

К. т. н. **В. П. Ильина** (✉), **Т. П. Бубнова**

*Институт геологии ФИЦ «КарНЦ РАН,  
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия*

УДК 628.4.038+666.362(470.22):699.86

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОНКОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МЕСТНОЙ ГЛИНЫ КАРЕЛИИ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлены результаты исследований тонкоизмельченных полевошпатовых и талько-хлоритовых отходов горнодобывающих предприятий Республики Карелия в качестве нового минерального сырья для облицовочных и теплоизоляционных материалов и стационарных теплоаккумуляторов. Дана оценка физико-механических и теплофизических свойств материалов на основе тонкоизмельченных отходов и местной глины. Разработанные материалы с использованием пегматитовых отходов характеризуются высокой прочностью и могут применяться для облицовки печей и каминов. Теплоизоляционные материалы на основе талько-хлоритовых отходов обладают низким термическим расширением при 20–900 °С, их термостойкость увеличивается в 9 раз (980 °С – вода), а прочность при изгибе повышается в 2,6 раза по сравнению с образцами, содержащими отходы тальковых пород.

**Ключевые слова:** *теплоизоляционные материалы, тонкоизмельченные горные породы, горнодобывающие предприятия, пегматиты, талько-хлориты.*

### ВВЕДЕНИЕ

**В** настоящее время перед горнодобывающими предприятиями Республики Карелия стоит важная задача — утилизация отвалов, образующихся при разных производственных процессах, например при механическом измельчении горной породы: сортировке, дроблении, помоле, обогащении [1]. Такие отвалы представляют собой тонкоизмельченные горные породы, а также производственные пыли, состоящие из тонкодисперсных частиц, которые могут использоваться в качестве минерального сырья, не требующего дополнительного помола при изготовлении облицовочных и теплоизоляционных материалов. Так, комбинат «Карелслюда» Чупинской помольно-обогащительной фабрики (ПОФ), расположенный на севере Карелии, выпускает полевошпатовое сырье для производства тонкой керамики, фарфоровой глазури, электротехнической, абразивной и электродной отраслей промышленности. Концентрат — продукт обогащения кварц-полевошпатовых пород Чупинской ПОФ, содержит кварц (45 %) и полево-

шпат (55 %). До 2010 г. на предприятие поступал микроклиновый пегматит с нескольких месторождений Северной Карелии (Хетоламбино, Чкаловское, Блинковые Варакки и др.). После добычи и предварительной отсортировки микроклиновый пегматит отправляют на Чупинскую ПОФ, на которой он подвергается дроблению, сухому измельчению в стержневых мельницах и магнитной сепарации. По схеме магнитного обогащения пегматитов, принятой на Чупинской ПОФ, размер исходного сырья менее 300 мм [2]. В результате обогащения пегматита на Чупинской ПОФ проектной мощностью 50 тыс. т образуются тонкоизмельченные отходы магнитной фракции, отходы обеспыливания и слюдяные хвосты в количестве более 10 тыс. т (из них 3 тыс. т — отходы обеспыливания), требующие утилизации.

Кроме того, в Карелии отвалы мелких фракций образуются при добыче и распиловке крупноблочного облицовочного камня из горных пород — талько-хлоритовых сланцев. Эти породы относятся к высокомагнезиальным (28–40 % MgO). Известно, что талько-магнезитовые породы, добываемые финскими фирмами Tulikivi (месторождения Verikallio, Kivikangas, Juuka) и Nunna Uuni Oy (месторождение Mammutti Stone), обладают хорошими теплофизическими свойствами и используются в производстве печей и каминов, а в последнее время для устройства теплых полов [3, 4]. Талько-хлоритовые сланцы



В. П. Ильина  
E-mail: ilyina@igkrc.ru

Республики Карелия в настоящее время также используются для изготовления печей и каминов благодаря ценным свойствам: щелоче- и кислотостойкости, огнеупорности и теплоемкости. При нагревании свойства сланцев изменяются: предел прочности при изгибе природных талько-хлоритовых сланцев составляет 25–50 МПа, а после обжига при 900–1000 °С возрастает более чем в 2 раза — до 53–130 МПа. Пористость повышается, улучшая теплозащитные свойства сланцев, теплопроводность снижается от 4–5 до 0,7–0,8 Вт/(м·К), термостойкость сланцев 15–22 водяные теплосмены от 900 °С. С повышением температуры обжига сланцев возрастает стойкость к истиранию и ударным нагрузкам. У сланцев, обожженных выше 800 °С, сопротивляемость ударным нагрузкам в 1,4–1,8 раза больше, чем у шамота, а морозостойкость более 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания [5, 6]. Талько-хлоритовый сланец разогревается в несколько раз быстрее и сохраняет тепло в 2,5 раза дольше, следовательно, и дольше отдает его, чем печной кирпич.

Цель данной работы — исследование состава мелких фракций пегматитовых отходов обеспыливания, талько-хлоритовых отходов от распиловки блочного камня и местной глины для получения облицовочных и теплоизоляционных материалов, которые могут применяться для облицовки и изготовления теплоаккумулирующих печей и каминов.

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Особенности состава отвалов горнодобывающих предприятий, минералов и технологических проб исследовали на базе лабораторного оборудования Аналитического центра Института геологии ФИЦ «КарНЦ РАН». Минеральный состав пегматитовых, талько-хлоритовых пород и глины, а также изменение их структуры при термообработке оценивали по данным сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на рентгеноспектральном микроанализаторе Vega II LSH (Tescan) с приставкой энергодисперсионного спектрального микроанализа INCA Energy 350 (Oxford Instruments), а также по данным рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре ARL X'TRA Powder X-ray Diffraction System (Thermo Fisher Scientific) при Cu K<sub>α</sub>-излучении в геометрии Брэгга – Брентано. Химический ана-

лиз проводили на масс-спектрометре XSeries2 с приставкой лазерной абляции UP266 MACRO или методом рентгеноспектрального флюоресцентного анализа на приборе ARL Advant X. Термические эффекты горных пород и керамических образцов изучали методом термографического анализа на синхронном термическом анализаторе STA 449 F1 Jupiter в интервале 20–900 °С. Гранулометрический анализ частиц сырья проводили на лазерном анализаторе частиц LS 13 320 (Beckman Coulter). Физико-механические свойства образцов определяли по ГОСТ 6141–91, глины — по ГОСТ 9169–75. Теплопроводность опытных образцов определяли на приборе ИТЭМ-1М по ГОСТ 25499–82, теплоемкость на приборе ИТ-С-400 по ГОСТ 25493–82.

Для изготовления облицовочных материалов на предприятиях используют кварцевый песок, полевой шпат и глинистое минеральное сырье. Полевые шпаты применяют в качестве плавня, уменьшая пористость обожженных изделий, облегчая процесс спекания и придавая материалу прочность, компактность и стойкость [7]. В настоящей работе для получения облицовочных материалов полевой шпат был заменен на мелкофракционные отходы обеспыливания пегматитов Чупинской ПОФ. Химический состав отходов и глины приведен в табл. 1.

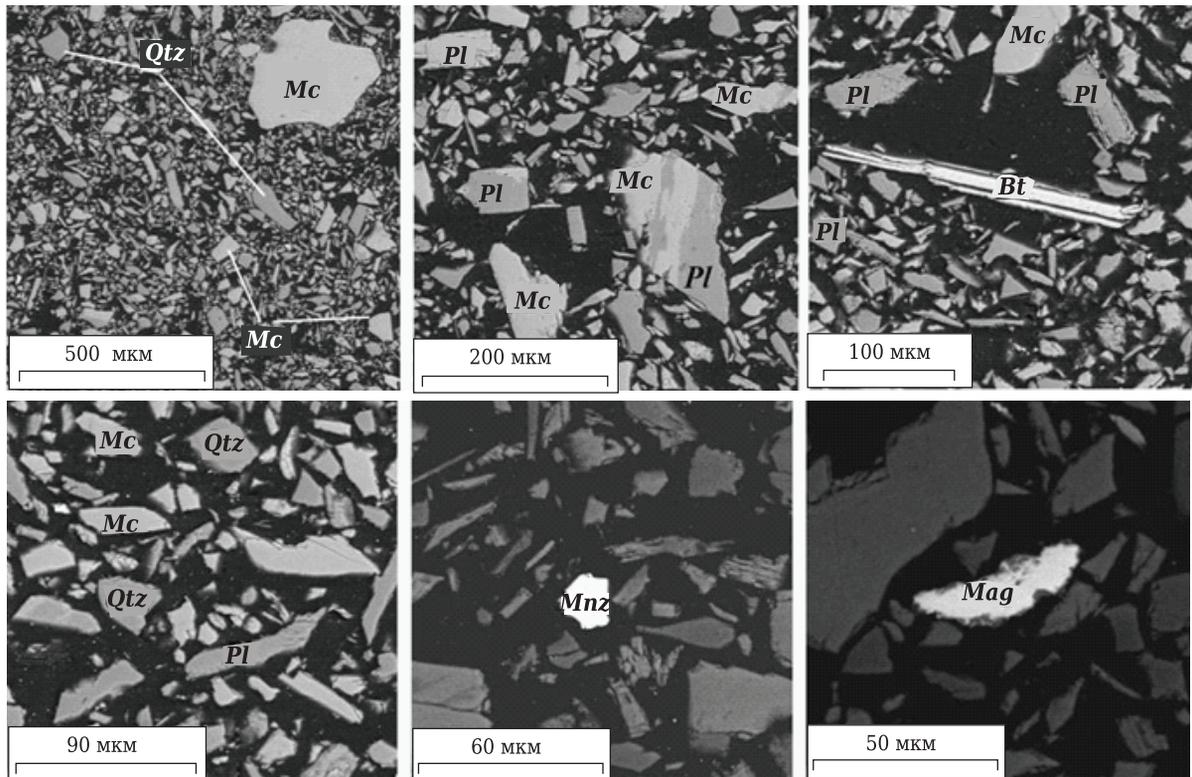
Изучены минеральный, химический и гранулометрический составы, структура зерен отходов, проведены предварительные испытания опытных образцов. В качестве пластифицирующей добавки использовали местную глину, в качестве отошающей добавки — кварцевый песок Сулажгорского месторождения (Карелия). По химическому составу (см. табл. 1) отходы обеспыливания отличаются от пегматитового концентрата повышенным содержанием оксидов железа (до 1 %). Это отличие в сочетании с тонкой фракцией должно способствовать улучшению спекания керамики.

Результаты проведенной СЭМ пегматитовых отходов показали их размеры, морфологию и состав (рис. 1). Мелкофракционные пегматитовые отходы состоят из угловатых зерен кварца и полевого шпата (микроклин, плагиоклаз) как изометрической, так и удлиненной формы. Электронно-микроскопическое изображение демонстрирует преобладание частиц крупностью менее 0,01 мм, реже 0,2 мм. Некоторые зерна окрашены в бурый цвет оксидами железа. Кро-

**Таблица 1. Химический состав мелкофракционных отходов и глины, %**

Сырье	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Δm <sub>дрк</sub>
Отходы:												
пегматит	69,75	16,96	0,69	2,70	7,66	1,17	–	–	0,31	0,02	–	0,63
талько-хлорит	33,37	4,14	10,73	–	0,02	4,69	27,49	0,17	0,16	–	0,05*	19,18
Глина	60,44	16,64	5,41	1,82	3,66	1,23	2,44	0,09	0,85	0,23	2,18	5,01

\* Указано содержание S, %.



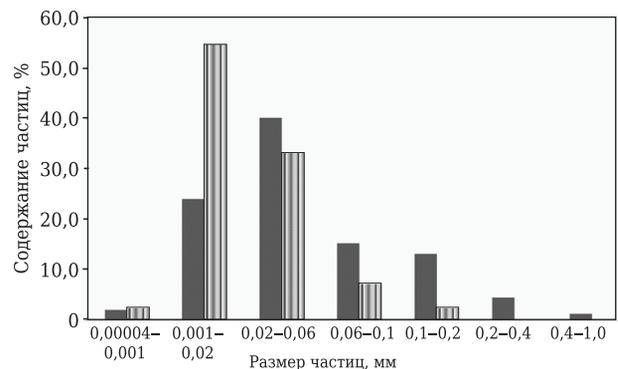
**Рис. 1.** Микрофотографии зерен пегматитовых отходов (отсевы ПОФ): *Pl* — плагиоклаз; *Mc* — микроклин; *Qtz* — кварц; *Mnz* — монацит; *Mag* — магнетит; *Bt* — биотит. СЭМ

ме того, присутствуют единичные зерна рудного минерала (магнетита < 5 %) и отдельные зерна слюды.

Графическая гранулометрическая характеристика пегматитовых отходов (рис. 2) построена на основании результатов анализа размера частиц, проведенного на лазерном анализаторе, и содержания отдельных классов крупности. Результаты гранулометрического анализа пегматитовых отходов свидетельствуют о высоком содержании тонкодисперсных частиц (фракции < 0,01 мм), что будет благоприятно при подготовке керамической массы в шаровой мельнице, а также при получении керамики методом шликерного литья. Высокое содержание частиц фракции 0,001–0,02 мм должно способствовать образованию стеклообразующего компонента — плавня, обеспечивающего спекание и прочность опытных образцов [7].

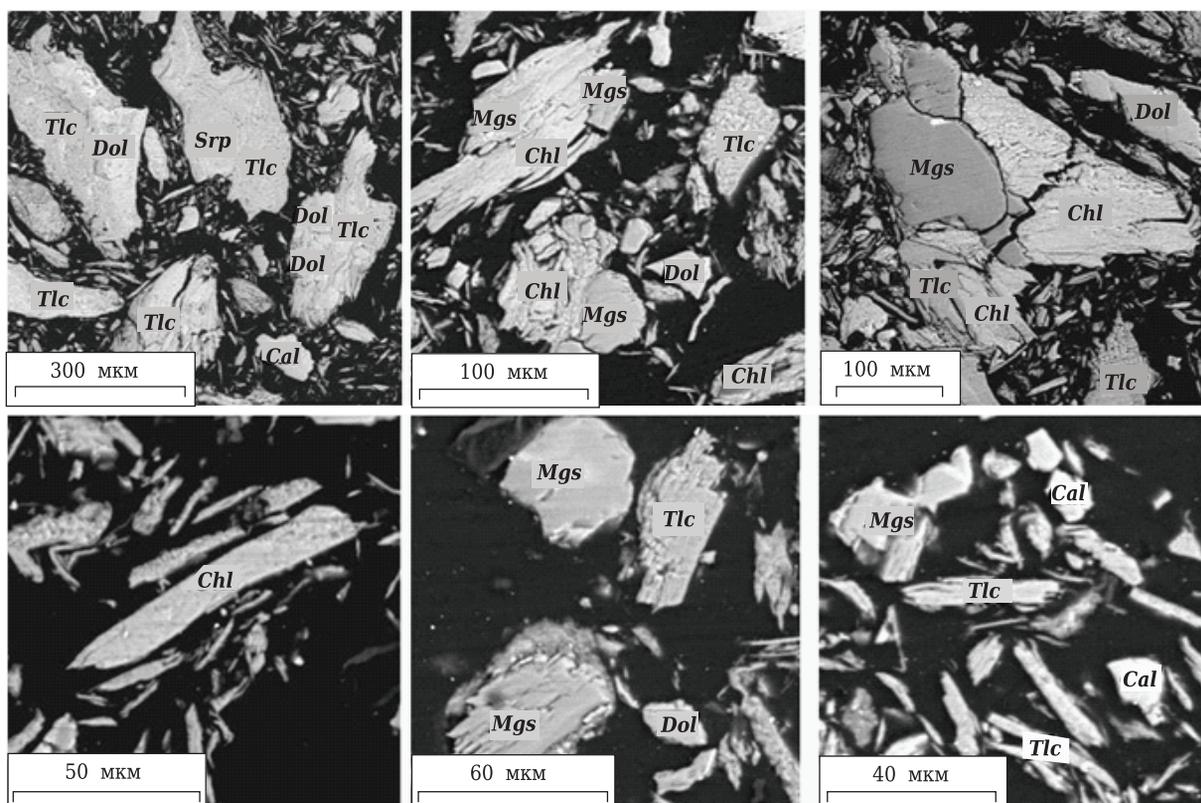
Проба талько-хлоритового сланца месторождения Каллиево-Муреннанваара [8] в виде отсева после распиловки блочного камня получена от фирмы «Горизонт» в количестве 30 кг. По данным РФА установлено, что основными минералами пробы талько-хлоритовых отходов являются (мас. %): тальк (38,25), магнезит (13,30), доломит (16,36), хлорит (28,95) и рудные минералы (3,14).

СЭМ-микрофотографии образцов талько-хлоритовых отходов (рис. 3), а также результаты химического анализа зерен минералов, полученных с помощью рентгеноспектрального



**Рис. 2.** Гранулометрическая характеристика пегматитовых и талько-хлоритовых отходов: ■ — пегматит; ▨ — талько-хлорит

микроанализатора, подтверждают присутствие основных минералов (тальк, магнезит, хлорит), в качестве рудных — магнетит. Карбонатные минералы в талько-хлорите представлены доломитом с повышенным содержанием MgO (15 %); присутствуют отдельные зерна кальцита, содержащие изоморфные примеси как магния (от 17 до 20 % MgO), так и железа (от 3 до 9 % FeO). В магнезите содержание железа может достигать 16 %. Карбонатные минералы, как правило, изометрической формы, силикаты — в виде удлиненных таблитчатых зерен и иголок. В более крупных фракциях минералы, как правило, находятся в полиминеральных сростках (см.



**Рис. 3.** Микрофотографии зерен талько-хлоритовых отходов (отсевы распиловки каменных блоков): *Tlc* — тальк; *Mgs* — магнезит; *Chl* — хлорит; *Dol* — доломит; *Srp* — серпентин. СЭМ

рис. 3). В мелких классах крупности (1–60 мкм), составляющих значительную часть материала (>88 %), сrostки, как правило, отсутствуют. Особенности талько-хлоритовых пород является то, что они состоят в основном из минералов, разлагающихся при нагревании. Разложение минералов сопровождается дегидратацией талька и хлорита, диссоциацией карбонатов, выносом части продуктов распада — воды и газа [5].

По данным термического анализа талько-хлоритовых отходов установлено, что до 1000 °С происходят дегидратация (эндотермические эффекты при 605 и 680 °С) и перекристаллизация хлоритов (экзотермический эффект при 840 °С). Диссоциацию доломита отражают два эндотермических эффекта при 815 и 830 °С. Дегидратация талька происходит при 980 °С (эндотермический эффект при 980 °С).

В качестве глинистого компонента при получении облицовочных и теплоизоляционных материалов использовали местную глину Ивинского месторождения. Разведка месторождения проводилась Карельской комплексной геологоразведочной экспедицией ПО «Севзапгеология» начиная с 1980 г. (поисково-оценочные работы) по 1984 г. (детальная разведка); доразведка в 1990–1991 гг. Сырье оценивали по стандартам на кирпич и керамику. Глины слоя II имеют огнеупорность 1290–1340 °С и относятся к группе легкоплавких, а алевроглины слоя I имеют ог-

неупорность 1390–1440 °С и относятся к группе тугоплавких глин. По химическому составу и физико-механическим свойствам к полезному ископаемому можно отнести алевроглины слоя I и верхнюю часть слоя II. Главными породообразующими минералами глины являются гидрослюда мусковитового типа, каолинит, кварц [9].

Химический состав глины приведен в табл. 1. Отобранная проба глины относится к группе полукислого сырья, а по результатам седиментационного анализа — к среднедисперсным глинам с высоким содержанием глинистой фракции (мельче 0,001 мм 37 %, 0,001–0,01 мм 39,7 %, 0,01–0,2 мм до 21,7 %, 0,2–0,5 мм 0,3 %) и низким содержанием крупнозернистых включений (> 0,5 мм). По данным РФА, глинистая фракция состоит в основном из минералов группы гидрослюд (9,7–9,9, 4,92–4,95 и 4,48 Å) с примесью хлорита (13,81–14,03, 6,97–7,08 и 4,69–4,71 Å). Возможно также присутствие в небольших количествах монтмориллонита и каолинита, основные линии которых близки к линиям хлорита и гидрослюд. Песчаная и пылеватая фракции глины содержат кварц, полевой шпат, в меньших количествах амфибол, эпидот, биотит. По результатам РФА установлено, что глинистое вещество в глинах представлено гидрослюдами. Группа гидрослюд включает разнообразные по химическому составу продукты гидратации слюд. На термограмме ивинской глины четко выражены

эндотермические эффекты, характеризующие потери межслоевой (130 °С) и кристаллизационной воды (450–580 °С), а также эндотермический эффект при 990 °С, связанный с разрушением решетки глинистого минерала.

Опытные образцы облицовочного материала изготавливали с использованием ивинской глины и мелкофракционных пегматитовых отходов обеспыливания. Экспериментально изучены физико-механические свойства опытных образцов: усадка  $U$  при обжиге, водопоглощение  $B$  и предел прочности при изгибе  $\sigma_{изг}$  (табл. 2). Сравнивали свойства опытных и производственных образцов (от ОАО «Нефрит-Керамика», Ленинградская обл.) на основе кембрийской глины Чекаловского месторождения (Ленинградская обл.), каолина, полевого шпата, кварцевого песка и извести. В табл. 2 приведены свойства опытных и производственных образцов облицовочных материалов.

Составы опытных образцов обрабатывали в лабораторных условиях по общепринятой в керамическом производстве технологии. Подготовка шихты включала сушку сырьевых компонентов, измельчение, просеивание, взвешивание, а также перемешивание в лабораторной шаровой мельнице до получения 1,5 % остатка на сите с размером ячейки 0,063 мм. После 1-сут вылеживания рабочая влажность масс составляла 18–20 %. Из масс формовали образцы размерами 50×50×8 мм, сушили при 105 °С, а затем обжигали в лабораторной печи КО-14 от 950 до 1100 °С с интервалом 50 °С. Средняя скорость подъема температуры 2–3 град/мин, выдержка при достижении необходимой температуры 40 мин. Образцы охлаждались вместе с печью.

Установлено (см. табл. 2), что при температуре обжига 1100 °С усадка опытных образцов близка к усадке производственных образцов, несмотря на отсутствие в опытных образцах кварцевого песка и извести. Существенных различий в водопоглощении опытных и производственных образцов, обожженных при 950 °С, не наблюдается. Водопоглощение опытных образцов, обожженных при 1100 °С (6,7 %), близко к водопоглощению производственных образцов, что свидетельствует об активном спекании. С данными по водопоглощению коррелируют показатели  $\sigma_{изг}$ . Наиболь-

ший  $\sigma_{изг}$  (32,5 МПа) имеют опытные образцы;  $\sigma_{изг}$  производственных образцов ниже (26,4 МПа). Увеличению  $\sigma_{изг}$  опытных образцов, вероятно, способствуют мелкофракционные отходы, в которых зерна кварца и полевого шпата имеют изометрическую и удлиненную форму, повышающие сцепление зерен и образование стеклофазы при обжиге. Применение мелкофракционных полевошпатовых отходов в качестве добавки к ивинской глине позволяет исключить из состава массы известь и значительно уменьшить (или полностью исключить) количество кварцевого песка, требующих помола.

Были получены также опытные образцы теплоизоляционных материалов на основе ивинской глины с добавкой талько-хлоритовых отходов от распиловки блоков. Следует отметить, что ранее уже были разработаны теплоизоляционные материалы с использованием кембрийской глины Чекаловского месторождения и талько-хлоритовых пород месторождения Турган-Койван-Аллушта (Республика Карелия) с хорошими физико-механическими и теплофизическими свойствами [10, 11]. Известны [10] облицовочные и теплоизоляционные материалы из легкоплавкой глины и отходов переработки тальковых пород. Физико-механические и теплофизические свойства разработанных ранее и известных из литературы теплоизоляционных материалов сравнивали со свойствами опытных образцов (см. табл. 2, 3).

Таблица 3. Теплофизические свойства\* образцов теплоизоляционных материалов, обожженных при 900–1000 °С

Состав образца	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$c$ , Дж/(кг·К)	$T_c$ , теплосмены
Талько-хлоритовые отходы + ивинская глина	0,2–1,3	820	>18
Отходы тальковых пород + легкоплавкая глина	2,9–4	900	2
Талько-хлоритовая порода (Турган-Койван-Аллушта) + кембрийская глина	0,30–3,67	835–870	13–22

\*  $\lambda$  — теплопроводность;  $c$  — теплоемкость;  $T_c$  — термостойкость (900 °С–вода).

Таблица 2. Свойства опытных образцов облицовочных и теплоизоляционных материалов

Сырьевой материал	Свойства образцов, обожженных при температуре					
	950 °С			1100 °С		
	$\sigma_{изг}$ , МПа	$U$ , %	$B$ , %	$\sigma_{изг}$ , МПа	$U$ , %	$B$ , %
Пегматитовые отходы + ивинская глина	22	8,5	14,7	32,5	11,8	6,7
Производственный образец (полевой шпат, глина, кварцевый песок, известь)	24,3	9,0	14,1	26,4	12,1	7,2
Талько-хлоритовые отходы + ивинская глина	25,8	8,2	13,3	37,4	11,2	10,7
Талько-хлорит с кембрийской глиной	23,8	7,5	15,0	30,5	10,3	13,2
Отходы тальковых пород + легкоплавкая глина	13	–	13,6	15	–	14,0
Ивинская глина	18,44	11,80	13,81	30,37	12,99	9,91

Установлено, что общая усадка всех образцов закономерно растет с повышением температуры обжига (см. табл. 2). Уменьшение размера (усадка) образцов, вероятно, обусловлено диффузионным процессом за счет перестройки структуры образцов, зависящим от температуры нагрева и длительности протекания реакции. При конечной температуре обжига (1100 °С) существенно снижается водопоглощение опытных образцов, что также свидетельствует об их активном спекании. Наблюдается значительное (см. табл. 2) повышение  $\sigma_{изг}$  (35,43 МПа) по сравнению с образцами из отходов тальковых пород (15 МПа). Высокий  $\sigma_{изг}$  опытных образцов связан, вероятно, с изменением их структуры и образованием кристаллических фаз и стеклофазы при 1100 °С. По данным РФА, образцы талько-хлоритовых отходов после 1-ч выдержки при 1100 °С содержат минералы группы пироксенов: энстатит, протоненстатит, клиноэнстатит, а также гематит и монтичеллит  $CaMgSiO_4$ , повышающие  $\sigma_{изг}$  опытных образцов. Минералы группы энстатита и форстерит, очевидно, являются продуктами перекристаллизации талька и хлорита. Периклаз появляется при диссоциации доломита и магнезита, монтичеллит — в результате взаимодействия между  $CaO$ ,  $MgO$  и кристобалитом при разложении доломита и талька. Диссоциация магнезита начинается при 640–650 °С.

Теплофизические свойства образцов теплоизоляционных материалов приведены в табл. 3. Теплопроводность  $\lambda$  опытных образцов характеризуется минимальными значениями в отличие от образцов, взятых для сравнения, и зависит от структурных особенностей образцов (плотности, пористости). Значения удельной теплоемкости  $c$  всех образцов близки (см. табл. 3) и обусловлены в большей степени теплоемкостью минералов, составляющих талько-хлоритовую породу: талька, хлорита, карбонатов — 980, 900 и 800–930 Дж/(кг·К) соответственно. Таким образом, удельная теплоемкость опытных образцов в большей степени зависит от минерального состава сырьевых компонентов, чем от структурных особенностей образцов [12, 13]. Термостойкость  $T_c$  опыт-

ных образцов (>18 теплосмен) в 9 раз выше, чем у образцов с отходами тальковых пород. Морозостойкость опытных образцов более 35 циклов.

Для проведения рабочих испытаний были изготовлены элементы топки, теплоизоляции и теплоаккумулирующей вставки в натуральную или уменьшенную в 2–3 раза величину. Для испытаний была использована печь «Бульрьян», отапливаемая дровами. Элементы устанавливали в топку печи и в течение 8 ч подвергали испытаниям. После испытаний на поверхности образцов не наблюдалось трещин и заметных внешних изменений. Применение отходов распиловки талько-хлоритовых блоков для изготовления теплоизоляционных материалов позволит снизить стоимость стационарных теплоаккумуляторов СТЭ типа «печь» [14].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты проведенных исследований показали, что применение мелкофракционных пегматитовых отходов позволяет получить облицовочные материалы, отличающиеся высокой прочностью при изгибе. При этом удалось уменьшить количество сырьевых компонентов, требующих дополнительного помола.

Получены теплоизоляционные материалы на основе местной глины с добавкой талько-хлоритовых отходов от распиловки блочного камня. Они отличаются высокой термостойкостью — более 18 водяных теплосмен от 900 °С (что в 9 раз превосходит термостойкость образцов, содержащих отходы тальковых пород) и пригодны для изготовления воздушных каналов, а также для теплоизоляции топки и рабочего тела стационарных теплоаккумуляторов СТЭ типа «печь».

Экономическая эффективность и технологичность теплоизоляционных материалов с использованием отходов горнодобывающих предприятий Карелии обусловлена снижением количества компонентов шихты, доступностью природного сырья, его утилизацией, упрощением технологии получения экологически безопасных материалов.

## **Библиографический список**

1. **Давыдов, С. Я.** Пылеобразование и использование пыли горных пород на промышленных объектах / С. Я. Давыдов, Н. Г. Валиев, Н. М. Суслов [и др.] // Изв. Урал. гос. ун-та. — 2016. — Вып. 3, № 43. — С. 87–89.
2. **Каменева, Е. Е.** Обогащение минерального сырья Карелии / Е. Е. Каменева, Л. С. Скамницкая. — Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2003. — 230 с.
3. **Leinonen, Seppo.** Exploration for soapstone occurrences: use of bulk chemical analyses to select potential formation areas / Seppo Leinonen // Key Eng. Mater. — 2013. — Vol. 548. — P. 10–19. doi:10.4028/www.scientific.net / KEM.548.10.
4. **Lindahl, I.** Geology of the soapstone deposits of the Linnajavri area, Hamarøy, Nordland, north Norwegian Caledonides — Norway's largest reserves of soapstone / I. Lindahl, L. P. Nilsson // Geology Society, Geological Survey of Norway Special Publication. — 2008. — № 11. — P. 19–35.
5. **Соколов, В. И.** Талько-хлоритовые сланцы и пути их комплексного использования / В. И. Соколов. — Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 1995. — 128 с.
6. **Соколов, В. И.** Влияние термообработки на теплофизические свойства серпентинитов / В. И. Соколов // Месторождения промышленных минералов Фенно-

скандии (геология, экономика и новые подходы к переработке и использованию). — Петрозаводск, 1999. — С. 117, 118.

7. **Августиник, А. И.** Керамика / А. И. Августиник. — Л. : Стройиздат (Ленингр. отд-е), 1975. — 592 с.

8. **Архангельский, А. А.** Отчет о геологическом изучении месторождения облицовочного камня (талькохлоритовые сланцы) «Каллиев-Муренваара» / А. А. Архангельский // КарТФГИ. — 2003. — № 736.

9. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Неметаллические полезные ископаемые. Подземные воды и лечебные грязи. В 2 т / авт.-сост. В. П. Михайлов. — Петрозаводск : Карелия, 2006. — 356 с.

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

11. Пат. 2446130 Российская Федерация. Керамическая масса для изготовления облицовочной плитки / Ильина В. П., Лебедева Г. А., Щипцов В. В. ; заявл. 18.06.2010 ; опубл. 27.03.2012, Бюл. № 9.

12. **Гаврильев, Р. И.** Теплофизические свойства основных типов пород Эльконского горного массива / Р. И. Гаврильев, М. Н. Железняк, В. И. Жижин [и др.] // Криосфера Земли. — 2013. — Т. XVII, № 3. — С. 76–82.

13. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) : справ. геофизика ; под ред. Н. Б. Дортман. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1984. — 455 с.

14. **Ильина, В. П.** Разработка технологии получения новых теплоизоляционных материалов для стационарных теплоаккумуляторов СТЭ типа «печь» / В. П. Ильина, А. С. Заверткин, А. М. Анисимов // Огнеупоры и техническая керамика. — 2009. — № 7/8. — С. 81–86. ■

Получено 19.03.21

© В. П. Ильина, Т. П. Бубнова, 2021 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



**NN21 — 18-я Международная конференция по наноматериалам и нанотехнологиям**  
6–9 июля 2021 г., г. Салоники, Греция  
[www.nanotechnology.com](http://www.nanotechnology.com)



The International Nanotech & Nanoscience Conference & Exhibition  
**NANOTECH FRANCE 2021**  
23 - 25 June 2021 | Paris, France  
*Nanotechnology for a better world*

**NANOTECH FRANCE 2021 — Международная конференция и выставка по наноматериалам и нанотехнологиям**  
23–25 июня 2021 г. Париж, Франция  
[www.setcor.org](http://www.setcor.org)