

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ш. М. Рахимбаев, Н. М. Толыпина, Е. А. Гудкова.</i> Влияние электроповерхностных свойств заполнителя на разжижающую способность суперпластификатора С-3 .....	2
<i>Н. А. Кузнецова, О. В. Казьмина.</i> Влияние окислительно-восстановительных характеристик пенообразующей смеси на основе золы на процессы вспенивания при получении пеностекла .....	4
<i>О. А. Мирюк.</i> Преимущества смешанных магниезиальных вяжущих .....	9
<i>М. А. Семин, А. А. Егоров, П. Н. Новоселова.</i> Шликерная технология получения высокопористого стеклокристаллического ячеистого материала .....	16
<i>А. Е. Бурученко, А. А. Середкин, В. И. Верещагин.</i> Вспененный теплоизоляционный материал на основе кварц-полевошпатового сырья .....	19
<i>О. А. Белимова.</i> Использование аутсорсинга в цементной промышленности .....	24
Книги, которых давно ждали .....	30
Новейшая информация о научных исследованиях .....	30
На научных форумах .....	31

**По решению ВАК Министерства образования и науки РФ журнал включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».**

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА РАЗЖИЖАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА С-3

**Ш. М. Рахимбаев, Н. М. Толыпина (tolypina.n@yandex.ru), Е. А. Гудкова, БГТУ им. В. Г. Шухова, г. Белгород**

**Ключевые слова:** электрокинетический потенциал, разжижение, мелкий заполнитель, суперпластификатор

**Key words:** the electrokinetic potential, dilution, fine aggregate, supersoftener

В работе [1] установлено, что вид мелкого заполнителя влияет на разжижающую способность суперпластификаторов в цементно-песчаных смесях. Дальнейшие исследования показали, что это обусловлено наличием заряженных активных центров на поверхности зерен заполнителя, которые способны вступать в электростатическое и другие виды взаимодействия с функциональными группами химических добавок [2].

Цель данной работы – выявление количественной взаимосвязи между электрокинетическим потенциалом поверхности заполнителя и разжижающей способностью суперпластификаторов.

Объектами исследования были цемент ПЦ 500 Д0 (ЗАО «Белгородский цемент») и суперпластификатор С-3. В качестве мелких заполнителей использовали материалы с различным зарядом поверхности: отсев дробления известняка Коломенского месторождения ( $M_{кр} = 1,1$ ), песок из дробленого мрамора Еленинского месторождения ( $M_{кр} = 2,5$ ), кварцевый песок Нижнеольшанского месторождения ( $M_{кр} = 1,5$ ), дробленый перлит Мухор-Талинского месторождения ( $M_{кр} = 2,5$ ), доменный гранулированный шлак Новолипецкого металлургического комбината ( $M_{кр} = 2,8$ ).

Электрокинетический потенциал поверхности частиц заполнителя измеряли на оборудовании Zetasizer Nano ZS с использованием методики МЗ-PALS, запатентованной компанией Malvern Instruments Ltd. Функционирование системы Zetasizer Nano ZS полностью автоматизировано, измерения реализованы только посредством программного обеспечения. Результаты показали, что преобладающий заряд поверхности (максимальный пик на полученных при проведении экспериментов кривых) кварцевого песка соответствует – 31,6 мВ, известняка + 38,8 мВ, мрамора + 19,3 мВ, перлита + 4,17 мВ, шлака + 38,0 мВ. В небольших количествах встречаются активные центры противоположного знака: у кварцевого песка + 3,13 мВ (7,9%), известняка – 4,13 мВ (11,0%), мрамора – 85,6 мВ (5,1%), перлита – 82,3 мВ (3,1%), шлака – 55,1 мВ (10,3%). При этом суммарный показатель дзета-потенциала поверхности кварцевого песка составлял – 29,0 мВ, известняка + 0,798 мВ, мрамора + 0,213 мВ, перлита – 0,50 мВ, шлака + 0,476 мВ.

Разжижающую способность суперпластификатора в цементно-песчаных смесях с соотношением цемент:мелкий заполнитель 1:2, 1:3 и 1:4 определяли по распылу конуса (РК) в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4-81. Дозировка добавки С-3 составляла 0,25, 0,5 и 1%.

Данные, характеризующие влияние вида заполнителя на разжижающую способность суперпластификатора С-3, приведены на рис. 1.

В смесях на мраморном, перлитовом и кварцевом песке прослеживается снижение разжижения анионоактивным суперпластификатором С-3 по мере увеличения отрицательного заряда на поверхности заполнителя. Смеси на известняковом и шлаковом заполнителе практически не разжижаются суперпластификатором С-3 при указанных дозировках, хотя половина поверхности шлака и практически вся поверхность известняка содержит положительно заряженные активные центры. Это исключение можно объяснить тем, что кроме наличия зарядов определенного знака на поверхности заполнителя на разжижение оказывают влияние и другие факторы, в частности, значительная шероховатость поверхности, а также присутствие открытых капиллярных пор (как у шлака и известняка), которые поглощают существенное количество воды затворения вместе с суперпластификатором, в результате чего последний не участвует в разжижении. Из данного предположения следует вывод, что при высоких дозировках суперпластификатора (до 5%), когда достигается насыщение пор заполнителя молекулами суперпластификатора, разжижение цементно-известняковых и цементно-шлаковых мелкозернистых бетонных смесей резко возрастает. Это подтверждено экспериментально.

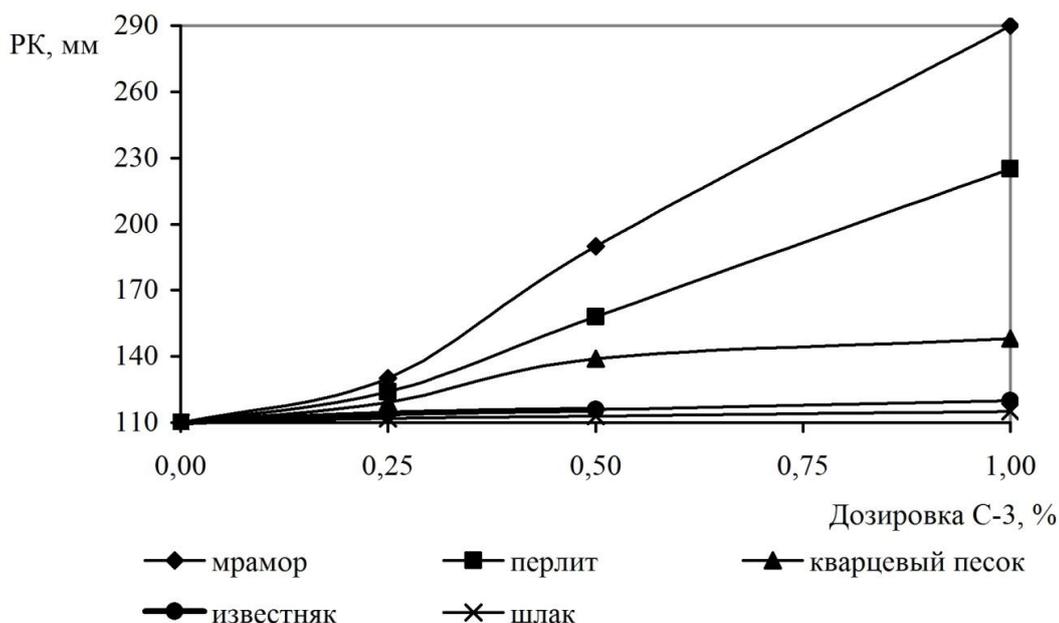


Рис. 1. Влияние вида заполнителя на разжижающую способность суперпластификатора С-3

Зависимость разжижения смесей суперпластификатором С-3 от преобладающего знака заряда на поверхности заполнителя (по максимальным пикам на кривых) представлена на рис. 2.

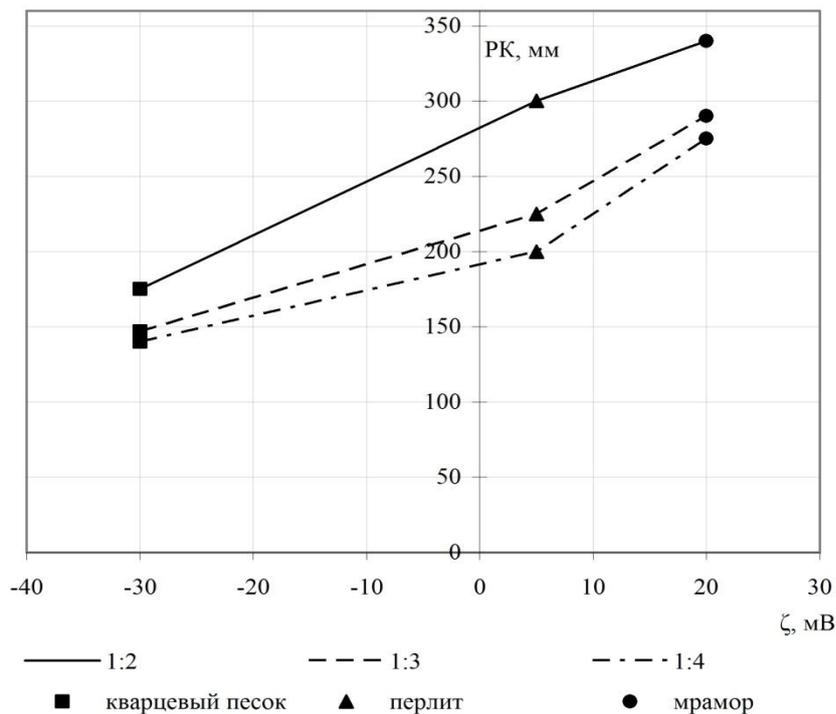


Рис. 2. Влияние дзета-потенциала поверхности заполнителя на разжижение смесей суперпластификатором С-3

Из графиков видно, что разжижение мелкозернистых бетонных смесей увеличивается в ряду кварцевый песок (– 31,6 мВ) – перлит (+ 4,17 мВ) – мрамор (+ 19,3 мВ) в соответствии с изменением дзета-потенциала поверхности заполнителя. При переходе к пористому известняку разжижение уменьшается. При соотношении цемент:заполнитель = 1:2 наблюдается практически линейная зависимость. По мере увеличения доли заполнителя разжижающая

способность несколько снижается, так как наполнитель в целом слабее разжижается суперпластификатором, чем цементная матрица бетонной смеси. Однако увеличение содержания наполнителя способствует усилению влияния положительно заряженных активных центров на расплыв конуса, что вполне естественно.

Таким образом, определены электрокинетические потенциалы поверхности различных видов мелкого наполнителя. Установлено, что разжижающая способность анионного суперпластификатора С-3 зависит от знака поверхностного заряда наполнителя плотной структуры, увеличиваясь при переходе знака заряда от «-» к «+». Смеси на пористых наполнителях разжижаются хуже, чем на плотных, ввиду высокой поглотительной способности их зерен.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рахимбаев Ш. М., Хахалева Е. Н. Влияние вида наполнителя на эффективность действия суперпластификатора С-3 // Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков: Матер. междунар. интернет-конф. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – С. 147–150.
2. Толыпина Н. М., Рахимбаев Ш. М., Карпачева Е. Н. Об эффективности действия суперпластификаторов в мелкозернистых бетонах в зависимости от вида применяемого мелкого наполнителя // Вестник БГТУ. – 2010. – № 3. – С. 60–63.

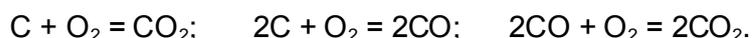
## ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ НА ПРОЦЕССЫ ВСПЕНИВАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЕНОСТЕКЛА

***Н. А. Кузнецова (ukna@tpu.ru), О. В. Казьмина,  
Томский политехнический университет***

**Ключевые слова:** пеностекло, зола, химическая потребность в кислороде, окислительно-восстановительный потенциал, коэффициент вспенивания, структура

**Key words:** foam glass, ash, chemical demand for oxygen, redox potential, foaming factor, structure

В технологии получения пеностекла окислительно-восстановительные процессы оказывают значительное влияние на качество готового пеноматериала. Наличие в пенообразующей смеси окислителей (например, присутствующих в стекле  $(NO_3)^-$ ,  $(SO_4)^{2-}$ ,  $O_2$ ) и восстановителей (в первую очередь углеродсодержащего газообразователя) обеспечивает активное протекание важнейших для процесса вспенивания силикатного расплава реакций:



Наряду с окислительно-восстановительными характеристиками смеси на процесс вспенивания влияют также температурный режим и газовая среда при прогреве смеси [1, 2]. При получении пеностекла на основе золошлаковых отходов ТЭС окислительно-восстановительные характеристики приобретают особое значение [3]. Это обусловлено присутствием в исходной золе восстановителей в виде непрореагировавших частиц угля, что необходимо учитывать при выборе оптимального количества вводимого в шихту газообразователя. Качественное пеностекло, т. е. высокооднородный пористый материал с размером пор не более 3 мм и плотностью не более  $200 \text{ кг/м}^3$ , можно получить путем регулирования окислительно-восстановительных характеристик смеси.

Статья посвящена вопросам оценки окислительно-восстановительных характеристик компонентов пенообразующей смеси, синтезированной на основе золы ТЭС, с целью получения качественного пеностекла.

Для определения количественного соотношения окислителей и восстановителей в смеси использованы два показателя: окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и окислительно-восстановительный коэффициент (ОВК). Выбор оптимальных значений данных показателей при получении качественного пеностекла осуществляли путем сравнения коэффициента вспенивания, степени неоднородности структуры и плотности пеноматериала.

ОВП смеси рассчитывали по значениям углеродных чисел, представленных в работе [4]. Расчет ОВК проводили по предложенной нами формуле (1), учитывающей химическую потребность в кислороде (ХПК) исходных компонентов шихты. Значение ХПК определяли стандартным методом бихроматометрии путем окисления восстановителей смеси раствором соли Мора [5].

$$\text{ОВК} = \sum \text{ХПК}_i \cdot M_i + \text{ХПК}_r \cdot M_r, \quad (1)$$

где  $\text{ХПК}_i$  и  $\text{ХПК}_r$  – химическая потребность в кислороде соответственно  $i$ -го компонента шихты и газообразователя, мг  $\text{O}_2/100$  г;  $M_i$  и  $M_r$  – количество соответственно компонента шихты и газообразователя, мас. %.

Степень неоднородности структуры  $C_n$  рассчитывали по предложенной в работе [6] формуле (2):

$$C_n = [(C_{max} \cdot m_k - C_{min} \cdot m_m) / C_{cp} \cdot m_{cp}] \cdot 100, \% \quad (2)$$

где  $C_{max}$  – средний размер крупных пор, мм;  $C_{min}$  – средний размер мелких пор, мм;  $C_{cp}$  – средний размер преобладающих пор, мм;  $m_k$ ,  $m_m$  и  $m_{cp}$  – количество соответственно крупных, мелких и преобладающих пор.

Согласно полученным ранее результатам, однородную структуру имеют пеноматериалы с  $C_n$  не более 10%.

Коэффициент вспенивания  $K_{всп}$  определяли по стандартной методике, описанной в работе [2], рассчитывая по формуле (3):

$$K_{всп} = \frac{V_v^3 - V_n^3}{V_n^3}, \quad (3)$$

где  $V_v$  и  $V_n$  – объем соответственно вспененного и начального образца,  $\text{см}^3$ .

Объектами исследования были пенообразующие смеси, полученные на основе золошлаковых отходов. Исследованы два вида золы, различающихся содержанием оксида кальция: высококальциевая ( $\text{CaO} > 20\%$ ) и низкокальциевая ( $\text{CaO} \leq 5\%$ ). Исходную шихту готовили на основе золы с подшихтовкой кремнеземсодержащего компонента и кальцинированной соды. Компонентный состав исходной шихты обоснован ранее [3] и приведен в таблице.

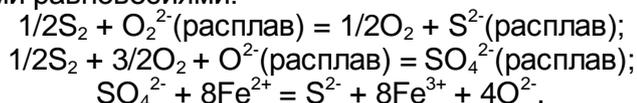
**Состав исследуемых шихт и стекол на основе зол ТЭС**

Зола	Состав шихты, мас. %			Химический состав стекла, мас. %					
	зола	маршаллит	сода	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Высококальциевая ( $\text{CaO} > 20\%$ )	10	60	30	70,8	2,6	4,8	0,9	20,1	0,8
Низкокальциевая ( $\text{CaO} \leq 5\%$ )	15	55	30	70,8	3,8	1,3	0,5	21,4	2,2
	59	13	28	56,3	13,4	2,4	2,8	21,1	4,0

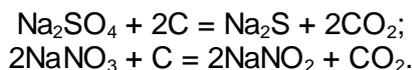
Вспенивание порошка стекла осуществляли в одинаковом температурном режиме (максимальная температура  $820^\circ\text{C}$  с выдержкой 10 мин) в металлических цилиндрических формах размером  $30 \times 60$  мм. Окислительно-восстановительные характеристики пенообразующей смеси изменяли путем введения различного количества газообразователей и их комбинаций в разных соотношениях.

Основным газообразователем служила сажа, при содержании которой в смеси 0,5 мас. % получены образцы качественного пеностекла плотностью менее  $200 \text{ кг/м}^3$ . Дополнительно опробованы  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{NaNO}_3$ , содержание которых изменяли от 0,5 до 5 мас. %, а также комбинированные газообразователи в виде смесей сульфата и нитрата натрия с сажой. Кроме того, опробован нейтральный (в плане окислительно-восстановительных реакций) карбонат кальция.

Присутствующая в пенообразующей смеси сера характеризуется различной растворимостью в силикатном расплаве в зависимости от степени окисления, что описывается окислительно-восстановительными равновесиями:



Сульфат и нитрат натрия представляют собой сильнейшие окислители, которые участвуют в реакциях окисления углерода при температурах, близких к интервалу вспенивания. В отличие от сульфата нитрат натрия начинает разлагаться при более низких температурах ( $> 308\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



Анализ полученных данных позволил выявить существенную зависимость процесса вспенивания от химического состава исследуемых шихт: коэффициент вспенивания изменяется от 0,5 до 7,5 (рис. 1). При этом степень неоднородности пористой структуры также изменяется в широком диапазоне (от 1 до 8%). Данные показатели взаимосвязаны: с увеличением  $K_{\text{всп}}$  степень неоднородности также возрастает; при относительно низком значении  $K_{\text{всп}}$  структура неоднородна, а плотность материала превышает  $300\text{ кг/м}^3$ . Для полученных образцов оптимальной признана структура со средней однородностью распределения пор, что соответствует  $C_n = 3,5\text{--}6,5\%$  при плотности не более  $250\text{ кг/м}^3$ . С учетом выбранного интервала на зависимостях  $C_n = f(K_{\text{всп}})$  выделены значения эффективного коэффициента вспенивания. Для смесей на основе высококальциевой золы оптимальным является интервал  $K_{\text{всп}}$  от 1,5 до 4, в то время как для смесей на основе низкокальциевой золы этот интервал соответствует более высоким значениям  $K_{\text{всп}}$  – от 4 до 6.

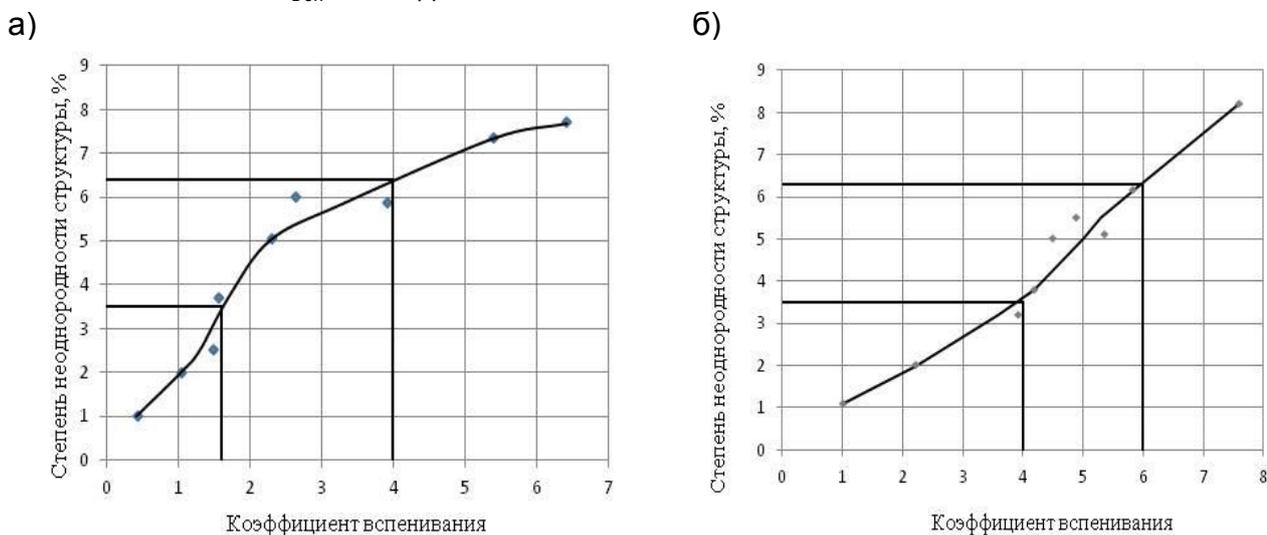


Рис. 1. Зависимость степени неоднородности структуры пеностекла, полученного на основе высококальциевой (а) и низкокальциевой (б) золы, от коэффициента вспенивания

В группу слабо- ( $K_{\text{всп}} < 1,5$ ) и сильновспенивающихся ( $K_{\text{всп}} > 6$ ) составов, дающих неоднородную структуру пеностекла, попали пенообразующие смеси с высоким содержанием газообразователя (до 5 мас. %) в виде нитрата натрия и карбоната кальция. Комбинированные газообразователи и чистая сажа в количестве 0,5 мас. % позволили получить структуру с равномерно распределенными по объему мелкими порами.

Существенные различия в значениях коэффициента вспенивания смесей, различающихся только видом используемой золы, объясняются влиянием СаО на вязкость расплава. Ранее было установлено, что для вспенивания оптимальны расплавы, модуль вязкости которых находится в пределах от 1,8 до 2,2 [6]. Модуль вязкости стекла, полученного на основе высококальциевой золы, составляет 1,6, а на основе низкокальциевой золы – 2,1. В первом случае в силу недостаточной вязкости газовые пузырьки в большом количестве беспрепятственно выходят из расплава, вследствие чего коэффициент вспенивания снижается. Таким образом, на процесс вспенивания активное влияние оказывают не только количество и вид газообразователя, но и вязкость образующегося силикатного расплава.

О важном значении окислительно-восстановительных характеристик пенообразующей смеси свидетельствуют и данные, представленные на рис. 2. В зависимости от ОВП смеси коэффициент вспенивания изменяется в пределах от 0,5 до 6. Чем больше содержание восстановителей и, соответственно, чем ниже ОВП смеси, тем выше коэффициент вспенивания.

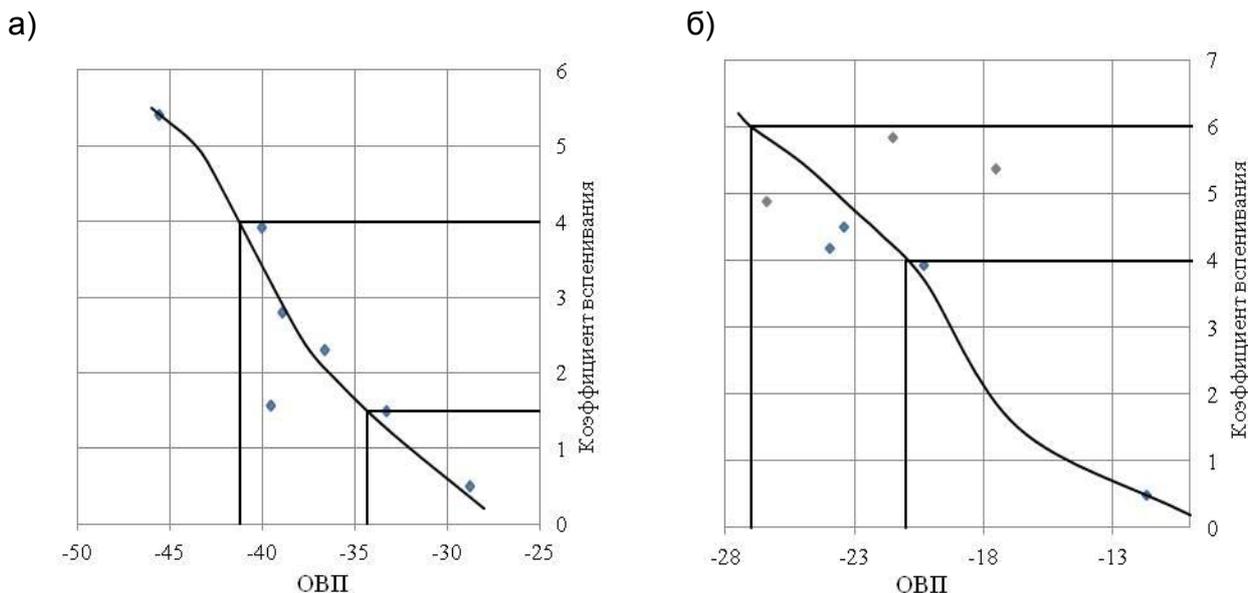


Рис. 2. Зависимость коэффициента вспенивания от ОВП пенообразующей смеси на основе высококальциевой (а) и низкокальциевой (б) золы

Оптимальным ОВП обладают те смеси, значения ОВП которых попадают в интервалы, обеспечивающие получение однородной мелкопористой структуры при плотности материала не более  $250 \text{ кг/м}^3$ . Эффективными интервалами ОВП можно считать следующие: от  $-40 (\pm 1)$  до  $-35 (\pm 1)$  для смесей на основе высококальциевой золы и от  $-25 (\pm 2)$  до  $-20 (\pm 2)$  для смесей на основе низкокальциевой золы. Значения ОВП последних смесей близки к значениям ОВП промышленных составов коричневого тарного стекла, в то время как смеси на основе высококальциевой золы обладают слабым отрицательным потенциалом. Более высокая вязкость расплава, полученного из смеси на основе низкокальциевой золы, с одной стороны, способствует повышению  $K_{всп}$ , а с другой – создает ограничение по значению ОВП смеси, изменяющемуся в узком интервале. Повысить  $K_{всп}$  можно путем введения в шихту комбинированных газообразователей в виде смесей сульфата (или нитрата) натрия с сажей. Карбонат кальция не дал хороших результатов ни на одной из шихт, что указывает на нецелесообразность применения данного газообразователя для исследуемых составов.

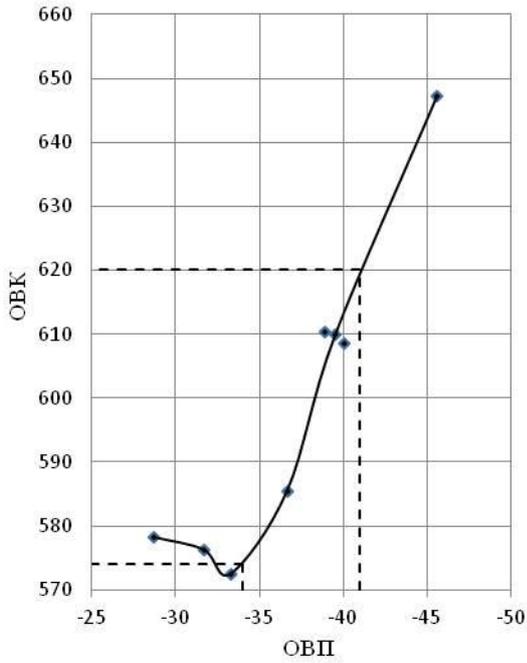
Установлено, что ОВП смесей на основе высоко- и низкокальциевой зол различаются даже при одинаковом содержании в смесях окислителей и восстановителей, в том числе газообразователя. Данного показателя недостаточно для получения полного представления о поведении расплава при вспенивании, поэтому предложено дополнительно использовать ОВК, учитывающий индивидуальное влияние ХПК каждого компонента шихты на процессы вспенивания.

Значение ОВК исследуемых составов изменяется в пределах от 500 до 800 в зависимости от вида и количества газообразователя, причем как и для ОВП, значения коэффициента для смесей на основе высоко- и низкокальциевой зол различаются. Формирование равномерной пористой структуры с замкнутыми порами размером не более 3 мм наблюдается в определенном интервале значений ОВК: для смесей на основе высококальциевой золы – от 574 до 620, а для смесей на основе низкокальциевой золы – от 744 до 783 (рис. 3).

Для прогнозирования поведения смесей при вспенивании целесообразно учитывать оба показателя (ОВП и ОВК). В зависимости от вида применяемой золы установлены области эффективного вспенивания (по значениям ОВП и ОВК), попадая в которые, смесь при нагреве будет обеспечивать получение качественной структуры.

Приведем значения указанных показателей на одной зависимости и условно разделим ее на четыре области (рис. 4): область низких значений ОВП и ОВК (1); область высоких значений ОВК и низких ОВП (2); область высоких значений ОВК и ОВП (3); область высоких значений ОВП и низких ОВК (4). К оптимальным можно отнести смеси, значения ОВП и ОВК которых располагаются в областях 1 и 3.

а)



б)

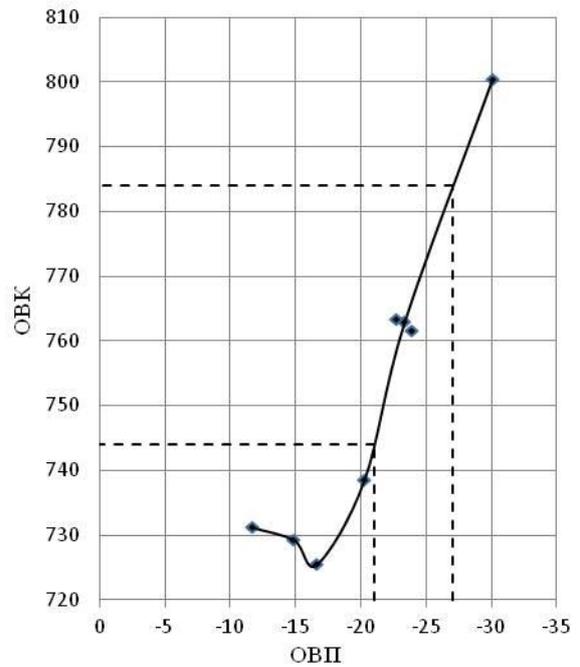


Рис. 3. Зависимость ОВК пенообразующей смеси на основе высококальцевой (а) и низкокальцевой (б) золы от ОВП

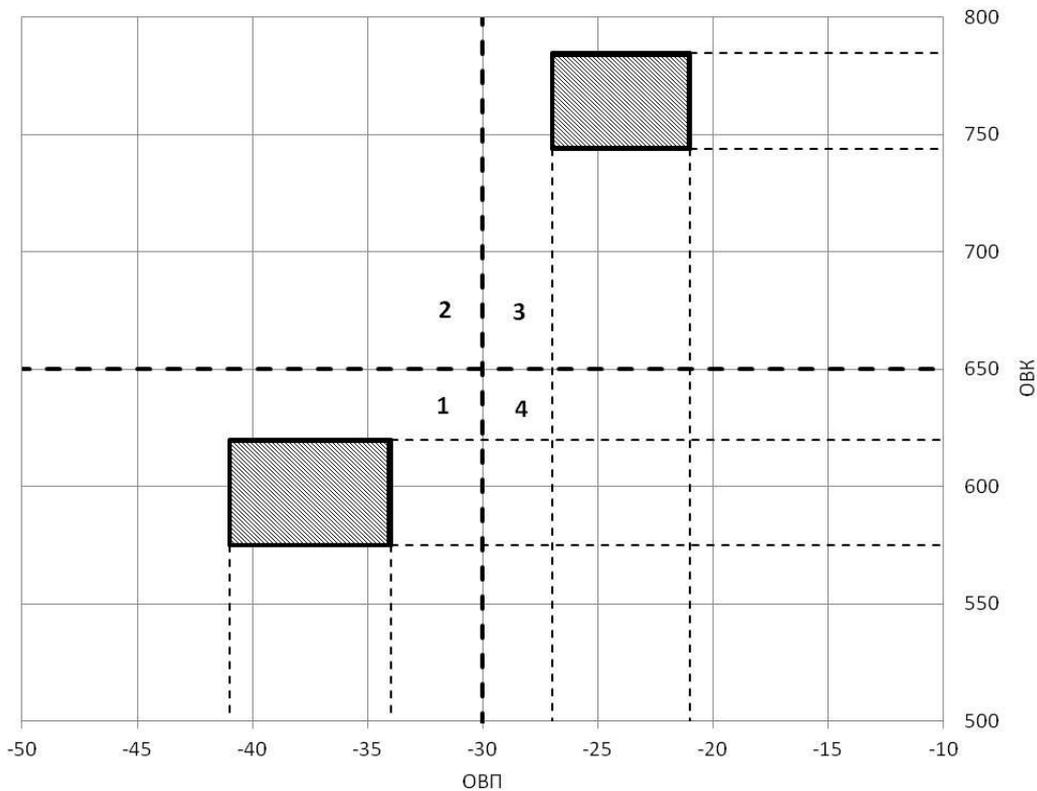


Рис. 4. Влияние ОВК и ОВП пенообразующей смеси на эффективность вспенивания:  
 1 – средневспенивающиеся смеси; 2, 4 – низковспенивающиеся смеси;  
 3 – высоковспенивающиеся смеси

Таким образом, важная предпосылка для получения пеностекла с оптимальными свойствами, на наш взгляд, заключается в соблюдении принципа соответствия значений ОВП и

ОВК пенообразующих смесей. Оптимальными для вспенивания являются смеси, попадающие в область высоких значений ОВК (более 650) и ОВП (более – 30) либо в область низких значений ОВК (менее 650) и ОВП (менее – 30).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Демидович Б. К. Производство и применение пеностекла. – Минск: Наука и техника, 1972. – 304 с.
2. Шилл Ф. Пеностекло. – М.: Стройиздат, 1965. – 307 с.
3. Казьмина О. В., Кузнецова Н. А., Верещагин В. И. Получение пеностекольных материалов на основе золошлаковых отходов тепловых электростанций // Изв. Томского политех. ун-та. – 2011. – Т. 319, № 3. – С. 52–56.
4. Виды брака в производстве стекла / Х. Бах, Г. К. Баукке, Г. Брюкнер [и др.]. – М.: Стройиздат, 1986. – 648 с.
5. Павлушкин М. И. Химическая технология стекла и ситаллов. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
6. Казьмина О. В. Влияние компонентного состава и окислительно-восстановительных характеристик шихт на процессы вспенивания пиропластичных силикатных масс // Стекло и керамика. – 2010. – № 4. – С. 13–17.

## ПРЕИМУЩЕСТВА СМЕШАННЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

***О. А. Мирюк (mirola\_1107@mail.ru), Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, Казахстан***

**Ключевые слова:** смешанное магнезиальное вяжущее, отходы обогащения скарново-магнетитовых руд, хлорид магния, гидратация, твердение

**Key words:** mixed magnesium binding, waster of scorn-magnetite ores, magnesium chloride, hydratation, hardening

Магнезиальные вяжущие, затворенные соевым раствором, отличаются интенсивным твердением, высокой прочностью и износостойкостью. Каустический магнезит вкупе с раствором хлорида магния активизирует кремнеземсодержащие, алюмосиликатные и другие природные и техногенные вещества. Эта способность каустического магнезита реализована в разработках смешанных магнезиальных вяжущих [1, 2]. Обширная минерально-сырьевая база, низкая энергоемкость производства, высокие технические характеристики свидетельствуют о перспективности магнезиальных композиций. Смешанные магнезиальные вяжущие – сравнительно новые и малоизученные материалы. Важно выявить факторы, определяющие особенности твердения таких вяжущих.

Нашими исследованиями показана эффективность использования отходов обогащения скарново-магнетитовых руд в составе магнезиальных композиций [3]. Минеральную основу отходов образуют силикаты, различающиеся генезисом, структурой и химической активностью (пироксены, амфиболы, полевые шпаты, хлориты, гранаты, эпидот, скаполит).

Цель работы – исследование состава камня вяжущего с учетом особенностей приготовления и условий твердения. Объект исследования – смешанное вяжущее из каустического магнезита (30%) и отходов обогащения скарново-магнетитовых руд (70%). При проведении экспериментов использовали каустический магнезит ПМК-87, растворы  $MgCl_2$  различной плотности, минералы из геологических коллекций. Физико-механические характеристики вяжущих определяли на образцах размером 20х20х20 мм, изготовленных из теста нормальной густоты. Фазовый состав затвердевших материалов оценивали с помощью дифрактометрического анализа и электронной микроскопии.

Сравнительный анализ характеристик вяжущих (табл. 1) дает основание утверждать, что техногенный компонент способствует снижению водопотребности, замедлению схватывания и раннего твердения композиции, обеспечивая сопоставимые показатели прочности камня в возрасте 28 сут и в более поздние сроки. Магнезиальная составляющая активизирует гидратационную способность техногенного компонента, вовлекая его в процессы структурообразования. Смешанные вяжущие по техническим характеристикам не уступают каустическому магнезиту и при этом отличаются повышенной водостойкостью.

Свойства магниальных вяжущих различного состава

Содержание техногенного компонента, %	Расход затворителя, %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности при сжатии, МПа			
				на воздухе		во влажной среде	в воде
		начало	конец	3 сут	28 сут	14 сут	
–	51,1	25	50	62	74	30	Разрушение 38
70	28,5	80	145	51	73	52	

Интенсивность твердения смешанного вяжущего определяется гидратационной способностью каустического магнезита и концентрацией соли в затворителе. Скорость гидратации оксида магния, в свою очередь, существенно зависит от размера кристаллов и режима обжига магнезита. Однако не менее важны факторы, регулирующие способность  $MgO$  к гидратации на стадии применения вяжущего вещества. Повышение плотности раствора  $MgCl_2$  в пределах  $1,15$ – $1,40$  г/см<sup>3</sup> для каустического магнезита (рис. 1) ограничивает или полностью исключает образование  $Mg(OH)_2$  и приводит к росту содержания пентагидрооксихлорида магния  $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ , который преобладает в составе кристаллогидратов при использовании растворов плотностью  $1,25$ – $1,40$  г/см<sup>3</sup>. Значительная доля пентагидрооксихлорида магния образуется в ранние сроки, обеспечивая высокие темпы твердения камня.

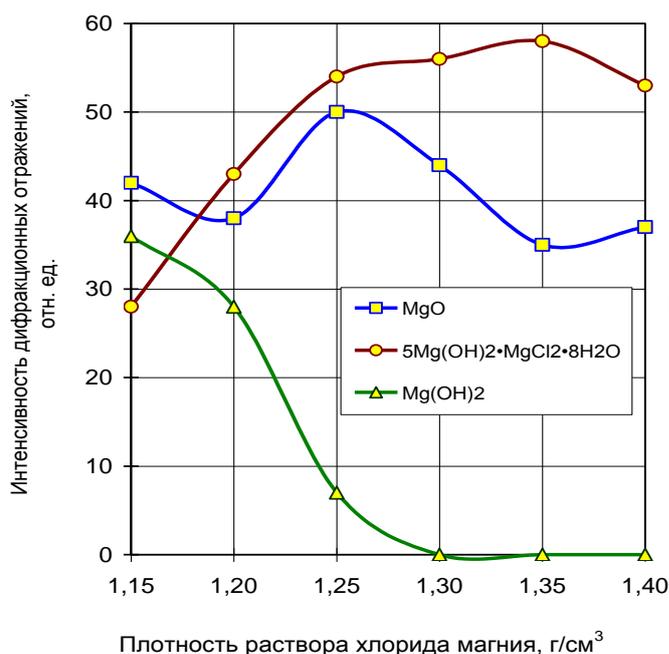


Рис. 1. Влияние плотности затворителя на фазовый состав камня каустического магнезита (7 сут)

В составе вяжущего, затворенного растворами повышенной плотности ( $1,35$  и  $1,40$  г/см<sup>3</sup>), идентифицирован гидрат, более насыщенный хлоридом магния: тригидрооксихлорид магния  $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ , образующийся при перекристаллизации небольшой части пентагидрооксихлорида магния. Отсутствие четкой связи между концентрацией раствора  $MgCl_2$  и степенью гидратации  $MgO$  указывает на зависимость активности оксида магния от состава и морфологических характеристик гидратных новообразований.

Концентрация  $MgCl_2$  в затворителе определяет также активность воздействия каустического магнезита на твердение техногенного компонента вяжущего. Изменение плотности затворителя практически не отражается на водопотребности смешанного вяжущего, но влияет на сроки схватывания. Увеличение плотности раствора  $MgCl_2$  с  $1,10$  до  $1,22$  г/см<sup>3</sup> замедляет схватывание теста. Дальнейшее повышение концентрации соли в растворе сопровождается ускорением потери пластичности массы. При этом период схватывания для всех составов практически одинаков.

Влияние плотности затворителя на прочность смешанного вяжущего наиболее выразительно в ранние сроки твердения. Прочностные показатели, достигнутые при минимальном и максимальном значениях концентрации  $MgCl_2$ , различаются между собой в 7–8 раз. Наибольшая активизация отходов обогащения достигается при использовании раствора хлорида магния плотностью 1,18–1,30 г/см<sup>3</sup> (рис. 2).

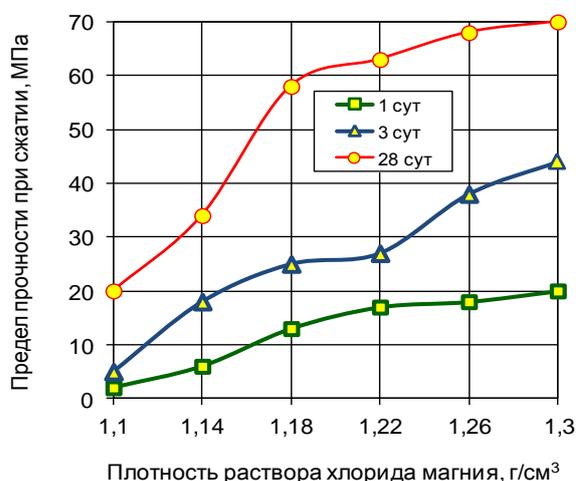


Рис. 2. Влияние плотности затворителя на прочность камня смешанного магниезиального вяжущего

По данным дифрактометрического анализа, основа фазового состава камня смешанного вяжущего представлена гидратами, характерными для магниезиального вяжущего оксихлоридного твердения. Определены особенности гидратообразования смешанного магниезиального вяжущего: повышение активности  $MgO$  и увеличение степени его преобразования в гидроксихлориды магния; преобладание в составе кристаллогидратов пентагидроксихлорида магния  $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ , способствующего интенсивному твердению вяжущего и достижению высокой прочности камня; минимизация содержания брусита за счет связывания его в гидроксихлориды магния и гидраты на основе природных минералов; возможность раннего образования гидроксихлоркарбоната магния  $Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 2MgCO_3 \cdot 6H_2O$ . Выявлено, что гидроксихлоркарбонат магния формируется при ограниченном содержании  $MgO$  и увеличении плотности раствора  $MgCl_2$  (рис. 3). Процессы образования пентагидроксихлорида и гидроксихлоркарбоната магния исключают одновременное увеличение содержания гидратных комплексов и предполагают их взаимные превращения. При использовании раствора  $MgCl_2$  плотностью 1,24 г/см<sup>3</sup> и более возможен переход, степень которого возрастает при уменьшении доли  $MgO$ :  $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O \rightarrow 3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 2MgCO_3 \cdot 6H_2O$ . Образование гидроксихлоркарбоната магния не ухудшает прочностных свойств камня, однако вяжущий потенциал данного гидрата не столь высок, как у гидроксихлоридов магния. Увеличение концентрации хлорида магния в затворителе обеспечивает формирование гидроксихлоридных комплексов, интенсивно упрочняющих камень вяжущего. Микроконгломератная структура камня смешанного вяжущего формируется на основе сростка из кристаллов гидроксихлоридов магния и частиц минералов (рис. 4).

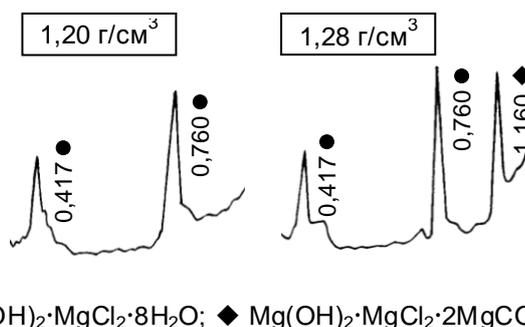


Рис. 3. Дифрактограммы камня смешанного магниезиального вяжущего, затворенного раствором хлорида магния различной плотности (7 сут)

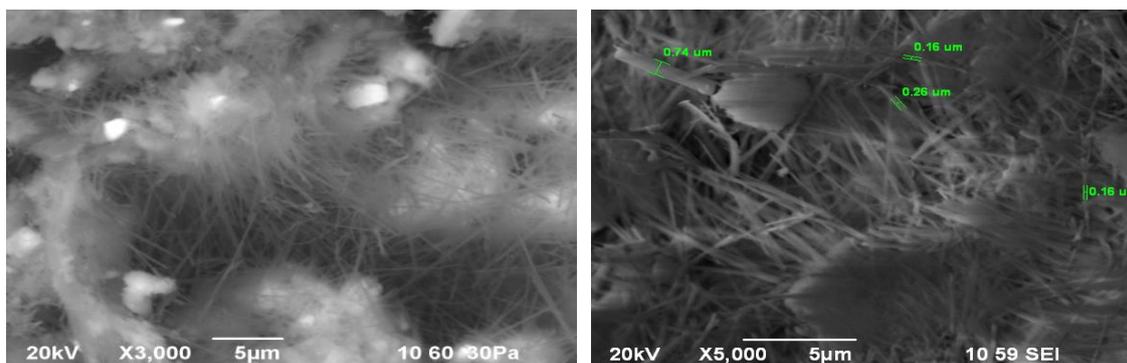


Рис. 4. Микроструктура камня смешанного магниезального вяжущего (7 сут)

Техногенный компонент смешанного вяжущего имеет сложный минеральный состав. Исследованы модельные вяжущие на основе каустического магнезита (35%) и одного из минералов-силикатов (65%), затворенные раствором хлорида магния плотностью 1,22 г/см<sup>3</sup> (табл. 2). Результаты показали, что наибольшая степень преобразования оксида магния характерна для композиций, содержащих силикаты островной структуры (андрадит и эпидот), которые более склонны к гидролитическому распаду в растворе хлорида магния.

Т а б л и ц а 2

**Влияние вида минерала на состав и прочность камня смешанных магниезальных вяжущих**

Минерал	Предел прочности при сжатии, МПа		Интенсивность дифракционных отражений фаз, отн. ед.					
			MgO (0,210 нм)		Mg(OH) <sub>2</sub> (0,157 нм)		5Mg(OH) <sub>2</sub> ·MgCl <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O (0,750 нм)	
	7 сут	90 сут	7 сут	90 сут	7 сут	90 сут	7 сут	90 сут
–	49	62	100	90	100	93	100	96
Андрадит	42	70	29	24	29	30	60	65
Эпидот	38	60	35	29	33	33	72	73
Альбит	36	59	45	32	–	–	91	104
Диопсид	42	58	43	35	23	25	59	64

Затворитель активизирует обе составляющие смешанного вяжущего, что предполагает возможность влияния способа приготовления на гидратообразование и прочностные свойства композиции. В эксперименте использованы три способа затворения вяжущего: 1 – традиционный, предусматривающий введение раствора хлорида магния в смесь компонентов; 2 – первичный контакт раствора хлорида магния с каустическим магнезитом; 3 – первичный контакт раствора хлорида магния с минеральным компонентом. Характер влияния способа приготовления определяется составом вяжущего и плотностью затворителя. Например, для интенсивного твердения магниезального вяжущего, содержащего андрадит, целесообразно затворение смеси компонентов, обеспечивающее максимальное количество гидроксихлоридов магния. Результаты дифрактометрического анализа указывают на сокращение доли негидратированного оксида магния при реализации второго способа на 9 и 35% по сравнению с первым и третьим способами соответственно. Содержание 5Mg(OH)<sub>2</sub>·MgCl<sub>2</sub>·8H<sub>2</sub>O, зависящее от вещественного состава вяжущего, в данной композиции максимально при затворении смеси компонентов. С увеличением концентрации MgCl<sub>2</sub> чувствительность композиции к особенностям приготовления снижается. Наибольшее упрочнение вяжущего при использовании раствора MgCl<sub>2</sub> плотностью 1,25 г/см<sup>3</sup> отмечается при затворении смеси компонентов. Между степенью гидратации MgO и активностью вяжущего, а также между концентрацией раствора MgCl<sub>2</sub> и количеством гидратированного MgO не наблюдается четкой зависимости.

Важный показатель активности вяжущего – характер гидратации при длительном твердении. Исследованы смешанные вяжущие, затворенные раствором MgCl<sub>2</sub> плотностью 1,25 г/см<sup>3</sup> и твердевшие в различных средах в течение пяти лет. Прочностные свойства сме-

шанного магнезиального вяжущего проявляют чувствительность к технологии затворения на протяжении длительного периода твердения. Первичный контакт каустического магнезита с затворителем способствует ускорению твердения и повышению прочностных показателей на 40% (1 сут) и на 11% (5 лет). Сравнительный анализ дифрактограмм композиций различного приготовления выявил, что в составе камня вяжущего на основе активированного каустического магнезита (второй способ) содержится повышенное количество магниевых кристаллогидратов. Это коррелируется с характером изменения содержания несвязанного оксида магния, которое в составе такого вяжущего почти на 12% меньше, чем в составе вяжущего традиционного приготовления. Однако при использовании традиционного способа повышенную активность проявляет техногенный компонент. Очевидно, что предварительная активизация части каустического магнезита раствором хлорида магния инициирует процесс формирования гидроксихлоридов магния, обеспечивающих высокую раннюю прочность камня.

Стабильное увеличение прочности материала воздушного твердения свидетельствует о продолжающихся во времени процессах формирования структуры. По данным дифрактометрического анализа, кристаллическую основу камня образуют гидроксихлоридные комплексы, сформированные на начальных этапах гидратации. Наибольшая интенсивность дифракционных отражений характерна для пентагидроксихлорида магния  $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . В меньшем количестве затвердевший камень содержит другие новообразования: тригидроксихлорид магния  $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и гидроксихлоркарбонат магния  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 2\text{MgCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (рис. 5). Наличие до 20% свободного  $\text{MgO}$  указывает на неполную реализацию вяжущих свойств компонента, который следует рассматривать как ресурс для возможного дальнейшего гидратообразования.

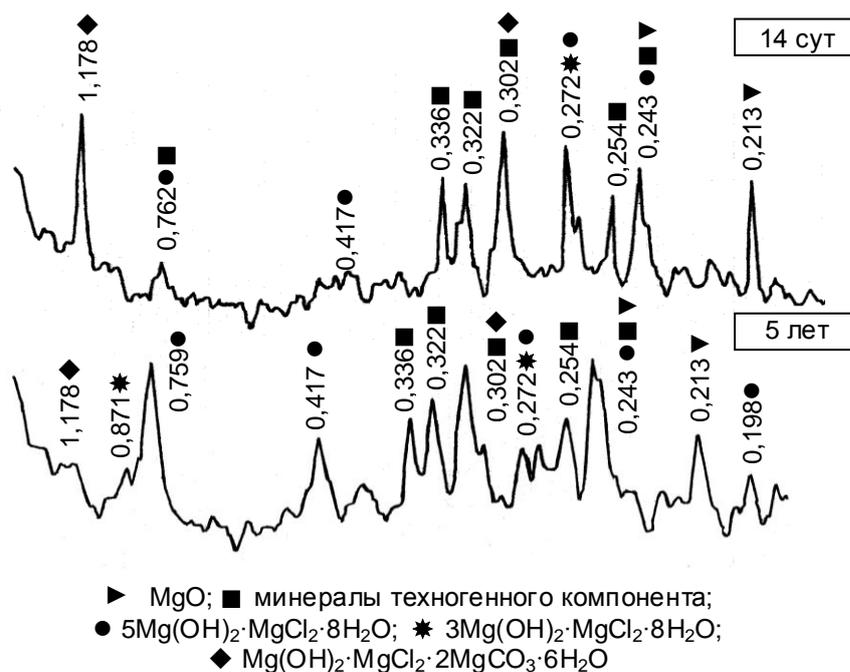
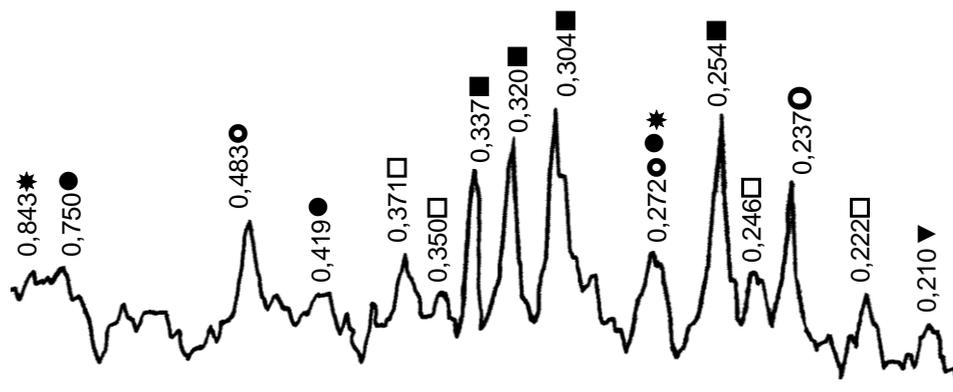


Рис. 5. Дифрактограммы камня смешанного магнезиального вяжущего различных сроков воздушного твердения

Прочность образцов длительного водного твердения составляет 30% от прочности образцов, твердевших на воздухе в течение 28 сут. В камне содержится  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , образовавшийся при распаде большого количества гидратных комплексов; сохраняется до 5–10% исходного  $\text{MgO}$  (рис. 6). Появление дифракционных отражений  $d = 0,222, 0,246, 0,350, 0,371$  нм позволяет сделать вывод о присутствии гидросиликатов магния. Устойчивость пентагидроксихлорида магния в водной среде зависит от состава вяжущего и затворителя, а также от длительности воздействия воды. Значительное содержание пентагидроксихлорида магния при отсутствии или ограниченном количестве слабозакристаллизованных и аморфных образований повышает уязвимость кристаллической структуры камня к воздействию воды.



- ▶ MgO; ■ минералы техногенного компонента;
- $5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ; \*  $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ;
- $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; □ гидросиликаты магния

Рис. 6. Дифрактограмма камня смешанного магниального вяжущего длительного водного твердения (5 лет)

Стабильность пентагидрооксихлорида магния характерна и для камня более длительного твердения (рис. 7). Данные дифрактометрического анализа вяжущих, твердевших в течение девяти лет, показывают, что кристаллическую основу камня образует пентагидрооксихлорид магния. Структура камня смешанного вяжущего долгосрочного твердения отличается конгломератным строением и более плотной упаковкой составляющих (рис. 8). На основе полиминерального техногенного компонента образуются преимущественно аморфные гидраты, которые создают матрицу камня вяжущего, обеспечивают его упрочнение и устойчивость к деструктивным процессам.

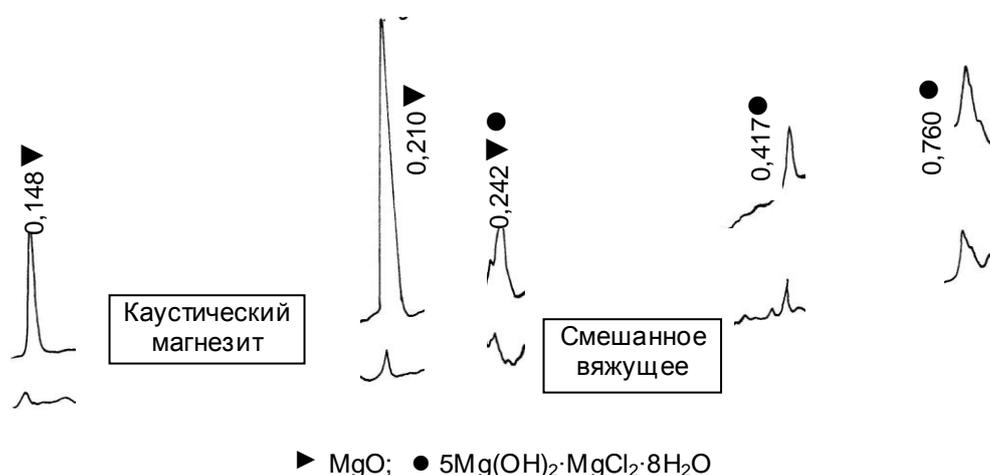


Рис. 7. Дифрактограммы камня магниальных вяжущих длительного твердения (9 лет)

В камне вяжущих длительного твердения сохраняется негидратированный оксид магния, содержание которого значительно в каустическом магнезите. Следовательно, в магниальных вяжущих не реализуется часть химически активного и дефицитного компонента. Это свидетельствует о необходимости поиска способов более полного вовлечения магниальной составляющей в процессы гидратации, что обеспечит упрочнение структуры материала.

Композиции из каустического магнезита и техногенного компонента расширяют ассортимент магниальных вяжущих, эффективно используемых для получения строительных материалов различной структуры. Назначение смешанных вяжущих определяется свойствами минерального компонента. Разработанные вяжущие на основе отходов обогащения скарново-

магнетитовых руд целесообразно применять при изготовлении материалов плотного строения в сочетании с древесным или другим заполнителем. Например, композиции, содержащие 45–50% смешанного вяжущего, 5–15% древесных опилок, 0–35% кварцевого песка, характеризуются средней плотностью 1400–2100 кг/м<sup>3</sup>, а их прочность при изгибе к 28 сут достигает 15–19 МПа, при сжатии – 45–70 МПа. Повышенная плотность и весьма пестрый минеральный состав техногенного компонента, а также значительная доля аморфных гидратов в затвердевшем камне затрудняют получение эффективных теплоизоляционных пенобетонов из смешанного вяжущего.

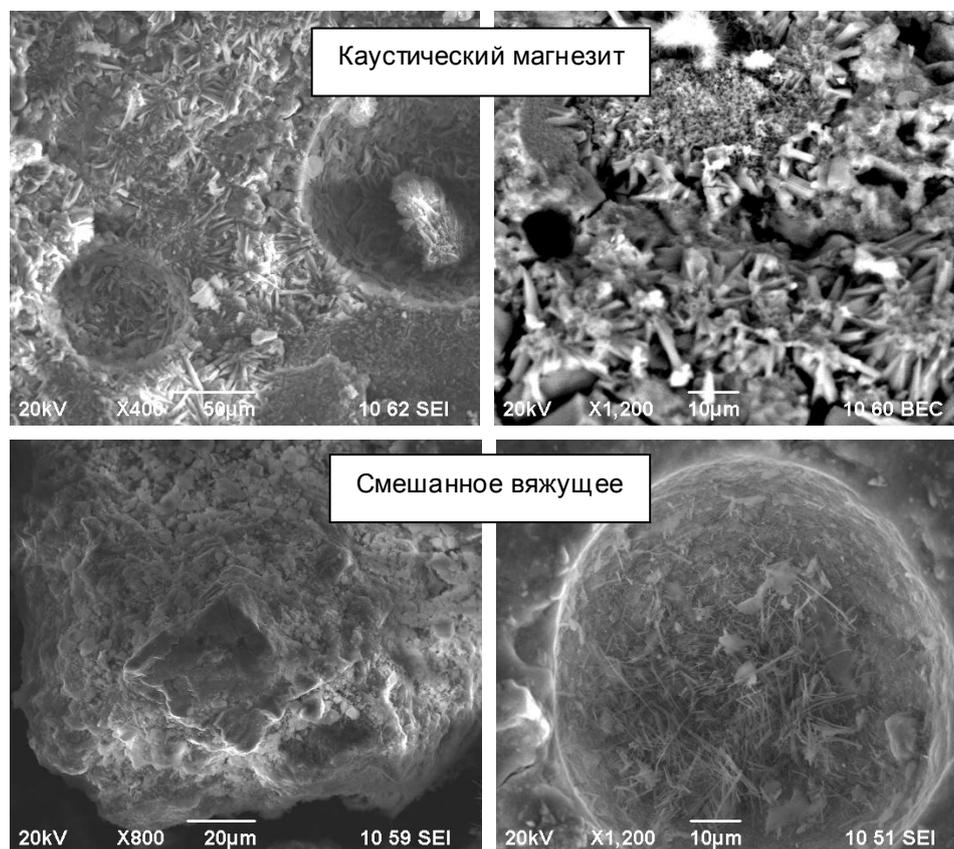


Рис. 8. Микроструктура камня магниальных вяжущих длительного твердения (9 лет)

Каустический магнезит представляет собой малоэнергоёмкое вяжущее благодаря невысокой температуре разложения магниальных карбонатных пород. Преимущество технологии получения смешанного магниального вяжущего заключается в минимизации содержания обжигового компонента. Замена 70% каустического магнезита отходами обогащения скарно-магнетитовых руд обеспечивает экономию 64 кг усл. топлива на 1 т вяжущего. Это предотвращает выбросы в атмосферу немалых объемов вредных продуктов сгорания топлива [4]. Снижение расхода карбонатного сырья способствует сокращению выбросов технологического CO<sub>2</sub> на 0,7 кг/кг вяжущего. Эффективность смешанного магниального вяжущего определяется возможностью получения высококачественного малоэнергоёмкого бесцементного материала на основе многотоннажных техногенных отходов.

## Выводы

Магниальная оксихлоридная активизация техногенного полиминерального материала позволяет получать смешанное вяжущее, не уступающее по основным показателям каустическому магнезиту. Усложнение состава магниального вяжущего вследствие введения дополнительного компонента обеспечивает следующие преимущества:

- ◆ повышение реализации вяжущих свойств каустического магнезита за счет увеличения гидратационной активности оксида магния и степени его преобразования в гидроксидно-хлоридные комплексы;
- ◆ уплотнение структуры камня вяжущего, формируемой при участии кристаллических и аморфных гидратов, различающихся по составу и строению;
- ◆ расширение возможностей регулирования гидратообразования и свойств материала ввиду повышенной чувствительности многокомпонентного вяжущего к изменению состава и способа приготовления;
- ◆ ресурсосбережение при производстве и применении вяжущего в результате замены значительной части дефицитного каустического магнезита техногенным материалом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Верещагин В. И., Смирнская В. Н., Эрдман С. В. Водостойкие смешанные магнезиальные вяжущие // Стекло и керамика. – 1997. – № 11. – С. 33–37.
2. Козлова В. К., Свит Т. Ф., Гришина М. Н. Фазовый состав водостойкого магнезиального камня // Резервы производства строительных материалов: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Барнаул, 1997. – С. 27–31.
3. Мирюк О. А., Ахметов И. С. Вяжущие вещества из техногенного сырья. – Рудный: Рудненский индустр. ин-т, 2002. – 250 с.
4. Росляков П. В., Ионкин И. Л., Егорова Л. Е. Система непрерывного мониторинга и контроля вредных выбросов ТЭС в атмосферу. – М.: МЭИ, 2000. – 158 с.

## ШЛИКЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПОРИСТОГО СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ЯЧЕИСТОГО МАТЕРИАЛА

***М. А. Семин (semin@inbox.ru), А. А. Егоров, П. Н. Новоселова,  
РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва***

**Ключевые слова:** высокопористые ячеистые материалы, шликерная технология, стекло пироксенового состава, реологические свойства шликера

**Key words:** porous highcell ceramization material, slip forming technology, pyroxene glasses, flow properties of slip

Технический прогресс невозможен без создания материалов с заранее заданными физико-механическими свойствами. К таким материалам относятся высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ). Сочетание конструктивной прочности, высокой проницаемости, низкого гидравлического сопротивления и развитой удельной поверхности обуславливает эффективность их применения в химической, металлургической, медицинской промышленности и других областях [1].

Актуальная проблема современной науки и техники – изыскание экономичных ВПЯМ, характеризующихся улучшенными физико-химическими и механическими свойствами. Одно из перспективных направлений создания новых видов ВПЯМ предполагает получение их на основе стеклокристаллических композиций. Технология производства таких материалов может обеспечить их заданные характеристики при относительно низкой температуре обжига. Использование недорогого сырья способствует снижению себестоимости готовой продукции.

В РХТУ им. Д. И. Менделеева ведется разработка стеклокристаллических ВПЯМ пироксеновой системы.

Для синтеза новых стеклокристаллических ВПЯМ применяли хорошо зарекомендовавший себя метод дублирования полимерной матрицы, который заключается в нанесении порошка стекла на поверхность органической структурообразующей матрицы с последующим спеканием этого слоя и удалением матрицы путем термодеструкции (см. схему) [2]. В качестве органической структурообразующей матрицы использован пенополиуретан, структура которого представляет собой пространственный каркас, образованный перемычками, имеющи-

ми в поперечном сечении форму криволинейного треугольника. Вследствие дублирования силикатный материал приобретал ячеистую структуру вспененного пенополиуретана, причем отличие состояло только в наличии микропористости и канальной пористости у готового образца [1].



Схема получения ВПЯМ

Варку стекла проводили в печи с газовым отоплением в корундовых тиглях в течение 2 ч. Температура варки составляла 1470–1500 °С. После варки получали гранулят быстрым охлаждением стекломассы в воде. Гранулят измельчали мокрым способом в шаровой мельнице с корундовыми шарами в полидисперсный порошок с размером частиц менее 10 мкм. Шликер состоял из дисперсной фазы (порошок стекла) и дисперсионной среды (поливиниловый спирт). Термообработку заготовок осуществляли в лабораторной печи с нагревателями из карбида кремния.

При разработке нового материала начальной стадией был выбор оптимального состава стекла. Известно, что каталитическая активность катализатора повышается при высокой удельной поверхности носителя [3]. Поскольку удельная поверхность стекловидных ВПЯМ недостаточна, было решено использовать стекло пироксенового состава, кристаллизующееся в процессе термообработки. Такой выбор был продиктован также необходимостью улучшения прочностных характеристик, снижения объемной усадки и повышения химической стойкости ВПЯМ, что позволило бы применять полученный материал при жестких условиях эксплуатации.

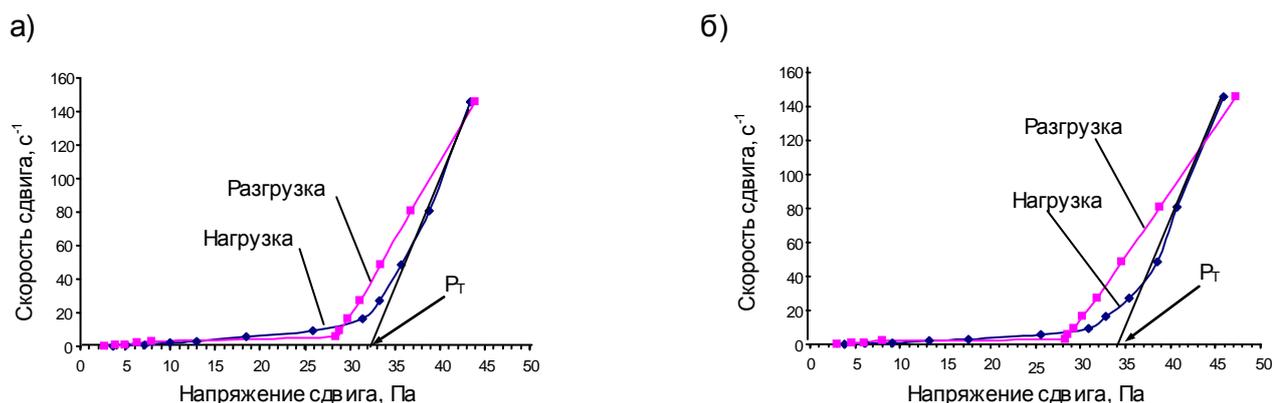
Для исследования была выбрана система  $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$  с добавками  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в качестве стимулятора кристаллизации. Основная кристаллическая фаза стекол пироксенового состава представлена диоксидоподобными твердыми растворами. Свойства закристаллизованных стекол вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к материалам для получения ВПЯМ. Важная особенность выбранного состава стекла заключается в том, что кристаллизация происходит с минимальными деформационными проявлениями, не сказывающимися на целостности ячеистой структуры [4].

Следующим, наиболее сложным этапом, стала разработка оптимальной шликерной системы. Шликерами называют высококонцентрированные суспензии порошков в жидкости. При шликерном литье, разновидностью которого является метод дублирования полимерной матрицы, шликеры должны характеризоваться низкой вязкостью, позволяющей пропитать куски пенополиуретана различной толщины с разными диаметрами ячейки, пределом текучести,

способствующим фиксации шликера вплоть до полного высыхания на произвольно ориентированной стенке перемишки пенополиуретана без стекания с нее, высоким содержанием дисперсной фазы, равномерным распределением дисперсной фазы в дисперсионной среде (отсутствием расслаивания). Следовательно, шликер должен обладать высокой начальной вязкостью, т. е. с увеличением нагрузки последняя должна снижаться. Этому условию удовлетворяют тиксотропные суспензии, проявляющие себя как неньютоновские структурированные жидкости, склонные к разрушению структуры под действием нагрузки [1].

Наибольшее влияние на реологию дисперсных систем оказывает твердая фаза. Как показала практика, для получения текучей тиксотропной псевдопластической устойчивой шликерной системы частицы дисперсной фазы должны иметь округлую форму и размер 7–9 мкм ( $S_{уд} = 2,3–2,4 \text{ м}^2/\text{г}$ ) [5]. Кроме того, в составе стекол не должны присутствовать компоненты, вызывающие химическое взаимодействие составных частей системы. Основное требование к дисперсионной среде для получения ВПЯМ заключается в том, что она должна обладать клеящими свойствами для лучшего закрепления порошка на поверхности полимерной матрицы.

При подборе оптимальной концентрации шликера были исследованы пять систем с отношением твердой фазы к жидкой (Т/Ж) 1,9, 2,0, 2,1, 2,2 и 2,3. По качеству пропитки заготовок шликером с разным Т/Ж и их спеканию можно судить о том, какое соотношение дисперсной фазы и дисперсионной среды является оптимальным. Установлено, что при пропитке шликером с Т/Ж 2,1 и 2,2 обеспечивалась наилучшая адгезия, при спекании отсутствовали значительная усадка, деформация и залипание пор, достигалась хорошая структура по проницаемости. Указанным оптимальным соотношениям Т/Ж соответствуют оптимальные пределы текучести системы. Выявлено, что при оптимальных соотношениях Т/Ж предел текучести составляет 32–33 Па (см. рисунок) [5].



Зависимость скорости сдвига от напряжения сдвига при Т/Ж 2,1 (а) и 2,2 (б) ( $P_T$  – предел текучести)

На заключительном этапе был подобран оптимальный температурно-временной режим спекания материала. При этом оперировали следующими известными из научной литературы параметрами для пироксеновых ситаллов: температура кристаллизации 830–860 °С, температура начала деформации 1000–1050 °С, температура полной деструкции пенополиуретана 580–660 °С [1, 3]. На этапе кристаллизации варьировали температуру (760–880 °С) и время выдержки (1–3 ч). Таким образом, было исследовано 18 различных режимов термообработки (см. таблицу). В качестве показателей оптимальной спекаемости образцов были приняты высокая пористость, химическая стойкость, низкая усадка и низкая кажущаяся плотность.

Исследования показали, что для обеспечения наилучшей кристаллизации образцов ВПЯМ целесообразно производить термообработку при температуре 830 °С и выдержке в течение 1 ч. Следует отметить, что данный оптимальный температурно-временной режим термообработки учитывает экономическую эффективность технологического процесса.

В результате проведенных исследований были оптимизированы технологические параметры тиксотропного шликера, состоящего из дисперсного порошка стекла и клеящей диспер-

сионной среды, обеспечивающие устойчивость его закрепления на поверхности органической пены при пропитке. Рекомендуемые параметры: средний размер частиц стеклопорошка 7–9 мкм, оптимальное соотношение Т/Ж 2,1 и 2,2, удельная поверхность 2,3–2,4 м<sup>2</sup>/г, дисперсионная среда – водные растворы поливинилового спирта с концентрацией 5 мас. %, вязкость шликера 0,3–0,4 Па·с при плотности 1,7–1,8 г/см<sup>3</sup>, пластическая вязкость и предел текучести при оптимальном Т/Ж соответственно 0,34–0,42 Па·с и 32,5–33,5 Па.

#### Температурно-временные режимы термообработки ВПЯМ

Максимальная температура, °С	Номер режима термообработки		
	выдержка 1 ч	выдержка 2 ч	выдержка 3 ч
760	1	2	3
780	4	5	6
800	7	8	9
830	10	11	12
860	13	14	15
880	16	17	18

Полученный ячеистый материал характеризовался общей пористостью 88–92%, прочностью при сжатии 0,75–0,85 МПа, кислотостойкостью при кипячении в течение 10 ч в HCl 97,95% и в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98,24%, кажущейся плотностью 24–34 кг/м<sup>3</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы порошкового материаловедения. Ч. 2 / В. Н. Анциферов, А. М. Беклемышев, В. Г. Гилев [и др.]. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 262 с.
2. Добровольский А. Г. Шликерное литье. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1977. – 240 с.
3. Павлушкин Н. М. Химическая технология стекла и ситаллов. – М.: Стройиздат, 1983. – 428 с.
4. Жунина Л. А., Кузьменков М. И., Яглов В. Н. Пироксеновые ситаллы. – Минск: Изд-во БГУ им. В. И. Ленина, 1974. – 221 с.
5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Альянс, 2004. – 464 с.

### ВСПЕНЕННЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВОГО СЫРЬЯ

**А. Е. Бурученко (fizika4ifp@yandex.ru), А. А. Середкин (f.sz@yandex.ru),**

**Сибирский федеральный университет, г. Красноярск;**

**В. И. Верецагин, Томский политехнический университет**

**Ключевые слова:** пеностекло, стеклобой, стеклогранулят, составы, режим вспенивания

**Key words:** foamed glass, cullet, quenched cullet, compositions, mode foaming

В связи с увеличением стоимости энергоносителей и ужесточением норм расхода энергии особый интерес вызывают теплоизоляционные материалы, применяемые для теплозащиты строительных конструкций и теплоизоляции различных сооружений [1, 2].

Современная промышленность производит большое количество различных теплоизоляционных материалов. К числу наиболее перспективных относится пеностекло, среди преимуществ которого перед другими теплоизоляционными материалами следует отметить долговечность, негорючесть, химическую стойкость, низкую плотность, влагонепроницаемость и экологическую безопасность.

Использование при получении пеностекла вторичного стеклобоя (особенно при организации производства пеностекла большой мощности) сдерживается из-за отсутствия в нашей

стране необходимого количества данного техногенного материала. В связи с этим возникает необходимость готовить стекломассу из традиционных сырьевых материалов стекольного производства. Себестоимость получаемого при этом стеклогранулята существенно выше, чем стеклогранулята из стеклобоя, поэтому поиск более дешевых сырьевых материалов для получения стеклогранулята становится весьма актуальным.

Нами проведены исследования по использованию кварц-полевошпатовых отходов (хвостов) Сорского молибденового комбината (Республика Хакасия) в качестве основного компонента шихты для варки стекла и получения пеностекла. В необходимом количестве в шихту добавляли отходы кремнеземсодержащей формовочной смеси ОАО «Сибтяжмаш» (г. Красноярск) и соду. Формовочную смесь вводили для уменьшения кристаллизационной способности, а соду – для снижения температуры плавления. Химический состав исходного сырья представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Сырье	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	п.п.п.
Отходы Сорского молибденового комбината	67,5	13,3	3,67	4,68	1,76	5,96	2,94	0,19
Кремнеземсодержащая формовочная смесь	95,54	3,06	1,23	0,17	–	–	–	–

Исследования минералогического состава кварц-полевошпатового сырья проводили рентгенографическим методом на дифрактометре Advace D8 фирмы Bruker. Основные минералы, образующие отходы, – это альбит (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) – 41,7%, кварц (SiO<sub>2</sub>) – 28,6% и гидромусковит (KAl<sub>2</sub>[Si,Al]<sub>4</sub>·O<sub>10</sub>[OH]<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O) – 21,4%. В незначительном количестве присутствуют ортоклаз (K(AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) и гематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (рис. 1).

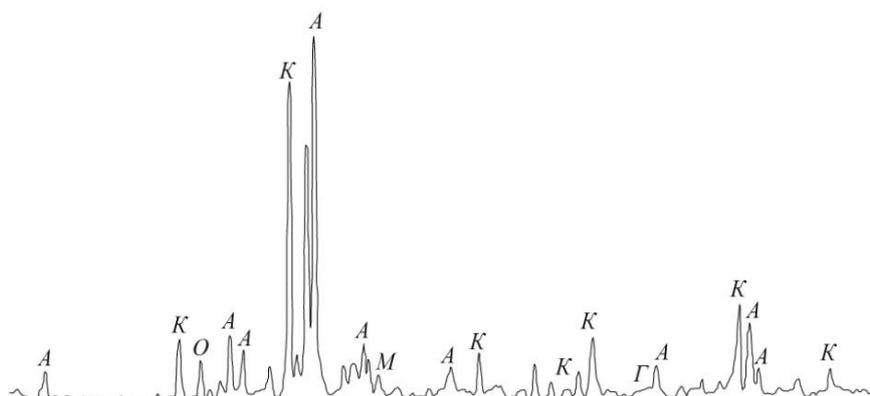


Рис. 1. Рентгенограмма кварц-полевошпатовых отходов Сорского молибденового комбината: А – альбит; К – кварц; М – гидромусковит; О – ортоклаз; Г – гематит

Анализ кривых ДСК, ТГ и ДТГ, полученных на приборе NETZSCH STA 449F-1, показывает, что при нагревании отходов выход адсорбционной воды происходит в интервале 20–250 °С, о чем свидетельствует размытый эндотермический эффект. Основное разрушение структуры гидромусковита отмечается в интервале 630–780 °С, что сопровождается наиболее интенсивной потерей массы. Потеря массы связана в основном с удалением ОН групп; об этом можно судить по эффекту на кривой ДТГ с максимумом при 690 °С (рис. 2).

Минералогический состав отходов Сорского молибденового комбината в значительной степени представлен полевошпатовой составляющей (более 60%). Это дает основание рассчитывать на получение расплава при низких температурах. Как показали результаты теоретических расчетов, фигуративная точка на диаграмме Na<sub>2</sub>O–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>, отражающая химический состав отходов (СХ1), находится в области плавления альбита вблизи изотермы 1000 °С (рис. 3).

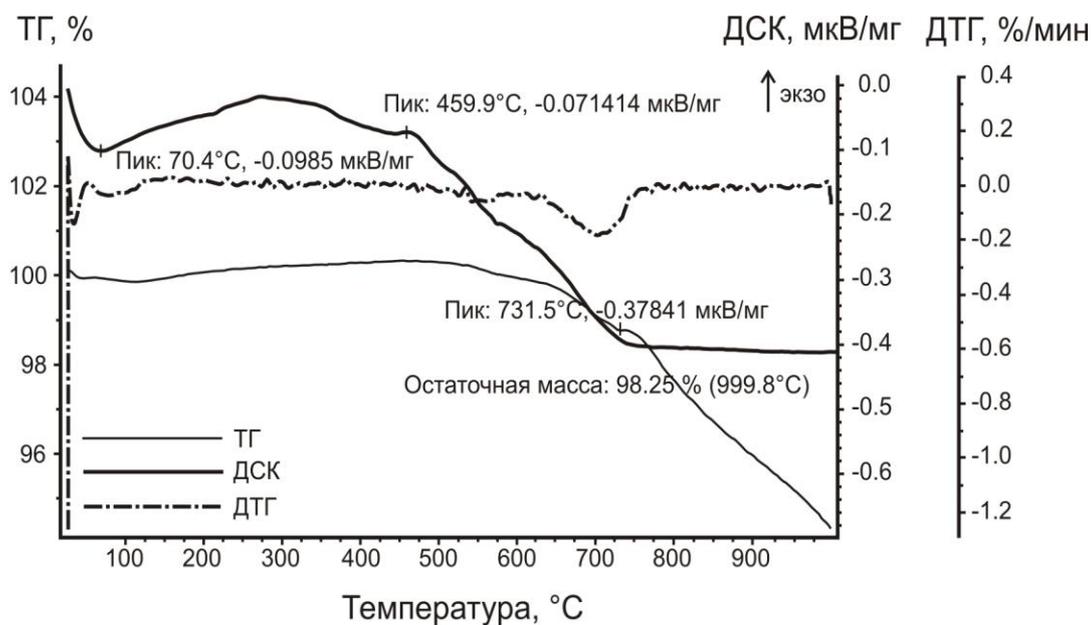


Рис. 2. Термограмма кварц-полевошпатовых отходов Сорского молибденового комбината

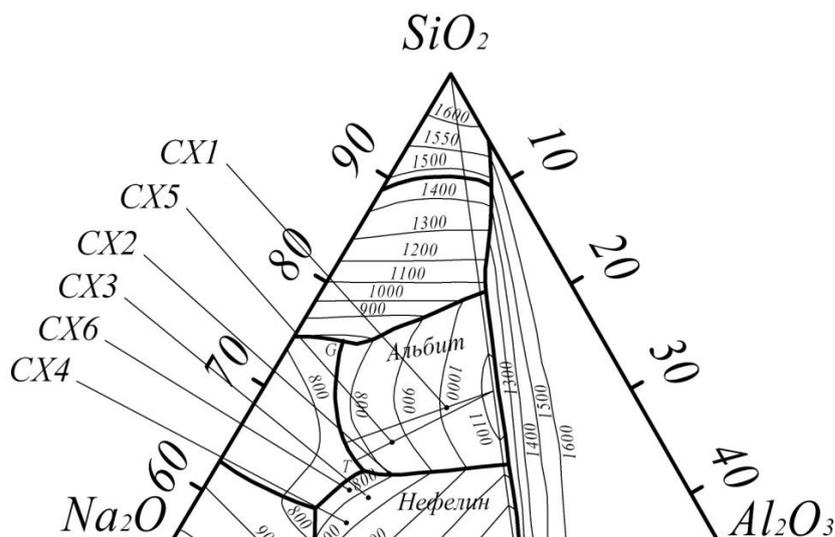


Рис. 3. Отображение точек кварц-полевошпатовых отходов и разработанных составов шихты на диаграмме  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  (G – 740 °С, Т – 732 °С)

Для оценки поведения кварц-полевошпатовых отходов при нагревании определяли изменение интенсивности дифракционных максимумов минералов в образцах, обожженных при температуре 800–1250 °С, с интервалом 50 °С (рис. 4) [3]. Установлено, что процесс плавления полевошпатовых минералов начинается в основном с 900 °С. Вначале плавится альбит, затем ортоклаз. Процесс плавления альбита протекает равномерно при нагревании до 1200 °С. При температуре свыше 1200 °С на дифрактограммах проб линии интенсивности альбита не фиксируются. Ортоклаз начинает плавиться при 980 °С; процесс его плавления завершается при 1250 °С, достигая наибольшей скорости в интервале 1050–1100 °С. В жидкой фазе происходят растворение кварца и формирование анортита, а затем его плавление. Для определения степени расплава кварц-полевошпатовые отходы засыпали в огнеупорные тигли, нагревали до температуры 1300, 1350, 1380 °С и выдерживали при конечной температуре 0,5, 1, 1,5, 2 ч. После выдержки расплав выливали в воду для получения стеклогранулята.

Отходы полностью расплавляются при 1320 °С с выдержкой в течение 0,5 ч. Однако из тиглей масса не выливается из-за значительной вязкости. Нагрев до 1350 °С с выдержкой

2 ч или до 1380 °С с выдержкой 0,5 ч обеспечивает получение такой вязкости расплава стеклофазы, при которой масса хорошо выливается из тиглей. На рентгенограммах расплавов кристаллическая фаза не фиксируется.

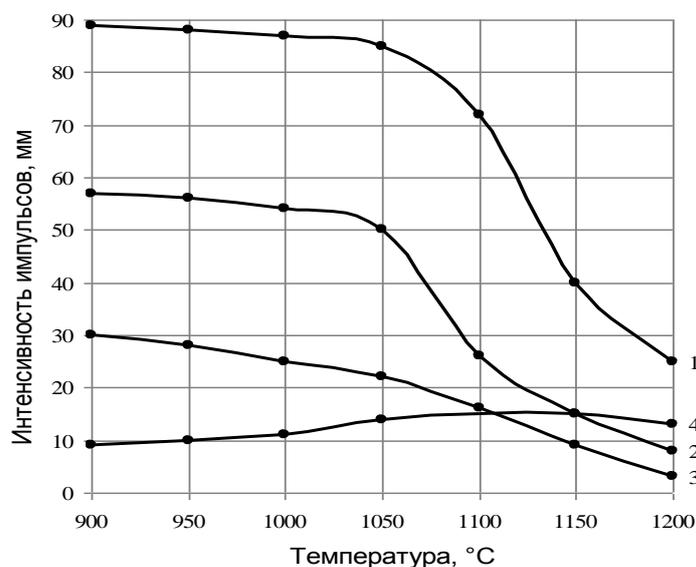


Рис. 4. Интенсивность импульсов минералов при нагревании кварц-полевошпатовых отходов:

1 – кварц ( $d = 3,34 \text{ \AA}$ ); 2 – ортоклаз ( $d = 2,18 \text{ \AA}$ ); 3 – альбит ( $d = 3,21 \text{ \AA}$ ); 4 – гематит ( $d = 2,68 \text{ \AA}$ )

Для уменьшения температуры плавления в кварц-полевошпатовые отходы вводили от 15 до 25% соды (табл. 2). С целью снижения возможности кристаллизации расплава в шихту, состоящую из кварц-полевошпатовых отходов и соды, добавляли до 10% кремнеземсодержащей формовочной смеси ОАО «Сибтяжмаш». Отмечено, что температура плавления при этом повышается до 1350 °С. Химический состав шихт приведен в табл. 3.

Таблица 2

Состав шихты	Содержание компонентов в шихте, %		
	кварц-полевошпатовые отходы	кремнеземсодержащая формовочная смесь	сода
CX1	100	–	–
CX2	85	–	15
CX3	80	–	20
CX4	75	–	25
CX5	75	10	15
CX6	65	10	25

Таблица 3

Состав шихты	Химический состав шихты, %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
CX1	67,63	13,33	3,68	4,68	1,76	5,97	2,95
CX2	61,42	12,10	3,34	4,25	1,60	14,61	2,68
CX3	59,15	11,66	3,22	4,10	1,54	17,75	2,58
CX4	56,78	11,19	3,09	3,94	1,48	21,05	2,47
CX5	64,41	11,00	3,08	3,77	1,41	13,97	2,36
CX6	59,91	10,04	2,82	3,43	1,28	20,38	2,14

Для выявления температуры появления жидкой фазы и исследования динамики увеличения количества расплава были построены кривые плавкости в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  (рис. 5). Их анализ показывает, что для кварц-полевошпатовых отходов (рис. 5, кривая 1) появление первичного расплава возможно уже при 730 °С. Для составов СХ2–СХ6 (рис. 5, кривые 2–6) количество расплава при температуре 730 °С превышает 70%. Дальнейшее повышение температуры приводит к равномерному увеличению количества расплава.

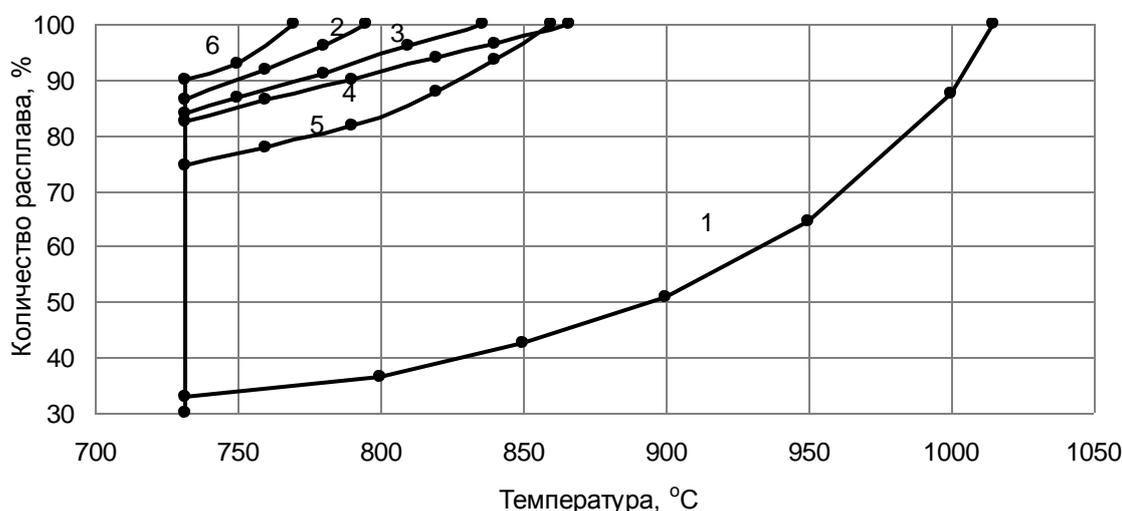


Рис. 5. Кривые плавкости составов:  
1 – СХ1; 2 – СХ2; 3 – СХ3; 4 – СХ4; 5 – СХ5; 6 – СХ6

Из шихт разработанных составов варили стекла при температуре 1350–1380 °С с выдержкой от 40 до 60 мин (по традиционным технологиям варка производится при температуре 1450–1470 °С). Полученное стекло было хорошо проварено, расплав стекломассы отличался однородностью, непроваренные зерна отсутствовали. Сваренное стекло выливали в воду, а затем измельчали до удельной поверхности 5000–6000  $\text{см}^2/\text{г}$ . На рентгенограммах стеклогранулята минералы кристаллизации не фиксируются. В полученный стекольный порошок в качестве газообразователя вводили природный графит марки ГЛС-3 (2–3%). Смесь измельченного стекла и газообразователя помещали в форму, нагревали до 850–900 °С со скоростью 20 °С/мин и выдерживали при конечной температуре до окончания процесса вспенивания в течение 40–60 мин. Вспененное стекло быстро охлаждали до 700 °С для стабилизации поровой структуры. После 700 °С охлаждение производилось вместе с печью.

В зависимости от режима вспенивания из шихты состава СХ2 было получено пеностекло различной плотности (180–270  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) и прочности (0,56–1,24 МПа) с размером пор до 8 мм (табл. 4). Теплопроводность пеностекла плотностью 230  $\text{кг}/\text{м}^3$  составила 0,038 Вт/(м·К). Микроструктура полученного пеностекла представлена на рис. 6.

Таблица 4

Номер пеностекла	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	Прочность на сжатие, МПа	Средний размер пор, мм
1	180	0,56	2–8
2	200	0,67	2–6
3	210	0,87	0,5–3,5
4	230	0,92	0,5–3
5	240	0,99	1–4
6	270	1,24	1–5

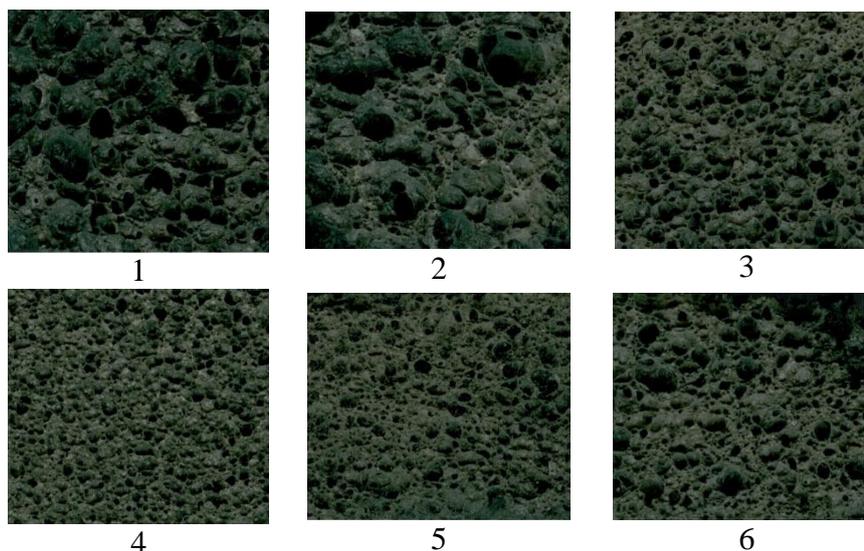


Рис. 6. Микрофотографии пеностекла различной плотности  
(1–6 – номер пеностекла по табл. 4)

Таким образом, установлена возможность получения пеностекла из стеклогранулята, изготовленного на основе кварц-полевошпатовых отходов Сорского молибденового комбината с введением кремнеземсодержащей формовочной смеси и соды. Полученный вспененный теплоизоляционный материал обладает хорошими физико-механическими и теплотехническими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Казьмина О. В., Верещагин В. И., Абияка А. Н. Перспективы использования тонкодисперсных кварцевых песков в производстве пеностеклокристаллических материалов // *Стекло и керамика*. – 2008. – № 9. – С. 28–30.
2. Шутов А. И., Алексеев С. В., Яшуркаев Т. В. Влияние пористой структуры на теплообмен в пеностекле // *Техника и технология силикатов*. – 2006. – Т. 13, № 2. – С. 14–18.
3. Бурученко А. Е. Применение отходов флотации молибденовых руд в керамическом производстве // *Изв. вузов. Сер. Строительство*. – 1999. – № 4. – С. 50–54.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУТСОРСИНГА В ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**О. А. Белимова (belimova\_o@mail.ru), Воскресенский филиал  
Московского государственного открытого университета, Московская обл.**

**Ключевые слова:** производство, бизнес-процессы, аутсорсинг, информационные технологии, клининг, управление, эффективность, маркетинговая стратегия

**Key words:** production, business processes, outsourcing, information technologies, cleaning, direction, effectiveness, marketing strategy

Развитие современной экономики сопровождается пересмотром технологий управления и его организационных структур путем перехода на различные формы партнерства, что позволяет адаптироваться к динамично изменяющимся условиям производства и сбыта. Одной из эффективных форм организации хозяйственной деятельности стал аутсорсинг, который предусматривает решение проблем функционирования и развития предприятий в условиях рыночной экономики за счет передачи части функций партнерам. Количество организаций (предприятий), формирующих свою маркетинговую стратегию на основе аутсорсинга, за ру-

бежом стремительно растет. Однако в наших условиях было бы ошибкой слепо копировать зарубежный опыт, необходимо принимать во внимание особенности развития российского производства. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования возможностей развития теории и практики использования аутсорсинга с учетом специфики страны, региона, отрасли. Менеджерам необходимо четко представлять, в каких случаях применение такой формы партнерства эффективно, а в каких следует прибегать к другой стратегии.

Аутсорсинг (от англ. *outsourcing* – использование внешнего источника) – передача организацией определенных бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области. При этом подрядчик адаптирует свои универсальные средства и знания под потребности бизнеса конкретного заказчика и использует их в интересах этого заказчика за определенную плату. В отличие от услуг сервиса и поддержки, имеющих разовый, эпизодический, случайный характер и ограниченных началом и концом, на аутсорсинг обычно передают функции профессиональной поддержки бесперебойной работоспособности отдельных систем и инфраструктуры на основе длительного контракта (не менее года).

Главная цель аутсорсинга заключается не в экономии средств, а в возможности высвободить соответствующие организационные, финансовые и людские ресурсы, чтобы развивать новые направления или сконцентрировать усилия на существующих, требующих повышенного внимания.

В экономической литературе выделяют следующие преимущества аутсорсинга в зависимости от целей (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

<i>Преимущества</i>	<i>Цели</i>
Организационно-управленческие	<p>Сосредоточение «внутрикорпоративного внимания» ресурсов на основной деятельности, целях компании, удовлетворении потребностей потребителей</p> <p>Высвобождение ресурсов для основной деятельности и других целей; высвобождение фонда основного капитала</p> <p>Улучшение управляемости и контроль текущей ситуации</p> <p>Перенесение части риска на другую компанию</p> <p>Укрепление потенциала роста и устранение любых его ограничений</p> <p>Реализация новых деловых операций и обеспечение их немедленного внедрения в структуру предприятия</p>
Технологические	<p>Получение доступа к ресурсам, недоступным внутри самого предприятия</p> <p>Получение доступа к новейшим технологиям</p> <p>Повышение качества и надежности обслуживания</p>
Стоимостные	<p>Сокращение издержек обслуживания бизнес-процессов (вследствие специализации аутсорсинга в узкой предметной области)</p> <p>Повышение прибыльности организации</p> <p>Экономия постоянных затрат на офис и оборудование</p> <p>Перевод структуры расходов предприятия в финансовых отчетах из переменной в фиксированную</p>

В современных условиях выделяют следующие виды аутсорсинга: производственный аутсорсинг, аутсорсинг бизнес-процессов, IT-аутсорсинг.

**Производственный аутсорсинг** подразумевает, что компания отдает часть своей цепочки производственных процессов или целиком весь цикл производства сторонней компании. Кроме того, возможен вариант продажи части своих подразделений другим компаниям с дальнейшим взаимодействием с ними уже в рамках аутсорсинга.

**Аутсорсинг бизнес-процессов** включает передачу сторонней организации отдельных бизнес-процессов, которые для компании не являются основными. Из их числа на аутсорсинг могут быть переданы управление персоналом, бухгалтерский учет, маркетинг, реклама, логистика. Аутсорсинг бизнес-процессов динамично развивается, причем наибольший рост отмечается в сфере финансов и бухгалтерского учета.

**Аутсорсинг информационных технологий (IT-аутсорсинг)** – это передача специализированной компании полностью или частично функций, связанных с информационными технологиями (обслуживание сетевой инфраструктуры, проектирование и планирование бизнес-систем с последующим постоянным развитием и сопровождением, системная интеграция, размещение корпоративных баз данных на серверах специализированных компаний, создание и поддержка публичных web-серверов, управление информационными системами, приобретение в лизинг компьютерного оборудования).

Перечисленные виды аутсорсинга могут пересекаться, а в некотором сочетании быть взаимодополняемыми, поэтому в маркетинговой стратегии организации их можно применять одновременно в сочетании друг с другом.

В рамках аутсорсинга осуществляются различные стратегические решения:

- ◆ использование услуг сторонних организаций для выполнения своих задач;
- ◆ отказ от собственного бизнес-процесса и приобретение услуг по его реализации у других организаций;
- ◆ привлечение внешних ресурсов для решения собственных проблем (например, для разработки проектов);
- ◆ заключение субдоговоров на выполнение работ с внешними фирмами;
- ◆ обслуживание и ремонт техники предприятия специалистами внешней фирмы;
- ◆ принятие организационного решения, заключающегося в распределении функций бизнес-системы в соответствии с принципом «делаю то, что могу делать лучше других, покупаю то, что делают лучше другие».

Одним из первых акционерных обществ в г. Воскресенске (Московская обл.), обратившим внимание на необходимость совершенствования управления предприятием, стал филиал ОАО «Лафарж Цемент» («Воскресенскцемент»). В период финансового кризиса его менеджерами были приложены немалые усилия для того, чтобы укрепить позиции предприятия и обеспечить стабильную работу. Технологические разработки способствовали изменению одних процессов, в выполнении других отпала надобность, и они передавались в другие подразделения. В филиале ОАО «Лафарж Цемент» большое значение придается разделению функций на основные и побочные. Выделена основная функция – производство цемента. Бухгалтерский учет, анализ финансово-хозяйственной деятельности, информационно-техническое обслуживание, маркетинговая деятельность и другие функции переданы в головной офис компании в г. Москве.

Следующим шагом стала передача побочных функций сторонним организациям, т. е. внешнему источнику, предметом профессиональной деятельности которого является исполнение именно таких функций. Воспользоваться услугами сторонней организации, профессионально выполняющей те или иные вспомогательные функции, как правило, выгоднее, чем создавать специализированное подразделение внутри компании.

На предприятии существует методика определения целесообразности аутсорсинга. Следует отметить, что руководство предприятия при решении вопроса о передаче исполнения некоторых функций (бизнес-процессов) фирмам-партнерам порой не принимает во внимание ключевые моменты определения необходимости аутсорсинга. Между тем каждый шаг при переходе к аутсорсингу включает в себя множество процедур, выполнение которых необходимо для выявления реального положения дел, преимуществ и недостатков предполагаемых стратегических изменений, способностей и возможностей самой организации при внедрении того или иного проекта реорганизации.

Переход к аутсорсингу можно считать целесообразным, если организация приобретает при этом определенные конкурентные преимущества и достигает поставленных целей. На эффективность аутсорсинга влияет множество факторов, которые следует учитывать и точно оценивать. Для определения критериев оценки стратегии аутсорсинга и возможности прогнозирования результатов ее осуществления целесообразна интеграция компетентного подхода и функционально-структурной организации (ФСО) производственных систем, в соответствии с которой необходимо соблюдение следующих принципов:

- актуализация функций, т. е. использование всех свойств объекта в соответствии с их функциональным содержанием;
- сосредоточение функций, т. е. объединение усилий всех элементов для достижения целей существования объекта;

совместимость функций (функциональных и структурных свойств);  
гибкость функций (управляемость).

Актуализация функций означает приобретение целесообразности (функциональности) каждым элементом системы и его свойствами. Сосредоточение функций характеризует целенаправленное объединение усилий отдельных функций для осуществления главных. Совместимость функций и элементов, реализующих их, является одним из условий, препятствующих возникновению вредных действий и вырождению системы. Гибкость отражает соотношение устойчивости структуры и подвижности функций.

Основные критерии целесообразности перехода к аутсорсингу и их характеристики (по теории ФСО) приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

<i>Критерий</i>	<i>Характеристика критерия</i>
Необходимость функциональных преобразований на предприятии	Оценка актуальности проведения преобразований Выбор благоприятного момента для преобразований
Компетентность организации	Выявление основных и вспомогательных функций Определение компетентности по функциям
Возможности организации	Выявление причин низкой компетентности по функциям Определение возможностей приобретения новых компетенций
Готовность организации к преобразованиям	Определение путей и средств повышения эффективности исполнения функций Повышение качества функционирования

В случае принятия решения в пользу аутсорсинга вследствие желания организации не распылять силы, а сосредоточиться на основных видах деятельности, необходимости повышения качества обслуживания и острой потребности в снижении затрат главным условием обеспечения эффективности становится правильный выбор поставщика работ (услуг).

Прежде чем проводить анализ рынка поставщиков работ (услуг), необходимо составить образ идеального партнера. При определении основных требований, которые впоследствии будут предъявляться поставщику, важно рассмотреть следующие характеристики, относящиеся к совместной деятельности: квалификация, специализированные навыки сотрудников фирмы-поставщика; возможность привлечения субподрядчиков при возникновении проблем у поставщика после подписания контракта; степень взаимодействия между поставщиками (если их несколько); границы и степень доступности информации.

Как правило, в дальнейшем при переговорах с потенциальными поставщиками работ (услуг) возникает необходимость корректировки некоторых из этих параметров. Тем не менее определение оптимального образа партнера-поставщика экономит время благодаря сужению диапазона поиска. Для выбора партнера по аутсорсингу можно использовать процедуру организации тендера, который включает в себя комплекс работ по определению критериев оценки кандидатов до заключения контракта.

Аутсорсинг бизнес-процессов включает в себя большое количество второстепенных функций. Одно из его давно освоенных в мире направлений – производственно-хозяйственный аутсорсинг, в который входят аутсорсинг эксплуатации объектов недвижимости, услуг по клинингу, рабочему питанию, управлению транспортным парком предприятия. К данному виду аутсорсинга относятся также управление персоналом, внутренний аудит, логистический или транспортный аутсорсинг, аутсорсинг снабжения, финансов, бухгалтерии и других функций.

После проведения анализа филиалом ОАО «Лафарж Цемент» была выявлена целесообразность передачи на аутсорсинг клининговой функции. Индивидуальная фотография рабочего времени показала, что производственный персонал тратит на уборку прилегающей территории в среднем до 30% рабочего времени, хотя это не предусмотрено производственным заданием. Установлено, что под аутсорсинг клининговой функции можно отдать 13 человек. Экономический эффект от проведения данного мероприятия для такой большой компании крайне низок, однако следует учитывать не только получение выгоды, но и качество выполняемых работ, поскольку некачественное выполнение клининговой функции приводит к за-

грязнению оборудования и, как следствие, его поломкам. Немаловажно и то, что более качественное выполнение уборки улучшает условия труда сотрудников.

Затраты до и после передачи клининговой функции на аутсорсинг представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Статья затрат	Затраты, руб.		Экономия (-), перерасход (+), руб.
	до передачи на аутсорсинг	после передачи на аутсорсинг	
Среднемесячная зарплата одного работника	14000	0	+ 14000
Надбавки за вредные условия	1200	0	+ 1200
Обучение	3000	0	+ 3000
Отчисление на социальные нужды	3640	0	+ 3640
Предоставление спецодежды	8500	0	+ 8500
Премия (30%)	4200	0	+ 4200
Услуги сторонних организаций	0	5200000	- 5200000
<b>И т о г о</b> затраты на содержание 13 работников в год	<b>5388240</b>	<b>5200000</b>	<b>- 188240</b>

На аутсорсинг были переданы также служба организации питания, бытовая служба и пропускная система (см. схему). С каждой сторонней организацией заключается договор на выполнение определенных функций и выделяются требования самого предприятия, выполнение которых постоянно контролируется.



Схема аутсорсинговых услуг в филиале ОАО «Лафарж Цемент»

На предприятии разрабатываются условия для организаций (компаний), желающих участвовать в тендере, например, по организации обедов для работников филиала ОАО «Лафарж Цемент». Участники тендера должны предоставить сведения об опыте работы в данном направлении, инфраструктуре, санитарно-гигиеническом состоянии (заключение, паспорт организации, сертификат на основные виды деятельности), предполагаемом сроке действия договора, а также предложения по организации питания, предполагаемых ремонтах, готовности инвестировать средства в оборудование.

Согласно политике предприятия, которая базируется в первую очередь на совершенствовании управления производством, низкий экономический эффект от аутсорсинга перекрывается экономией от реализации крупных проектов. К примеру, в результате реализации совместного проекта департаментов компании по оптимизации производства и закупок стандартная бронефутеровка цементных мельниц была заменена резиновой, коэффициент износа которой в 300 раз ниже. Это позволило сократились затраты на ремонты и электроэнергию. Экономия от реализации данного проекта составила 8 млн. руб. в год.

Еще один пример. Установка GPS-навигации на заводской транспорт дала возможность контролировать скорость передвижения и место нахождения автотранспорта. Теперь автопарк постоянно находится под наблюдением диспетчера, и каждый водитель может рассчитывать на своевременную помощь в случае необходимости. Расход топлива сокращен практически в 2 раза. Поскольку промышленность строительных материалов является энергоемкой отраслью, сокращение этих статей расходов существенно увеличивает прибыль предприятия. Важно учитывать, что в процессе поставок газа и электроэнергии предприятию приходится платить как за превышение заявленных объемов, так и за недобор электроэнергии. Благодаря постоянному мониторингу энергозатрат и потребностей производства филиалу ОАО «Лафарж Цемент» удалось пересмотреть процесс планирования и на 10% сократить расходы.

В результате апробации рассмотренного комплекса методик определения целесообразности аутсорсинга были приняты рекомендации, позволившие повысить эффективность деятельности компании и ее партнеров.

При оценке эффективности передачи части функций на аутсорсинг были использованы следующие основные критерии: критерий стоимостного характера, критерий времени, критерий снижения риска.

Составляющие совокупного эффекта от внедрения аутсорсинга отражены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

<i>Прямой эффект</i>	<i>Косвенный эффект</i>
Снижение себестоимости продукции Сокращение величины связанного оборотного капитала Сокращение логистических издержек	Фокусирование внимания на основной деятельности Уменьшение инвестиций в оборотные фонды Быстрая реакция на изменение внутренней и внешней среды
Рост показателя мобильности оборотных средств Увеличение перспективной и текущей ликвидности Снижение кредиторской задолженности Увеличение рентабельности продаж Сокращение времени доставки Снижение риска несвоевременной доставки	Сокращение штата предприятия Гарантия профессиональной ответственности

Опыт работы, направленной на достижение главной цели – совершенствование управления производством, в свою очередь, способствует развитию аутсорсинговых услуг.

Можно констатировать, что несмотря на недостаток аутсорсинговых компаний, удовлетворяющих запросам клиентов, инертность мышления руководства крупных фирм, недостаточно высокий уровень организации управления и отсутствие гарантий конфиденциальности, рынок аутсорсинговых услуг в России уже сложился. В настоящее время существует немало компаний, оказывающих те или иные аутсорсинговые услуги (бухгалтерские и юридические фирмы, рекламные агентства, компании, предлагающие услуги в сфере информационных технологий). Выявленные тенденции позволяют прогнозировать в среднесрочной перспективе рост рынка аутсорсинговых услуг более быстрыми темпами, чем темпы роста промышленного производства.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций / под ред. Б. А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 187 с.
- Моисеева Н. К., Малютина О. Н., Москвина И. А. Аутсорсинг в развитии делового партнерства / под ред. Н. К. Моисеевой. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. – 240 с.
- Никитенко В. С. Аутсорсинг бизнес-процессов как условие повышения конкурентоспособности компании в условиях глобализации // Вестник РГГУ: науч. журн., сер. Управление. – 2009. – № 18. – С. 173–182.

## КНИГИ, КОТОРЫХ ДАВНО ЖДАЛИ

Классен В. К. **Технология и оптимизация производства цемента: учеб. пособие.** – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. – 308 с.



Рассматриваются особенности различных технологий и способы оптимизации производства цемента; подготовка и гомогенизация сырьевой смеси и шлама; физико-химические и тепловые процессы, протекающие в печах сухого и мокрого способов; теория и практика рационального сжигания топлива; технологические нарушения процесса обжига клинкера, причины и способы их устранения; принципы управления технологическими процессами; современные схемы помола и пути повышения качества цемента; рациональные способы экономии топливно-энергетических и природных сырьевых ресурсов.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 240304 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

По вопросу приобретения учебного пособия обращаться по адресу: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, БГТУ им. В. Г. Шухова, кафедра технологии цемента. Тел.: 8 (4722) 55-05-47, 8 (4722) 30-99-43, Ермоленко Елена Павловна. E-mail: klas-sen.vk@yandex.ru.

**Модификаторы цементных бетонов и растворов / Л. Я. Крамар, Б. Я. Трофимов, Т. Н. Черных, Е. А. Гамалий, В. В. Зимич.** – Челябинск: Изд-во Южно-Уральского гос. ун-та, 2012. – 165 с.

Приведена классификация химических добавок для бетонов и растворов. Рассмотрены требования к добавкам и особенности контроля их качества. Показана возможность регулирования с помощью добавок состава цементных материалов и их свойств, представлены рекомендации по применению добавок в бетонах и растворах. Освещены перспективы использования добавок с целью совершенствования технологии производства высокопрочных и долговечных бетонов и растворов в современном строительстве, ориентированном на сбережение сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов.

Учебное пособие рассчитано на широкий круг строителей, связанных с производством монолитных и сборных железобетонных изделий и конструкций, производством и применением сухих строительных смесей и отделочных материалов.

По вопросу приобретения учебного пособия обращаться по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, Южно-Уральский гос. ун-т, кафедра строительных материалов.

## НОВЕЙШАЯ ИНФОРМАЦИЯ О НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В 2012 г. защищены диссертации на советах:

**РХТУ им. Д. И. Менделеева – Бурьгин И. В. Утяжеленный безусадочный тампонажный цемент (канд. дис.).** Установлена возможность использования титаномагнетитового концентрата при синтезе сульфферритного клинкера, разработаны состав и параметры получения расширяющегося компонента, выявлено его влияние на гидратацию тампонажного цемента при различных температурах, а также влияние дисперсности утяжелителей и пластифицирующих добавок на свойства цемента.

**Главина С. Ш. Цементные растворы и бетоны с добавками модифицированных парафиновых дисперсий (канд. дис.).** Исследованы возможности использования современных пластификаторов и растворных смесей в качестве эмульгаторов при производстве дисперсий на основе нефтяных парафинов, выявлено влияние модифицированных парафиновых дисперсий на процессы гидратации, структурообразование, коррозионную стойкость портландцемента и бетона на его основе.

**Горбунова О. А. Предотвращение биогенной деструкции и повышение качества цементной матрицы, иммобилизующей радиоактивные отходы (докт. дис.).** Исследовано изменение состояния цементной матрицы, иммобилизующей радиоактивные отходы в поверхностных хранилищах, за период до 40 лет. Научно обоснованы технические решения по предотвращению биогенной деструкции и повышению качества цементной матрицы.

**Царева Е. В. Ювелирные эмали для благородных металлов (канд. дис.).** Разработаны составы и технологические режимы получения окрашенных, опалесцирующих глушеных эмалей со стабильными цветовыми характеристиками для ювелирных изделий.

**БГТУ им. В. Г. Шухова – Ермоленко Е. П.** Особенности воздействия хлоридов щелочных металлов на процессы клинкерообразования (канд. дис.). Установлено, что особенность воздействия хлоридов щелочных металлов обусловлена их многократной циркуляцией во вращающихся печах при обжиге клинкера, накоплением в материале низкотемпературной области при практически полном отсутствии в зоне синтеза алита. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по преодолению возможных технологических нарушений при использовании сырья, содержащего хлориды щелочных металлов.

**Новоселова И. Н.** Энергосбережение и повышение качества магнезио-содержащего цемента с использованием баритового отхода (канд. дис.). Разработан способ энерго- и ресурсосбережения при производстве магнезио-содержащих цементов, заключающийся в использовании баритового отхода, содержащего 70% и более сульфата бария, в качестве добавки в сырьевую смесь. В присутствии кислотных оксидов сульфат бария разлагается в температурном интервале 1100–1200 °С с образованием оксида бария и SO<sub>3</sub>. Оксид бария оказывает влияние на процесс клинкерообразования, микроструктуру клинкера и прочностные свойства цемента.

**Коледаева Т. А.** Низкотемпературный (ниже 1200 °С) синтез портландцементного клинкера (канд. дис.). Разработаны физико-химические основы низкотемпературного обжига портландцементного клинкера нормального алитового состава с повышенной гидратационной активностью.

**Томский политехнический университет – Сударев Е. А.** Интенсификация процессов гидратации и твердения цемента при механической и химической активации (канд. дис.). Выявлен механизм активации цемента при воздействии на него скоростного дезинтегратора в присутствии влажного песка. Установлено, что введение очень небольшого количества химической добавки в виде алкилбензолсульфоната натрия обуславливает формирование цементного камня с повышенным содержанием низкоосновных гидросиликатов кальция, способствующих увеличению его прочности.

**Самарский государственный архитектурно-строительный университет – Сучков В. П.** Механохимическая активация природного и техногенного сырья гипсовых строительных материалов и изделий (докт. дис.). Разработаны технологии промышленной переработки фосфогипса, фосфополугидрата, шламов химводоподготовки ТЭЦ и природного гипсового камня.

**ОАО «НИЦ «Строительство» – Титов М. Ю.** Бетоны с компенсированной усадкой на расширяющихся добавках (канд. дис.). Оптимизированы составы бетонов с компенсированной усадкой на портландцементе и расширяющихся добавках различного типа. Определены особенности использования расширяющихся добавок для компенсации усадки бетона при возведении полов и ограждающих конструкций подземных частей различных зданий.

**ОАО «ЦНИИС» – Швецов Н. В.** Бетоны для железобетонных ограждений, сооружаемых методом скользящей опалубки (канд. дис.). Разработана технология изготовления железобетонных дорожных ограждений, включающая использование комплексной добавки и рациональное виброуплотнение. Новая технология позволяет сооружать ограждения высокими темпами при обеспечении требуемого качества.

## НА НАУЧНЫХ ФОРУМАХ

28 ноября 2012 г. в рамках Международного строительного форума в Экспоцентре прошел III Международный семинар-конкурс молодых специалистов и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетона и сухих смесей. В работе семинара-конкурса приняли участие 30 молодых ученых из 18 вузов России и ближнего зарубежья. Лауреатами конкурса стали:

- ♦ **Ольга Мандрикова** (БГТУ им. В. Г. Шухова) – главная премия Международного аналитического обозрения «ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси» (годовая стипендия в размере 120 000 руб.);
- ♦ **Геннадий Гакштетер** (ПГУ им. С. Торайгырова, Казахстан) – вторая премия (планшет Apple iPad);
- ♦ **Сергей Котов** (РХТУ им. Д. И. Менделеева) – первая премия в номинации «За лучшую работу в сфере применения инновационных подходов к модернизации цементных предприятий» (компания «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» – ноутбук Apple MacBook Air);
- ♦ **Александр Бойко** (РХТУ им. Д. И. Менделеева) – вторая премия в номинации «За лучшую работу в сфере применения инновационных подходов к модернизации цементных предприятий» (компания «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» – планшет Apple iPad);
- ♦ **Мария Гугучкина** (СПбГАСУ) – номинация «Лучшая научно-исследовательская работа в сфере сухих смесей» (компания «Бергауф» – премия 20 000 руб.);
- ♦ **Виктория Нелюбова** (БГТУ им. В. Г. Шухова) – номинация «Разработка новых методов и оборудования для исследования».

## **АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В НОМЕРЕ ABSTRACTS**

**Рахимбаев Ш. М., Толыпина Н. М., Гудкова Е. А. Влияние электроповерхностных свойств заполнителя на разжижающую способность суперпластификатора С-3.**

Установлена количественная взаимосвязь между электрокинетическим потенциалом поверхности мелкого заполнителя и разжижающей способностью суперпластификатора С-3. Это обусловлено наличием заряженных активных центров на поверхности зерен заполнителя, которые способны вступать в электростатическое и другие виды взаимодействия с функциональными группами химических добавок.

**Rakhimbaev Sh. M., Tolykina N. M., Gudkova E. A. The impact of character and values of the charge surface of the fine aggregate on the fill dilution of supersoftener C-3.**

Relationship between the electrokinetic potential of the fine aggregate and the ability to dilute supersoftener is quantitative. This is due to the presence of the charged of the active centers on the surface of the filler, which are able to join in the electrostatic and other kinds of interaction with the functional groups of chemical additives.

**Кузнецова Н. А., Казьмина О. В. Влияние окислительно-восстановительных характеристик пенообразующей смеси на основе золы на процессы вспенивания при получении пеностекла.**

Освещены вопросы оценки окислительно-восстановительных характеристик компонентов пенообразующей смеси на основе золы ТЭС для производства качественного пеностекла. Рассмотрены основные окислительно-восстановительные характеристики пенообразующей смеси (окислительно-восстановительный потенциал, химическая потребность в кислороде и окислительно-восстановительный коэффициент). Исследована структура получаемого пеностекла. Определены оптимальные значения окислительно-восстановительных характеристик пенообразующих смесей на основе зол ТЭС.

**Kouznetsova N. A., Kazmina O. V. Influence of redox characteristics of foam forming mixture on the base of ash on the foaming process in obtaining foam glass.**

The redox characteristics of the foaming mixture components assessing based on ash from TPP for production of high-quality foam glass are described. The basic redox characteristics of foam forming mixture, such as redox potential, chemical demand in oxygen and redox ratio, are considered. The structure of the obtained foamed glass is investigated. The optimal values of the redox characteristics of foam forming mixtures based on ash are determined.

**Мирюк О. А. Преимущества смешанных магниезиальных вяжущих.**

Исследовано смешанное магниезиальное вяжущее на основе отходов обогащения скарно-магнетитовых руд. Определено влияние плотности затворителя на процесс твердения магниезиальных вяжущих. Выявлены превращения фаз при гидратации вяжущего. Установлено влияние состава вяжущих на превращения гидратов. Приведены результаты исследования магниезиальных вяжущих длительного твердения.

**Miryuk O. A. Advantages of the mixed magnesium binding.**

The mixed magnesium binding based on waster of scorn-magnetite ores is investigated. Influence of liquid density on hardening of magnesium bindings is defined. Transformations of phases at hydration of binding are revealed. Influence of structure bindings on transformations hydrates is established. Results of research long hardening magnesium bindings are given.

**Семин М. А., Егоров А. А., Новоселова П. Н. Шликерная технология получения высокопористого стеклокристаллического ячеистого материала.**

Представлена шликерная технология получения стеклокристаллического высокопористого ячеистого материала с использованием метода дублирования полимерной матрицы. Для синтеза такого материала были выбраны стекла пироксенового состава с добавками  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в качестве стимулятора кристаллизации. В результате проведенных исследований установлены оптимальные параметры тиксотропного шликера, а также достигнут высокий уровень физико-механических характеристик полученного материала.

**Semin M. A., Egorov A. A., Novoselova P. N. Slip forming technology of development porous highcell ceramization material.**

The slip forming technology of development porous highcell ceramization material with use of a method of duplication of a polymeric matrix is presented. For synthesis of highcell materials pyroxene glasses with additives of  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  as a crystallization stimulator have been chosen. As a result of the spent researches optimum parameters of thixotropic slip have been chosen, and also have reached high level of physical and mechanical characteristics of the received material.

**Бурученко А. Е., Середкин А. А., Верещагин В. И. Вспененный теплоизоляционный материал на основе кварц-полевошпатового сырья.**

Приведены результаты исследований по получению стеклогранулята на основе кварц-полевошпатовых отходов. Разработаны режимы вспенивания стеклогранулята, получено пеностекло, характеризующееся низкой плотностью и хорошими прочностными показателями.

**Buruchenko A. E., Seredkin A. A., Vereshchagin V. I. Foam heat-insulating material on the basis of quartz-feldspar raw materials.**

The results of researches at producing quenched cullet on the basis of quartz-feldspar waste are presented. The modes of quenched cullet foaming are developed, foamed glass with a low density and good strength characteristics is received.

**Белимова О. А. Использование аутсорсинга в цементной промышленности.**

Отмечено, что рынок аутсорсинговых услуг в России уже сложился. Аутсорсинг предполагает передачу организацией определенных бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области. Рассмотрены особенности использования аутсорсинга в цементной промышленности.

**Belimova O. A. The use of outsourcing in the cement industry.**

It was noted that the market of outsourcing services in Russia has been formed. Outsourcing involves the transfer of organization of certain business processes or production functions in the service of another company, specializing in the relevant field. Peculiarities of the use of outsourcing in the cement industry are reviewed.

## **К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ**

Журнал «Техника и технология силикатов», издаваемый с 1994 г., публикует оригинальные исследования по широкому кругу вопросов техники и технологии силикатов (химия и физика вяжущих веществ, керамики, стекла и эмалей; современные технологии в производстве вяжущих, стекла, керамики и эмалей; свойства и области применения современных материалов; волокнистые материалы; покрытия и пленки на основе неорганических неметаллических материалов).

Статьи для публикации объемом не более 10 страниц могут быть переданы в редакцию журнала по адресу: 123514, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 20, корпус «Силикатный факультет», Кузнецовой Т. В. или отправлены по электронной почте: e-mail: tkouzn@mail.ru, journal\_tts@mail.ru. Текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf (Microsoft Word v. 6.0, v 7.0). Вставка иллюстраций в тело статьи не допускается. Графики и диаграммы должны быть выполнены в редакторе Microsoft Excel (для графиков и диаграмм необходимы цифры для построения). Иллюстративный материал должен быть сохранен в отдельных файлах.

Весь передаваемый в редакцию материал в электронном виде (на любом носителе) необходимо сопровождать распечаткой в одном экземпляре шрифтом Arial (интервал между строками 1,5–2, кегль 12–14).

Ключевые слова (на русском и английском языках) приводятся в начале статьи.

Библиографические ссылки в списке литературы следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Аннотация (на русском и английском языках) – краткое изложение основного содержания статьи (5–8 строк) – прилагается на отдельной странице.

Необходимо предоставить следующие данные обо всех авторах статьи: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы (полное и сокращенное название учреждения), должность, ученая степень, адрес с почтовым индексом (служебный и домашний), номера телефонов (служебного и домашнего), адрес электронной почты.

Статья должна быть подписана всеми авторами.

Подписаться на журнал «Техника и технология силикатов» можно через объединенный каталог «Пресса России» (индекс 87947) или в редакции журнала по адресу: Москва, ул. Героев Панфиловцев, 20, корпус «Силикатный факультет», комн. 209а. Тел./факс: (495) 496-60-09.