

СТРОИТЕЛЬСТВО

МРНТИ 67.09.31

З.Х. Кунашева¹, Н.С. Ержанова¹, О.Ж. Ерошев¹

¹Западно-Казахстанский государственный университет
им. Махамбет Утемисова, г. Уральск, Казахстан

ФАЗОВОЕ ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА

Аннотация. В данной статье показаны результаты синтеза композиционных материалов полученные модификацией минеральных ресурсов с активными минеральными компонентами, которое является главным направлением производства новых высококачественных строительных материалов. Были получены вяжущие материалы на основе строительного гипса, а так же исследованы физико-механические и химические свойства, которые показывают высокую прочность и водостойкость. Эти показатели обусловлены влиянием замедлителя срока схватывания и модификатора. А так же исследована структура вяжущего материала.

Ключевые слова: Гипсовые вяжущие, композиционный материал, буровой шлам, коэффициент размягчения, водопоглощение, теплопроводность, пористость, прочность на изгиб и сжатие, адгезия.

• • •

Түйіндеме. Ұсынылып отырған мақалада жаңа жоғары сапалы құрылыс материалдарын ендірудің басты бағыты болып саналатын, минералды қорлардың белсендірілген минералды компонентпен модифицирлеу арқылы алынған композициялық материалдар синтезінің нәтижелері көрсетілген. Құрылыс гипсі негізінде байланыстырғыш материалдар алынды, сонымен қатар жоғары беріктілік пен суға тұрақтылықты көрсететін физикалық-механикалық және химиялық қасиеттері зерттелді. Бұл көрсеткіштер қату мерзімін баяулатушы және модификатордың әсерімен шартталды. Сонымен қатар байланыстырғыш материалдың құрылымы зерттелді.

Түйінді сөздер: Гипсті байланыстырғыштар, композициялық материал, бұрғылау қалдығы, жұмсару коэффициенті, су сіңіру, жылу өткізгіштік, кеуектілік, иілу мен сығылуға беріктілік, адгезия.

• • •

Abstract. The results of synthesis of composite materials received by modification of mineral resources with active mineral compounds which is the main direction

of production of new high-quality construction materials are shown in this article. The knitting materials on the basis of construction plaster have been received, and physicommechanical and chemical properties which show the high durability and water resistance are also investigated. These indicators are caused by influence of the curing term delay mechanism and the modifier. As well as the structure of the binders material.

Keywords: The plaster knitting, composite materials, drilling cuttings, softening coefficient, water absorption, heat conductivity, porosity, durability on a bend and compression, adhesion.

Введение. На сегодняшний день одним из наиболее важных направлений экономики Казахстана является строительная отрасль. Строительный комплекс бурно развивается и набирает обороты, в частности, жилищное строительство нашей страны выходит на совершенно новый уровень.

К числу основных требований, предъявляемых обществом к строительной продукции, относятся повышение качества строительной продукции, рациональное природопользование и охрана окружающей среды. Одним из путей решения этой задачи является широкое внедрение строительных сухих смесей. Мировой и отечественный опыт применения сухих смесей показывает их высокую эффективность и преимущества по сравнению с использованием готовых строительных растворов. Расширение области применения в строительстве изделий и конструкций, изготовленных на основе гипсовых вяжущих веществ, возможно лишь при условии улучшения их физико-механических свойств [1]. Исследование свойств различных модификационных форм гипсовых композиционных материалов посвящено много работ.

Любые материалы и изделия на основе гипса – сухие гипсовые смеси для выполнения штукатурных или облицовочных смесей, самовыравнивающиеся стяжки под покрытия для полов, промышленные гипсокартонные листы, панели гипсoproкатных перегородок, пазогребневые плиты — отличаются экономическими и технологическими преимуществами. Так, по сравнению с цементом или известью на изготовление гипсовых вяжущих расходуется в 3-5 раз меньше теплоты. Кроме того, сейчас резко возросли цены на цемент, что может негативно отразиться на всей строительной отрасли и заставляет ученых и проектировщиков искать ему альтернативу [2].

В статье описывается синтез оптимального состава композиционных материалов на основе минеральных ресурсов и добавок местного происхождения. Полученные результаты были обоснованы ГОСТ нормативами РК.

Методы исследования. Композиционные вяжущие и материалы на его основе получали перемешиванием предварительно подготовленных компонентов в фарфоровой ступке.

Подготовка минеральных и химических добавок подвергались сушке в лабораторном сушильном шкафу марки 2В-151 при температуре не более 60°C.

Изучение основных свойств строительного гипса и композиций на его основе производили согласно ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний». Для определения физико-механических свойств гипсового материала из теста нормальной густоты на основе композиционных вяжущих изготавливались образцы. Испытание образцов на прочность производили на маятниковой испытательной машине WMP-10 при скорости нагружения 0,1 МПа/с. Предел прочности при изгибе определяли на испытательной машине МИИ-100.

Оценка степени влияния различных факторов и состава получения вяжущего, составов гипсовых композиций выполнялась с помощью методов математического планирования эксперимента.

Экспериментальная часть. Объектами данного исследования являются:

Основной компонент – строительный гипс марки Г4 – Г6 производства ТОО AlinaGM (Западно-Казахстанская область); В качестве техногенного наполнителя – минеральный порошок из бурового шлама Западно-Казахстанская области; Химическая добавка – борная кислота (H_3BO_3). Компонентный состав вяжущих представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический и количественный состав гипсовых композиционных материалов

№	Композиционные материалы	$m_{\text{общ}}, \text{ г}$	$m_{\text{гипс}}, \text{ г}$	$m_{\text{шлам}}, \text{ г}$
1	Гипс 100%	100	100	0
2	Гипс 95%, Буровой шлам 5%	100	94	5
3	Гипс 90%, Буровой шлам 10%	100	89	10
4	Гипс 85%, Буровой шлам 15%	100	84	15
5	Гипс 80%, Буровой шлам 20%	100	79	20

Примечание: содержание замедлителя схватывания (H_3BO_3) составляет 1% от общей массы КМ

Результаты исследования.

В связи с положительными результатами полученных композитов, были синтезированы материалы теми же компонентами, но с другими количественными содержаниями (таблица 2).

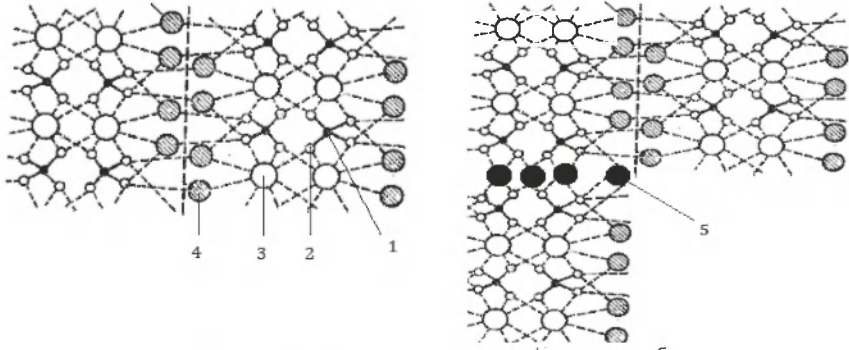
Ранее экспериментально установлено, что при введении в гипсовую систему наноструктурированного вяжущего в качестве техногенного наполнителя наблюдалось существенное улучшение структурно-физических, физико-механических и технико-эксплуатационных характеристик исходной вяжущей системы. Объяснение такого эффекта возможно при условии рассмотрения комплексного воздействия техногенного наполнителя на гипсовую вяжущую систему [3-4].

Таблица 2 - Оптимальный химический и количественный состав гипсовых композиционных материалов

№	Композиционные материалы	$m_{\text{общ}}, \text{ г}$	$m_{\text{гипс}}, \text{ г}$	$m_{\text{шлам}}, \text{ г}$	$m\text{H}_3\text{BO}_3, \text{ г}$
1	Гипс 85% Буровой шлам 15%	100	84	15	1
2	Гипс 85% Буровой шлам 15%	100	83	15	2
3	Гипс 85% Буровой шлам 15%	100	82	15	3
4	Гипс 85% Буровой шлам 15%	100	81	15	4
5	Гипс 85% Буровой шлам 15%	100	80	15	5

В особенности из-за полифракционного состава шлама при его введении в гипсовую систему можно рассмотреть его воздействие как на микро-, так и на наноуровне. Частицы максимального размера работают в композиционном гипсовом вяжущем как микронаполнитель, который способствует созданию максимально плотной бездефектной структуры матричной фазы вяжущего [5]. Воздействие техногенного наполнителя в системе происходит как на уровне матрицы вяжущего, так и на контактной зоне, что в свою очередь приводит к повышению качества и эффективности гипсовых материалов. На рисунке 1 показаны кристаллические структуры двуводного гипса и материала с карбонатным шламом.

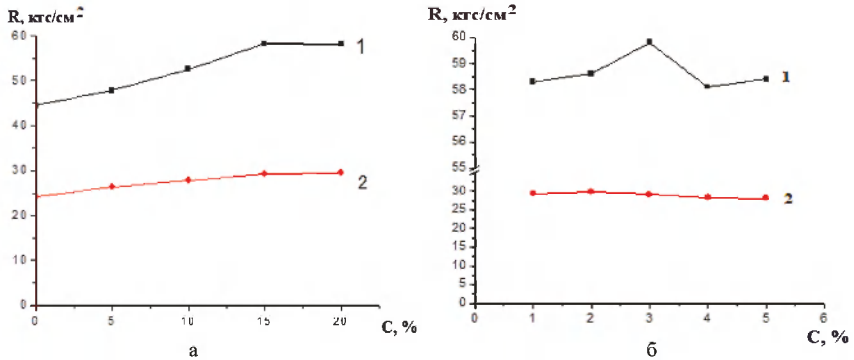
В данной структуре активная добавка связывается с двухводным гипсом на контактной или матричной зоне. На рисунке 1 пункт б изображена матричное связывание молекул карбонатного шлама с атомами кислорода.



а) $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; б) материала с техногенным наполнителем
1 – S^{6+} , 2 – O^{2-} , 3 – Ca^{2+} , 4 – H_2O , 5 – частицы наполнителя.

Рисунок 1- Кристаллические структуры

Ниже приведены результаты экспериментальных работ по определению физико-химических и механических свойств и характеристик указанных проб.



1 – прочность на сжатие, 2 – прочность на изгиб.
а) концентрации карбонатного шлама б) от концентрации борной кислоты

Рисунок 2 - Зависимость прочности композиции

Таблица 3 - Физико-технические свойства композиционного вяжущего, полученного на основе строительного гипса с карбонатсодержащей добавкой

№ пробы	Свойства композиции		
	Водопоглощение W, %	Теплопроводность λ , Вт/(м·с)	Водостойкость $K_{разм}$
1	16,97	0,592	0,62
2	15,84	0,624	0,68
3	13,28	0,688	0,77
4	12,42	0,704	0,85
5	10,02	0,763	0,79

Примечание: 1 – 100% гипс; 2 – 95:5 КМ; 3 – 90:10 КМ; 4 – 85:15 КМ; 5 – 90:10 КМ.

Композиционные материалы оптимального состава

1	12,42	0,704	0,85
2	12,61	0,651	0,83
3	12,79	0,608	0,88
4	11,36	0,795	0,86
5	15,04	0,624	0,82

Примечание: КМ 85:15; 1 – 1% H_3BO_3 ; 2 – 2% H_3BO_3 ; 3 – 3% H_3BO_3 ; 4 – 4% H_3BO_3 ; 5 – 5% H_3BO_3

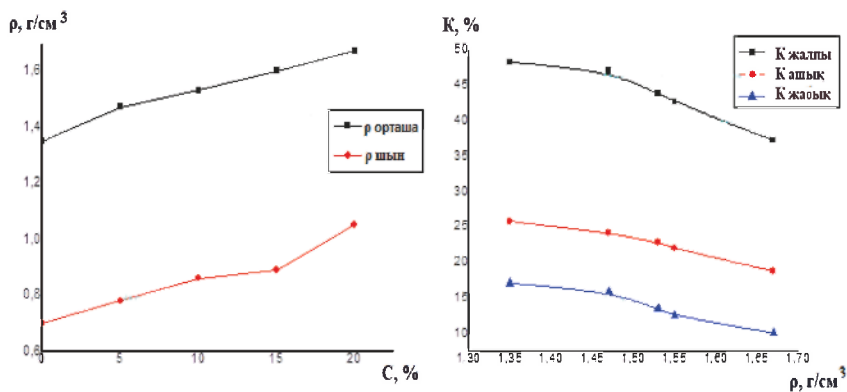


Рисунок 3 Связь между средней плотностью и пористости ГКМ

Таблица 4 - Прочность сцепления с основой (адгезия)

№ пробы	Характер отрыва	R _{изгиб} , МПа				
		τ=3 сутки	τ=4 сутки	τ=5 сутки	τ=6 сутки	τ=7 сутки
1	Отрыв по основанию	1,25	1,50	1,76	2,12	2,68
2	Отрыв по основанию	1,32	1,57	2,00	2,74	2,90
3	Отрыв по затвердевшей смеси	1,55	2,00	2,25	2,78	3,73
4	Отрыв по контактной зоне основание-затвердевшая смесь	1,77	2,18	2,69	3,2	3,67
5	Отрыв по контактной зоне основание-затвердевшая смесь	1,79	2,16	2,69	3,24	3,62

Примечание: 1 – 100% гипс; 2 – 95:5 КМ; 3 – 90:10 КМ; 4 – 85:15 КМ; 5 – 90:10 КМ.

Композиционные материалы оптимального состава

1	Отрыв по контактной зоне основание-затвердевшая смесь	1,77	2,18	2,69	3,2	3,67
2	Отрыв по основанию	1,86	2,38	3,21	3,67	3,81
3	Отрыв по контактной зоне основание-затвердевшая смесь	2,10	2,52	3,49	3,97	4,22
4	Отрыв по контактной зоне основание-затвердевшая смесь	1,92	2,34	3,34	3,81	4,03
5	Отрыв по затвердевшей смеси	1,63	1,98	2,63	3,25	3,57

Примечание: КМ 85:15; 1 – 1% H₃BO₃; 2 – 2% H₃BO₃; 3 – 3% H₃BO₃; 4 – 4% H₃BO₃; 5 – 5% H₃BO₃

Результаты и обсуждения

Принцип действия минеральной добавки, то есть бурового шлама основывается на рассеянии статических зарядов и пространственной стабилизации частиц вяжущего вещества, что приводит к высокоэффективному диспергированию и дефлокуляции [6]. Таким образом, адсорбируясь на гидратирующихся зернах вяжущего, добавка удлиняет сроки схватывания и уменьшает водопоглощение, что обуславливает рост прочностных показателей.

Причиной повышения водостойкости является положительное действие минеральной добавки, которое заключается в том, что частицы редиспергируемых порошков распределяются в структуре материала, формируя непрерывный полимерный каркас [7]. Образование подобных полимерных пленок во внутриводном пространстве приводит к вну-

тренней гидрофобизации материала. После 7 сут. твердения гипсовых вяжущих, модифицированные добавкой, имеют коэффициент размягчения больше 0,85, что позволяет считать эти вяжущие водостойкими.

А так же понижение пористости композитов за счет увеличения количества шлама, способствует интенсивному улучшению его свойств. В связи с тем что количество открытых пор композитов меньше чем микропоры, данные материалы являются водостойкими. Изменяя вид, дисперсность и количество наполнителя, можно управлять свойствами вяжущего и оказывать влияние на структуру затвердевшего материала.

А с повышением количества водоудерживающей добавки не наблюдается снижения прочности раствора и повышается его адгезия. Это объясняется тем, что добавка, проникая в поры раствора, практически армирует гипсовый камень. Жесткий каркас затвердевшего раствора становится более пластичным, понижается модуль упругости.

Одним из важнейших показателей гипсовых вяжущих является теплопроводность. Это способность материала передавать тепло через свою толщину за счёт разницы температур на ограничивающих поверхностях. Это свойство характеризуется коэффициентом теплопроводности λ (Вт/(м·°C)). Теплопроводность гипсовых композиционных материалов связана с составом, структурой, текстурой, плотностью, влажностью, температурой окружающей среды [8]. С увеличением плотности материала, теплопроводность снижается, так как теплопроводность воздуха $\lambda_{\text{возд}} = 0.023$ Вт/(м·°C) (при $t = 20^\circ\text{C}$) всегда меньше теплопроводности твердого вещества, из которого состоит строительный материал.

На рисунке 1 видно что с повышением концентрации карбонатного шлама увеличивается прочность на изгиб и сжатие, но пробы № 4 и 5 показывают почти одинаковые значения. А на рисунке 2 показана зависимость концентрации борной кислоты в составе композитов содержащего 15% минерального порошка.

Выводы

По результатам исследования было установлено, что композиционный материал содержащий 85% гипса, 15% бурового шлама и 1% замедлителя схватывания, то есть борной кислоты является самым эффективным. В связи с этим были получены композиты с 15%-ным содержанием шлама и борной кислотой варьированный в 1-5% от всей массы. Данные показали следующее: композиционный материал содержащий 85% гипса, 15% бурового шлама и 3% борной

кислоты – оптимальный состав для водостойких, прочных и эффективных строительных материалов используемых в строительстве здании внешней и внутренней отделки помещения в связи с положительным влиянием нанодобавки на кристаллическую структуру.

Список литературы

1 *Едаменко А.С.* Основные критерии при проектировании многофазовых гипсовых вяжущих //Альманах современной науки и образования. – 2012. – №12 (67).- Ч. 2. – С.28-30.

2 *Нечаева Е.Ю., Тугушев Р.А., Уруев В.М.* Модификация свойств строительного гипса // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2009. – №1-2. – С. 107-113.

3 *Петрова Л.В.* Химия вяжущих строительных материалов // Учебное пособие для студентов строительной специальности всех форма обучения, 3-е издание, 2009.

4 *Аяпов Ө.А.* Исследование структуры и водостойкости затвердевшего гипса: автореф. дис. кандидата технических наук. – Алма-Ата, 1954.

5 *Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Войтович Е.В.* // Особенности фазообразования композиционно-многофазовых вяжущих. Научно-технический и производственный журнал: Строительные материалы. – 2012. – №7. – С. 9-11.

6 *Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В., Тихонов Ю.М.* Улучшение качества гипсового вяжущего на основе технологии SmartGyp Process компании Claudius Peter // Строительные материалы. – 2012. – №7. – С. 37-42.

7 *Лукьянова А.Н., Старостина И.В.* //Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства. Fundamentalresearch. – 2013. – №4. – С. 818-822.

8 *Шалобыта Т.П., Марчук В.А.* Испытания строительных материалов и изделий / Лабораторный практикум, - Брест, – 2003. Ч.1. - С.14.

Кунашева З.Х., кандидат химических наук, доцент,
e-mail: kunasheva@mail.ru

Ержанова Н.С., магистрант 2-курса, e-mail: nurgul.yerzhanova@mail.ru

Ерошев О.Ж., магистрант 1-курса, e-mail: oralbek-94@mail.ru