» путем гидротермальной обработки фосфогипсовой пульпы в автоклаве в присутствии различных гидравлических добавок.

Методы исследований: современные физико-химические, химические и физико-механические (РФА, ДТА, микроскопический) методы анализа и стандартные методы испытаний гипсовых вяжущих.

Полученные результаты и их новизна: разработаны составы и оптимизирована технология получения высокопрочного композиционного фосфогипсового вяжущего α -модификации из запесоченного фосфогипса и гидравлических добавок при гидротермальной обработке в автоклаве с введением регуляторов процесса кристаллизации. Изучен механизм и разработан способ устранения пассивирующего действия примесей P_2O_5 и фтора, содержащихся в фосфогипсе, путем связывания их в практически нерастворимые соединения. Установлено, что введение извести, портландцемента, электротермофосфорных шлаков или белитового клинкера способствует образованию низкоосновных гидросиликатов кальция и тоберморитоподобных фаз, экранирующих кристаллы полуводного гипса, за счет чего повышаются прочность и водостойкость фосфогипсового вяжущего.

Практическая значимость: разработанные ВКФВ повышенной водостойкости могут быть использованы при наружной и внутренней

отделке зданий и сооружений взамен дорогостоящего портландцемента, а также для изготовления строительных изделий и конструкций. Установлено, что полученные вяжущие долговечны, стойкие как на воздухе, так и в воде, при попеременном высушивании и водонасыщении, замораживании и оттаивании.

Степень внедрения и экономическая эффективность: выпущена опытно-промышленная партия ВКФВ повышенной водостойкости, проведены его испытания, изготовлены изделия. Получен реальный экономический эффект 33,48 тыс. сум/т.

Область применения: промышленность строительных материалов, строительная индустрия.

RESUME

Galina Ivanova's thesis on the topic: "Improving the performance properties of composite fosfogipsovogo binding of alpha-hemihydrate of calcium sulfate modifications" to the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.17.11 - Technology of silicate and refractory nonmetallic materials

Keywords: phosphogypsum, hydraulic additives, autoclaving, hydration and hardening, alpha-calcium sulfate hemihydrate, water resistance, durability and weather resistance.

Objects of research: high-strength composite fosfogipsovye binding α -modification increased water resistance, obtained in an autoclave in the presence of phosphogypsum sanding lime, portland cement, slag or elektrotermofosfornogo belite clinker and additives controls the crystallization process.

Purpose: to develop formulations and optimization technology for high-strength composite fosfogipsovogo binding α -modification increased water resistance on the basis of phosphogypsum sanding "Ammophos-Maxam" by hydrothermal treatment in an autoclave fosfogipsovoy pulp in the presence of various hydraulic additives.

Methods of research: modern physico-chemical, chemical and physico-mechanical (X-ray analysis, DTA, microscopic) methods of analysis and standard testing methods of gypsum binders.

The results obtained and their novelty: the compositions are designed and optimized for high-technology for composite fosfogipsovogo binding α -modification of sanding phosphogypsum and hydraulic additives under hydrothermal treatment in an autoclave with the introduction of the regulators of the crystallization process. The mechanism and developed a way to eliminate passivation of impurities P_2O_5 and fluorine contained in phosphogypsum, by linking them to practically insoluble compounds. Found that the introduction of lime, portland cement, slag or elektrotermofosfornyh belite clinker promotes the formation of calcium and hydro nizkoosnovnyh tobermoritopodobnyh phases,

semi-aquatic gypsum crystals screening, whereby increased strength and water resistance fosfogipsovogo binder.

Practical significance: designed HsCFA increased water resistance can be used in exterior and interior of buildings instead of expensive Portland cement, as well as for the manufacture of building products and designs. It is established that these binders are durable, stable both in air and in water, alternate drying and water saturation, freezing and thawing.

The degree of implementation and economic efficiency: a pilot-industrial batch HsCFA increased water resistance, held his trial, made the product. Get a real economic effect UZS 33480 / t.

Applications: construction materials, the construction industry.