

of polymineral clays by entering the different additives (including waste of the production) had been developed.

The obtained results can be a basis for the choice of the most rational types of clays by its chemical and mineralogical composition, main technological modes when developing and adjusting compositions of masses for ceramic products for different purposes based on local raw materials.

УДК 666.64.-413:549.642.41

И. М. Терещенко, В. А. Вечер, Г. Н. Пунько, А. В. Бессонова, Г. И. Солоха КАРБОНАТНЫЕ ТРЕПЕЛЫ БЕЛАРУСИ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведено комплексное исследование карбонатных трепелов с целью изучения возможности их использования в качестве керамического сырья. Показана возможность получения на их основе обжиговых изделий с повышенными теплозащитными свойствами.

Промышленное использование кремнеземистых (опал-кристобалитовых) пород, в частности опок и трепелов, основано на ряде их специфических физико-химических свойств: низкая объемная масса, тонкая пористость, высокая удельная поверхность, наличие активного кремнезема и др. Эти разнообразные свойства превращают кремнеземистые породы в полезное ископаемое многоцелевого назначения [1].

В промышленности строительных материалов опоки и трепелы могут служить сырьем для производства легковесного кирпича и стеновых блоков, обжиговых изделий для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов с температурой эксплуатации 600...900°C, засыпных утеплителей и теплоизоляторов из естественных и обожженных трепельных порошков, заполнителей легких бетонов (термолит и керамзитоподобный гравий), заполнителей легких и ячеистых бетонов, приготовленных на основе портландцемента и извести (термиз, теплопорит).

Для Беларуси кремнеземистые породы служат предметом постоянного экспорта из России на цементные и нефтеперерабатывающие заводы. В то же время в республике имеются значительные ресурсы рассматриваемых полезных ископаемых, залегающих в весьма благоприятных горногеологических условиях.

В Могилевской области подсчитанные запасы кремнеземистых пород по категориям $C_1 + C_2$ составляют 170 млн т, а прогнозные ресурсы только на наиболее перспективной площади оцениваются в 0,5 млрд т [2]. В настоящее время они изучаются геологоразведочными работами на месторождении Стальное в качестве потенциального гидравлического сырья (активных добавок) для цементной промышленности.

Следует отметить, что кремнеземистые породы относятся к так называемому “нетрадиционному сырью”, для которого нет жестких кондиций на качественные параметры. Технические условия на этот вид сырья разрабатываются под каждого конкретного потребителя в зависимости от требований к качеству выпускаемой продукции [4].

Однако белорусские трепелы и опоки на большинстве месторождений и проявлений содержат повышенное количество карбонатной составляющей и в целом относятся к низкокачественному кремнеземистому сырью. Поэтому геологоразведочные работы направлены на поиск максимально кремнеземистых разностей (типов), в соответствии с кондициями, принятыми для гидравлического сырья.

В то же время очевидно, что необходимы опережающие исследования по разработке технологических методов и приемов, позволяющих использовать карбонатные разности кремнеземистых пород. В этом направлении уже проводятся и достаточно успешно работы в Республике Молдова [3].

В настоящей работе приводятся результаты определения принципиальной возможности получения обжиговых изделий из карбонатного трепела месторождения Стальное, так как здесь в самое ближайшее время может возникнуть проблема утилизации вскрышных некондиционных трепельных пород.

Общая характеристика трепельных пород месторождения. Абсолютная естественная влажность колеблется в пределах 33,4...69,5%, средняя — 47,8%.

Удельный вес — 2,48 т/м³. Объемная масса в сухом состоянии — 1,01 т/м³, в рыхлом — 0,56, в уплотненном — 0,85 т/м³. Пористость — 54,36...62,39%. Гигроскопичность высокая и колеблется в значительных пределах (1,8...13,4)%. Размокающие рыхлой (трепельной) составляющей — 70 мин. Набухание — 2,9%. Включения опоки не размокают в течение трех дней.

Приведенные данные свидетельствуют о значительной неоднородности (изменчивости) состава полезного ископаемого.

Характеристика изученной пробы. Химический состав, % вес. на абсолютно сухое вещество:

SiO₂ общ — 54,97; SiO₂ аморф — 15,0; Al₂O₃ — 5,9; TiO₂ — 0,16; Fe₂O₃ общ — 1,73; MgO — 0,82; CaO — 14,09; Na₂O — 0,12; K₂O — 1,36; п.п.п. — 21,0.

Гранулометрический состав (содержание фракций), мкм, %: > 0,063 — 18,38; 0,063...0,010 — 11,27; 0,010...0,005 — 9,98; 0,005...0,001 — 27,4; < 0,001 — 39,8. Минералогический состав установлен методами рентгеновского фазового (РФА) и термического анализов (рис. 1 и 2). Интерпретация полученных данных однозначно свидетельствует о том, что компонентный состав пробы образует четыре основные фазы: слабокристаллизованный кремнезем (опалкристобалит), карбонат кальция (кальцит), цеолит (клиноптилонит) и глинистый компонент (монтмориллонит). В качестве незначительной примеси присутствуют хлорит, слюда и кварц.

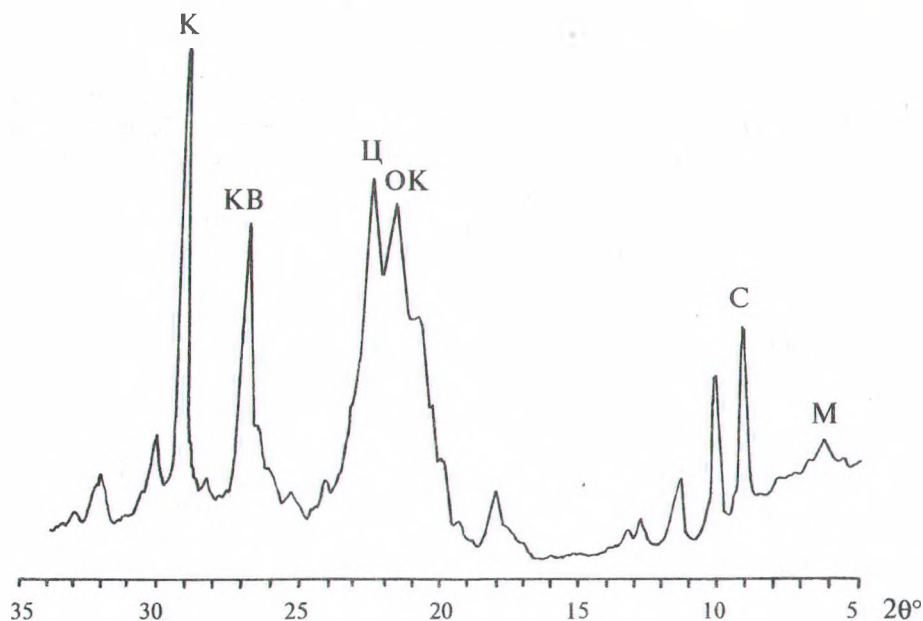


Рис. 1. Рентгенограмма карбонатного трепела (месторождение Стальное, скв. 1135, интервал 16,0...17,0 м). ОК — опал-кристобалит, К — кальцит, Ц — цеолит, М — монтмориллонит, С — слюда, КВ — кварц

Технологические свойства: формовочная влажность — 32%, число пластичности — 13,7.

Таким образом, изученная проба трепелов месторождения Стальное представляет собой сложную многокомпонентную систему, которая характеризуется достаточно высокой дисперсностью и хорошими формовочными свойствами.

Результаты изучения спекаемости образцов, полученных методом пластического ($W_{\phi} = 34\%$) и полусухого ($W_{\phi} = 10\%$) формования приведены на рис. 3, при этом усадка изделий пластического формования в интервале температур обжига 900...1050°C составляла 23...37%, а полусухого — 6,4...10,5%, возрастающая с увеличением температуры обжига.

Изменение кажущейся плотности (г/см³) образцов в зависимости от температуры обжига представлено в табл. 1.

Таким образом, проведенные лабораторные испытания показали возможность получения обжиговых легковесных изделий из чистого трепела, причем предпочтительным является способ полусухого формования изделий, обеспечивающий меньшую усадку и большую пористость продуктов обжига.

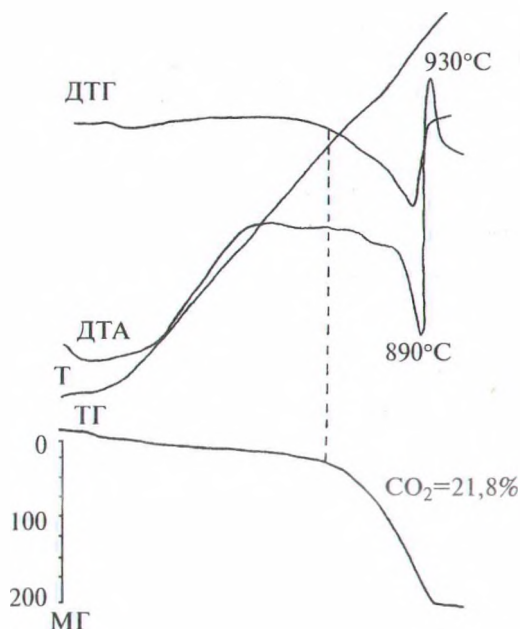


Рис. 2. Дериватограмма карбонатного трепела (месторождение Стальное, скв. 1135, интервал 16,0...17,0 м). Навеска 800 мг, ДТА — 1/5, ДТГ — 1/5

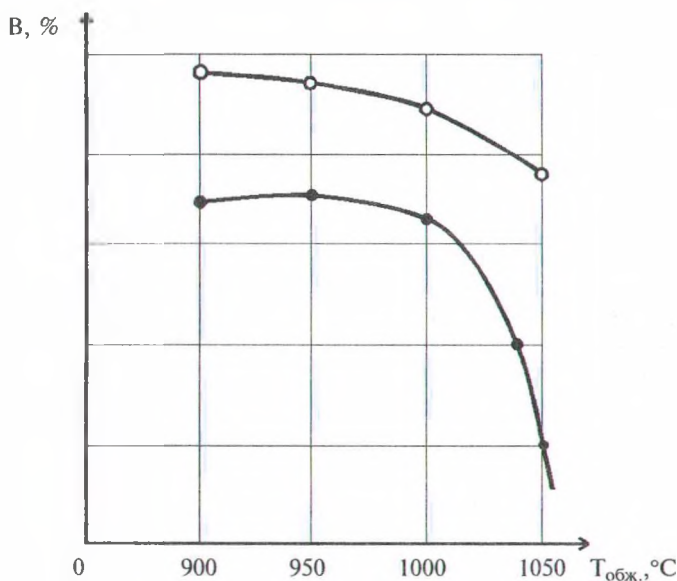


Рис. 3. Спекаемость опытных образцов трепела. ● — образцы пластического формования; ○ — образцы полусухого формования

Таблица 1

Зависимость плотности изделия из трепела от температуры обжига

Температура обжига, °C	900	950	1 000	1 050
Пластическое формование, ρ , г/см ³	1,12	1,28	1,42	1,95
Полусухое прессование, ρ , г/см ³	1,02	1,08	1,09	1,16

Отработка технологических параметров производства обжиговых изделий способом формования из порошковых смесей показала, что оптимальными являются следующие условия: давление прессования — 125 кг/см²; формовочная влажность — 15%; температура обжига — 1 000°C.

На основании результатов лабораторных исследований были проведены полупроизводственные испытания в условиях Минского научно-исследовательского института стройматериалов. Опытная партия трепела измельченного ($d < 2\text{мм}$),

увлажненного до влажности 15%, вылеживалась три дня, после чего формовались изделия в виде кирпичей (250×120×90 мм) с последующей сушкой ($t = 150^{\circ}\text{C}$) и обжигом в лабораторной печи при $t_{\text{max}} = 1\,000^{\circ}\text{C}$.

Если при формовании и сушке проблем не было, то после обжига кирпичей на их поверхности наблюдалось появление сети трещин, чего не замечалось при работе с малыми лабораторными образцами. Выяснение причин явления показало, что оно связано со значительной потерей массы изделий в обжиге и их объемными изменениями при $700\ldots 850^{\circ}\text{C}$.

Варьирование режима обжига не принесло желаемого результата; в итоге было принято решение увеличить связность массы и снизить изменения объема изделий путем введения глинистого компонента — глины месторождения Городок Гомельской области. Изучалось влияние глины на поведение опытных масс в сушке и обжиге при ее содержании от 15 до 60% (мас.).

Изучение механической прочности (изгиб) для лабораторных образцов, прошедших сушку при $t = 110^{\circ}\text{C}$, показало, что $\sigma_{\text{изг}}$ варьирует в пределах $14\ldots 10\text{ кг/см}^2$ с разбросом данных, так что проследить ее зависимость от содержания глины не представляется возможным. Можно лишь утверждать, что прочность сырца достаточна, чтобы избежать проблем с садкой изделий друг на друга при сушке и обжиге продукции.

Спекаемость опытных смесей иллюстрируется табл. 2, из данных которой следует, что увеличение содержания глинистого компонента в массе способствует формированию более плотной структуры изделий за счет заполнения структурных полостей глиной, что подтверждается снижением усадки в обжиге.

Таблица 2

Показатели свойств обожженных ($t = 1000^{\circ}\text{C}$) смесей трепела и глины

Свойства	Содержание глины, %				
	0	15	30	45	60
Водопоглощение, %	46,54	40,60	37,30	34,30	30,70
Плотность кажущаяся, г/см ³	0,956	1,086	1,15	1,226	1,32
Усадка огневая, %	7,00	5,59	4,85	3,92	2,90

Механическая прочность и теплопроводность обжиговых изделий имеют немаловажное значение, во многом определяя их применение, в связи с чем изучалось влияние глины на поведение образцов при их нагружении (сжатии).

Как показывает рис. 4, увеличение содержания глинистого компонента свыше 15% приводит к заметному снижению механической прочности на сжатие образцов.

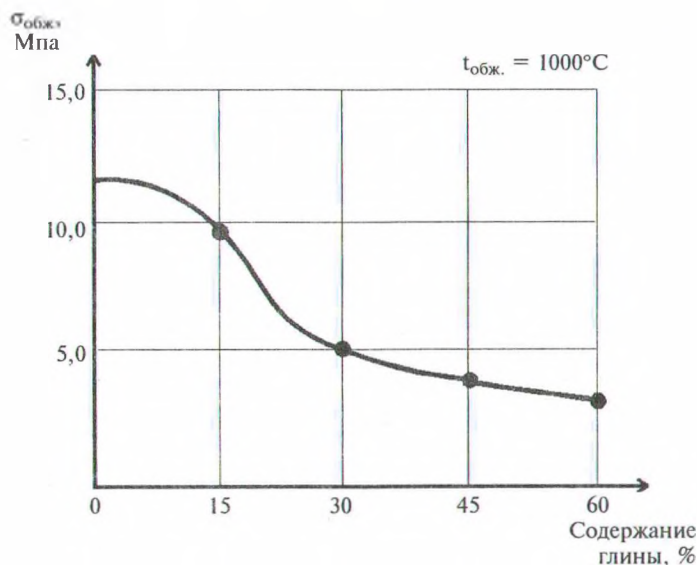


Рис. 4. Механическая прочность (сжатие) опытных образцов в зависимости от содержания глины Городок

Исключительно важное значение для определения области использования обжиговых материалов имеет их теплопроводность как показатель теплозащитных свойств. Данные по изучению коэффициента теплопроводности опытных составов, приведенные на рис. 5, указывают на ухудшение теплозащитных свойств обожженного материала при росте содержания глины. Поэтому, а также учитывая данные спекания смесей, в качестве оптимальной принята композиция, содержащая 15% глины Городок. Проведенные испытания полногабаритных изделий (кирпичей) показали, что образования трещин в сушке и обжиге не наблюдаются, отмечаются хорошие формовочные свойства смеси.

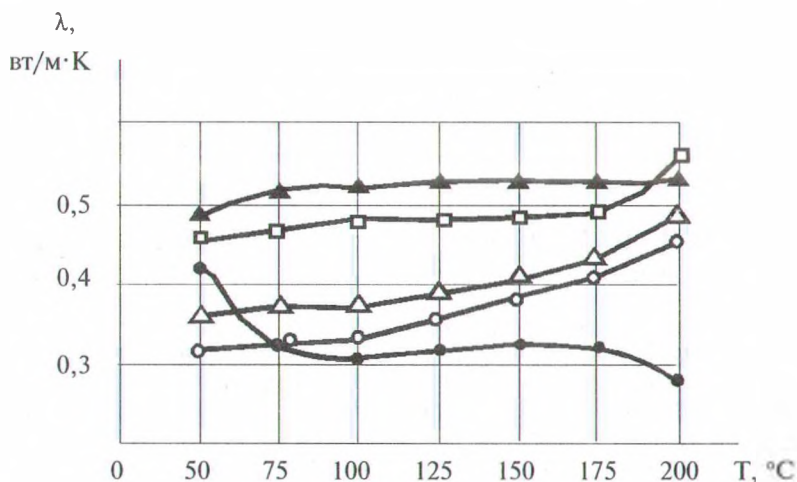


Рис. 5. Температурная зависимость теплопроводности опытных масс. 1 — 0% глины; 2 — 15%; 3 — 30%; 4 — 45%; 5 — 60% глины

Итак, полученные результаты испытаний полногабаритных изделий (водопоглощение — 41,5%, кажущаяся плотность — 1,132 г/см³, усадка в обжиге — 5,4%, механическая прочность (сжатие) — 7,3 Мпа, теплопроводность — 0,47 Вт/м·К) показывают, что белорусские карбонатные трепелы месторождения Стальное могут служить сырьем для получения на их основе обжиговых изделий с повышенными теплозащитными свойствами при использовании полусухого способа подготовки масс.

Проведенные исследования дают основания для проведения испытаний белорусских трепелов на предмет пригодности для получения на их основе других строительных керамических материалов.

• Список литературы

1. Дистанов У. Г., Пленкин А. П. Ресурсы, добыча, потребление диамитов, опок, трепелов//Разведка и охрана недр. 1992. № 12. — С. 2—5.
2. Дроздов В. А., Копысов Ю. Г., Петрушко Е. Я. О составе, генезисе и детальном прогнозе смешанного цеолито-глинисто-карбонатно-кремнистого сырья БССР и соседних районов//Вещественный состав и генезис твердых полезных ископаемых БССР. — Мн., 1981. — С. 155—170.
3. Перес Д. С. Кремнисто-карбонатные породы верхнего мела юго-запада СССР и перспектива их практического использования//Литоология и полезные ископаемые. 1991. № 3. — С. 42—57.
4. Филько А. С. Проблемы совершенствования методики разведки месторождений нерудных полезных ископаемых: Обзор ВИЭМС. — М., 1985. — 68 с.

Белорусский государственный
технологический университет,
БелНИИГРИ ПО “Беларусьгеология”,
ОАО “Керамин”

увлажненного до влажности 15%, вылеживалась три дня, после чего формовались изделия в виде кирпичей (250×120×90 мм) с последующей сушкой ($t = 150^{\circ}\text{C}$) и обжигом в лабораторной печи при $t_{\text{max}} = 1\,000^{\circ}\text{C}$.

Если при формовании и сушке проблем не было, то после обжига кирпичей на их поверхности наблюдалось появление сети трещин, чего не замечалось при работе с малыми лабораторными образцами. Выяснение причин явления показало, что оно связано со значительной потерей массы изделий в обжиге и их объемными изменениями при 700...850°C.

Варьирование режима обжига не принесло желаемого результата; в итоге было принято решение увеличить связность массы и снизить изменения объема изделий путем введения глинистого компонента — глины месторождения Городок Гомельской области. Изучалось влияние глины на поведение опытных масс в сушке и обжиге при ее содержании от 15 до 60% (мас.).

Изучение механической прочности (изгиб) для лабораторных образцов, прошедших сушку при $t = 110^{\circ}\text{C}$, показало, что $\sigma_{\text{изг}}$ варьирует в пределах 14...10 кг/см² с разбросом данных, так что проследить ее зависимость от содержания глины не представляется возможным. Можно лишь утверждать, что прочность сырца достаточна, чтобы избежать проблем с садкой изделий друг на друга при сушке и обжиге продукции.

Спекаемость опытных смесей иллюстрируется табл. 2, из данных которой следует, что увеличение содержания глинистого компонента в массе способствует формированию более плотной структуры изделий за счет заполнения структурных полостей глиной, что подтверждается снижением усадки в обжиге.

Таблица 2

Показатели свойств обожженных ($t = 1000^{\circ}\text{C}$) смесей трепела и глины

Свойства	Содержание глины, %				
	0	15	30	45	60
Водопоглощение, %	46,54	40,60	37,30	34,30	30,70
Плотность кажущаяся, г/см ³	0,956	1,086	1,15	1,226	1,32
Усадка огневая, %	7,00	5,59	4,85	3,92	2,90

Механическая прочность и теплопроводность обжиговых изделий имеют немаловажное значение, во многом определяя их применение, в связи с чем изучалось влияние глины на поведение образцов при их нагружении (сжатии).

Как показывает рис. 4, увеличение содержания глинистого компонента свыше 15% приводит к заметному снижению механической прочности на сжатие образцов.

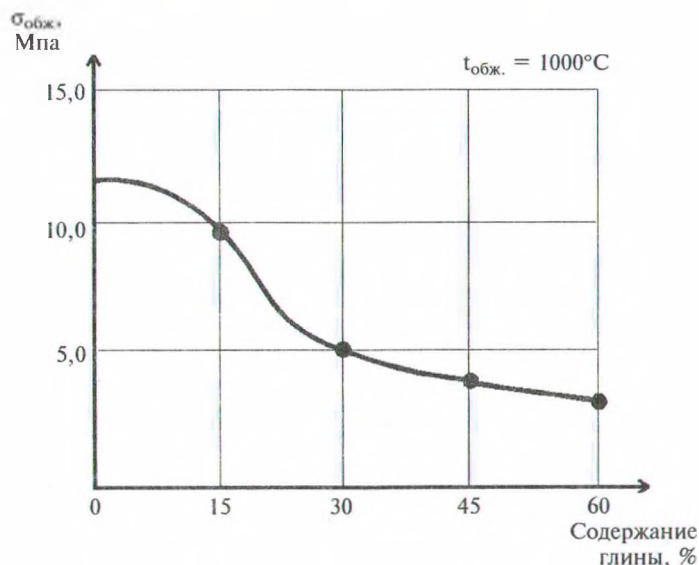


Рис. 4. Механическая прочность (сжатие) опытных образцов в зависимости от содержания глины Городок

Исключительно важное значение для определения области использования обжиговых материалов имеет их теплопроводность как показатель теплозащитных свойств. Данные по изучению коэффициента теплопроводности опытных составов, приведенные на рис. 5, указывают на ухудшение теплозащитных свойств обожженного материала при росте содержания глины. Поэтому, а также учитывая данные спекания смесей, в качестве оптимальной принята композиция, содержащая 15% глины Городок. Проведенные испытания полногабаритных изделий (кирпичей) показали, что образования трещин в сушке и обжиге не наблюдаются, отмечаются хорошие формовочные свойства смеси.

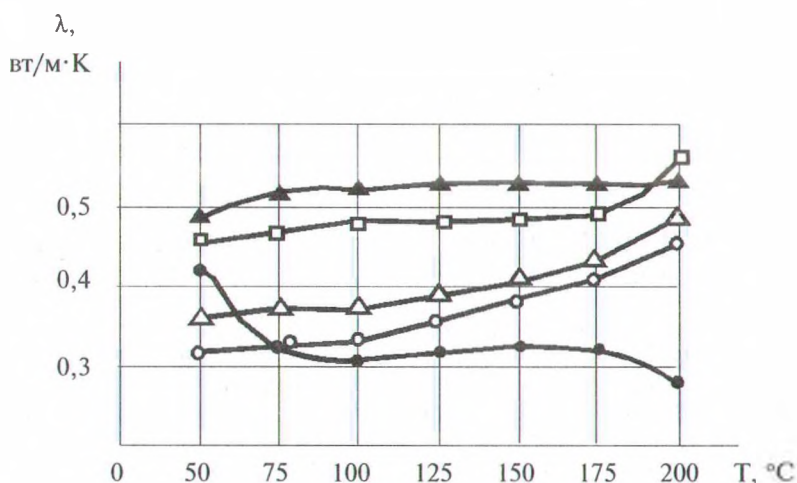


Рис. 5. Температурная зависимость теплопроводности опытных масс. 1 — 0% глины; 2 — 15%; 3 — 30%; 4 — 45%; 5 — 60% глины

Итак, полученные результаты испытаний полногабаритных изделий (водопоглощение — 41,5%, кажущаяся плотность — 1,132 г/см³, усадка в обжиге — 5,4%, механическая прочность (сжатие) — 7,3 Мпа, теплопроводность — 0,47 Вт/м·К) показывают, что белорусские карбонатные трепелы месторождения Стальное могут служить сырьем для получения на их основе обжиговых изделий с повышенными теплозащитными свойствами при использовании полусухого способа подготовки масс.

Проведенные исследования дают основания для проведения испытаний белорусских трепелов на предмет пригодности для получения на их основе других строительных керамических материалов.

• Список литературы

1. Дистанов У. Г., Пленкин А. П. Ресурсы, добыча, потребление диамитов, опок, трепелов//Разведка и охрана недр. 1992. № 12. — С. 2—5.
2. Дроздов В. А., Копысов Ю. Г., Петрушко Е. Я. О составе, генезисе и детальном прогнозе смешанного целолито-глинисто-карбонатно-кремнистого сырья БССР и соседних районов//Вещественный состав и генезис твердых полезных ископаемых БССР. — Мн., 1981. — С. 155—170.
3. Перес Д. С. Кремнисто-карбонатные породы верхнего мела юго-запада СССР и перспектива их практического использования//Литоология и полезные ископаемые. 1991. № 3. — С. 42—57.
4. Филько А. С. Проблемы совершенствования методики разведки месторождений нерудных полезных ископаемых: Обзор ВИЭМС. — М., 1985. — 68 с.

Белорусский государственный
технологический университет,
БелНИИГРИ ПО “Беларусьгеология”,
ОАО “Керамин”

**І. М. Цярэшчанка, В. А. Вечар,
Г. М. Пунько, А. В. Бяссонава, Г. І. Салоха**
КАРБАНАТНЫЯ ТРЭПЕЛЫ БЕЛАРУСІ ЯК ПЕРСПЕКТЫЎНАЯ
СЫРАВІНА ДЛЯ ВЫТВОРЧАСЦІ БУДАЎНІЧЫХ МАТЭРЫЯЛАЎ

У гэтай рабоце вывучана магчымасць атрымання цеплаізаляцыйных абпалавых вырабаў з карбанатных трэпелаў радовішча Стальное. Паказана, што перавага належыць спосабу паўсухога фармавання вырабаў, які забяспечвае меншую ўсадку пры захаванні павышанай трываласці прадуктаў абпалу. Устаноўлена, што пры абпале буйнагабарытных вырабаў у вобласці тэмператур 700...850°C адбываецца іх растрэсківанне ў выніку значных аб'ёмавых змяненняў. Указаную з'яву ўдалося ліквідаваць пры ўвядзенні ў склад масы каля 15...20% гліны радовішча Гарадок (Рэчыца). У выніку праведзеных даследаванняў атрыманы абпалавыя вырабы, якія валодаюць наступнымі ўласцівасцямі: каэфіцыент цеплаправоднасці — 0,35...0,38 Вт/м К, механічная трываласць (сцісканне 7...9 МПа), уяўная шчыльнасць 1,10...1,14 г/см³.

Такім чынам, беларускія карбанатныя трэпелы могуць служыць сыравінай для атрымання абпалавых вырабаў з павышанымі цеплаахоўнымі ўласцівасцямі.

**I. M. Tereshchenko, V. A. Vecher,
G. Punko, A. Bessonova, G. Solokha**
CARBONATE TRIPOLIS OF BELARUS AS A PROMISING
RAW-MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

A research into the possibility of obtaining heat-insulated fired products from carbonate tripolis from the Stalnoye (Republic of Belarus) deposit has been conducted in this paper.

It has been shown that the preferable way is the semi-dry formation of products which provides less shrinkage while securing higher porosity of a product. The research has confirmed, that during the process of firing of large products at the temperature of 700...850°C they are cracking due to significant volume changes. However, this phenomenon was eliminated after including into the initial compound 15...20% of clay from the Gorodok (Republic of Belarus) deposit. As a result, the fired products with the following characteristics have been produced: coefficient of thermal-conductivity — 0,35...0,38, mechanical strength (compression — 7...9 mPa), density — 1,10...1,14 g/sm³.

Thus, it can be stated that Belarusian carbonate tripolis can serve as a raw material for obtaining fired products with higher thermal-conductivity.