

*В. П. Ильина, А. С. Заверткин*

## **ВЛИЯНИЕ СВЯЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА СВОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТАЛЬКСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД**

Тальковый камень обладает ценными свойствами, которые определяют области его использования. К таким свойствам относится способность хорошо обрабатываться, что дает возможность выпиливать из него цельнопиленые кирпичи, использовать в качестве огнеупоров, выгачивать мелкие технические детали и бытовые изделия прикладного искусства. Тальковый камень после термической обработки отличается высокой химической стойкостью, сопротивляемостью тепловым ударам, низким термическим расширением, малой теплопроводностью, что позволяет использовать его для изготовления теплоизоляционных облицовочных материалов (Строительные материалы, 1970).

В Карелии известны два месторождения и более десяти проявлений тальксо­дер­жащих пород, которые в настоящее время изучены как сырьевой материал многоцелевого назначения (Щипцов, 1997, 2008). Исследована возможность применения тальксо­дер­жащих пород Карелии в качестве теплозащитных блоков для изготовления каминов и предметов бытового назначения и мелких фракций для изготовления футеровочных материалов, наполнителей в композиционных материалах и др. (Соколов, 1995). Установлено, что добавка талько-хлоритовых сланцев в массу облицовочной плитки способствует повышению прочности и снижению усадки плиток по сравнению с традиционным составом, при минимальном количестве компонентов в шихте. При этом различия минерального состава талько-хлоритовых сланцев оказывают существенное влияние на показатели физико-механических свойств керамики (Ильина и др., 2006).

Для изготовления теплоизоляционных облицовочных материалов наиболее перспективным является использование мелких фракций тальксо­дер­жащих пород. Это связано с тем, что при распиловке блоков образуется много мелких отходов, кроме того, тальксо­дер­жащие породы являются вскрышными и вмещающими породами при добыче полезных ископаемых. Так, в пределах Костомукшского месторождения и, в частности, в контурах Центрального карьера кроме железных руд, геллефлинты развиты тальксо­дер­жащие породы: талько-хлоритовые, тальк-амфи-

бол-хлоритовые, тальк-карбонат-биотитовые. Они залегают в виде жил линзовидной и пластообразной формы мощностью от 1–2 до 30–40 м и протяженностью от несколько сотен метров до 1,2–1,5 км. Запасы этих пород только в пределах Центрального участка по ориентировочному подсчету составляют не менее 35–40 млн т. Однако эти запасы рассредоточены в многочисленных разоб­щен­ных жильных телах, и утилизация их может быть осуществлена при условии селективной добычи (Вскрышные..., 1983).

С учетом результатов проведенных ранее исследований природных и термообработанных тальксо­дер­жащих пород Карелии, нами проведены разработка и испытание теплоизоляционных материалов, полученных из мелких фракций тальксо­дер­жащих пород Костомукшского месторождения и различных связующих, и выполнено сравнение их свойств с природными тальк-амфибол-хлоритовыми сланцами (проба № 53) месторождения Турган-Койван-Аллуста (Соколов, 1995).

### **Теплоизоляционные материалы на основе тальксо­дер­жащих сланцев и связующих компонентов**

#### **Объекты и методы исследования**

При разработке теплоизоляционных материалов в качестве наполнителя использована проба тальксо­дер­жащих сланцев Костомукшского месторождения. Проба отбиралась на Центральном карьере в количестве 4 т. Химический состав тальксо­дер­жащих пород и глины приведен в табл. 1.

Минеральный состав пробы тальковых сланцев определен с помощью оптической микроскопии, рентгенофазового, дифференциально-термического (ДТА) и термогравиметрического (ДТГ) анализов.

По количеству  $H_2O$ , выделяющейся при дегидратации талька и определенной методом ДТГ, рассчитано содержание талька в сырье. В пробе тальксо­дер­жащих сланцев Костомукши основными минералами являются тальк (38%), хлорит и амфибол с примесью доломита (2%). Минеральный состав пробы № 53 месторождения Турган-Койван-Аллуста (табл. 1) представлен: тальком

(20,5%), хлоритом (49,5%), карбонатом (3,1%), амфиболом (25,6%), биотитом (1,0%), магнетитом (0,3%) (Соколов, 1995). Химический состав пробы Костомукшского месторождения (табл. 1) соответствует среднему

(по 14 анализам) составу ранее исследованных проб сланцев (Вскрышные..., 1983). Проба № 53 по химическому составу отличается от костомукшской по содержанию оксидов железа и кальция (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Химические составы сырьевых материалов

Сырье	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	ппп
Проба Костомукшского м-я	40,00	0,36	6,07	0,69	8,26	0,14	26,2	4,77	0,02	0,07	0,08	12,9
Проба № 53	40,22	0,20	5,13	5,01	6,47	0,28	26,68	2,74	0,03	0,02	0,02	12,21
Глина	62,70	0,85	15,45	3,24	2,70	0,03	2,50	0,97	0,21	5,19	1,11	4,46

По результатам проведенных исследований тальк-амфибол-хлоритового сланца № 53, характерно то, что проба в основном состоит из минералов, разлагающихся при нагревании. Разложение минералов сопровождается дегидратацией талька и хлорита, диссоциацией карбонатов, выносом части продуктов распада – воды и газа. Для пробы № 53, содержащей амфибол, по дифрактограммам установлено уменьшение его количества с ростом температур обжига и при 1000 °С превращение амфибола в пироксен. При дегидратации талька и хлорита выделяется аморфный кремнезем, способствующий спеканию материала и увеличению его прочности (Соколов, 1995).

Для пробы Костомукшского месторождения в температурном интервале до 1000 °С по данным ДТА (рис. 1) характерна дегидратация (эндозффекты при 605, 680°) и перекристаллизация хлоритов (экзоэффект при 840°). Диссоциацию доломита отражают два эндозффекта с минимумом при температуре 815–830 °С. Дегидратация талька происходит при 980 °С (эндозффект при 980°).

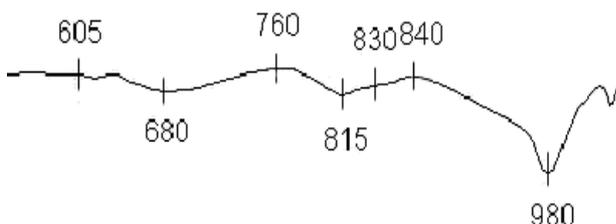


Рис. 1. Дериватограмма талько-хлорита

В качестве связующих компонентов использовали: портландцемент марки 400, жидкое стекло натриевое с плотностью 1300 кг/м<sup>3</sup> и кембрийскую глину Чекаловского месторождения, которая применяется на Никольском заводе (Ленинградская обл.) для производства керамической плитки. По рентгенофазовому анализу глина состоит из кварца, гидрослюд, хлорита, полевого шпата (Ильина и др., 2006).

Глина измельчалась в лабораторной шаровой мельнице, а талько-хлоритовые сланцы – в промышленных условиях завода АО«Петрозаводскмаш».

В табл. 2 представлены составы масс. Для изготовления образцов с глиной использовали одну фракцию тальковой породы – менее 0,063 мм, а с портландцементом и жидким стеклом две фракции –

0–5 мм (22–35%) и 10–30 мм (30–45%). В массы добавлялась вода: с глиной и жидким стеклом – 6–7%, с портландцементом – 18–20%. В качестве отвердителя для жидкостекольной смеси применялся кремнефтористый натрий в количестве 1,25–1,9% от массы жидкого стекла. Изготовление образцов выполнено по технологии полусухого прессования на лабораторном прессе марки МС-1000, давление составляло 100 МПа. Для определения спекаемости и прочности опытных масс формовались образцы в виде цилиндров и плиточек.

Т а б л и ц а 2

Составы масс теплоизоляционных материалов

№ образца	Содержание компонентов, %			
	Талько-хлорит	Портланд-цемент М 400	Жидкое стекло, пл. 1300 кг/м <sup>3</sup>	Глина
1	85	15	–	–
2	80	20	–	–
3	75	25	–	–
1	87,5	–	12,5	–
2	85	–	15	–
3	82	–	18	–
1	20	–	–	80
2	30	–	–	70
3	40	–	–	60

Образцы подвергались предварительной сушке при 105 °С, а затем обжигались в лабораторной силитовой печи КО-14 при 900–1100 °С с интервалом 50°. Средняя скорость подъема температуры составляла 2–3 град./мин., выдержка образцов в печи при достижении необходимой температуры – 40 мин. Образцы охлаждались вместе с печью.

Методы контроля выполнены по соответствующим ГОСТам (530-95: предел прочности при сжатии и изгибе кирпича определяли по ГОСТ 8462, среднюю плотность, водопоглощение и морозостойкость изделий – по ГОСТ 7025, теплопроводность – по ГОСТ 26254 в лабораторных условиях).

### Результаты и их обсуждение

По результатам испытаний свойств образцов показана зависимость изменения свойств от количества связующего компонента в массе (рис. 2). Проведено сравнение свойств с образцами, изготовленными из пробы № 53 (образцы вырезались из породы в виде кубика 30×30 мм и обжигались при 1050–1100 °С).

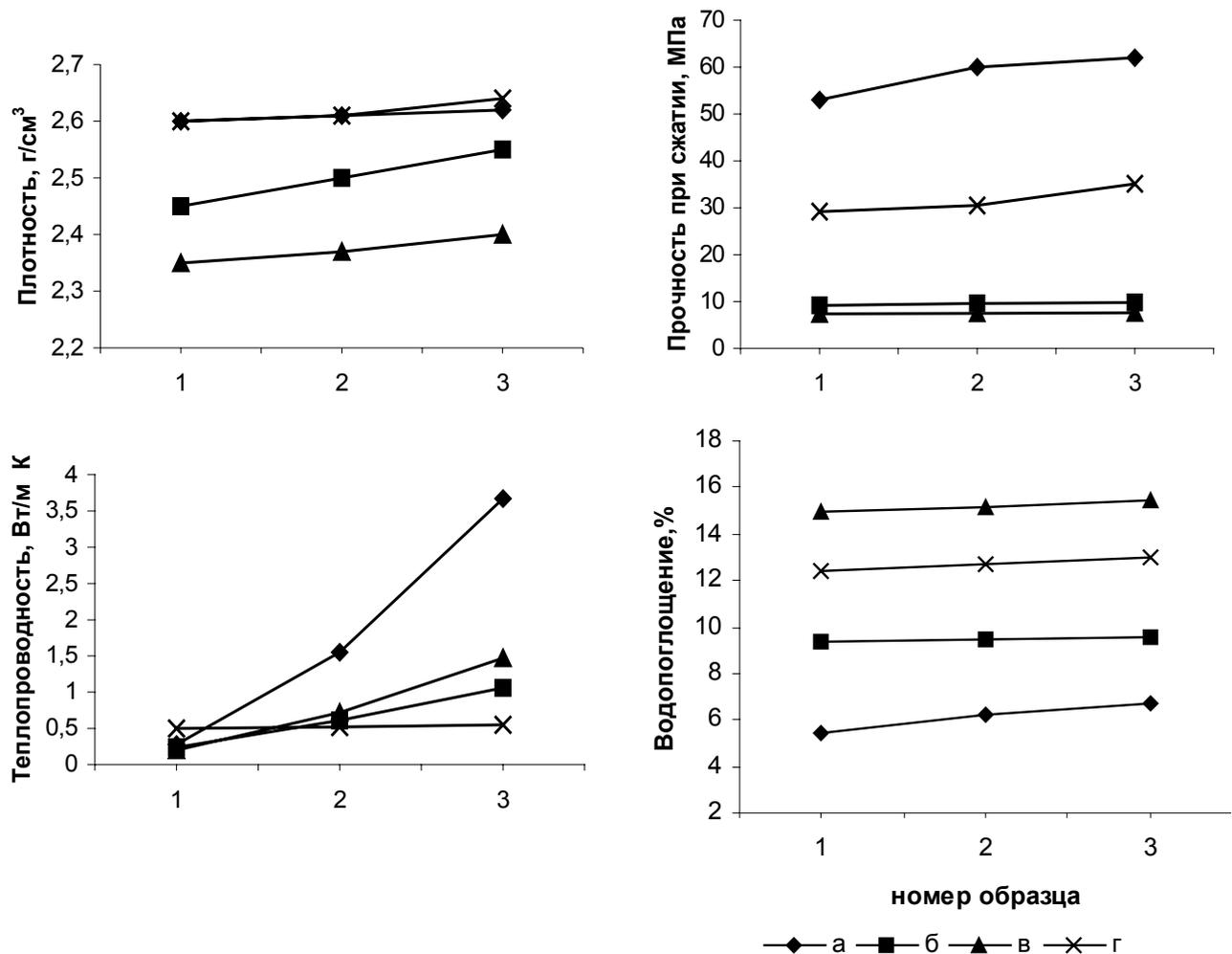


Рис. 2. Изменение свойств образцов (№ 1–3) из талько-хлоритовых сланцев в зависимости от количества связующего компонента:

а – проба № 53 (без связующего); б – проба Костомукши с портландцементом; в – с жидким стеклом; г – с глиной

Установлено, что образцы с высокой прочностью и хорошей спекаемостью получают при температуре обжига соответственно: образцы с глиной – при 1050 °С, с портландцементом и жидким стеклом – 1100 °С. У образцов с портландцементом при оптимальной температуре обжига (1100 °С) повышается плотность и механическая прочность (рис. 2, б) и уменьшается водопоглощение по сравнению с образцами, содержащими жидкое стекло. Очевидно, это является следствием реакции аморфного кремнезема, образовавшегося при дегидратации талька и хлорита с цементом. При 700–900 °С в результате реакций, протекающих в твердом состоянии, активный кремнезем связывает окис кальция, способствуя спеканию и прочности материала (Строительные материалы, 1970). Образцы с жидким стеклом имеют низкую плотность (рис. 2, в), что свидетельствует об увеличении пористости в результате дегидратации талька при 1100 °С. Это обуславливает снижение прочности и повышение водопоглощения. Образцы с портландцементом и жидким стеклом уступа-

ют по прочности обожженным при 1100 °С природным сланцам пробы № 53 (рис. 2, а), но при этом имеют аналогичную им теплоемкость и низкие значения теплопроводности.

Снижение количества глинистого связующего компонента (от 80 до 60%) за счет повышения талькосоудержающего сланца приводит к повышению плотности и прочности теплоизоляционных материалов (рис. 2, г), что свидетельствует о хорошей спекаемости при оптимальной температуре обжига (1050 °С). По плотности изделия с глиной и талькосоудержающим сланцем Костомукши близки к термообработанным образцам пробы № 53. Кроме того, они имеют высокую механическую прочность (29–35 МПа) по сравнению с образцами, содержащими портландцемент и жидкое стекло, а также с природным сланцем (при 100 °С – 25–30 МПа), но меньше, чем у обожженного при 1050 °С образца пробы № 53 – 53–62 МПа.

Теплофизические свойства материалов из мелкофракционного талькосоудержающего сланца Костомукши и связующих компонентов характеризуются

минимальными значениями коэффициента теплопроводности (образцы с портландцементом – 0,2–0,5, с жидким стеклом – 0,2–0,52, с глиной – 0,5–0,55 Вт/м · К) по сравнению с природным сланцем (1,47–4,31 Вт/(м · К)) и близки к обожженным при 1100 °С сланцам месторождения Турган-Койван-Аллуста (0,71–0,95 Вт/(м · К)). Они имеют близкие к природным сланцам значения теплоемкости – при 25 °С 835–850 Дж/(кг · град). Это, вероятно, связано с увеличением контактного теплового сопротивления между частицами разнородного материала.

Фазовые превращения в температурном интервале 950–1100 °С исследованы на составах, содержащих 60% глины и 40% талькосодержащего сланца Костомукшского месторождения. По результатам рентгенофазового анализа, при 950 °С начинается перекристаллизация талька с образованием клиноэнстатита, при 1000 °С резко снижается интенсивность линий талька и повышается интенсивность линий клиноэнстатита. При 1000–1050 °С распадаются гидрослюды, содержащиеся в глинистом сырье. Некоторый рост интегральной интенсивности галло на рентгенограммах указывает на тенденцию увеличения количества стеклофазы при обжиге плиток от 950 до 1100 °С, что способствует повышению прочности образцов.

По термостойкости различий между образцами с Костомукшским сланцем и связующими и сланцем Турган-Койван-Аллуста (пробы № 53) не наблюдает-

ся (более 18 теплосмен при 700 °С). Морозостойкость всех образцов – более 35 циклов.

Для проведения рабочих испытаний были выполнены элементы топки, теплоизоляции и теплоаккумулирующей вставки в натуральную или уменьшенную в два-три раза величину. После рабочих испытаний на образцах не наблюдалось трещин и заметных внешних изменений на поверхности.

### Заключение

Использование талькосодержащих сланцев Костомукшского месторождения позволит утилизировать отходы после распиловки блоков и вскрышные породы, а также снизить стоимость теплоизоляционного материала (кирпича) по сравнению с блоком из талькового камня. Теплоизоляционные материалы из мелких фракций талькосодержащих сланцев Костомукши и связующих компонентов (портландцемент, жидкое стекло, глина) по теплофизическим свойствам (теплоемкость, теплопроводность) близки к обожженным природным сланцам (блокам) месторождения Турган-Койван-Аллуста. Изделия, изготовленные из мелких фракций талькосодержащего сланца Костомукши и связующих компонентов, после обжига при 1050–1100 °С и выдержке 40 мин. пригодны для изготовления воздушных каналов и теплоизоляции топки и рабочего тела стационарных теплоаккумуляторов СТЭ типа «печь».

## ЛИТЕРАТУРА

Ильина В. П., Лебедева Г. А., Озерова Г. П., Инина И. С. Использование техногенного минерального сырья Карелии для получения керамической плитки // Строительные материалы. 2006. № 2. С. 47–49.

Соколов В. И. Талько-хлоритовые сланцы и пути их комплексного использования. Петрозаводск, 1995. 128 с.

Строительные материалы / Под ред. М. И. Хигеровича. М., 1970. 367 с.

Щитцов В. В. Современная минерально-сырьевая база индустриальных минералов Республики Карелия

// Геолого-технологическая оценка индустриальных минералов и пород Республики Карелия и отдельных регионов Европейского континента. Петрозаводск, 1997. С. 7–20.

Щитцов В. В. Систематизация индустриальных минералов Карелии по конечному продукту // Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов: Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Ч. 2. Апатиты, 2008. С. 239–242.