

*Жерновой Ф. Е., канд. техн. наук,
Мирошников Е. В., канд. техн. наук,
Жерновая Н. Ф., канд. техн. наук, проф.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПЕРЛИТ МУХОР-ТАЛЫ КАК СТЕКОЛЬНОЕ СЫРЬЕ*

fedor.zhernovoy@gmail.com

Показано, что природный перлит Мухор-Талинского месторождения (Бурятия) может быть использован в шихтах зеленых тарных стекол как эффективная альтернатива традиционному полевошпатовому и нефелиновому сырью. Применение перлита интенсифицирует провар шихты, что позволяет снизить температуру варки и уменьшить энергоемкость процесса.

Ключевые слова: *перлит, альтернативное сырье, шихта, скорость провара, стеклообразование, интенсификация, стеклотара*

На российских стеклотарных заводах доля сырьевых материалов в себестоимости продукции велика и составляет от 16 до 40%. В связи с этим особое внимание при проектировании новых производств и на действующих заводах следует уделять вопросам наиболее эффективного использования сырья, в том числе комплексных сырьевых материалов, горных пород и отходов производства. Ценность недефицитного сырья возрастает, когда наряду с доступностью и низкой стоимостью оно обладает рядом достоинств технологического характера [1]. К такому виду сырья относятся эффузивные горные породы, в которых максимально сконцентрирована энергетика геологических процессов, в частности перлит – вулканическая стекловатая порода, содержащая 70–73 мас. % SiO₂, до 8% щелочных оксидов (Na₂O + K₂O), около 14–15% Al₂O₃, до 5% кристаллизационной воды и обладающая избытком внутренней энергии.

В настоящее время известен положительный опыт использования перлита в стекловарении [2, 3]. Установлено, что стекольные шихты, содержащие перлит, провариваются на 100...120°C ниже шихт на базе традиционного сырья, что позволяет сэкономить 1,1 Гкал тепла на каждую тонну стекломассы и высвободить до 8 млн. т условного топлива в пересчете на мощность одного стеклотарного завода. Разработан

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
71,0	3,5	8,0	3,0	14,0	не > 0,8	0,2

В качестве альтернативного перлиту алюмосодержащего сырья при составлении шихт использованы: полевошпатовый концентрат (ПШК) ОАО Вишневогорский ГОК (Челя-

новый гидротермальный способ переработки природного перлита в комплексное стекольное сырье «каназит» различных химических составов [4].

Цель настоящей работы – исследовать эффективность использования перлита Мухор-Талинского месторождения (Бурятия) как комплексного сырья для производства стеклянной тары.

Ранее была показана эффективность ультрадисперсного перлита Мухор-Талы в составе композиционных вяжущих материалов [5, 6], разработано и изучено наноструктурированное перлитовое вяжущее и получен пенобетон на его основе [7].

Мухор-Талинское месторождение перлитов – единственное в России, где с 2001 г. ведется их добыча и переработка. Следует отметить, что аморфные перлиты Мухор-Талы характеризуются относительно постоянным химическим составом, что чрезвычайно важно для стекольного сырья.

Исследования выполнены для тарного зеленого стекла марки ЗТ-1 ГОСТ Р 52022-2003 «Тара стеклянная для пищевой и парфюмерно-косметической продукции. Марки стекла». Химический состав стекла для зеленой стеклотары, мас. %:

бинская обл.), марка ПШС 0,20-21, ГОСТ 13451-77; нефелиновый концентрат, ТУ 2111-28-00203938-93 (ОАО «Апатит») (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав алюмосодержащего сырья

Сырьевой материал	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	H ₂ O
Полевошпатовый концентрат (ПШК)	65,9	20,2	0,3	0,1	8,0	3,8	0,1	–
Нефелиновый концентрат	43,4	30,75	1,59	0,64	12,6	7,4	3,45	–
Перлит аморфный Мухор-Тала	70,4	14,7	0,8	0,3	3,4	3,9	0,8	5,8

Рентгенограмма природного перлита месторождения Мухор-Талы (рис. 1), полностью подтверждает его рентгеноаморфность.

Таким образом, исследованию подвергали шихты (табл. 2), отличающиеся видом алюмосо-

держашего сырья: полевошпатовый концентрат, нефелиновый концентрат и перлит. Остальные сырьевые материалы во всех шихтах были одинаковыми, для введения оксида хрома применяли портахром.

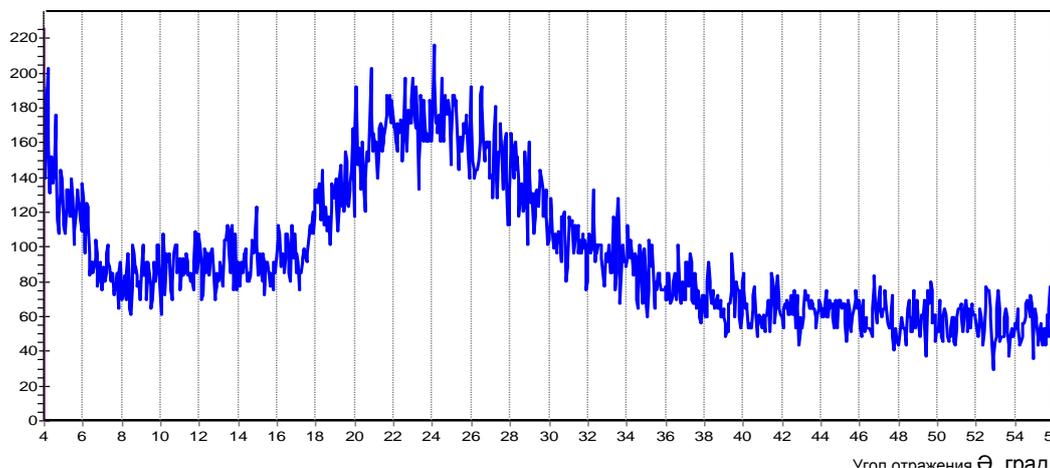


Рис. 1. Рентгенограмма природного перлита

Таблица 2

Составы и характеристики экспериментальных шихт

Сырьевой материал	Содержание в шихте, мас. ч. на 100 мас. ч. стекла		
	ПШК	Перлит	Нефелин
Кварцевый песок	61,626	56,902	67,238
Алюмосодержащее сырье	14,673	20,368	9,533
Доломит	13,514	13,321	13,262
Мел	6,967	6,867	6,896
Сода	21,169	21,734	20,944
Сульфат	1,210	1,210	1,210
Портахром	0,455	0,455	0,455
Характеристики стекольных шихт			
Содержание Fe_xO_y , мас. %	0,217	0,359	0,532
Выход стекла, %	83,6	82,7	83,7
Угар шихты, %	16,4	17,3	16,3
ОВП шихты	28,10	31,64	28,07
ХПК шихты, мг O_2 на 100 г	95	136	145

Анализ выполненных расчетов и экспериментальных результатов исследования шихт (см. табл. 2) позволяет сделать следующие выводы:

- шихты существенно различаются по содержанию алюмосодержащего сырья и кварцевого песка;

- в составах стекол изменяется количество оксидов железа, что вероятно скажется на процессе стекловарения, вследствие различий в теплопрозрачности стекломассы;

- по величине угара шихты и ОВП экспериментальные шихты примерно одинаковы;

- ХПК шихт с нефелином и перлитом значительно выше, чем шихты с ПШК, что говорит о том, что ПШК является наиболее чистым сырьем. Различия в ХПК также могут оказать влияние на процесс варки стекла.

Экспериментальные стекольные шихты были приготовлены в лабораторных условиях в количестве 200 г, увлажнены до 5 %. Ручной трамбовкой из шихт были приготовлены брикеты цилиндрической формы $\varnothing 20$ мм и высотой 20 мм.

Политермическое исследование брикетов альтернативных шихт проводили в интервале температур от 700 до 1000°C с шагом 100°C и выдержкой при каждой температуре в течение 1 ч. Визуальное наблюдение за изменением формы и размеров брикетов шихт осуществляли через смотровое окно муфеля (рис. 2).

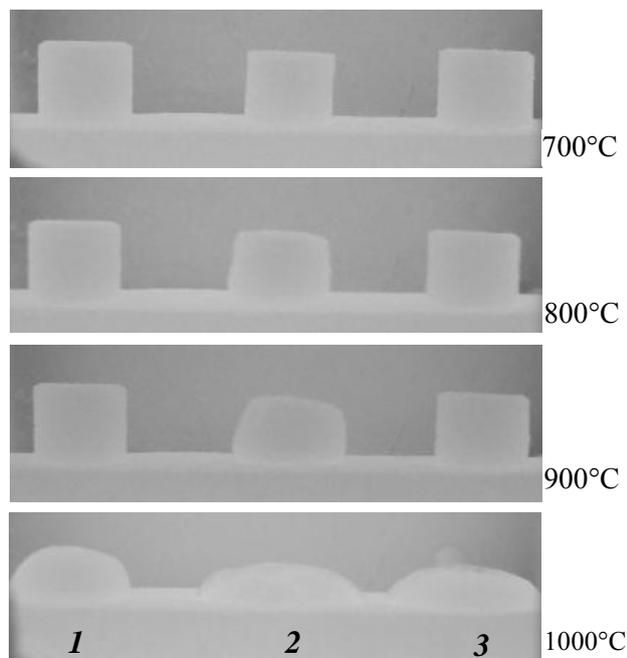


Рис. 2. Характер оплавления брикетов шихт при поллитермической обработке:
1 – шихта с ПШК; 2 – с перлитом; 3 – с нефелиновым концентратом

Сравнение внешнего вида брикетов альтернативных шихт наглядно показывает, что шихта с перлитом является более легкоплавкой. Уже при 700°C наблюдалась некоторая усадка брикета за счет спекания, вероятно вследствие значительного количества в составе шихты аморфной составляющей. При 800°C брикет шихты 2 начал оплавляться, при 900°C форма брикета почти соответствовала полусфере, тогда как брикеты шихт 1 и 3 только начали спекаться и уменьшаться в объеме. В интервале температур 900...1000°C происходили интенсивные изменения внешнего вида всех брикетов: оплавление граней, растекание по подложке. Причем все перечисленные изменения раньше происходили в шихте 2 с перлитом, далее в шихте 3 с нефелиновым концентратом, а затем – в шихте 1 с ПШК.

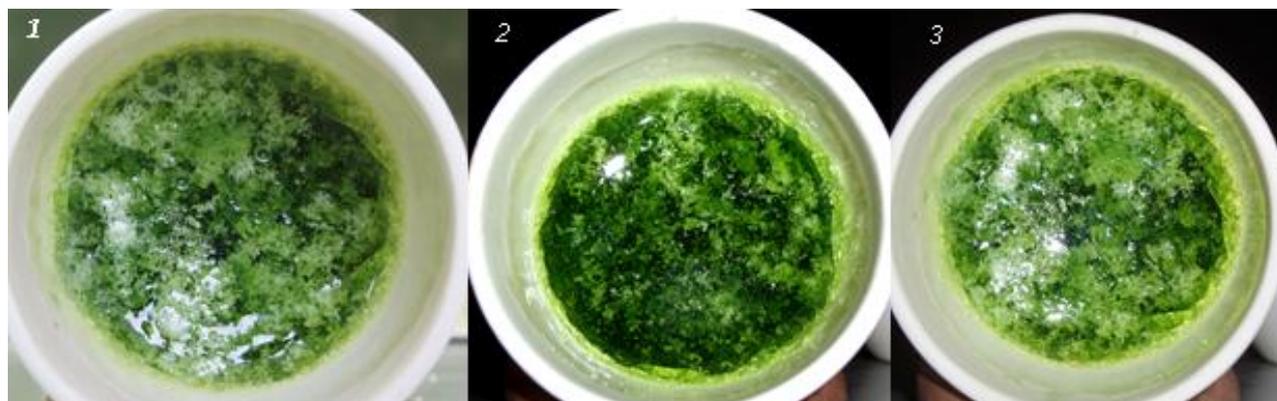


Рис. 4. Внешний вид стекол, синтезированных на основе шихт:
1 – с ПШК; 2 – с перлитом; 3 – с нефелином

Варка экспериментальных стекол проводилась в лабораторной электрической печи сопротивления с силитовыми нагревателями в корундовых тиглях вместимостью 150 мл.

Температуру варки преднамеренно выбрали невысокую – 1250°C для того, чтобы лучше проследить различия в степени провара стекол, содержащих альтернативные виды алюмосодержащего сырья. При высокотемпературной варке (1480–1500°C) сравнительный анализ выполнить сложно, так как температура является мощным фактором интенсификации процесса стекловарения, в определенной мере нивелирующим особенности и различия провара разных по составу стекольных шихт.

При проведении исследования в представленном на рис. 3 режиме удалось зафиксировать различия по количеству варочной пены, оставшейся на поверхности расплава, количеству газовых пузырей и мошки, а также количеству остаточных не растворившихся кварцевых зерен.

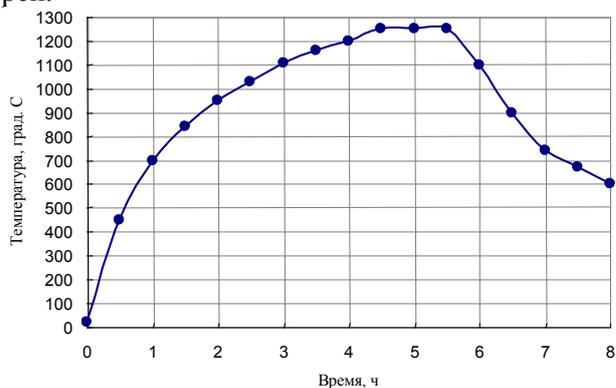


Рис. 3. Температурно-временной режим варки экспериментальных стекол

Визуальный анализ стекол позволяет сделать вывод о том, что шихта, содержащая аморфный перлит проваривается легче и быстрее, о чем свидетельствует меньшее количество варочной пены на поверхности стекла (рис. 4).

По результатам определения объемной массы образцов экспериментальных стекол методом гидростатического взвешивания можно

сделать вывод о лучшем осветлении стекла, содержащего перлит (табл. 3).

Таблица 3

Результаты определения объемной массы образцов стекол

Стекло	Значения объемной массы, кг/м ³			Среднее значение
	1	2	3	
С ПШК	2395	2400	2380	2392
С перлитом	2450	2470	2486	2469
С нефелином	2410	2394	2420	2408

Рентгенофазовый анализ стекол, содержащих аморфный перлит (состав 2) и нефелиновый концентрат (состав 3) показывает, что состав с перлитом практически не содержит остаточного

кварца, следовательно, стеклообразование прошло полностью, в то время как в составе с нефелином остаточные зерна кварца присутствуют (рис. 5).

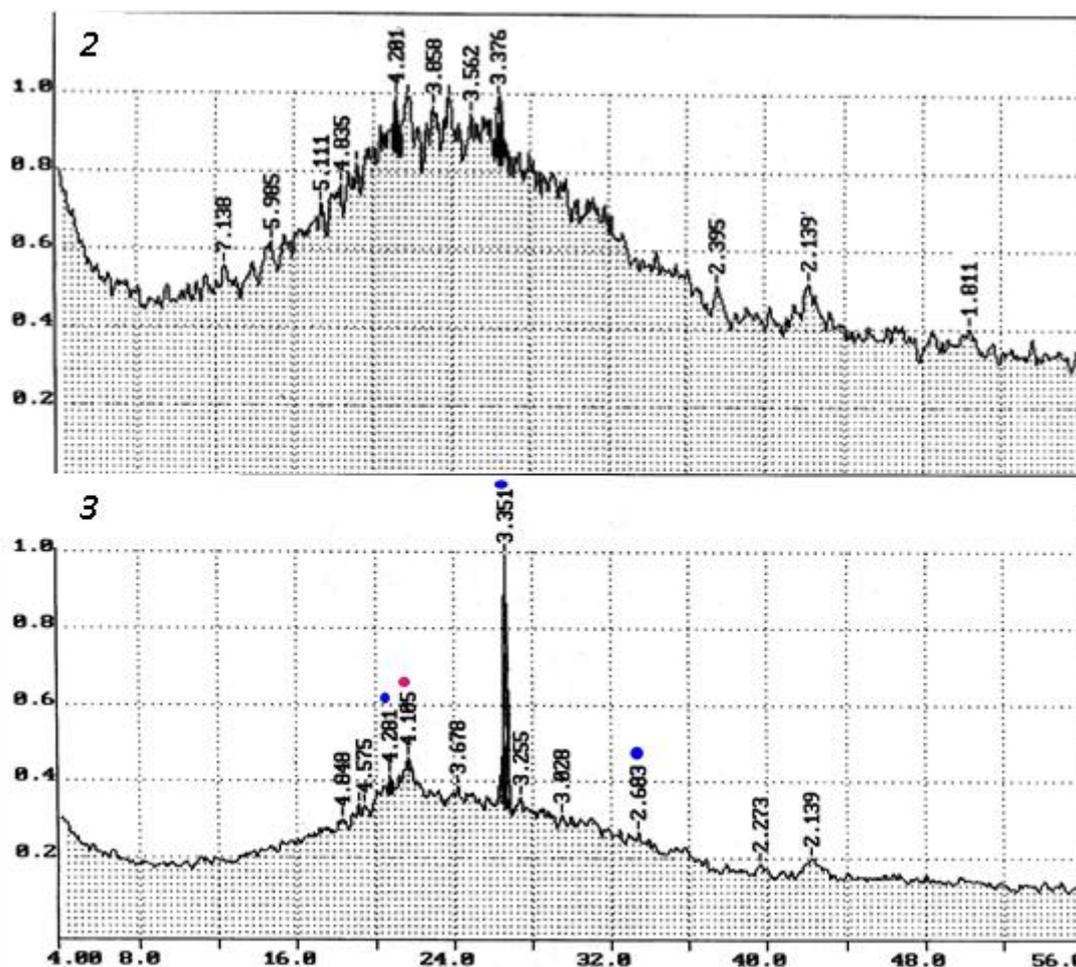


Рис. 5. Рентгенограммы стекол, синтезированных при 1250°C
2 – с перлитом; 3 – с нефелином

Стекло, сваренное с использованием перлита, имеет яркий зеленый цвет, который создается комбинацией окрашивания оксидами железа Fe_xO_y (0, 36 мас. %) и оксидом хрома Cr_2O_3 (0,2 мас. %) (см. рис. 4). Согласно ГОСТ Р 52022–2003 требования по светопропусканию для тарных зеленых стекол марки ЗТ-1 следующие: общее светопропускание (на толщину образца 3 мм) в области спектра 520...560 нм должно быть в диапазоне 30...85 %. Стекло, синтезированное из шихты, содержащей аморф-

ный перлит, соответствует указанным требованиям по спектральному светопропусканию (рис. 5).

По водостойчивости все синтезированные стекла относятся к третьему гидролитическому классу.

Количество перлита в шихте составляет 17%, при этом количество оксидов железа в стекле достигает 0, 35%, что является хорошим показателем для окрашивания стекла (совместно с Cr_2O_3) в яркий зеленый цвет, и в то же время

не снижает существенно теплопрозрачность стекломассы, что важно для процесса стекловарения.

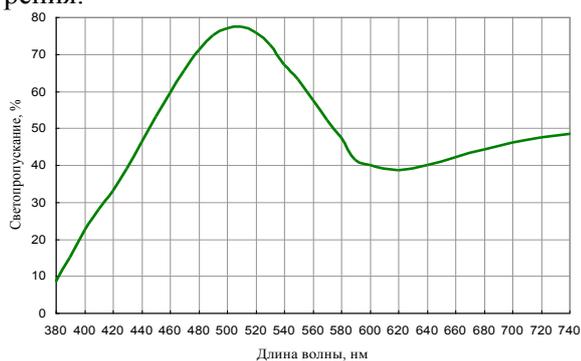


Рис. 5. Спектральное светопропускание стекла 2 (шихта с перлитом)

Шихты с перлитом интенсивно провариваются, вероятно, вследствие того, что перлит находится в аморфном состоянии и способствует появлению жидкой фазы при относительно низких температурах. Кристаллизационная вода в перлитовых породах, являясь плавнем и газообразователем, в процессе нагревания шихт оказывает минерализующее действие, разрушает структуру минералов шихты, ослабляет прочность связей в их кристаллическом каркасе [8. В целом в результате всего этого уменьшается вязкость расплава, что способствует более полному и интенсивному протеканию диффузионных процессов. При использовании перлита стекольные шихты провариваются при температурах на 50–100°C ниже, следовательно такие шихты являются энергоэффективными. Качество полученных стекол соответствует требованиям стандарта.

Таким образом, перлит природный месторождения Мухор-Тала (Бурятия) по результатам выполненных исследований можно считать эффективным комплексным алюмосодержащим сырьем для стекольной промышленности, в частности для производства зеленой стеклотары марки ЗТ-1.

**Данная работа выполнена при финансовой поддержке в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009-2013 годы):*

Мероприятие 1.1 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров»: № 2010–1.207–075 «Создание нового класса минеральных наноструктурированных вяжущих негидрационного типа твердения для производства высококачественных строительных материалов различного назначения»;

Мероприятие 1.3.1 «Проведение научных исследований молодыми учеными – кандидатами наук»: № 16.740.11.0770 «Создание высоко-

эффективных силикатных материалов автоклавного твердения с использованием наноструктурированных модификаторов».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гулюян Ю.А. Основные принципы технологии и эффективность технологических процессов. URL: http://www.bau.ua/artic/ru_830 (дата обращения: 21.02.2012).
2. Далакишвили А.И. Процессы стеклообразования в перлит- и обсидиансодержащих шихтах/ А.И. Далакишвили// Физика и химия стекла. – 2005. – т. 31 – №6. – С. 1128–1132.
3. Использование перлита вместо полевого шпата в стекловарении // Стекло и керамика. – 2009. – №11. – С. 10–11.
4. Мелконян Р.Г. Аморфные горные породы – новое сырье для стекловарения и строительных материалов/ М.: НИА Природа, 2002. – 389 с.
5. Лесовик, В.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов/ В.С. Лесовик, Ф.Е. Жерновой, Е.С. Глаголев //Строительные материалы. – 2009. – № 6. – С. 84–87.
6. Жерновой, Ф.Е. Комплексная оценка факторов повышения прочности цементного камня добавками ультрадисперсного перлита/Ф.Е. Жерновой, Е.В. Мирошников//Научно-теоретический журнал «Вестник», БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2009. – № 2. – С. 55–60.
7. Мирошников, Е.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе / Е.В. Мирошников, В.В. Строкова, А.В. Череватова, Н.В. Павленко // Строительные материалы. – 2010. – №9. – С.105–106.
8. Минько Н. И. Влияние воды на структуру и свойства стекла / Н. И. Минько, В. В. Варавин // Стекло и керамика. – 2007. – № 3. – С. 3–6. 28.