Аласханов А.Х., Алиев С.А., Муртазаев С.-А.Ю., Успанова А.С.

РЕЦЕПТУРА ВОДОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ С КОМПОНЕНТАМИ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Alaskhanov A.H., Aliev S.A., Murtazaev S-A.Y., Uspanova A.S.

COMPOUNDING WATERPROOF COMPOSITE PLASTER KNITTING WITH COMPONENTS OF TECHNOGENIC ORIGINS

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования, разработанных авторами рецептур водостойких композиционных гипсовых вяжущих с комплексным использованием золошлаковых отходов Грозненской ТЭЦ. Изучен характер влияния кремнеземсодержащих компонентов из техногенного сырья Чеченской Республики на процессы структурообразования системы «гипс – цемент - золошлаковая минеральная добавка – СП – вода» при твердении водостойкого композиционного гипсового вяжущего (КГВ). Изучено влияние химических добавок на свойства КГВ, позволяющих регулировать реологические свойства смесей и технические характеристики бетонов.*

Ключевые слова: *композиционные гипсовые вяжущие, наполнитель, золошлаковые смеси, водостойкие вяжущие, техногенное сырье, мелкозернистые бетоны на композиционных гипсовых вяжущих, активность и сроки схватывания композиционного гипсового вяжущего, экономический эффект.*

Abstract. *In article results of research, the compoundings of the waterproof composite plaster waste of the Grozny combined heat and power plant knitting with complex use the zoloshlakovykh developed by authors are provided. Nature of influence the kremnezemsoderzhashchikh of components from technogenic raw materials of the Chechen Republic on processes of structurization of system "plaster – cement - a zoloshlakovy mineral additive – the joint venture – water" is studied when curing waterproof composite C CC (CCC). Influence of the chemical additives on KGV properties allowing to regulate rheological properties of mixes and technical characteristics of concrete is studied.*

Key words*: composite plaster knitting, the filler, zoloshlakovy mixes waterproof knitting, technogenic raw materials, fine-grained concrete on composite plaster knitting, activity and terms of the skhvatyvaniye composite plaster knitting economic effect.*

Введение. Решением проблемы повышения водостойкости гипса и увеличения механической прочности занимались и занимаются многие российские и зарубежные исследователи: А.А. Антипин, П.И. Боженов, П.П. Будников, Г.Г. Булычев, А.В. Волженский, Г.Д. Копелянский, А.В. Ферронская, В.И. Стамбулко, В.Ф. Коровяков, В.П. Балдин и др. Область применения гипсовых материалов и изделий ограничена относительной влажностью помещений до 60-75 %. В

связи с этим, многие исследователи ведут работы по повышению водостойкости гипсового вяжущего и гипсовых изделий [1-3]. По мнению П.П. Будникова и др., основной причиной низкой водостойкости гипсовых изделий является относительно высокая растворимость гипса, составляющая 2,04 г/л $CaSO_4$ при 20 ^{0}С. При увлажнении в порах изделий за счет растворения кристаллов двугидрата образуется насыщенный раствор сульфата кальция, вследствие чего, связь между кристаллами ослабевает, и прочность изделий снижается [2-4].

П.А.Ребиндер и некоторые другие ученые считают, что причиной снижения прочности затвердевшего гипсового вяжущего при увлажнении является адсорбция влаги внутренними поверхностями микрощелей и возникающее при этом расклинивающее действие водных пленок, в результате которого отдельные микроэлементы кристаллической структуры разъединяются. При этом адсорбционный эффект усугубляется пористостью гипсовых материалов. Низкая водостойкость ГВ обусловлена высокой растворимостью дигидрата сульфата кальция, его высокой проницаемостью и расклинивающим действием молекул воды при проникании в межкристаллические полости. Структура затвердевшего ГВ характеризуется высокой сообщающейся пористостью с размером пор в пределах 1,5-3 мкм, удлиненными кристаллами дигидрата сульфата кальция, которые имеют между собой точечные соединения, имеющие тенденции к разрыву при небольших напряжениях. Кроме того, дигидрат сульфата кальция характеризуется достаточно большим объемом межплоскостных (межкристаллических) пространств (полостей), в которые проникает вода, ослабляя связи и растворяя гипс [5,6].

Известны многочисленные способы повышения водостойкости гипса: повышение водостойкости гипса достигается уменьшением растворимости в воде сульфата кальция, уплотнением гипсовой массы, пропиткой веществами, препятствующими прониканию в них влаги. В последние годы некоторых исследователей привлекает гипотеза, по которой взаимодействие различных вяжущих с водой, особенно полиминеральных, в реальных условиях протекает одновременно по смешанной схеме: по А. Ле Шателье - с растворением части вещества в воде, последующей гидратацией его и переходом в осадок гидрата, а также топохимически по А.А. Байкову - с прямым присоединением воды к твердой фазе.

В настоящее время доказано, что один из основных путей повышения водостойкости гипсового вяжущего – введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием водостойких и твердеющих в воде продуктов как в результате химической реакции с гипсовым вяжущим, так и вследствие собственной гидратации. Такими веществами являются портландцемент и молотые гранулированные доменные шлаки, об использовании которых отмечено в работах [7,11]. Применение портландцемента в качестве добавки к гипсу часто приводило к противоречивым результатам. В одних случаях водостойкость повышалась и увеличивалась прочность в начальные сроки твердения, в других случаях при повышении водостойкости образцы, обладая в начале достаточной механической прочностью, разрушались через 30-40 суток.

Постановка задачи. Одним из направлений повышения водостойкости гипсовых вяжущих является создание гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ), а также разработка технологии ГЦПВ. Наиболее устойчивыми и эффективными являются композиции нового поколения - композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности (КГВ), которые предложены и всесторонне исследованы в МИСИ им. В. В. Куйбышева (МГСУ) и других организациях А. В. Волженским, В. И. Стамбулко, А. В. Ферронской, В. Ф. Коровяковым и др. на основе применения достижений нанотехнологии и физико-химической механики в области строительных материалов, в том числе вяжущих веществ. Эти композиции состоят из гипсового вяжущего вещества, портландцемента и надлежащего количества пуццолановых гидравлических добавок, содержащих кремнезем в активной форме, и способны твердеть без разрушительных деформаций во влажной среде и водных средах при такой же скорости схватывания, как и у полуводного гипсового вяжущего. В отличие от портландцемента изделия из этих вяжущих во многих случаях не требуют тепловлажностной обработки, так как уже через 2-4 часа после изготовления набирают до 30-40% конечной прочности [8-15].

Другим достаточно известным водостойким гипсовым вяжущим является гипсоизвестково-шлаковое вяжущее (ГИШВ), разработанное в Уральском политехническом институте и внедренное на Красноуфимском заводе строительных материалов. Разработанные вяжущие, в отличие от неводостойких гипсовых вяжущих, обладают универсальностью свойств, проявляющейся в способности к гидравлическому твердению, меньшей склонностью к ползучести и достаточной долговечностью [10]. Но, несмотря на высокую технико-экономическую эффективность строительных материалов из таких вяжущих, их применение в строительстве в настоящее время недостаточно. Поэтому повышение эффективности ГВ и бетонов на их основе, направленное на совершенствование и улучшение технологических, функциональных, эксплуатационных свойств, расширение области применения гипсовых вяжущих является актуальной проблемой.

Кроме того, для Чеченской Республики широкое использование гипсовых вяжущих при возведении и отделке зданий и сооружений особенно актуально: имеются большие запасы разведанных месторождений гипса; использование материалов на основе гипсовых вяжущих создает более комфортные условия для пребывания человека в помещении в различных климатических зонах при большом диапазоне изменения температурно-влажностных параметров; сроки производства работ с использованием бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих в несколько раз ниже, чем при работе с аналогичными материалами на основе портландцемента и др.

Методы исследования. Поэтому важнейшим направлением научных исследований в строительном материаловедении является совершенствование технологии производства гипсосодержащих композитов, улучшение их функциональных и эксплуатационных свойств, что будет способствовать развитию «зеленого строительства и производству «зеленых» высокоэффективных строи-

тельных материалов.

Экспериментальные исследования по разработке рецептур водостойких композиционных гипсовых вяжущих с комплексным использованием золошлаковых смесей проводились в лабораториях и испытательных центрах Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова и Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

При проведении экспериментальной части работы использованы следующие материалы:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н Чири-Юртовского цементного завода) (таблица 1);
- шлаковый песок и зола из отвалов ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 Заводского района г. Грозный для получения тонкомолотых минеральных добавок (таблицы 2 и 3);
- гипсовое вяжущее β-модификации марки Г-5Б II Астраханского гипсового комбината (таблица 4);
- химические добавки: суперпластификатор Полипласт СП-1, лимонная кислота;
- вода водопроводная.

Таблица 1 – Физико-механические свойства Чири-Юртовского цемента

Номер партии цемента	Нормальная густота цементного теста, %	Сроки схватывания цементного теста нормальной густоты, ч-мин	
		начало	конец
1	25,50	2-30	3-50
2	25,50	1-40	5-30
3	27,12	1-45	4-45
4	24,20	1-50	3-30

Основные характеристики и показатели качества песка в соответствии с требованиями ГОСТ 8735-01: содержание пылевидных и глинистых частиц – 2,5%, средняя плотность зерен – 2,62 г/см^3, средняя насыпная плотность – 1560 кг/м^3,пустотность песка – 40,5%, водопотребность – 10,8%.

Таблица 2 – Показатели свойств тонкомолотых минеральных добавок из золошлаковой смеси

Показатель	Тонкомолотые минеральные добавки	
	зола-уноса	шлак
Удельная поверхность по ПСХ-2, м^2/кг	690	470
Объем пор с R<19,4 нм, см^3/кг	18	3

Таблица 3 – Химический состав золы-уноса и шлака

Вид добавки	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	SO_3
Шлак	67,46	15,05	2,65	0,36	0,54	5,45	5,16	2,59	0,24

Зола-уноса	32,44	5,57	31,37	0,28	2,35	19,80	2,02	0,86	1,28

Таблица 4 – Физико-механические свойства гипсового вяжущего

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение
Тонкость помола, максимальный остаток на сите с размером ячеек 0,2 мм	%	10
Нормальная густота	–	0,48
Сроки схватывания:		
начало	мин, сек	6′30″
конец	мин, сек	10′30″
Предел прочности при изгибе	МПа	2,4
Предел прочности при сжатии	МПа	5,0
В высушенном до постоянной массы состоянии	МПа	12,6
В насыщенном водой состоянии	МПа	4,3
Коэффициент размягчения	–	0,34

Результаты эксперимента и их обсуждение. В данной работе было предложено использовать в качестве активных минеральных добавок в составе КГВ промышленные отходы (золу-уноса и шлак Грозненской ТЭЦ Чеченской Республики). Зола-уноса – сухой тонкодисперсный продукт пылеулавливания, образующийся на тепловых электростанциях при сжигании углей (антрацита, тощего каменного угля, каменного угля, бурого угля). Для золы-уноса нормируются: потеря массы при прокаливании (п.п.п.), содержание $CaO_{св.}$ (для основных зол, менее 5%), MgO (5%), а также $S0_3$ и щелочных оксидов в пересчёте на Na_20. Дисперсность зол характеризуется удельной поверхностью 150-300 м^2/кг при остатке на сите № 008 -15-30 %.

Минералогический состав кислых зол представлен алюмосиликатным стеклом, содержат также силикаты и алюминаты кальция и несвязанную (свободную) CaO. В золах содержится также от 0,5 до 20 % несгоревших частиц угля, что является отрицательным фактором при их использовании в цементных композициях [13]. Характеристики материалов в соответствии с требованиями ГОСТ 25592-91, ГОСТ 25818-91, ГОСТ 26644-85. Плотный дробленый шлак фракции 1-4 мм с $M_{кр}$ = 2,77 имеет насыпную плотность 1200-1400 кг/м^3, плотность – 1,8 г/см^3. Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н Чири-Юртовского цементного завода. Плотность 3,09 г/см^3, насыпная плотность 1300 кг/м^3, водопотребность – 20,5%, начало схватывания – 1,25 ч, конец – 6,8 ч. Суперпластификатор Полипласт СП-1, применяемый в работе в качестве добавки, представляет собой смесь натриевых солей полиметилен нафталинсульфокислот различной молекулярной массы. Добавка суперпластификатор Полипласт СП-1 выпускается в форме водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, показатели качества которых, должны соответствовать требованиям ТУ 5870-005-58042865-05. Принцип действия суперпластификаторов основывается на рассеянии статических зарядов и пространственной

стабилизации частиц вяжущего вещества, что приводит к их высокоэффективному диспергированию и дефлокуляции. Подвижность и перерабатываемость пластифицированного раствора значительно увеличивается, а водопотребность смеси существенно снижается.

В качестве добавки применялась и лимонная кислота (2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота) $C_6H_8O_7$ – кристаллическое вещество белого цвета, хорошо растворима в воде, растворима в этиловом спирте, малорастворима в диэтиловом эфире. Слабая трехосновная кислота. Соли и эфиры лимонной кислоты называются цитратами. Лимонная кислота – натуральный или синтетический антиоксидант. В производстве мелкозернистого бетона на композиционном гипсовом вяжущем, лимонную кислоту применяют как замедлитель схватывания.

Для создания долговечных КГВ в первую очередь необходимо выбрать состав смеси, для чего следует: правильно подобрать соотношение между вяжущим и активной минеральной добавкой; в зависимости от назначения и условий работы изделий и конструкций установить содержание компонентов в составе КГВ – гипсового вяжущего и портландцемента с активной минеральной добавкой.

Первое условие обеспечивает стабильность затвердевшего КГВ, предотвращая возможность образования во времени эттрингита и развития разрушительной гидросульфоалюминатной коррозии. Выполнением второго условия достигается повышение водостойкости КГВ и эксплуатационных свойств изделий.

В работе была рассмотрена возможность использования золошлаковых отходов ТЭЦ г. Грозного в качестве активной минеральной добавки в составе композиционного гипсового вяжущего. Введение минеральных добавок в гипсоцементные композиции позволяет влиять на этапы твердения и способствовать изменению конечных свойств материалов. Способностью к непосредственному взаимодействию с водой топливные золы и шлаки, как правило, не обладают. В то же время, аморфные компоненты зол и шлаков обладают пуццолановой активностью, т.е. способностью при обычных температурах связывать гидрат окиси кальция с образованием нерастворимых соединений. Более значительная роль в этом принадлежит минералогическим показателям.

Химический и минерально-фазовый состав зол и шлаков ТЭЦ, их строение и свойства зависят от состава минеральной части топлива, от режима его сжигания и теплотворной способности, от способа улавливания и удаления золы и шлака, от места их отбора. Реакционная способность по отношению к гидрату окиси кальция у них различна и связана с температурными превращениями каолиновых глин при сжигании топлива. Обладающий большой удельной поверхностью метакаолинит $A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$ активно реагирует с $Ca(OH)_2$ при обычных температурах с образованием гидросиликатов кальция и гидрогеленита по следующей реакции:

$$A1_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 3Ca(OH)_2 + (n+5)H_2O = 2CaO \cdot A1_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 8H_2O + CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O.$$

Активность образующихся при более высоких температурах аморфных SiO_2 и $A1_2O_3$ заметно меньше, что объясняется резким снижением удельной поверхности вследствие спекания и кристаллизации новообразований.

Высокотемпературное спекание и плавление глинистых минералов резко снижает их удельную поверхность и, соответственно, активность, поэтому стеклофаза зол и шлаков малоактивна при обычных температурах. В зависимости от скорости охлаждения стекловидные частицы получают плотное или пористое строение.

В работе установлено, что количество пор, сосредоточенных на поверхности частиц золы-уноса, по сравнению со шлаком, больше и, она обладает значительно большей полной удельной поверхностью (таблица 2).

Гидравлическая активность является наиболее важным свойством золошлаковых смесей ТЭЦ, обусловливающим возможность их применения в составе вяжущих веществ и растворов. Увеличение их удельной поверхности повышает реакционную способность минералов, способствуя устранению условий образования и накопления эттрингита за счет связывания гидроксида кальция активированным кремнеземом и уменьшения количества алюминатных составляющих за счет ускоренной гидратации портландцемента, что обуславливает повышение прочности и долговечности сформировавшейся структуры затвердевших КГВ и бетонов на их основе. В составе зол и шлаков ею обладают продукты обжига глин: аморфизованное глинистое вещество типа метакаолинита, аморфные SiO_2 и $A1_2O_3$, алюмосиликатное стекло. Из химического состава минеральных добавок (см. табл. 3) видно, что они содержат SiO_2 и $A1_2O_3$ (шлак в 2 раза больше, чем зола-уноса), которые в измельченном виде способны при обычных температурах связывать гидрат окиси кальция с образованием нерастворимых соединений, т.е. обладают пуццолановой активностью, следовательно, могут быть использованы при производстве КГВ в качестве активных минеральных добавок. Более кислые минеральные добавки обладают повышенной активностью, о чем можно судить по величине глиноземного модуля или модуля активности (таблица 5).

Таблица 5 – Сопоставление характеристик ЗШС ТЭЦ г. Грозный

Наименование модуля	Значение показателя, %	
	в шлаке	в золе-уноса
Глиноземный модуль, $p = Al_2O_3 / Fe_2O_3$	5,68	0,50
Модуль основности, $M_O = CaO + MgO / SiO_2 + Al_2O_3$	0,07	0,38
Модуль активности, $Ma = Al_2O_3 / SiO_2$	0,22	0,11

От гранулометрического, химического и фазового состава золы зависит ее насыпная плотность, которая для различных зол находится в пределах 600-1300 кг/м^3. Истинная плотность золы различных углей может колебаться от 1750 до 3500 кг/м^3 и в среднем составляет 2100 - 2400 кг/м^3. Топливные гранулированные шлаки имеют крупность зерен 10 - 15 мм, истинную плотность 2830 - 3260 кг/м^3, насыпную плотность 1100 – 1300 кг/м^3.

В работе были проведены сравнительные исследования гранулометрического состава минеральных добавок (золы-уноса и шлака) методом лазерной гранулометрии, позволяющим определять размеры частиц (от 0,2 до 600 мкм) и

процентное содержание их в анализируемом материале. Кривые гранулометрического состава шлака и золы-уноса с удельной поверхностью 470 и 690 м²/кг соответственно, показали (рисунок 1), что основной диапазон размеров частиц золы-уноса, в который попадает более 90 % материала, ограничивается фракциями (18,15…201 мкм); а частиц шлака – фракциями (1,1...60,35 мкм).

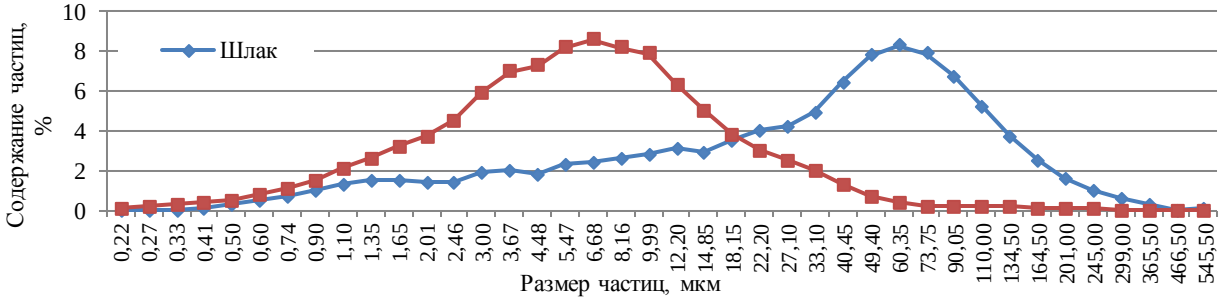

Рисунок 1– Сравнение распределения частиц по размерам золы-уноса и тонкомолотого шлака

Существует оптимальное значение тонкости помола вяжущего, при котором достигается максимальная прочность. Дальнейшее увеличение тонкости помола не только не способствует повышению прочности, но может привести к ее снижению. Это явление многими авторами объясняется увеличением водопотребности вяжущих вследствие значительного увеличения удельной поверхности зерен. Для устранения этого явления применяются добавки поверхностно-активных веществ, обладающих диспергирующими свойствами. Об эффективности действия исследуемых добавок свидетельствует снижение концентрации оксида кальция в растворе: *для золы-уноса* через 5 суток до 1,23…0,86 г/л, на 7-е сутки до 1,18…0,84 г/л, при обязательном соотношении Д/Ц=1:1,5; *для шлака* через 5 суток до 0,22…0,14 г/л, на 7-е сутки до 0,15…0,13 г/л, при обязательном соотношении Д/Ц=1:0,5. (таблица 6, рисунок 2).

Таблица 6 – Изменение концентрации CaO в водной суспензии КГВ

№ п/п	Материалы			Концентрации CaO в водной суспензии КГВ			
				С золой-уноса		Со шлаком	
				Через			
	Гипс	Цемент	Мин. добавка	5 суток	7 суток	5 суток	7 суток
1	4	2,5	1,25	1,23	1,18	0,22	0,14
2	4	2,5	2,5	1,00	0,95	0,17	0,14
3	4	2,5	3,75	0,83	0,8	0,14	0,138

Полученные отношения между Д/Ц положены в основу расчета составов КГВ, которые были приняты следующими (таблица 7).

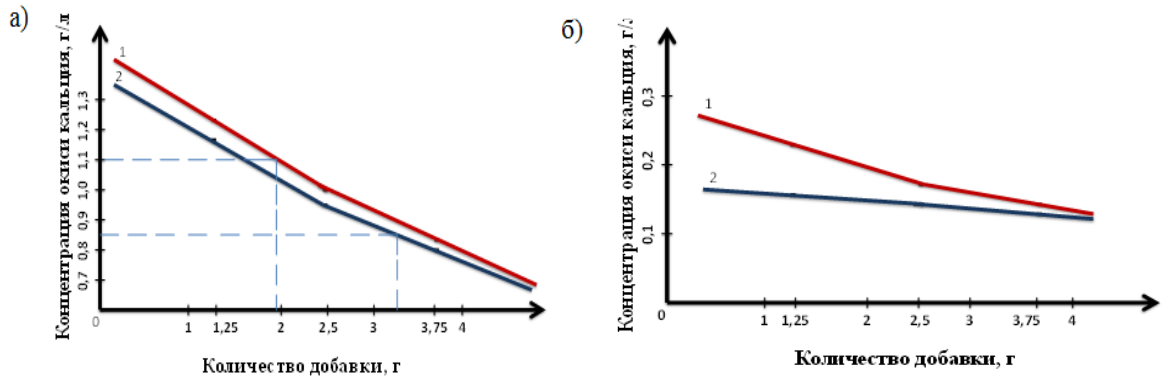

Рисунок 2 – Изменение концентрации СаО в водной суспензии КГВ при введении золы-уноса (а) и шлака (б)

Со снижением концентрации гидроксида кальция, постепенно исчезают условия образования высокоосновных гидроалюминатов кальция и эттрингита. Учитывая полученные данные, рекомендуется применять следующие составы КГВ (% по массе): гипсовое вяжущее – 70, портландцемент – 12, зола-уноса – 18; гипсовое вяжущее – 70, портландцемент – 20, шлак – 10.

Таблица 7 – Составы КГВ, подобранные по ТУ 21-31-62-89

№ состава	Содержание компонентов, %			
	гипс	портландцемент	шлак	зола-уноса
1	70	20	10	-
2	70	12	-	18

Для регулирования сроков схватывания вяжущего использовали лимонную кислоту. Пластифицирующий эффект ПАВ устанавливали по консистенции паст при постоянном водовяжущем отношении. Добавки вводились совместно с водой затворения. Анализ полученных результатов (таблица 8) показал эффективность применения исследуемых химических модификаторов.

Таблица 8 – Влияние химических добавок на свойства КГВ (с золой-уноса)*

№ п/п	Вид добавки	Содерж. добавки, мас.%	Расплыв, м	Сроки схватывания, мин., с		Прочность при сжатии, МПа		
				начало	конец	2 ч.	7 сут.	28 сут.
1	Без добавки	—	0,120 0,180*	8-00 8-30	11-00 11-30	5,1 3,4	18,3 13,4	20,4 14,1
2	Полипласт-СП-1	0,1	0,160	7-45	10-45	5,0	14,5	15,7
		0,3	0,180	7-30	10-30	4,4	13,9	14,7
		0,5	0,220	7-15	10-15	4,2	13,4	13,9
3	Лимонная кислота	0,03	0,160	18-45	25-15	4,8	9,2	10,4
		0,05	0,162	24-30	28-30	4,9	9,7	11,4
		0,07	0,162	29-30	34-30	5,0	10,2	11,9
4	Лимонная кислота Полипласт СП-1	0,05 + 0,3	0,265	30-00	35-15	4,3	13,2	13,8

*Примечание: В/Вяж = 0,46.

При дозировке суперпластификатора Полипласт-СП-1 – 0,1-0,5% от массы вяжущего, значительно увеличивается подвижность смеси (с 0,12 до 0,22 м). Выявлено, что эффективным замедлителем сроков схватывания является лимонная кислота. При дозировке лимонной кислоты 0,03–0,07 % замедляется начало схватывания от 8-00 до 34-30 мин. Установлено, что разработанная

комплексная химическая добавка (лимонная кислота – 0,05% + Полипласт-СП-1 – 0,3%) позволяет регулировать начало схватывания до 30 мин и скорость твердения КГВ.

Для оптимизации структуры и состава КГВ проводились комплексные исследования фазового состава, процессов гидратации и структурообразования камня на КГВ с кремнеземсодержащими добавками (с золой-уноса и шлаком) методами электронной микроскопии и РФА в различные сроки твердения: в 28 сут. и через 1 год. Для исследования микроструктуры был использован растровый электронный микроскоп Tescan MIRA 3, с проведением одновременно рентгеновского микроанализа образцов в возрасте 1 года, что позволяет существенно повысить информативность полученных результатов. Анализ такого рода осуществлялся с помощью энергодисперсионного анализатора путем измерения энергии (или длины волны) и интенсивности рентгеновского излучения, генерируемого при бомбардировке образца сфокусированным электронным пучком. Квант рентгеновского излучения, попадая на детектор, преобразуется в электрический импульс и величина этого импульса строго фиксирована (таблица 9).

Таблица 9 – Состав продуктов гидратации КГВ в точках микрозондирования

Элементный состав	Содержание элементов, масс.%, в точках микрозондирования				
	Изобр.1			Изобр.2	
	1	2	3	4	5
C	79,8	30,8	47,0	16,2	83,3
O	9,8	42,8	32,8	44,1	13,9
Si	1,4	3,8	3,2	5,5	0,7
Ca	6,7	20,2	12,0	22,2	2,2
Fe	0,6	0,2	2,3	5,2	-
Mg	0,1	0,1	-	1,7	-
S	0,7	0,8	0,7	2,1	-
Na	-	0,1	-	-	-
K	0,1	0,3	0,5	0,5	-
Al	0,7	0,7	1,5	4,0	-

Анализ микроструктуры показал: в возрасте 1 года в композициях КГВ с золой-уноса (рисунок 3) образуется рыхлая структура со значительным количеством пор, а также крупными и мелкими порами между кристаллами новообразований. В порах обнаружено скопление игольчатых кристаллов толщиной в несколько нм, которые вырастают, видимо, из матрицы C-S-H-геля, пронизывая поры, увеличивают число контактов и выполняют армирующую функцию.

В зависимости от времени образования они могут иметь длину от 5-10 нм (при толщине 0,1-0,2 нм) до 1-2 мкм (при толщине 0,1 мкм); обычно они образуют скопления частиц, растущих радиально от поверхности силикатных фаз. Волокнистые гидросиликаты выполняют армирующую функцию на раннем этапе гидратации. Несколько позднее, в условиях насыщенного известью раствора, гидросиликаты кальция приобретают морфологию дендритоподобных образований, создающих уплотненную оболочку вокруг частиц гипса.

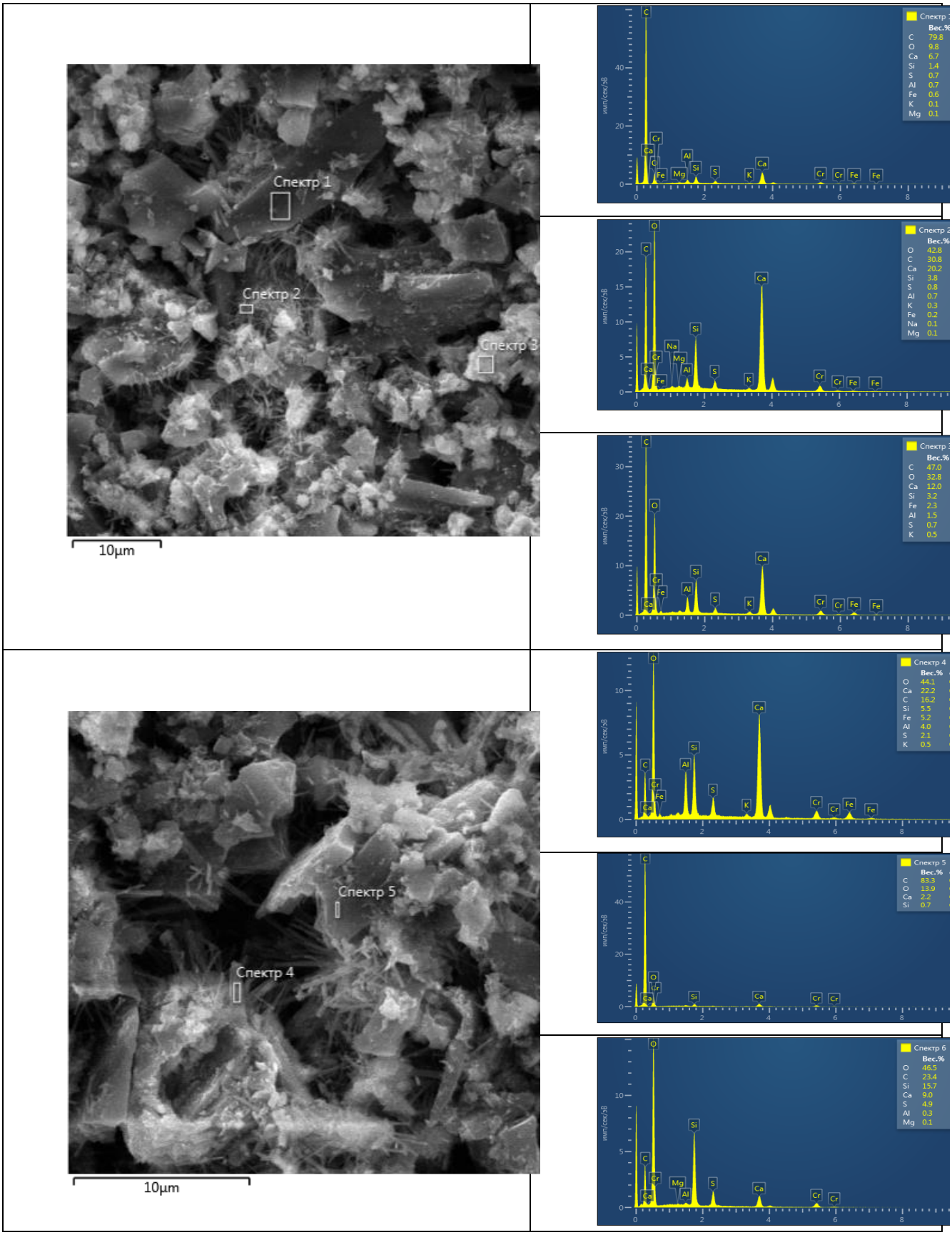

Рисунок 3 – Продукты гидратации КГВ с золой-уноса в точках микрозондирования

Полости между кристаллами дигидрата сульфата кальция заполняются мельчайшими частицами новообразований и ультрадисперсными частицами портландцемента и активной минеральной добавки, что способствует увеличению контактов между кристаллами. Когда оболочка становится достаточно толстой, частицы объединяются в непрерывную структуру. За счет гидросиликатов такой морфологии затвердевшее вяжущее приобретает прочность, повышается его плотность, водостойкость и долговечность.

Вывод. Разработаны рецептуры водостойких композиционных гипсовых вяжущих с комплексным использованием золошлаковых отходов Грозненской ТЭЦ.

Изучен характер влияния кремнеземсодержащих компонентов из техногенного сырья ЧР на процессы структурообразования системы «гипс – цемент - золошлаковая минеральная добавка – СП – вода» при твердении водостойкого КГВ.

Установлено, что на первой стадии быстрый набор прочности системы осуществляется за счет синтеза крупных кристаллов двуводного гипса, одновременно выполняющих функцию регулируемого раннего схватывания, а в дальнейшем гидратация клинкерных минералов обеспечивает за счет создания малорастворимых новообразований в ранее созданной структуре композита повышение его водостойкости.

Показана закономерность изменения гранулометрии составляющих разных видов предлагаемых вяжущих.

Интегральные кривые распределения частиц КГВ на основе шлака и ЦЕМ1 42,5Н Чири-Юртовского цементного завода близки между собой, а график распределения частиц КГВ на основе золы смещается в области тонких фракций (1,1…40,45 мкм), что приводит к увеличению водопотребности на 14%.

Изучено влияние химических добавок (суперпластификатора Полипласт СП-1, лимонной кислоты) на свойства КГВ, позволяющих регулировать реологические свойства смесей и технические характеристики бетонов.

Библиографический список:

1. Ферронская А.В. Роль гипсовой отрасли в развитии промышленности строительных материалов //Второй Всероссийский семинар по гипсу. Уфа, 2004. - С.11-17.
2. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках. Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Белгород, 2009.–463с.
3. Муртазаев С-А.Ю. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах / Муртазаев С-А.Ю, Исмаилова З.Х. // Строительные материалы-М., 2008.-№3.-С. 57-58.
4. Гончаров Ю.И. Состояние и перспективы развития строительного материаловедения в России / Ю.И. Гончаров, А.М. Гридчин, В.С. Лесовик // Проблемы строительного материаловедения. Седьмые академические чтения РААСН. - Белгород, 2001.

5. Муртазаев С-А.Ю. Разработка рецептуры композиционных гипсовых вяжущих с минеральными добавками из золы и шлака / С-А.Ю. Муртазаев, А.Х. Аласханов, М.С. Сайдумов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 100-летию академика М.Д. Миллионщикова (научное издание). – Грозный, 2013. - С.165–178.
6. Гончаров Ю.А. Российская гипсовая ассоциация: цели и задачи / Ю.А. Гончаров, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы.- 2008.- январь. - С. 54-56.
7. Лесовик В.С. Гипсовые вяжущие материалы и изделия / В.С. Лесовик, С.А. Погорелов, В.В. Строкова.– Белгород, 2000.– 224 с.
8. Муртазаев С-А.Ю. Использование золошлаковых смесей ТЭЦ для производства композиционных гипсовых вяжущих / С-А.Ю. Муртазаев, Н.В. Чернышева, А.Х. Аласханов // Экология и промышленность России. – 2013. – №2. – С.26-29.
9. Altum, L.A. Utilization of weathered phosphogypsum as set retarder in Portland cement. L.A. Altum, Y. Sert. Cement and Concrete Research.- 2004.- 34.- pp. 677-680.
10. Аласханов А.Х. Стеновые материалы на основе гипсовых вяжущих и сырьевых ресурсов Чеченской Республики / А.Х. Аласханов, С-А.Ю. Муртазаев, Н.В. Чернышева // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): материалы Международной научно-практической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – С.148–150.
11. Соломатов В.И. Пути активации наполнителей композиционных строительных материалов./ В.И. Соломатов, Л.И. Дворкин, М.И. Чудновский //Известия вузов, Строительство и архитектура.-1987.-№1.-С.61-63.
12. Лесовик В.С. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород / Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю, Сайдумов М.С.// Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2012 – 192 с.
13. Чернышева Н.В. Минеральные добавки из техногенного сырья для производства гипсовых материалов и изделий / Н.В. Чернышева, Е.В. Козеева, А.Х. Аласханов // Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: материалы Международной научно-практической конференции, 15– 18 ноября 2011 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011.
14. Lesovik V.S. 2012. Geonics. Subject and objectives. Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shoukhov, 2012. -100 p.
15. Чернышева Н.В. Использование композиционных гипсовых вяжущих на техногенном сырье в производстве стеновых материалов/ Н.В. Чернышева, С.-А.Ю. Муртазаев М.С. Сайдумов [и др.]//Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова. – Грозный, 2011. – Вып. 11. – С.161-167.

References:

1. Ferronsky A.V. the Role of gypsum industry in the development of building materials industry, the Second national seminar on gypsum. Ufa, 2004. - pp. 11-17.
2. Lesovik R. V. fine-Grained concrete on composite binders and technogenic Sands. Avtoref. Diss. doctor. tekhn. Sciences. – Belgorod, 2009.–463p.

3. Murtazaev, A. Y. The Use of local industrial waste in fine-grained concrete, Murtazaev S-A. Yu, Ismailova Z. H. Building materials-M., 2008.-№3.- pp. 57-58.
4. Goncharov, Y. I. State and prospects of development of building materials in Russia, Goncharov, Y.I., A. M. Gridchin, V.S. Lesovik problems of material science. The seventh academic readings RAASN. - Belgorod, 2001.
5. Murtazaev, A. Y. Formulation and Development of composite gypsum binders with mineral additives of ash and slag, S-A. U. Murtazaev, A. H. Alikhanov, M. S. Materials of all-Russian scientific-practical conference of young scientists, dedicated to the 100th anniversary of academician M. D. Millionshtchikov (scientific publication).- Groznyj, 2013.- pp.165-178.
6. Goncharov, Yu. A. Russian gypsum Association: goals and objectives, Y. A. Goncharov, A. F. Buryanov, Building materials - 2008. – Jan - pp.54-56.
7. Lesovik V. S. Gypsum binders and materials, V.S. Lesovik, S.A. Pogorelov, V. V.Strokova.–Belgorod, 2000.–224p.
8. With Murtazaev, A. Y. the Use of ash-and-slag mixtures of thermal power stations for the production of composite gypsum binders With A. U. Murtazaev and N. In. Chernyshev, A.H. Alikhanov, Ecology and industry of Russia. – 2013. – No. 2. – pp. 26-29.
9. Altum, L. A. Utilization of weathered phosphogypsum as set retarder in Portland cement, L. A. Altum, Y. Sert, Cement and Concrete Research - 2004- 34.- pp. 677-680.
10. Alikhanov A. H. Wall materials based on gypsum binders and raw materials of the Chechen Republic, Alaskhanov A.H., A.U. Murtazaev and N. In. Chernysheva, Innovative materials and technologies (XX scientific readings): materials of International scientific-practical conference. Belgorod: Publishing house BGTU, 2011.- pp.148–150.
11. Solomatov V. I. pathway activation fillers composite building materials.V. I. Solomatov, L. Dvorkin, M. Chudnovsky, I. journal of applied physics, Construction andarchitecture.-1987.-No.1- pp.61-63.
12. Lesovik V. S. Building composites on the basis of screenings from the concrete crushing and rock,Lesovik V. S., Murtazaev S-A. Yu, S. M. (law), Ivan: FGUP "Izdatelsko-polygraphic complex "Grozny worker", 2012 – p.192.
13. Chernysheva N. In. Mineral additives of technogenic raw materials for the production of gypsum materials and products , N. In. Chernysheva, E. V. kozeeva, A. H. Alikhanov , Ecology: education, science, industry and health: proceedings of the International scientific-practical conference, 15– 18 November 2011 – Belgorod: Publishinghouse, BGTU, 2011.
14. Lesovik V.S. 2012. Geonics. Subject and objectives. Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shoukhov, 2012. -100 p.
15. Chernysheva N. In. The use of composite gypsum binders on technogenic raw materials in the production of wall materials/ N.In. Chernyshev, S.-Y. A. Murtazaev, M. S. [and others] proceedings of the Groznyj state oil technical University. Acad. M. D. Millionshtchikov. – Groznyj, 2011. – Vol.11– pp.161-167.

УДК 69.04.11/ББК 22.213