

Консультационный центр КНАУФ
ООО «КНАУФ ГИПС ЧЕЛЯБИНСК»
Уральская сбытовая дирекция –
филиал ООО «КНАУФ ГИПС» (г.Челябинск)

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

ПЯТАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

«Инновационные материалы и технологии
КНАУФ – ГАРАНТ качества и безопасности
в современном строительстве»

Посвящается 60-му юбилею
Архитектурно-строительного факультета
Южно-Уральского Государственного университета.

г.Челябинск
2012 г.

*В знании величие и красота
Знание дороже, чем клад жемчужин
Время любой уничтожит клад
Мудрый и знающий вечно нужен*

А.С. Самарканди

Оргкомитет Научно-практической конференции.

Председатель: Уполномоченный фирмы КНАУФ в Южно-Уральском регионе, заведующий консультационным центром КНАУФ, заслуженный строитель РФ **М.А. Жовтановский**

Члены оргкомитета: Декан Архитектурно-строительного факультета, профессор **В.В. Спасибожко**

Заведующий кафедрой «Строительные материалы» ЮУрГУ, профессор **Б.Я. Трофимов**

Заведующий кафедрой «Технология строительного производства» ЮУрГУ, профессор **С.Г. Головнев**

Генеральный директор ООО «КНАУФ ГИПС ЧЕЛЯБИНСК» **А.А. Иванов**

Генеральный директор ООО «КНАУФ МАРКЕТИНГ ЧЕЛЯБИНСК» **В.В. Ивашко**

Руководитель Учебного центра ООО «КНАУФ МАРКЕТИНГ ЧЕЛЯБИНСК» **А.В. Популлова**

Доцент кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ, к.т.н. **Т.Н. Черных**

Доцент кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ, к.т.н. **М.Д. Бутакова**

Доцент кафедры «Технология строительного производства» ЮУрГУ, к.т.н. **А.В. Киянец**

Нанесение базового штукатурного слоя осуществляют на всю поверхность после чего, нанесённая смесь разравнивается. Армирующую сетку вдавливают в штукатурный слой примерно на треть, после чего выполняют выравнивание поверхности базового слоя.

Перед нанесением декоративной штукатурки поверхность базового слоя обрабатывается грунтовкой. Декоративная смесь наносится на поверхность, после чего разравнивается гладким мастерком на толщину зерна заполнителя, и сразу же подается необходимая структура поверхности.

Таким образом, возведение наружного стенового ограждения методом поэлементной сборки дает нам ряд преимуществ.

Во-первых, технология устройства ограждения проста и не трудоемка, объем работы на один этаж составляет 390 м^2 , на основании данных по трудоемкости и количеству человек в бригаде мы получаем продолжительность работ 47 дней, что является хорошим показателем.

Во-вторых, установка стенового ограждения может вестись параллельно с возведением самого каркаса здания, т.е. сокращаются сроки возведения здания.

В-третьих, в качестве оборудования для установки наружной обшивки каркаса применяются только фасадные подъемники (люльки), мы не используем рабочее время башенного крана, что существенно сокращает затраты при производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Индивидуальные элементные сметные нормы расхода материалов и затрат труда на отделку помещений комплектными системами КНАУФ. Типовые технологические карты на отделочные работы с применением комплектных систем КНАУФ. Том 1. 2005 год.

Свойства и модифицирование ангидритового вяжущего из техногенного сырья

Доктора технических наук, профессора Л.Я.Крамар, Б.Я.Трофимов, кандидат технических наук, доцент Т.Н.Черных (ЮУрГУ)

Одним из ангидритсодержащих отходов является фторангидрит – продукт производства плавиковой кислоты – образуется в результате получения фтористого водорода из плавикового шпата (флюорита). Промышленное производство фтористого водорода основано на реакции флюорита с 98-% серной кислотой:



При переработке плавикового шпата выход ангидрита составляет 1,75 т на тонну флюорита, а в мировом масштабе эти отходы достигают 2-3 млн.т в год. Фторангидрит на предприятии ООО «Галоген», г. Пермь образуется ежегодно в количестве 100 тыс. т., характеризуется однородностью химического и минералогического состава и незначительным количеством примесей, по радиационно-гигиеническим характеристикам отвечает требованиям санитарных правил и пригоден для изготовления строительных материалов.

Минерал ангидрит CaSO_4 встречается в трех модификациях:

- при обезвоживании полуводного гипса сначала возникает $\gamma\text{-CaSO}_4$ – растворимый ангидрит имеет кристаллы в виде гексагональных пластинок, плотность $2,61 \text{ г/см}^3$, это наиболее растворимая в воде модификация ангидрита при контакте с влажной средой поглощает до $0,5 \text{ H}_2\text{O}$;
- при температуре $>170 \text{ }^\circ\text{C}$ – β -форма, аналог природного ангидрита характеризуется ромбической сингонией, плотность $2,89 \text{ г/см}^3$,
- $>1200 \text{ }^\circ\text{C}$ стабильной является α -форма CaSO_4 (высокотемпературный), устойчив при температуре $>1200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Известно, что все ангидритовые вяжущие вещества, состоящие как из природного, так и из искусственно получаемого ангидрита, имеют очень низкую активность. П.П. Будников и др. [1] называли ангидритовое вяжущее, полученное обжигом природного двухводного гипса при температуре более $500\dots700^\circ\text{C}$, «мертвым», потерявшим способность присоединять кристаллизационную воду, к «мертвому» эти исследователи относили также природный ангидрит.

Ангидрит-отход производства химической промышленности несколько отличается от природного ангидрита по форме и размерам кристаллов в связи с различными условиями образования. Ангидрит-отход состоит из очень мелких первичных кристаллов CaSO_4 , агломерированных во вторичные агрегаты. Благодаря высокой удельной поверхности он обладает некоторой реакционной способностью. Природный ангидрит представляет собой крупные кристаллы, он приобретает реакционную способность лишь при очень тонком измельчении.

Любой ангидритовый цемент твердеет медленно, присоединяя через 3 недели 4%, через 3 месяца 8% воды (вместо теоретических 21%), решающее влияние на прочность оказывает степень гидратации ангидрита.

Присутствие во фторангидрите неразложившегося флюорита до 7% не снижает прочности получаемого гипса, но при этом наблюдается увеличение сроков схватывания вяжущего. Сульфат железа существенно изменяет цвет вяжущего, не оказывая заметного влияния на другие свойства.

Из литературных данных [2] следует, что «оживить мертвый» гипс можно тонким помолом и/или введением активаторов твердения.

Механоактивация – повышение тонкости помола гипсовых вяжущих сказывается на скорости гидратации в меньшей степени, чем введение химических добавок-ускорителей схватывания и твердения. Тонко размолотые вяжущие нуждаются в большем количестве воды для образования теста нормальной густоты, чем вяжущее, состоящее из более крупных фракций. По заключению Ю.М. Бутта и др. [3] «более тонкий помол увеличивает скорость гидратации, но одновременно повышает водопотребность, вследствие чего положительное влияние тонкости помола на прочность невелико».

Применение добавок-ускорителей является наиболее эффективным способом интенсификации процесса схватывания и твердения гипсовых вяжущих. Принцип действия солей активаторов основывается на их способности повышать скорость растворения ангидрита при затворении его водой, смесь полуводного сульфата кальция и нерастворимого ангидрита дает удовлетворительные сроки схватывания [4] .

На скорость схватывания гипсового вяжущего оказывает влияние температура воды затворения: горячая вода (температура в пределах 293...330°K) ускоряет схватывание гипсовых вяжущих.

Большинство исследователей процессов схватывания и твердения гипсовых вяжущих сходятся во мнении, что полуводный гипс, растворимый и нерастворимый ангидриты в присутствии воды при атмосферных условиях превращаются в двуводный сульфат кальция. Т.е. их гидратация протекает с образованием одних и тех же химических продуктов реакции. Если гидратация протекает при количестве воды, достаточном для получения однородного нерасплаивающегося шлама, то в результате роста и переплетения кристаллов двуводного сульфата кальция смесь схватывается и твердеет.

Исследованиями А.В. Ферронской [5] показано, что использование в гипсовых вяжущих различных модификаций сульфата кальция не вносит существенного изменения в характер новообразований, но влияет на скорость гидратации вяжущих и условия кристаллизации новообразований, что, в конечном счете, отражается на характере структуры затвердевших вяжущих. По данным Х.С. Воробьева [6], полученным на основе лабораторных исследований, также следует, что в нормальных условиях ниже 40°C в устойчивом состоянии находится только дигидрат сульфата кальция, который при повышении температуры переходит в полугидрат, затем в растворимый γ -ангидрит и нерастворимый β -ангидрит. Полугидрат и растворимый ангидрит метастабильны и при температуре ниже 40°C в присутствии воды могут переходить в дигидрат. Нерастворимый ангидрит стабилен в интервале температур 40...1180°C.

Согласно исследованиям немецких ученых, превращение полугидрата в дигидрат протекает без промежуточных стадий, в то время как переход растворимого ангидрита в дигидрат осуществляется всегда через полугидрат. Нерастворимый ангидрит превращается в дигидрат одностадийно. По [7] при твердении ангидритового вяжущего на поверхности частиц под воздействием активаторов в начале образуется комплексная соль, включающая ангидрит, а затем она распадается с образованием двуhydrата.

По [8] полугидрат – это фаза с переменным содержанием химически связанной воды, содержание которой в кристаллической решетке может изменяться от 0 до 0,65 моля на один моль CaSO_4 . В соответствии с этим, полугидрат и ангидрит являются лишь двумя переходными состояниями в серии гидратов переменного состава от $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ до CaSO_4 . При этом технические свойства вяжущего будут определять: степень совершенства кристаллической решетки, размеры кристаллов и морфология зерен вещества.

Фторангидрит производства ООО «Галоген», г. Пермь представляет собой однородный рыхлый материал практически постоянного химического состава с размерами частиц от 1 до 20 мкм и после помола в лабораторной вибромельнице до остатка на сите 0,2 мм менее 15% по массе представляет собой белый порошок. При затворении водой до достижения стандартной консистенции (расплыв по вискозиметру Суттарда 180 мм) образует тесто нормальной густоты при $V/\Gamma = 0,42$. Сроки схватывания составляют: начало 14 ч...14ч 30 мин, конец 16...17 ч. Результаты определения прочности представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Прочность фторангидритового вяжущего

Возраст	1 сутки	3 сутки	7 сутки	14 сутки	28 сутки
Предел прочности при изгибе, МПа	0	1,6	2,9	3,4	3,4
Предел прочности при сжатии, МПа	0	5,9	10,9	11,2	11,4

Примечание к табл. 1. Значения коэффициента вариации при определении прочности образцов затвердевшего вяжущего не превышали 4,7 %.

Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии (28 суток твердения на воздухе + 1 сутки в воде) в среднем равен 6,0 МПа, водостойкость (по коэффициенту размягчения) фторагидритового вяжущего в 28 суток твердения – 0,53.

Фторангидрит после 8 суток твердения имеет постоянную усадку (рис. 1), достигающую 6 мм/м, после чего длина образца стабилизируется.



Рис. 1– Усадка фторангидритового вяжущего в мм/м (до 14 суток)

Фазовый состав по данным рентгенофазового анализа (рис. 3) фторагидрита представлен в основном отражениями нерастворимого ангидрита с межплоскостными расстояниями ($d/n, \text{Å}$) 3,496; 2,84; 2,467; 2,205; 2,083; 1,744; 1,594; 1,558; 1,521; 1,486; 1,420; небольшим количеством флюорита с $d/n (\text{Å})=1,928; 1,645; 1,363$, а также незначительным количеством полуводного гипса с $d/n (\text{Å})=3,496; 2,776; 2,205; 1,995$.

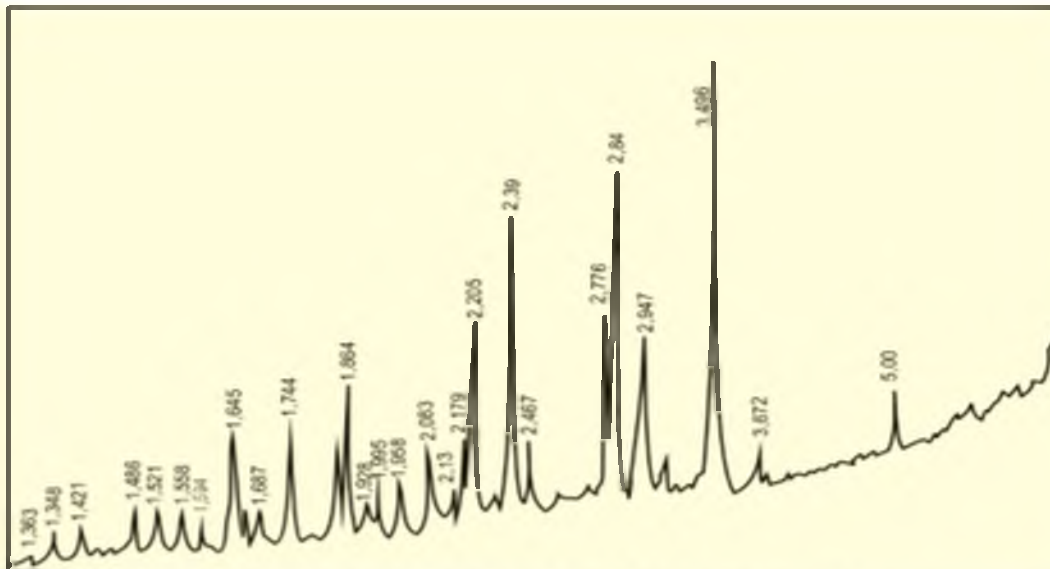


Рис. 2 - Рентгенограмма фторангидрита

Значительное количество нерастворимого ангидрита объясняет низкую активность вяжущего на основе фторангидрита.

Таким образом, к достоинствам ангидритового вяжущего техногенного происхождения можно отнести то, что оно имеет

- достаточно высокую прочность при сжатии и изгибе, к 28 суткам воздушного твердения достигающую 11 МПа при сжатии и 3,4 МПа при изгибе;
- высокую степень белизны, что позволяет его использовать помимо прочего и в декоративных целях.

Недостатками этого вяжущего являются:

- очень длинные сроки схватывания – начало схватывания наступает не ранее 14 часов после затворения вяжущего;
- низкая водостойкость;
- усадка при твердении, достигающая 6 мм/м, что может вызвать трещинообразование в материалах на его основе.

Нами проведены исследования фторангидрита и продуктов его гидратации и для сравнения изучали полуводный гипс (Г-5АII) и камень из него. Твердение образцов из теста стандартной консистенции ангидритового вяжущего и строительного гипса проходило в воздушных комнатных условиях при температуре 20 ± 3 °С и относительной влажности воздуха в пределах 60...70 %. Количественное определение минералов проводили по термогравиметрическим кривым дифференциального термического анализа по потере массы вследствие удаления кристаллизационной воды в определённом температурном интервале. Результаты расшифровки дериватограмм и рентгенограмм приведены в табл. 2. Из приведенных данных следует, что фторангидрит при затворении водой твердеет с образованием

из растворимого (γ) и части нерастворимого (β) ангидрита промежуточного соединения – гидратированного полуводного сульфата кальция, содержащего 0,62 молекулы воды, отражения которого наблюдаются на рентгенограммах и дериватограммах образцов фторангидритового камня в любом возрасте. И только в 2-х летнем возрасте воздушного твердения фиксируется наличие небольшого количества двугидрата.

Таблица 2 – Фазовый состав фторангидритового и гипсового камней и исходных вяжущих

Возраст твердения	Содержание минералов, %				
	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\beta\text{-CaSO}_4$	$\gamma\text{-CaSO}_4$
Ангидритовое вяжущее (фторангидрит)					
	следы	следы	следы	+	+
Гипсовое вяжущее (строительный гипс Г-5АII)					
	–	88	4	–	+
Ангидритовый камень (100% фторангидрита)					
1 сут	21	следы	–	+	+
3 сут	39	следы	–	+	– ^{**}
7 сут	80	–	–	+	–
28 сут	77	–	следы	+	–
2 года	74	–	4	+	–
Гипсовый камень, полученный затворением полуводного гипса					
28 сут	0	следы	89	+	–

^{*} «+» – наличие отражений минерала на рентгенограммах;

^{**} «–» – отсутствие отражений минерала на рентгенограммах

Изменение фазового состава фторангидритового камня во времени представлено на рис. 3.

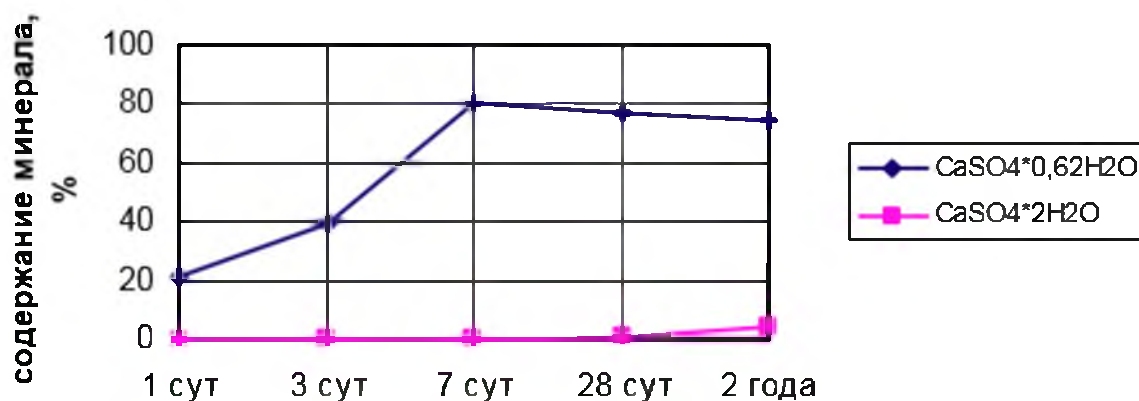


Рис. 3 – Динамика изменения фазового состава фторангидритового камня

Со временем мелкокристаллический гидратированный сульфат кальция, имеющий химическую формулу $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$, перекристаллизуется частью в двухводный гипс, а большей частью остается в довольно устойчивом исходном состоянии. На рентгенограммах камня из фторангидрита пики, соответствующие двухводному гипсу, даже к 28 суткам имеют очень малую интенсивность. Если материал не подвергается воздействию воды, то такой фазовый состав камня наблюдается вплоть до 2 лет твердения, за это время только незначительная часть $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ переходит в двухводный гипс.

Растворимый ангидрит не фиксируется фазовым анализом уже в 3-х суточном возрасте, что говорит о его гидратации в короткие сроки. А вот количество нерастворимого ангидрита хоть и снижается, но очень медленно, и к 28-м суткам твердения в материале он остается в большом количестве.

Структура ангидритового камня формируется весьма отличной от гипсового камня. В гипсовом камне из строительного гипса (рис. 4) основной фазой являются хорошо оформленные кристаллы двухводного гипса, имеющие призматическое шестигранное строение, при этом кристаллы, вытянутые в направлении 1-0-0, срastaются в виде «ласточкиного хвоста», структура рыхлая, с большим количеством пустот.

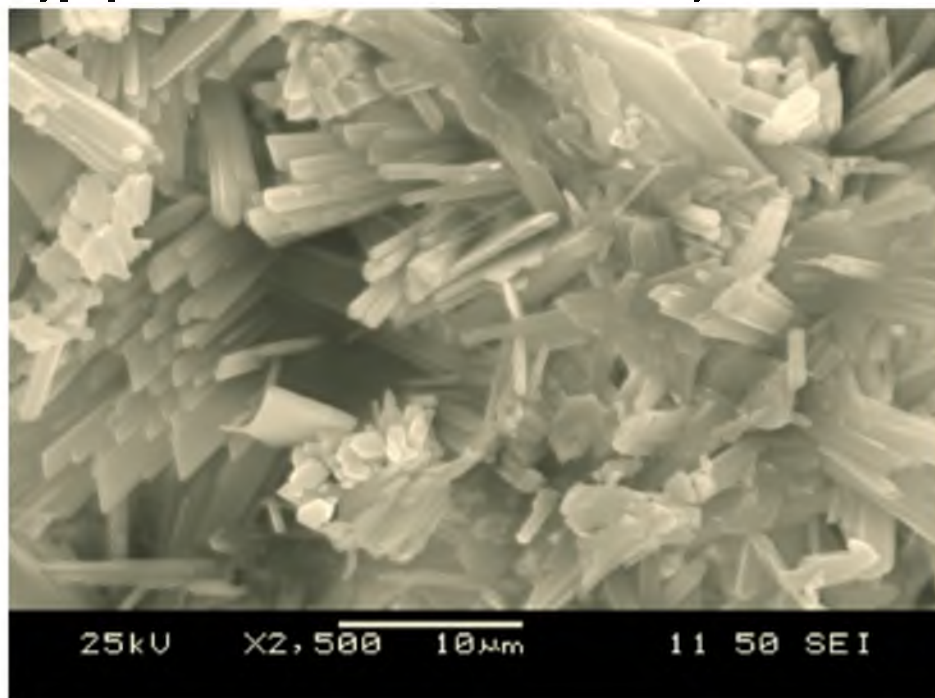


Рис. 4– Структура гипсового камня, $\times 2500$

Структура скола камня из фторангидрита приведена на рис. 5, из которого видно, что она разнородная, небольшое количество кристаллов двухводного гипса скрепляются между собой шестигранными кристаллами

$\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$, имеющими пластинчатую, ближе к кубической, форму. Благодаря более плотной структуре, ангидритовый камень имеет более высокие показатели прочности. Ангидрит также входит в структуру камня в виде мелкокристаллической массы.

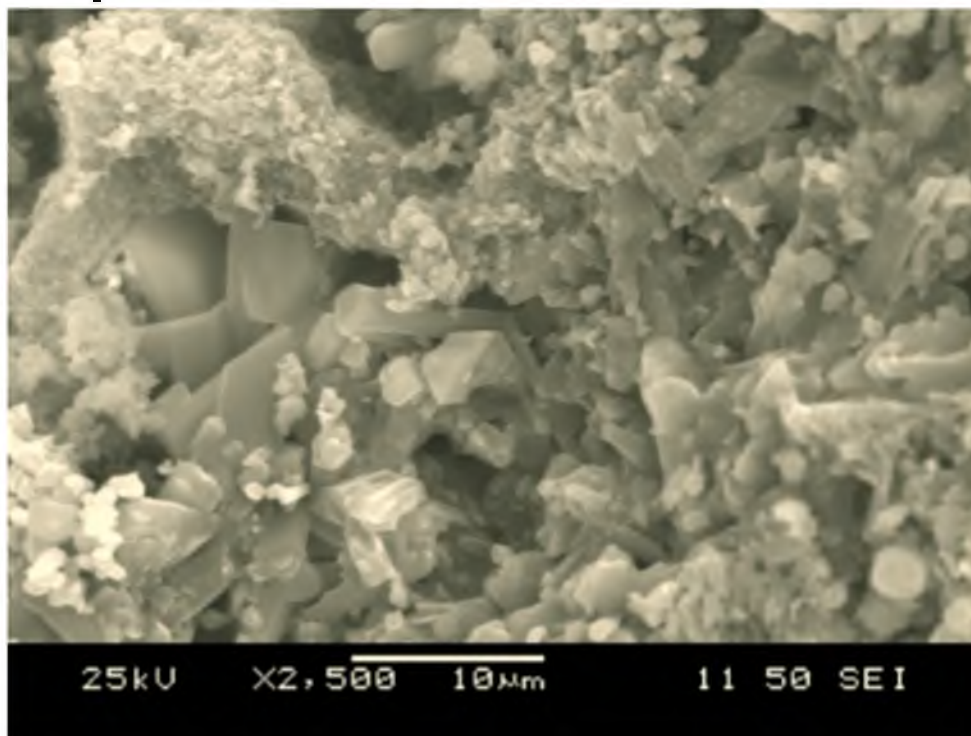


Рис. 5 Структура ангидритового камня, x2500

При твердении строительного гипса происходит гидратация полуводного сульфата кальция с образованием двухводного сульфата кальция. В пробах гипсового камня в возрасте 28 суток твердения в воздушных условиях также было обнаружено небольшое количество нерастворимого β -ангидрита. При этом весь исходный полугидрат сульфата кальция перешел в двугидрат.

Так как в ангидритовом камне основным продуктом гидратации является частично гидратированный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$, а количество двухводного гипса сравнительно мало, то можно утверждать, что к 28 суткам и даже к 2 годам твердения в воздушно сухих условиях процессы гидратации в ангидритовом камне не завершены.

При этом неясно, что будет происходить с материалом при последующем твердении, например, при непосредственном соприкосновении с влагой, а также при адсорбции влаги из воздуха. Со временем переход нерастворимого ангидрита в $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ и его дальнейший переход в двухводный гипс в сформировавшейся структуре может привести к сбросу

прочности и растрескиванию материала, так как образование двуводного сульфата кальция происходит с увеличением объема.

Для выяснения этого вопроса образцы фторангидритового камня в возрасте 28 суток воздушного твердения были помещены на 28 суток в воду, после чего хранились 1 сутки на воздухе.

Затем образцы испытывали на прочность при сжатии и определяли фазовый состав камня. Результаты определения прочности и фазовый состав камня приведены в табл. 3, структура камня после смешанного твердения (28 суток на воздухе, 28 суток в воде, 1 сутки на воздухе при относительной влажности $65 \pm 10\%$) представлена на рис. 6.

Таблица 3 – Свойства ангидритового камня

Условия твердения	57 суток на воздухе	28 суток на воздухе, 28 суток в воде, 1 сутки на воздухе
Предел прочности при сжатии, МПа	18	22
Внешний вид	Образцы без видимых повреждений	Образцы без видимых повреждений
γ -CaSO ₄	0	0
β -CaSO ₄	+	Следы
CaSO ₄ *0,5H ₂ O	0	0
CaSO ₄ *0,62H ₂ O	77	Следы
CaSO ₄ *2H ₂ O	следы	79

Прочность ангидритового камня не только не снизилась при водном твердении, но даже повысилась на ~20%, фазовый состав материала также изменился, практически весь нерастворимый ангидрит и CaSO₄0,62H₂O перешли в двуводный гипс. Повышение прочности объясняется самоуплотнением материала при гидратации материала в сформировавшейся системе без образования трещин, новообразования заполняют пустоты в ангидритовом камне. Микроскопическое исследование подтверждает эти выводы, структура камня становится более плотной и равномерной

Следовательно, твердение техногенного ангидрита можно представить в две стадии. На первой стадии растворимый ангидрит переходит в двуводный гипс, а частички нерастворимого ангидрита постепенно гидратируют, присоединяя 0,62 молекулы воды. Затем на второй стадии при наличии благоприятных условий (достаточное количество влаги) CaSO₄0,62H₂O гидратирует до двуводного гипса, при этом структура самоуплотняется и прочность материала повышается. Минерал

$\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ хотя и является промежуточной стадией в цепочке твердения, однако при эксплуатации изделий в сухих условиях является довольно устойчивым.

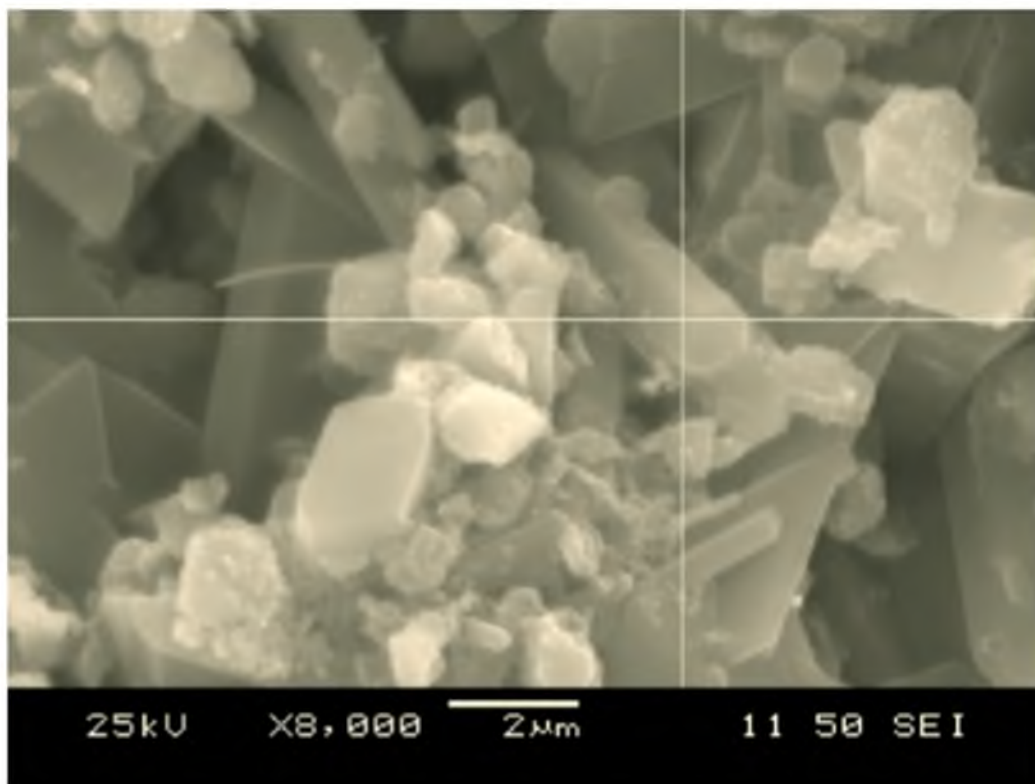


Рис. 6 – Образец ангидритового камня, твердевший 28 суток на воздухе, 28 суток в воде, 1 сутки на воздухе, увеличение $\times 8000$

Таким образом, для рационального использования резервов прочности материала и регулирования его технических свойств необходимо интенсифицировать процесс гидратации ангидрита.

Фторангидрит, как любой гипсосодержащий отход промышленности, имеет смешанный минералогический состав, включающий нерастворимый и растворимый ангидрит, полуводный гипс, обладающие различной реакционной способностью. Каждой модификации присущи свои свойства.

Таким образом, изменением содержания в гипсовом вяжущем различных модификаций водного и безводного сульфата кальция, можно управлять процессами производства для получения гипсовых вяжущих веществ с заданными свойствами.

В частности, при введении в состав фторангидритового вяжущего добавки полуводного (строительного) гипса можно ожидать ускорения сроков схватывания.

В табл. 4, 5 приведены результаты по определению влияния на свойства вяжущего соотношения фторангидрит/гипс. На рис. 7, 8 показаны зависимости свойств вяжущего от соотношения фторангидрит/гипс.

Таблица 4 – Свойства ангидрито-гипсового вяжущего

Фторангидрит, %	0	20	40	60	80	85	87	87,5	89	90	100	
Гипс, %	100	80	60	40	20	15	13	12,5	11	10	0	
НГ, %	58,7	53,3	52,5	50	48,5	47,5	45	44,5	44	44	42	
Сроки схватывания	начало	4 мин	3 мин	3 мин 30 сек	3 мин 30 сек	8 мин 30 сек	11 мин	18 мин	30 мин	60 мин	5 ч.	14 ч.
	конец	6 мин	4 мин	5 мин	4 мин	12 мин	16 мин	20 мин	40 мин	3 ч. 10 мин.	6 ч. 30 мин.	17 ч.

Таблица 5 – Свойства ангидрито-гипсового вяжущего

Фторангидрит, %		80	87,5	89	90	100
Гипс, %		20	12,5	11	10	0
Прочность при изгибе, МПа, в возрасте (сут)	1	1,6	1,5	1,5	1,2	0
	3	1,8	1,7	2,4	2,0	1,6
	7	3,2	3,2	4,1	4,2	2,9
	28	3,8	3,5	4,6	4,2	3,4
Прочность при сжатии, МПа, в возрасте (сут)	1	0,5	2,1	3,3	2,6	0
	3	3,7	3,3	7,1	6,6	5,9
	7	10,3	9,4	16,4	14,9	10,9
	28	10,9	10,8	18,2	16,1	11,4

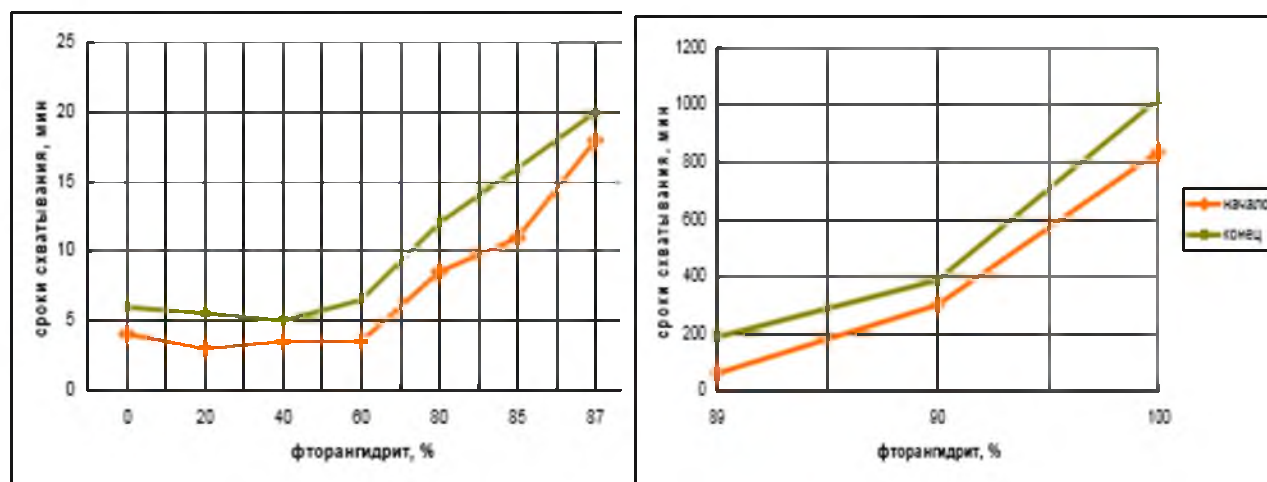


Рис. 7 – Сроки схватывания вяжущего гипс-ангидрит

Из данных табл. 4 и рис. 7 видно, что, используя композицию фторангидрит/гипс, можно варьировать сроки схватывания вяжущего в очень широких пределах: начало схватывания от 3 минут до 14 часов, конец схватывания от 4 минут до 17 часов. При этом с точки зрения использования вяжущего в производстве сухих строительных смесей оптимальным

является соотношение компонентов фторангидрит/гипс 87/13...89/11. При этом сроки схватывания в зависимости от соотношения составляют: начало – 40 минут...1 час, конец – 1...3 часов.

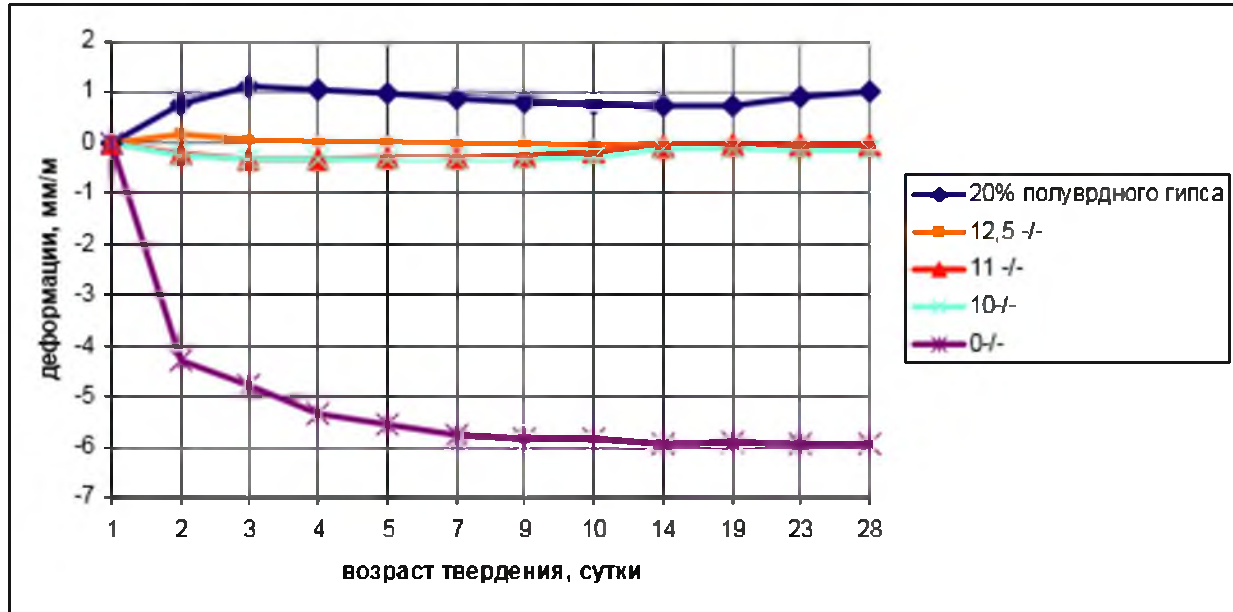


Рис. 8 – Деформации образцов на основе вяжущего гипс – фторангидрит.

По зависимостям, представленным на рис. 8 видно, что вяжущее, содержащее в составе 20% полуводного гипса при твердении расширяется за счет увеличения в объеме при гидратации полуводного гипса, чистый фторангидрит напротив дает усадку порядка 6 мм/м. При этом вяжущее содержащее 10, 11 и 12,5% полуводного гипса являются практически безусадочными за счет того, что усадки фторангидрита нивелируются расширением твердеющего полуводного гипса. Вяжущее с добавкой 12,5% полуводного гипса имеет некоторое расширение в пределах +0,01 мм/м и является более предпочтительным для использования в сухих строительных смесях. Таким образом, вяжущее, содержащее 10...12,5% полуводного гипса, является практически безусадочным, и его можно рекомендовать для создания тонкослойных покрытий с повышенной трещиностойкостью, таких как внутренние штукатурки и шпаклевки. Такие покрытия, кроме своей безусадочности имеют замедленные сроки схватывания (начало схватывания – 30 минут) по сравнению с обычным строительным гипсом (начало схватывания – 4 минуты) и ускоренные по сравнению с вяжущим из чистого фторангидрита (начало схватывания – 14 часов), что очень важно для обеспечения удобства в работе.

С другой стороны вяжущее, имеющее в составе 60-80% фторангидрита и 20-40% гипса, имеет свойства, сходные со свойствами строительного гипса по таким параметрам как сроки схватывания, прочность при сжатии и при изгибе в возрасте, начиная с семи суток, деформациям расширения

(табл. 21). Т.е. замена на производстве чистого строительного гипса на смешанное вяжущее, имеющее в составе 60-80% фторангидрита приведет к существенной экономии как природных материалов, так и энергии, затрачиваемой на обжиг. Введением в гипсовое вяжущее фторангидрита можно существенно снизить стоимость получаемых изделий без ухудшения свойств получаемых материалов.

Таким образом достигается многократный эффект от использования ангидрито-гипсового вяжущего:

- Решается проблема регулирования сроков схватывания гипсового вяжущего.
- Получаемое вяжущее является безусадочным, а, следовательно, материалы на его основе будут трещиностойкими.
- Экономическая эффективность от производства разработанного вяжущего достаточно высока, за счет использования в качестве основного компонента – фторангидрита, имеющего низкую стоимость.
- За счет производства и применения ангидрито-гипсового вяжущего решается вопрос утилизации отходов промышленности и экономии природных и энергетических ресурсов.

Для установления минералогического состава данного смешанного вяжущего, содержащего 90% фторангидрита и 10% полуводного гипса, был проведен рентгенографический анализ. Рентгенограммы представлены на рис. 9.

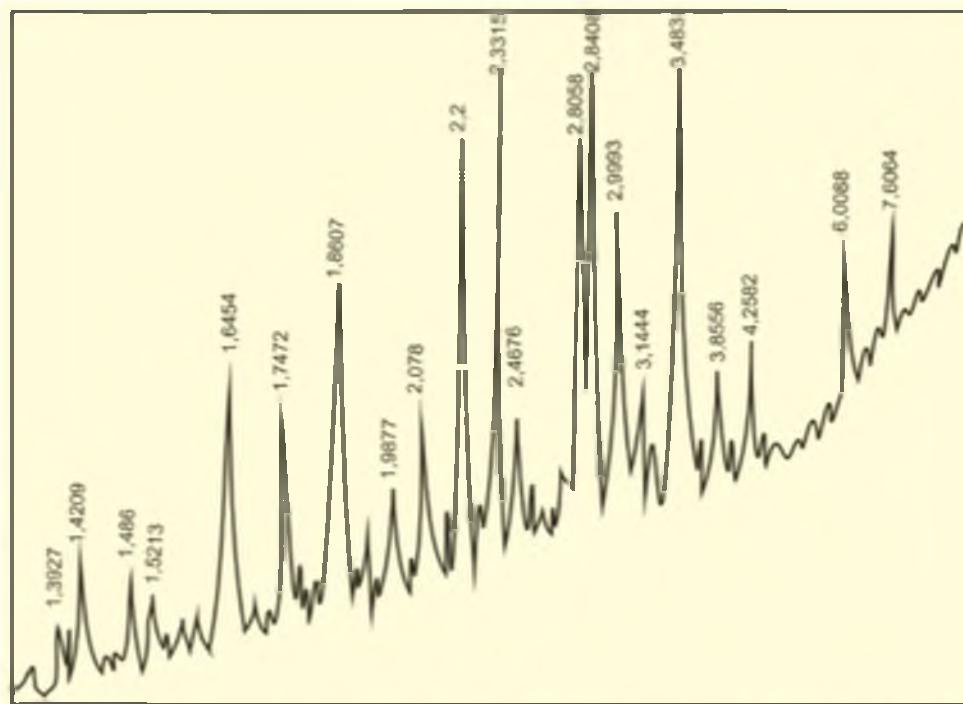


Рис. 9 – Рентгенограмма камня из смешанного вяжущего (90% фторангидрита и 10% полуводного гипса) в возрасте 3 суток

Рентгенограмма образцов камня из смешанного вяжущего в возрасте 3 суток представлена в основном отражениями ангидрита с $d/n = 1,6454; 1,7472; 1,8607; 1,9877; 2,0789; 2,2; 2,4676; 3,4834(\text{Å})$, незначительным количеством полуводного гипса с $d/n = 6,0088(\text{Å})$; двухводного $d/n = 7,6064; 4,2582; 2,073; 1,990; 1,5213(\text{Å})$ и примесью карбоната кальция с $d/n = 3,8556; 3,0598(\text{Å})$.

Рентгенограмма смешанного вяжущего в возрасте 7 суток представлена в основном также отражениями двухводного гипса с $d/n = 1,77575; 1,9513; 2,3975; 2,5922; 2,6750; 3,77475; 4,2582; 7,6064 (\text{Å})$, ангидрита с $d/n = 1,39455; 1,7441; 1,8628; 1,9316; 1,98775; 2,2052; 2,8495; 3,1553; 3,498 (\text{Å})$, примесями карбоната кальция с $d/n = 3,8723; 3,0598(\text{Å})$.

Для смешанного вяжущего в возрасте 3 суток характерно преобладание ангидрита, что свидетельствует о неполной гидратации вяжущего. К седьмым суткам ангидрит взаимодействует с водой и частично переходит в двухводный сульфат кальция. В этот период наблюдается интенсивный набор прочности. Микроструктуру камня на основе смешанного вяжущего (90% фторангидрита и 10% полуводного гипса) в возрасте 28 суток твердения исследовали с помощью электронной микроскопии. Фотографии представлены на рис. 10.

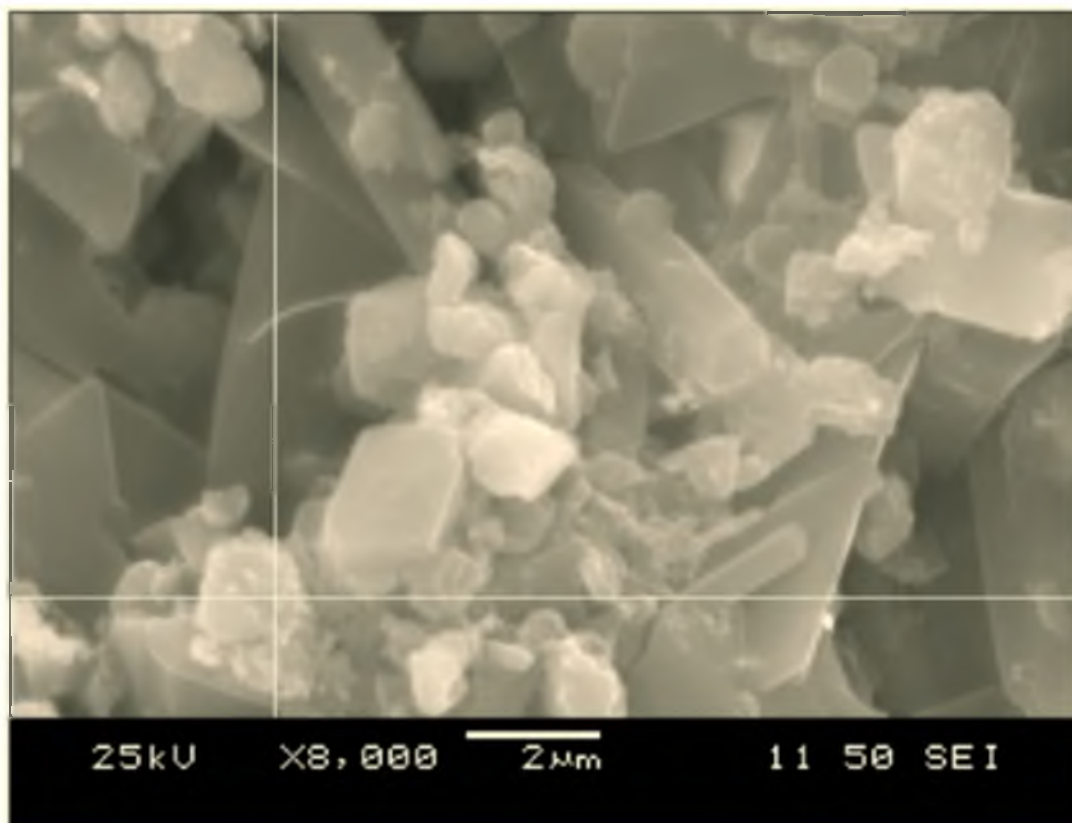


Рис. 10 – Структура камня на основе фторангидрито-гипсового вяжущего при увеличении в 8000 крат (28 суток твердения)

Из данных электронной микроскопии следует, что в отличие от призматических кристаллов двуводного гипса, расположенных в гипсовом камне в различных направлениях, большинство кристаллов твердеющей системы смешанного вяжущего пластинчатой формы, имеющей менее пористую и более плотную структуру. Эти кристаллы являются продуктами гидратации ангидрита, они заполняют пространство между кристаллами двуводного гипса – продуктом гидратации строительного гипса, уплотняя и упрочняя всю систему, что объясняет более высокую прочность фторангидрито-гипсового камня. Кроме того, смешанное вяжущее характеризуется пониженной водопотребностью (табл.4), что также способствует формированию плотного и прочного гипсового камня.

Модифицирование введением химических добавок показало, что способ введения использованных в работе добавок-солей практически не оказывает влияния на сроки схватывания, все добавки успешно растворяются как при сухом способе введения, так и при введении с водой затворения.

Введение добавок сульфатов (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CuSO_4 , MgSO_4 , FeSO_4) имеет целью ускорение сроков схватывания фторангидритового вяжущего за счет увеличения растворимости сульфата кальция. Эти добавки не влияют на водопотребность вяжущего, обеспечивают более быструю кристаллизацию сульфата кальция из раствора и способствуют образованию зародышей гидратной фазы. Результаты испытаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Свойства фторангидритового вяжущего с добавкой Na_2SO_4

Na_2SO_4 , %		0	0,3	0,5	1	2	3
НГ, %		42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5
Сроки схватывания	Начало	14 ч.	11 ч.	6 ч. 10 мин.	4 ч.	2 ч. 30 мин.	1 ч. 20 мин.
	Конец	17 ч.	12 ч.	7 ч. 20 мин.	4 ч. 35 мин.	2 ч. 50 мин.	1 ч. 30 мин.

По результатам эксперимента по исследованию влияния добавки на сроки схватывания построены зависимости, приведенные на рис. 11.

Как видно из рис. 11, с увеличением дозировки добавки сульфата натрия сроки схватывания укорачиваются, вследствие повышения растворимости ангидрита и его активации. С позиции применения фторангидрито-

вого вяжущего в производстве сухих строительных смесей, оптимальной является дозировка 2-3% сульфата натрия.

Такая же картина наблюдается и при использовании в качестве активатора схватывания и твердения сульфата калия.

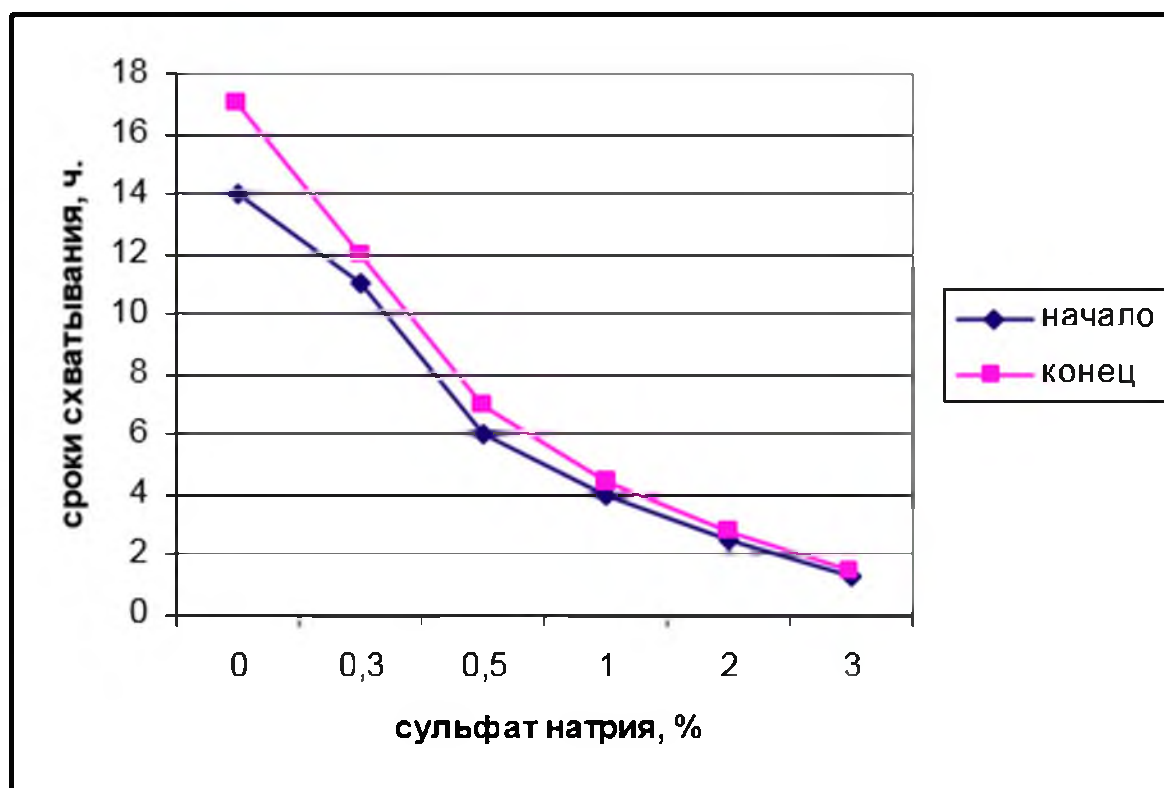


Рис. 11 – Сроки схватывания фторангидрита с добавкой Na_2SO_4

Влияние добавок сульфатов двухвалентных металлов (меди CuSO_4 и магния MgSO_4) совершенно отлично от действия солей одновалентных металлов. Результаты экспериментов приведены в табл. 7 и на рис. 12.

Таблица 7 – Свойства фторангидритового вяжущего с добавкой CuSO_4

CuSO_4 , %		0	0,1	0,3	0,5	1	2
НГ, %		42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5
Сроки схватывания	начало	14 ч.	12 ч.	10,5 ч.	27 ч.	26 ч.	26 ч.
	конец	17 ч.	12,5 ч.	12 ч.	32 ч.	30 ч.	30 ч.

Добавки сульфатов двухвалентных металлов оказывают незначительное ускоряющее действие при дозировках около 0,1...0,3%. При повышении количества этих добавок сроки схватывания не только не ускоряются, но даже удлиняются. Это связано скорее всего с тем, что сульфаты двух-

валентных металлов – CuSO_4 , MgSO_4 , FeSO_4 в высоких концентрациях создают высокую кислотность среды ($\text{pH} < 4,0$), при которой возможна обратная дегидратация двуводного гипса до сульфата кальция. Таким образом, использовать в качестве ускорителей соли двухвалентных металлов не представляется целесообразным.

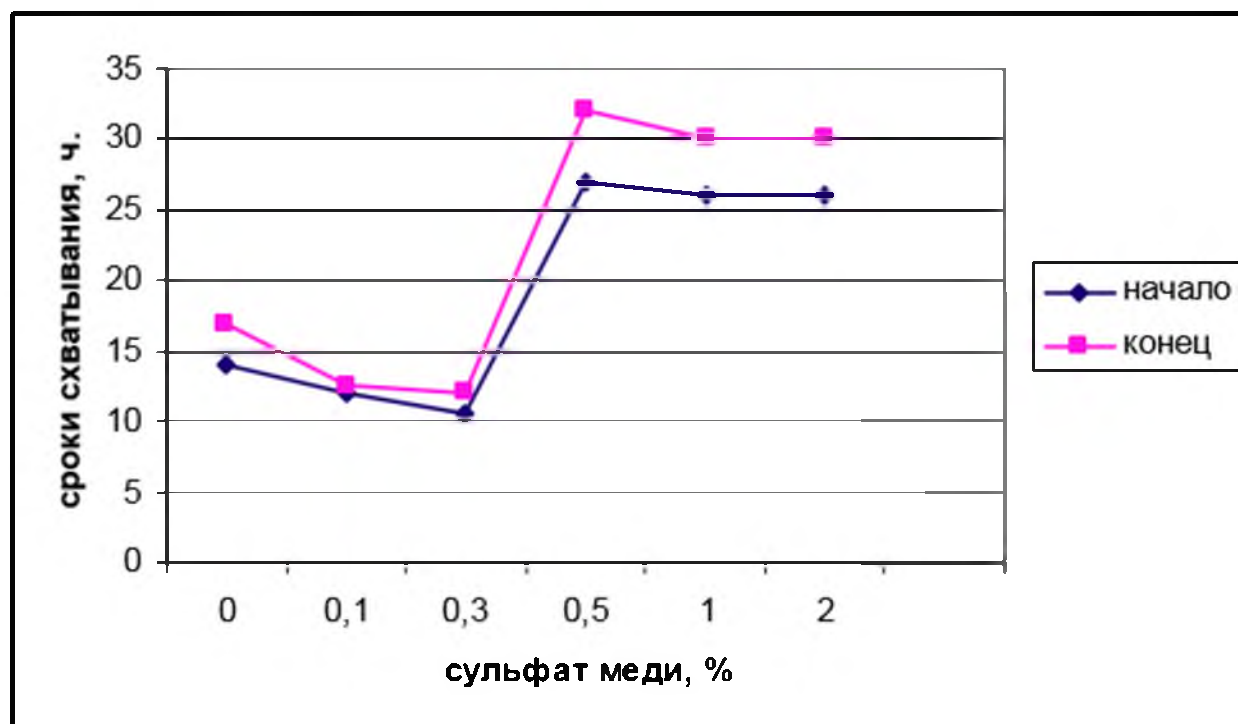


Рис. 12 – Сроки схватывания фторангидрита с добавкой CuSO_4

Таким образом, наиболее эффективными ускорителями являются сульфаты одновалентных металлов (калия и натрия) в дозировках 1,5...3,0%. Соли двухвалентных металлов (меди и магния) несколько ускоряют сроки схватывания в дозировках 0,1...0,3%, а в больших количествах являются замедлителями. Механизм действия добавок хлоридов сходен с механизмом ускорения схватывания и твердения сульфатов. Интенсификация процессов схватывания и твердения происходит вследствие повышения растворимости ангидрита. Наиболее эффективным ускорителем является хлорид калия, наименее эффективным – хлорид кальция. При увеличении дозировки добавки в исследуемом интервале (до 3% от массы фторангидрита) сроки схватывания сокращаются. При повышении дозировок свыше 3% на образцах появляются высолы.

Для повышения водостойкости наиболее эффективной минеральной добавкой к ангидритовому вяжущему является зола Рефтинской ТЭС (предварительные опыты проводили с использованием золы Рефтинской ТЭС, шлака ЧМК, микрокремнезема).

Влияние добавки золы Рефтинской ТЭС на свойства ангидритового вяжущего представлено в таблице 8. Добавка золы незначительно уменьшает водопотребность смешанного фторангидритозольного вяжущего. Для определения прочности при изгибе и сжатии изготавливались образцы балочки 40x40x160 мм из теста стандартной консистенции, дозировка добавки золы определялась в процентах от массы фторангидрита. Условия твердения образцов – в закрытой ёмкости над водой при комнатной температуре.

Данные таблицы 8 свидетельствуют о том, что добавка золы не оказывает существенного влияния на сроки схватывания, при максимальной дозировке добавки золы начало схватывания ускоряется не более чем на 2 часа и составляет около 12 часов.

Таблица 8 – Влияние добавки золы Рефтинской ТЭС на свойства фторангидритозольного вяжущего

Зола, %		0	5	10	15	20	30
НГ, %		42,5	42,5	42,0	42,0	41,0	41,0
Сроки схватывания	начало	14 ч.	14 ч.	14 ч.	13,5 ч.	13 ч.	12 ч.
	конец	17 ч.	17 ч.	17 ч.	14,5 ч.	15 ч.	14 ч.
Прочность при изгибе, МПа	1 сутки	0	0	0	0	0	0
	3 суток	1,6	2,6	2,5	2,8	2,7	2,5
	7 суток	2,9	4,35	4,32	5,2	4,5	3,8
	28 суток	3,4	4,2	4,6	4,8	4,2	3,8
Прочность при сжатии, МПа	1 сутки	0	0	0	0	0	0
	3 суток	5,9	9,5	8,9	9,0	8,9	8,7
	7 суток	10,9	12,8	17,8	17,9	17,0	15,2
	28 суток	11,4	16,5	18,7	19,3	17,8	17,6
Водостойкость	7 суток	0,52	0,57	0,64	0,66	0,65	0,56
	28 суток	0,53	0,57	0,66	0,67	0,66	0,55

Примечание: в таблице приведены среднеарифметические значения по результатам 6 испытаний НГ, сроков схватывания и прочности при сжатии и по результатам 3 испытаний прочности при изгибе.

По данным таблицы 8 построены графики изменения свойств, представленные на рисунках 13...15.

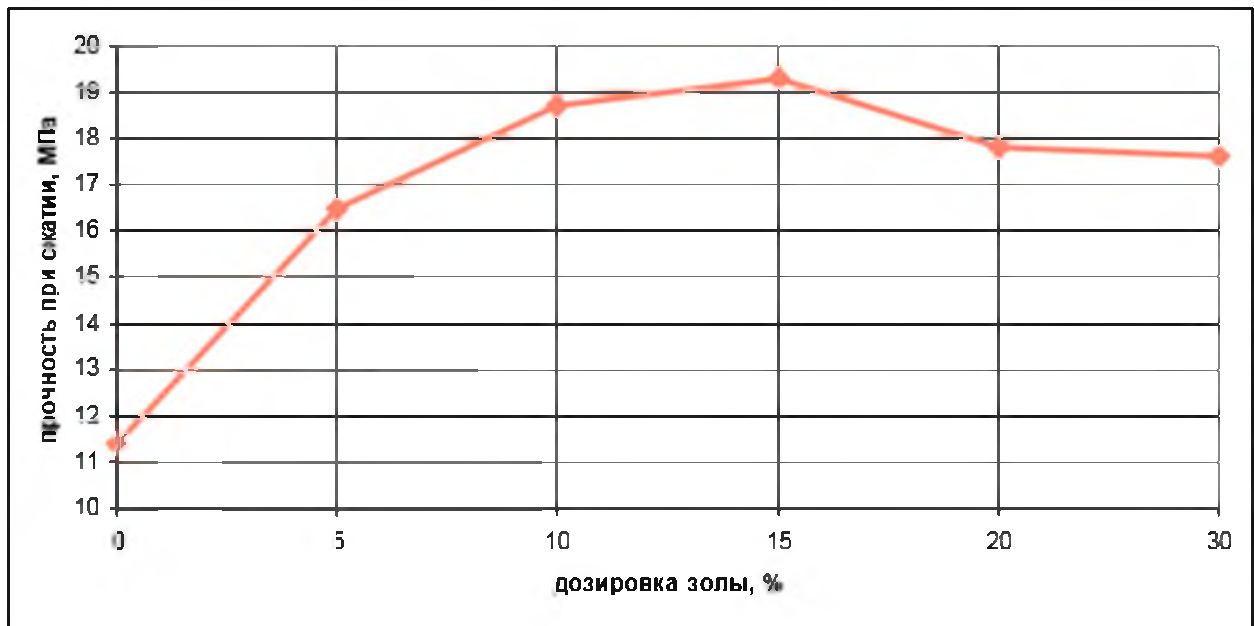


Рис. 13 – Изменение прочности при сжатии 28 суточных образцов фторангидритового камня в зависимости от количества добавки золы

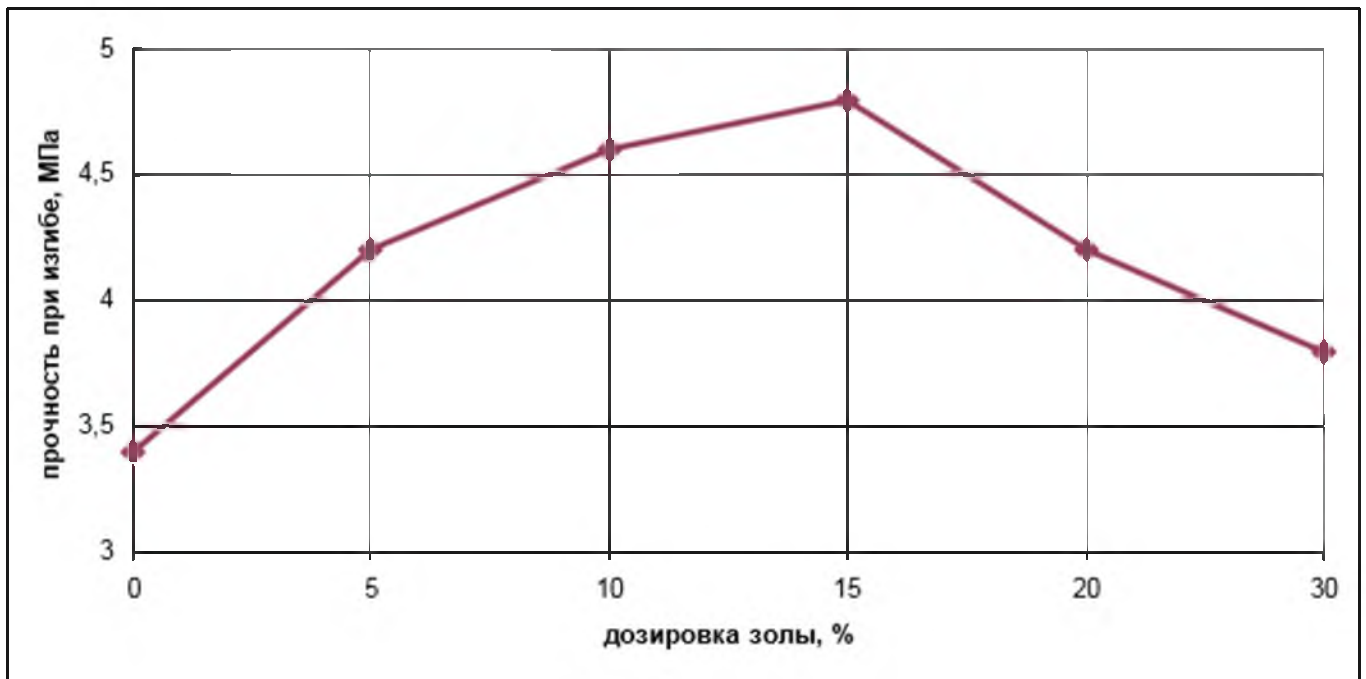


Рис. 14 – Зависимость прочности при изгибе образцов фторангидритового камня от количества добавки золы

Как видно из рис.13, 14 максимальные значения прочности при сжатии и изгибе в возрасте 28 суток приходятся на 12...15 % добавки золы от массы фторангидрита.

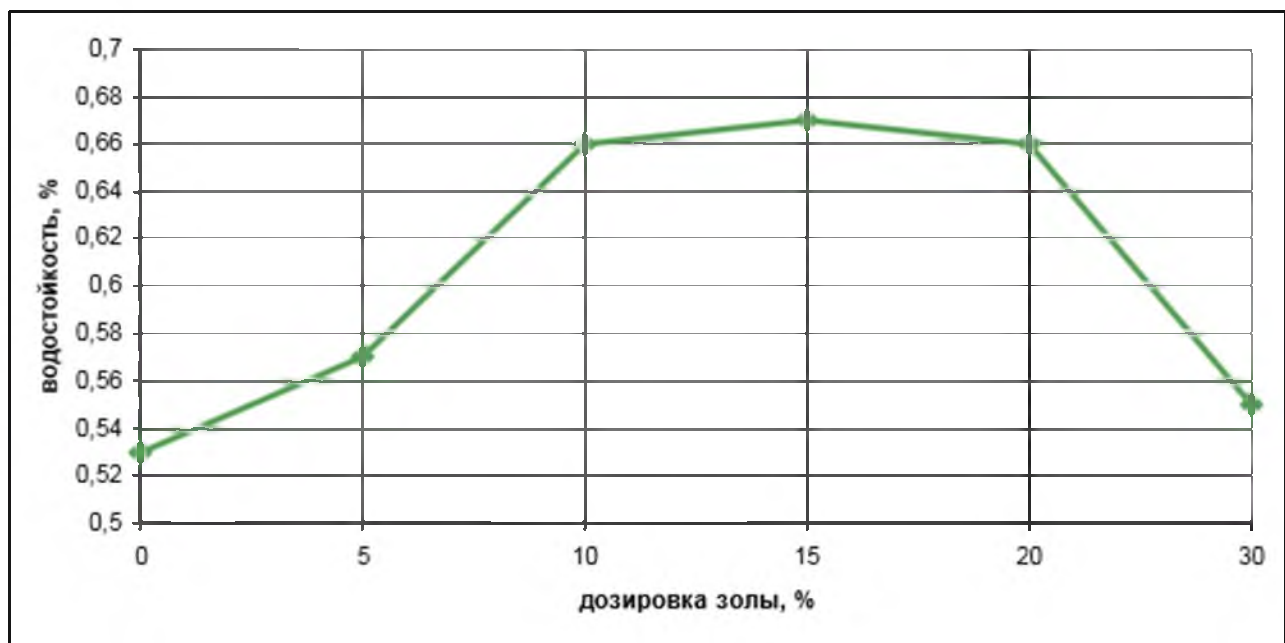


Рис. 15 - Зависимость водостойкости от количества добавки золы

Зола в твердеющей системе выступает в роли центров кристаллизации, ускоряя процесс твердения материала и способствуя более полной его гидратации, формируется более плотная структура искусственного камня, в связи с чем водостойкость и прочность его растет.

Таким образом, оптимальной по максимальным показателям прочности и водостойкости искусственного камня является дозировка золы 10...20%. При дальнейшем повышении содержания золы в составе вяжущего происходит снижение прочности и коэффициента размягчения вследствие эффекта разбавления – уменьшения количества активной в нормальных условиях вяжущей части, при этом частицы золы при большой дозировке выступают в роли непрочного пористого наполнителя (см. рис. 16).

Как видно из рисунка 16 повышение дозировок золы свыше оптимальных приводит к увеличению неоднородности формирующегося камня из-за пористых частиц золы, выступающих в роли наполнителя. Избыточное количество частиц золы способствует созданию рыхлой, непрочной структуры, что приводит к снижению прочности и водостойкости ангидритового камня.

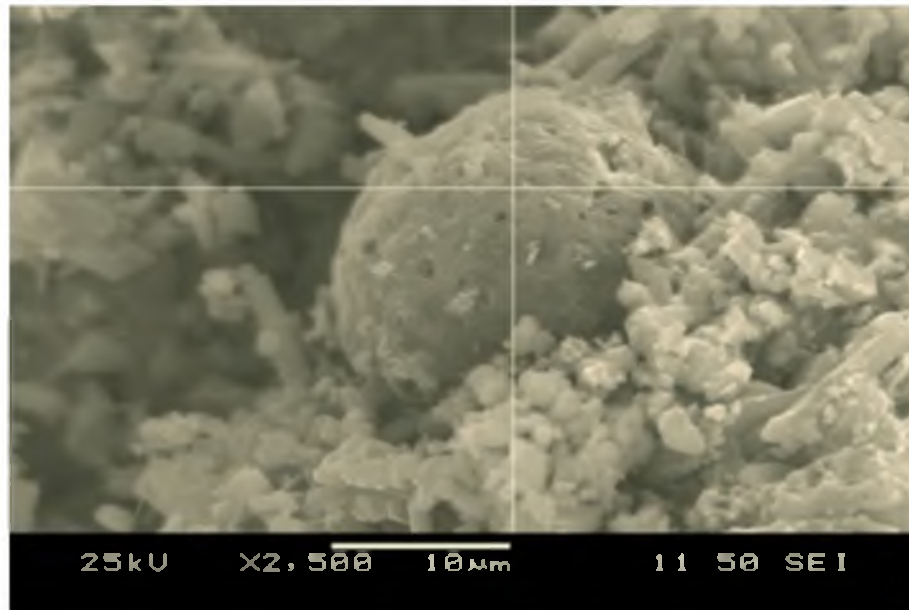


Рис. 16 - Частичка золы в ангидритовом камне с добавкой золы 30% (28 суток твердения)

Для определения фазового состава искусственного камня изготавливались образцы из теста стандартной консистенции, которые твердели над водой при комнатной температуре 20 ± 2 °С. После соответствующей продолжительности твердения образцы измельчались и пробы материала использовались для рентгенофазового и термического анализов. Сравнение фазового состава камня из фторангидрита без добавок и фторангидрита с солями (2,2% NaCl и 2,5% K₂SO₄) представлено в таблице 9 и на рисунке 17.

Таблица 9 – Фазовый состав ангидритового камня с добавкой солей

Возраст твердения	Содержание минералов, % по массе				
	CaSO ₄ * 0,63H ₂ O	CaSO ₄ * 0,5H ₂ O	CaSO ₄ * 2H ₂ O	β-CaSO ₄	γ-CaSO ₄
Ангидритовый камень (100% фторангидрита)					
1 сут	21	следы	0	+	+
3 сут	39	следы	0	+	-**
7 сут	80	0	0	+	-
28 сут	77	0	следы	+	-
Ангидритовый камень с комплексом солей (NaCl – 2,2%, K ₂ SO ₄ – 2,5%)					
3 сут	12	0	60	+	-
7 сут	8	0	67	+	-
28 сут	8	0	68	+	-

*«+» – наличие отражений минерала на рентгенограммах

** «-» – отсутствие отражений минерала на рентгенограммах

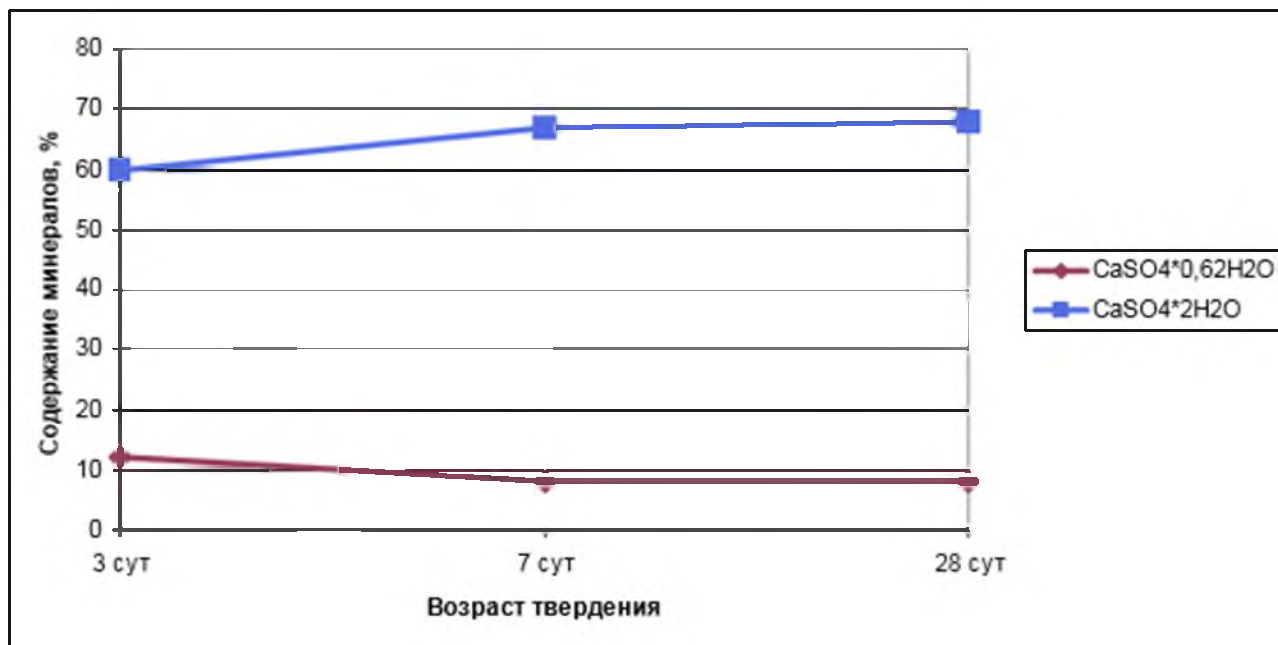


Рис. 17– Изменение фазового состава

На рис. 17 показана динамика изменения фазового состава ангидритового камня с солями ($\text{NaCl} - 2,2\% + \text{K}_2\text{SO}_4 - 2,5\%$). Соли ускоряют процесс гидратации фторангидрита: уже в трёх суточном возрасте снижается количество нерастворимого ангидрита (интенсивность его отражений на рентгенограммах ниже), появляется кристаллический двухводный сульфат кальция, снижается количество полуводного гипса. Конечный продукт гидратации – двухводный гипс формируется через $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$, соли играют роль ускорителя твердения, повышая растворимость ангидрита и образуя с ним неустойчивые промежуточные соединения, облегчающие процесс гидратации.

Со временем (до 28 суток) количество нерастворимого и полуводного сульфата кальция снижается, содержание двухводного сульфата кальция повышается, структура становится более сформированной и стабильной. Эффект ускорения твердения и активации достигнут, однако в материале еще остается нерастворимый сульфат кальция. Учитывая то обстоятельство, что добавки-соли являются активными ускорителями схватывания и твердения, такую композицию можно считать вполне эффективной, так как резервы прочности исходного материала использованы практически полностью и образующаяся структура является вполне стабильной.

Влияние добавки золы на фазовый состав камня из фторангидрита исследовалось также испытанием проб камня, полученного в результате твердения образцов из теста стандартной консистенции во влажной воздушной среде (над водой). Результаты исследований приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние добавки золы на фазовый состав камня из фторангидрита

Возраст твердения / кол-во добавки	Содержание минералов, %				
	CaSO ₄ * 0,63H ₂ O	CaSO ₄ * 0,5H ₂ O	CaSO ₄ * 2H ₂ O	β-CaSO ₄	γ-CaSO ₄
Ангидритовый камень (100% фторангидрита)					
1 сут	21	следы	0	+	+
3 сут	39	следы	0	+	—**
7 сут	80	0	0	+	—
28 сут	77	0	следы	+	—
Ангидритовый камень с добавкой золы (28 суток)					
5%	следы	0	78	—	—
15%	2	0	70	следы	—
30%	4	0	73	следы	—

* «+» – наличие отражений минерала на рентгенограммах

** «-» – отсутствие отражений минерала на рентгенограммах

По результатам, представленным в таблице 10, построены графические изображения, приведенные на рисунке 18.

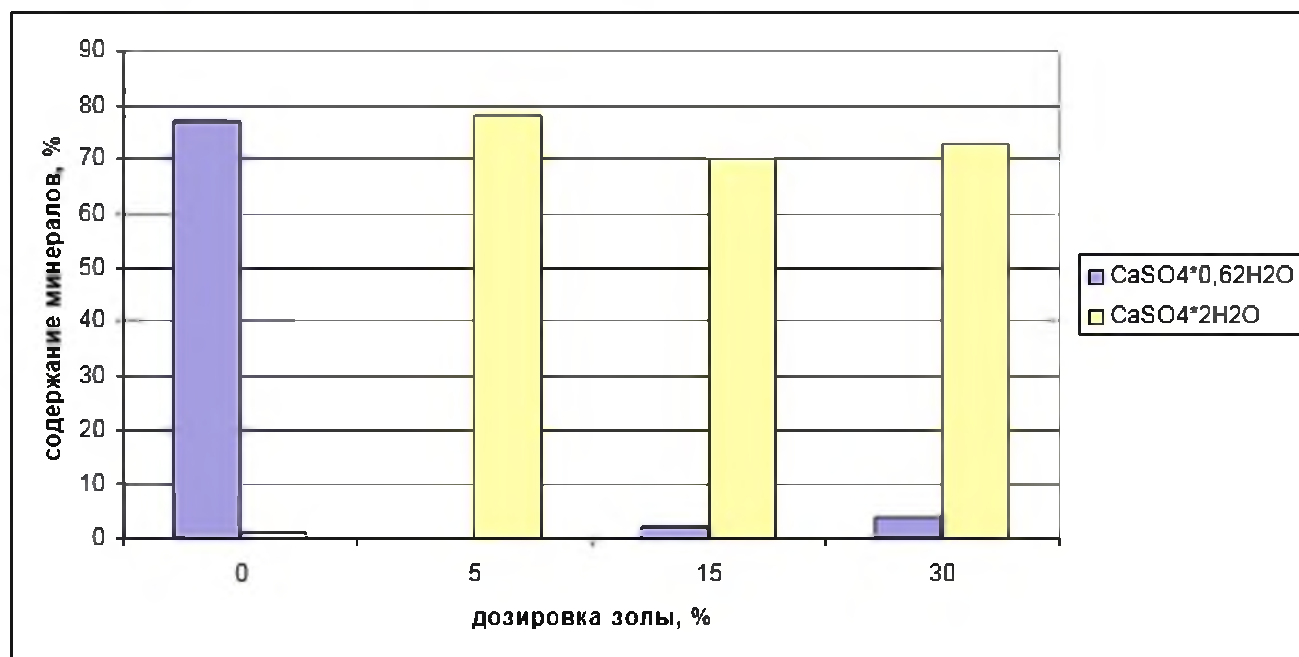


Рис. 18 – Влияние добавки золы на фазовый состав ангидритового камня через 28 суток

Зола активизирует фторангидрит, вероятно являясь центрами кристаллизации в твердеющей системе. По результатам опыта оптимальным является добавка золы в количестве 5...10% (ангидрит и полуводный гипс полностью переходят в двухводный). В связи с более полной гидратацией

происходит уплотнение системы и, соответственно, повышение ее водостойкости.

Добавка строительного гипса также является активизатором твердения ангидрита (снижается количество безводного сульфата кальция, а содержание двуводрата растет) – таблица 11, рисунок 19.

Таблица 11 – Влияние добавки полуводного гипса на свойства ангидритового камня

Возраст твердения	Содержание минералов, % по массе				
	CaSO ₄ * 0.62H ₂ O	CaSO ₄ * 0.5H ₂ O	CaSO ₄ * 2H ₂ O	β-CaSO ₄	γ-CaSO ₄
Ангидритовое вяжущее					
	следы	следы	следы	+	+
Гипсовое вяжущее Г-5АII (полуводный гипс)					
	–	88	4	–	+
Ангидритовый камень (100% фторангидрита)					
1 сут	21	следы	0	+	+
3 сут	39	следы	0	+	–**
7 сут	80	0	0	+	–
28 сут	77	0	следы	+	–
Гипсовый камень (100% полуводного гипса)					
28 сут	0	следы	89	+	–
Ангидритовый камень с добавкой полуводного гипса (6%)					
1 сут	20	следы	51	+	–
3 сут	5	0	67	+	–
7 сут	следы	0	73	+	–
28 сут	следы	0	76	+	–
Ангидритовый камень с добавкой полуводного гипса (11%)					
1 сут	18	следы	53	+	–
3 сут	6	0	66	+	–
7 сут	следы	0	75	+	–
28 сут	следы	0	79	+	–

* «+» – наличие отражений минерала на рентгенограммах

** «–» – отсутствие отражений минерала на рентгенограммах

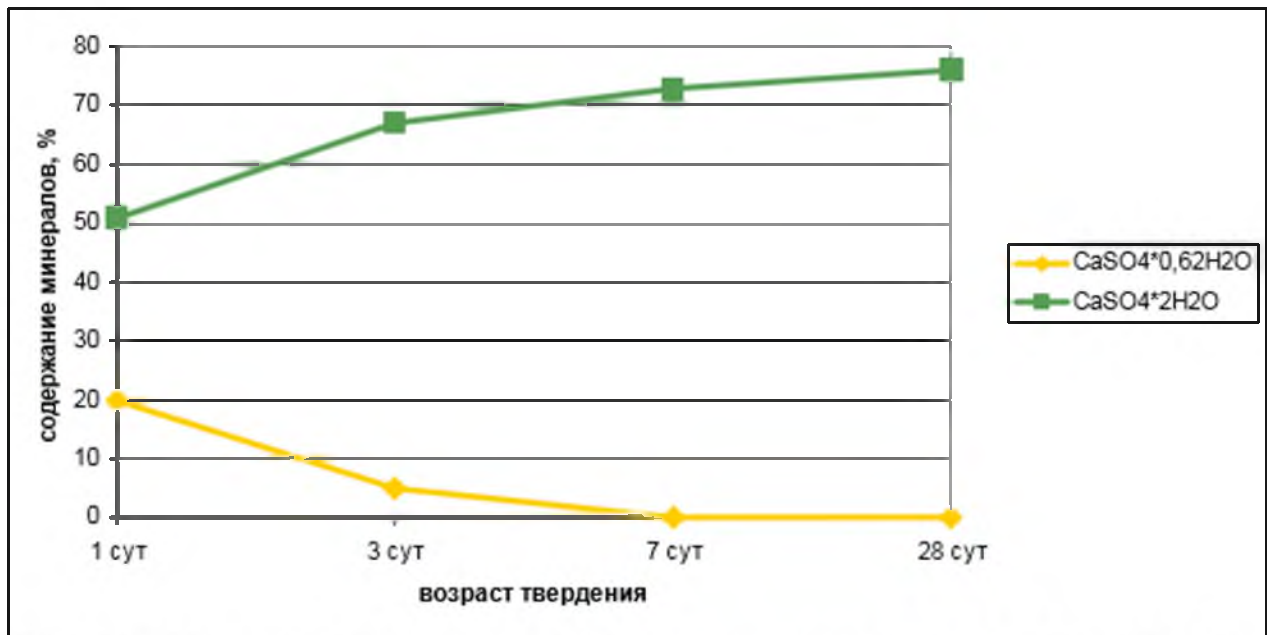


Рис. 19 – Изменение фазового состава ангидритового камня с добавкой полуводного гипса (6%)

При введении полуводного гипса в состав ангидритового вяжущего в процессе гидратации быстрее происходит переход от промежуточного гидрата $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ к стабильному двугидрату, причем увеличение дозировки полуводного гипса с 6 до 11 % по массе ускоряет этот переход сравнительно мало. Во все сроки рентгенофазовым анализом фиксируется в ангидрито-гипсовом камне наличие нерастворимого ангидрита, то-есть остаётся резерв повышения прочности и плотности камня при благоприятных условиях твердения в более поздние сроки.

Вероятнее всего, способ действия этого активатора такой же, что и золы – создание активных центров кристаллизации, что приводит к выпадению кристаллов двуводного гипса из общей аморфной массы. А если учесть действие этой добавки как вещества, нивелирующего усадку фторангидритового камня и сокращение сроков схватывания, то рациональность ее использования не вызывает сомнений.

Особой разницы между количеством фаз в камне с добавками 6 и 11% строительного гипса не наблюдается. На этом основании можно сделать вывод, что 6% добавки должно быть вполне достаточно для активации фторангидритового вяжущего.

Таким образом, твердение разработанных вяжущих происходит по той же схеме, что и ангидритового вяжущего без добавок, однако, процессы гидратации протекают интенсивней и быстрее образуется более стабильная структура с преобладающим содержанием двугидрата сульфата кальция. Технические характеристики полученного камня повышаются,

отпадает необходимость длительного ухода за материалами в процессе твердения.

Гидратация техногенного ангидрита с добавками – интенсификаторами твердения также происходит в две стадии. На первой стадии растворимый ангидрит переходит в двуводный гипс, а частички нерастворимого ангидрита под воздействием солей интенсивно растворяются, постепенно гидратируют, присоединяя 0,63 молекулы воды. Так как процесс происходит довольно быстро, материал не успевает высохнуть, и в системе остается свободная вода, поэтому складываются благоприятные условия для гидратации $\text{CaSO}_4 \cdot 0,63\text{H}_2\text{O}$ до двуводного гипса. При введении центров кристаллизации, таких как зола или полуводный гипс, кристаллизация двуводного гипса ускоряется, структура самоуплотняется и прочность материала повышается. Таким образом, практически все исходные минералы присоединяют воду без специального водного твердения, и основным продуктом гидратации разработанного вяжущего является двуводный сульфат кальция, дополнительно в систему также входит $\text{CaSO}_4 \cdot 0,63\text{H}_2\text{O}$.

ВЫВОДЫ

1. В чистом виде на воздухе фторангидрит твердеет медленно, процесс кристаллизации двуводного сульфата кальция не начинается даже к 28 суткам.

2. По времени формирования определённых гидратных фаз при твердении молотого фторангидрита различаются две стадии. На первой стадии растворимый ангидрит переходит в двуводный гипс, а частички нерастворимого ангидрита постепенно гидратируют, присоединяя 0,62 молекулы воды. Затем на второй стадии при наличии достаточного количества влаги $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ гидратирует до двуводного гипса, при этом структура самоуплотняется и прочность материала повышается.

3. Минерал $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ хотя и является промежуточной стадией в цепочке твердения, однако при эксплуатации изделий в сухих условиях является довольно устойчивым.

4. Для повышения прочности и плотности фторангидритового камня в ранние сроки необходимо интенсифицировать процесс гидратации вяжущего.

5. По виду активации все добавки можно разделить на 2 категории: повышающие растворимость ангидрита или образующие с ним неустойчивые комплексы (соли) и добавки, являющиеся центрами кристаллизации (строительный гипс и зола)

6. Наиболее эффективной добавкой, интенсифицирующей процесс гидратации бета-ангидрита, является строительный гипс в количестве не менее 6 %, эта добавка позволяет в широком диапазоне изменять сроки схватывания смешанного фторангидритогипсового вяжущего, снижаются усадочные деформации при твердении и можно получить безусадочное или расширяющееся вяжущее, повышается ранняя прочность (через два часа) и поздняя прочность образцов камня из смешанного вяжущего в 28 суток может в 4...5 раз превосходить прочность образцов из гипсового вяжущего

7. Гидратация техногенного ангидрита с добавками – интенсификаторами твердения также происходит в две стадии. На первой стадии растворимый ангидрит переходит в двуводный гипс, а частички нерастворимого ангидрита под воздействием солей интенсивно растворяются, постепенно гидратируют, присоединяя 0,62 молекулы воды. Так как процесс происходит довольно быстро, в системе остается свободная вода, поэтому складываются благоприятные условия для гидратации $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$ до двуводного гипса. При введении центров кристаллизации, таких как зола или полуводный гипс, кристаллизация двуводного гипса ускоряется, структура самоуплотняется и прочность материала повышается. Таким образом, практически все исходные минералы присоединяют воду, и основным продуктом гидратации разработанного вяжущего является двуводный сульфат кальция, дополнительно в систему также входит $\text{CaSO}_4 \cdot 0,62\text{H}_2\text{O}$. Добавка золы позволяет существенно повысить водостойкость фторангидритового камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. – М.: Государственное изд-во литературы по строительным материалам, 1954. – 93 с.
2. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 304 с.
3. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980
4. Клименко В.Г., Погорелов А.С. Исследование взаимного влияния различных фаз сульфата кальция в составе многофазных гипсовых вяжущих // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, №1, 2006
5. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. – М.: Стройиздат, 1984. – 286 с.

6. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия: (Зарубежный опыт). – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.

7. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. – М.: Государственное изд-во литературы по строительным материалам, 1954. – 93 с.

8. Банн Ч. Кристаллы: Их роль в природе и науке / Пер. с англ. Г. П. Литвинской; Под ред. Н. В. Белова – М.: Мир, 1970 – 312 с.

Уютный семейный дом от фирмы КНАУФ

Никифоров Виктор Александрович, АС-424

Корсакова Анастасия Юрьевна, АС-424

Руководитель: доцент, к.т.н., Бутакова М.Д.

Каждый человек мечтает о собственном доме, о доме своей мечты – о своем личном «гнездышке». Ведь не случайно появилось знаменитое английское выражение: «Мой дом – моя крепость». Ведь для каждого из нас дом это не просто здание или квартира, с этим словом связаны такие понятия как семья, защита, уют. Нахождение достойного дома в кратчайшие сроки имеет исключительную важность, поскольку жилье для большинства российских семей – наиболее острая проблема. Во многом это связано с тем, что строительство жилья – одна из наиболее трудоемких и затратных отраслей.

Новые масштабы капитального строительства требуют быстрого развития и технического совершенствования строительной индустрии, значительного расширения объема производства, повышения качества строительных материалов и максимального ускорения сроков строительных работ.

Каркасная технология домостроения позволяет реализовать мечты о собственном доме в кратчайшие сроки и с минимальными затратами денежных средств!

Во многом данный фактор достигается за счет того, что для подобного сооружения не требуется обустраивать сложный и дорогостоящий фундамент с привлечением тяжелой строительной техники. Кроме того, к достоинствам следует отнести возможность практически сразу после возведения заняться внутренней отделкой квадратных метров, так как строение не дает усадку.

Отделочные работы могут быть произведены с применением современных декоративных и облицовочных материалов, которые больше всего удовлетворяют запросам самих владельцев жилища. Вдобавок к этому, к сооружениям могут быть подведены все необходимые