

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 м²/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/см³, 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 H₂SO₄ 98,24%, кажущейся плотностью 24–34 кг/м³.

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. Верещагин, 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 ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ 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 (NaAlSi₃O₈) – 41,7%, кварц (SiO₂) – 28,6% и гидромусковит (KAl₂[Si,Al]₄O₁₀[OH]₂·nH₂O) – 21,4%. В незначительном количестве присутствуют ортоклаз (K(AlSi₃O₈) и гематит (Fe₂O₃) (рис. 1).

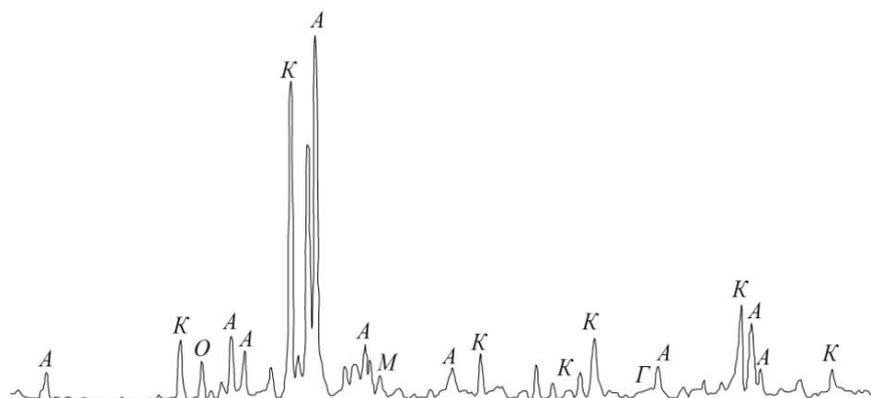


Рис. 1. Рентгенограмма кварц-полевошпатовых отходов Сорского молибденового комбината:
А – альбит; К – кварц; М – гидромусковит; О – ортоклаз; Г – гематит

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 Na₂O–Al₂O₃–SiO₂, отражающая химический состав отходов (СХ1), находится в области плавления альбита вблизи изотермы 1000 °С (рис. 3).

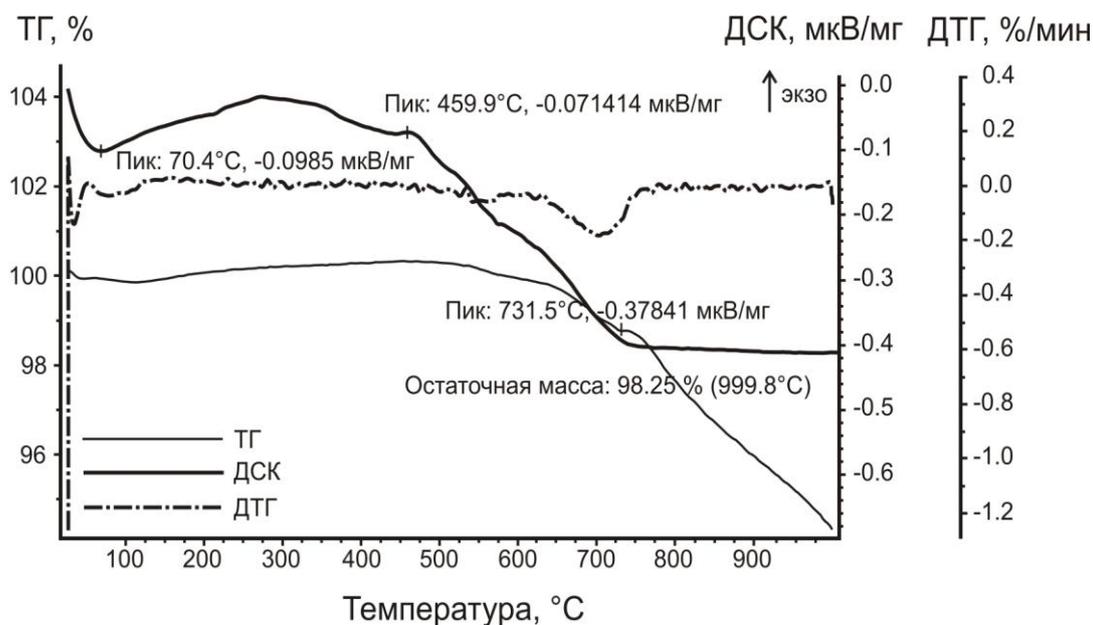


Рис. 2. Термограмма кварц-полевошпатовых отходов Сорского молибденового комбината

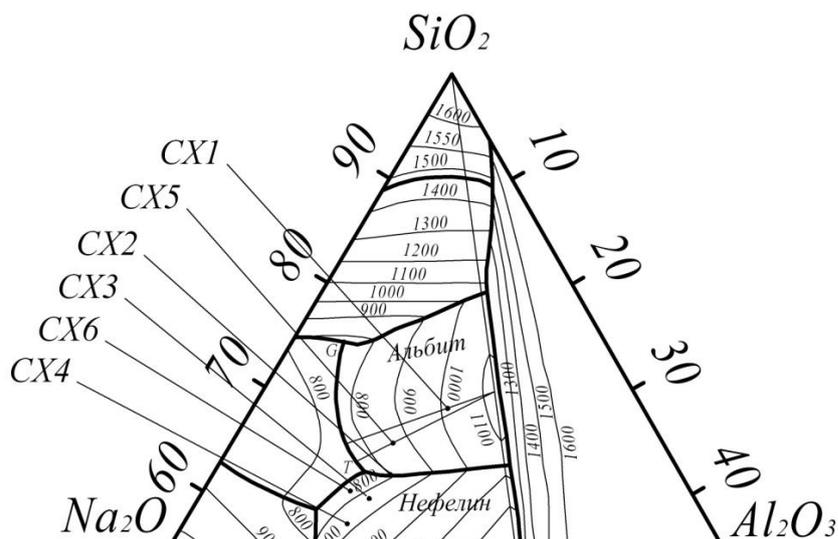


Рис. 3. Отображение точек кварц-полевошпатовых отходов и разработанных составов шихты на диаграмме $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ (G – 740 °C, T – 732 °C)

Для оценки поведения кварц-полевошпатовых отходов при нагревании определяли изменение интенсивности дифракционных максимумов минералов в образцах, обожженных при температуре 800–1250 °C, с интервалом 50 °C (рис. 4) [3]. Установлено, что процесс плавления полевошпатовых минералов начинается в основном с 900 °C. Вначале плавится альбит, затем ортоклаз. Процесс плавления альбита протекает равномерно при нагревании до 1200 °C. При температуре свыше 1200 °C на дифрактограммах проб линии интенсивности альбита не фиксируются. Ортоклаз начинает плавиться при 980 °C; процесс его плавления завершается при 1250 °C, достигая наибольшей скорости в интервале 1050–1100 °C. 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 °C 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 °C с выдержкой в течение 0,5 ч. Однако из тиглей масса не выливается из-за значительной вязкости. Нагрев до 1350 °C 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.

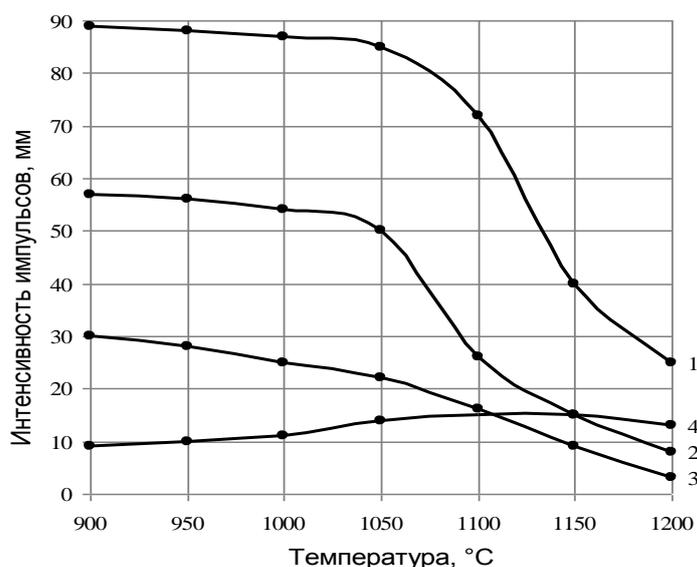


Рис. 4. Интенсивность импульсов минералов при нагревании кварц-полевошпатовых отходов:

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 ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ 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.

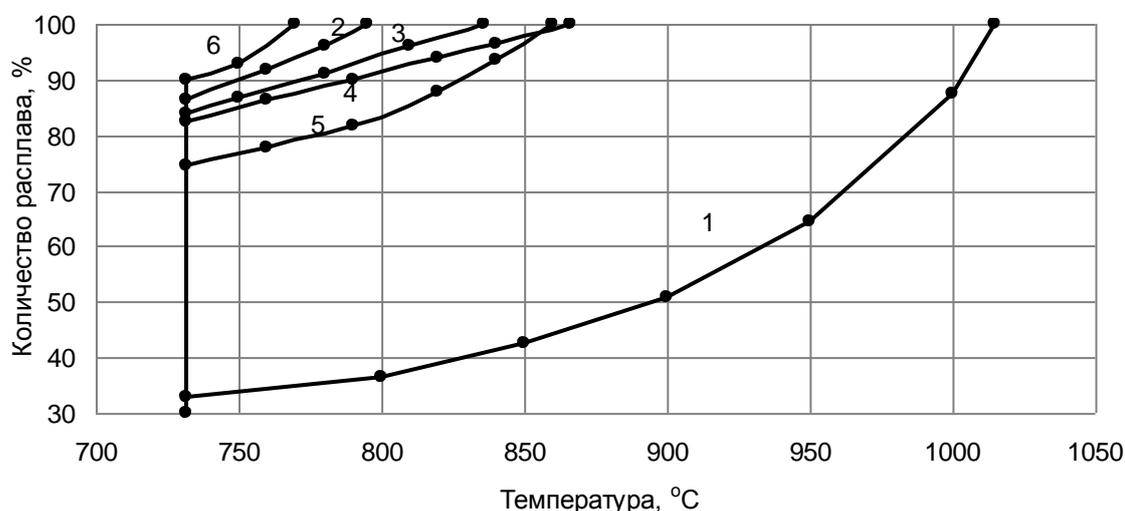


Рис. 5. Кривые плавкости составов:
1 – СХ1; 2 – СХ2; 3 – СХ3; 4 – СХ4; 5 – СХ5; 6 – СХ6

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.

Т а б л и ц а 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

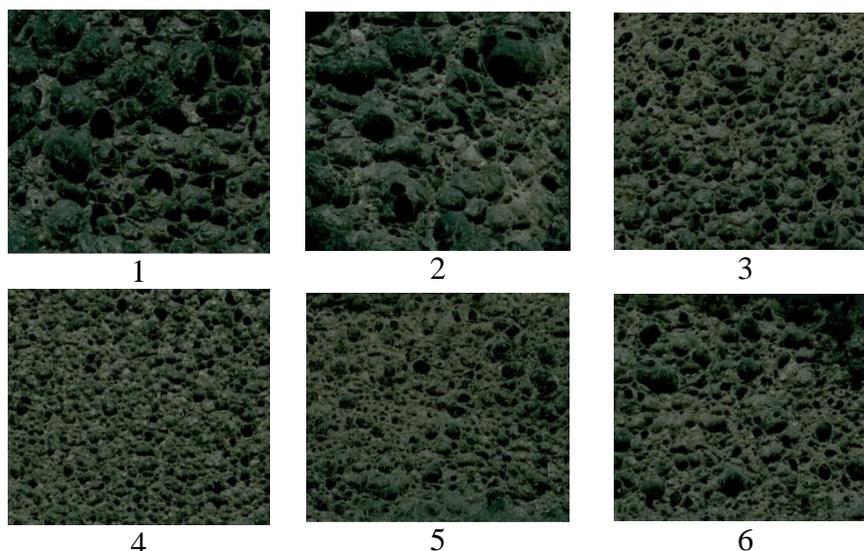


Рис. 6. Микрофотографии пеностекла различной плотности
(1–6 – номер пеностекла по табл. 4)

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-