

Ищенко К. М., аспирант,  
Сулейманова Л. А., канд. техн. наук, проф.,  
Жерновский И. В., канд. геол.-минер. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## О ВОЗМОЖНОСТИ И СПОСОБАХ ПРИМЕНЕНИЯ АНИОННОАКТИВНЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ГИДРОФОБИЗАТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТОВОГО ПЕСКА И ОТХОДОВ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА\*

Konstfeier@mail.ru

*Разработаны способы уменьшения водопоглощения за счет различных вариантов гидрофобизации материалов, изготовленных с использованием вспученного перлитового песка и отходов его производства с возможностью их применения в качестве высокоэффективной теплоизоляции конструкций зданий, технологического оборудования и теплосетей.*

**Ключевые слова:** гидрофобизация, кремнийорганические гидрофобизаторы, водопоглощение, вспученный перлитовый песок, перлитовая пыль.

В настоящее время в современной технике и, особенно в строительстве, резко возросла потребность в экологически чистых, высокоэффективных, негорючих теплоизоляционных материалах. Таким требованиям отвечают неорганические композиционные материалы на основе вспученного перлитового песка.

Использование перлитового песка и отходов его производства – перлитовой пудры при производстве строительных материалов позволяет существенно снизить их среднюю плотность. Проведенные исследования по подбору оптимальных составов свидетельствуют о том, что с использованием вспученного перлитового песка и пудры возможно изготовление высокоэффективных теплоизоляционных материалов, соответствующих требованиям нормативных документов, способных работать в широком интервале температур [1].

Теплообменные характеристики перлитовых материалов определяются гранулометрическим составом перлитового песка, структурой зерен перлита и материала и его влажностными свойствами.

Вспученный перлит имеет высокоразвитую пористую структуру и большую открытую гидрофильную поверхность, поэтому он характеризуется большим водопоглощением и гигроскопичностью. По способности поглощать влагу в парообразном состоянии вспученный перлит относится к числу материалов, инертно сорбирующих влагу. Величина равновесной сорбционной влажности возрастает с уменьшением размера частиц перлита, но для рядового перлита не выходит за пределы 1,5 %.

Основным фактором, усиливающим влияние среды на состояние строительных материалов на основе вспученного перлитового песка и отходов его производства, является фильтрация

воды через тело материалов. Остановив фильтрацию, можно существенно увеличить долговечность и снизить теплопроводность, что является основополагающим для теплоизоляционных материалов, так как теплопроводность при влажности 10 % увеличивается в 2 раза, а при 80 % – в 3...4 раза. Увлажненный вспученный перлитовый песок трудно подвергается сушке; процесс этот длителен и требует значительных трудовых затрат.

Наиболее эффективный способ защиты материалов от увлажнения – их гидрофобизация кремнийорганическими соединениями, которые не снижают теплоизоляционных свойств композиций. Эти соединения представляют собой растворы, разводимые водой либо органическими растворителями, принцип действия которых заключается в том, что силиконы при помощи носителя (вода или растворитель) попадают в толщу обрабатываемого материала и затем поликонденсируются, создавая водоотталкивающий паропроницаемый слой.

Существует ряд кремнийорганических гидрофобизаторов (КОГ), обладающих разной степенью эффективности, как по технологии применения, так и по воздействию на поверхность материалов, поэтому необходимы методы и способы, которые позволили бы оценить степень воздействия КОГ на теплоизоляционные материалы на основе вспученного перлитового песка и отходов его производства.

Для исследования влияния КОГ на внутреннее состояние материалов и на придание им водонепроницаемости и водоотталкивающих свойств были использованы гидрофобизаторы фирмы ООО «САЗИ», г. Люберцы:

– водный раствор алкилсиликонатов «Типром Д» (ТУ 2229-070-32478306-2003);

– раствор Н-силоксанов «Типром К Люкс» (ТУ 226-113-32478306-2004).

Следует отметить, что наиболее эффективной областью применения указанных гидрофобизаторов является обработка материалов с явно выраженными щелочными свойствами, что обусловлено анионноактивными веществами КОГ. Применение их для гидрофобизации материалов из горных пород существенно кислого состава является неэффективным из-за отрицательного заряда их поверхности. К подобным материалам может быть отнесен и перлит. Тем не менее, перлит, являясь эффузивной породой кислого состава, имеет алюмосиликатный состав с массовой концентрацией  $Al_2O_3$  до 14 % и  $Na_2O + K_2O + CaO + MgO$  до 10 % [2].

Принимая во внимание, что в кристаллохимическом аспекте перлит можно представить тетракоординированным каркасным алюмо-

силикатом, входящие в его состав щелочные и щелочеземельные элементы нейтрализуют нескомпенсированный отрицательный заряд алюмокислородных тетраэдров. Благодаря этим элементам, поверхность перлита насыщена щелочными активными центрами, способными адсорбировать молекулы анионноактивных веществ. Эта особенность перлита позволяет рассматривать его в качестве материала, пригодного для гидрофобизации при помощи КОГ.

Рентгенограммы перлита представляют собой типичные кривые рентгеновской дифракции от аморфных веществ. На рис. 1 приведен полнопрофильный расчет рентгенограммы перлита на основе наноразмерной (1...2 нм) структуры – аппроксиманта высокотемпературного кристобалита.

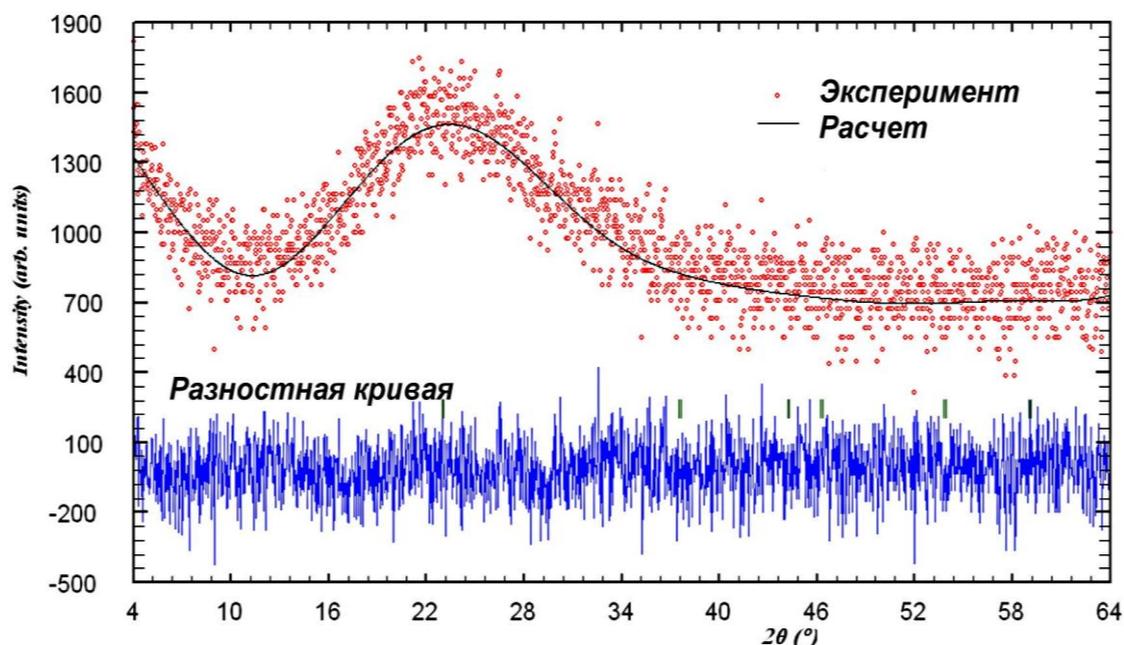


Рис. 1. Полнопрофильное моделирование рентгенограммы перлита как результата рентгеновской дифракции наноразмерным высокотемпературным кристобалитом

Основная задача по гидрофобизации изделий сводилась по своей сущности к гидрофобизации непосредственно самого вспученного перлитового песка и отхода его производства.

Гидрофобизация осуществлялась разными способами:

- обработка перлитового песка и отходов его производства непосредственно при перемешивании формовочной смеси;
- предварительная обработка песка и пудры с последующей сушкой до приготовления формовочной смеси;
- непосредственная обработка поверхности уже готовых изделий.

При проведении эксперимента использовался один и тот же состав стеклоперлита с одинаковыми режимами изготовления.

Для каждого состава при последующем формировании количество применяемых добавок варьировалось от 2,5 % от общего объема до 10 %. После этого изделия проходили тепловую обработку. Предварительная обработка перлитового песка осуществлялась распылением такого же количества добавок, как и в предыдущем случае, с последующей сушкой в течение 24 часов, после чего он использовался для изготовления образцов, которые так же подвергались тепловой обработке.

Способ непосредственной обработки поверхности готовых изделий, которые прошли

тепловую обработку с дальнейшей сушкой в течение 24 часов заключался в их обработке с помощью распылителя при постоянном количестве применяемых добавок.

Испытание на водопоглощение проводилось в соответствии ГОСТ 17177–94.

Результаты показали, что при первом способе обработка оказалась неэффективной из-за неравномерности покрытия всех частиц вспученного перлита добавками, а так же можно предположить, что еще одной из причин недостаточной гидрофобизации могла оказаться не термостабильность добавок, так как после фор-

мования образцы подвергались тепловой обработке.

При предварительной обработке песка с последующей сушкой и непосредственной обработке поверхности уже готовых изделий водопоглощение значительно меньше, что можно объяснить более равномерным распределением добавки с помощью ее распыления.

Для оценивания степени взаимодействия КОГ с поверхностью перлита, было предпринято изучение методом ИК-спектроскопии обработанных различными способами материалов.

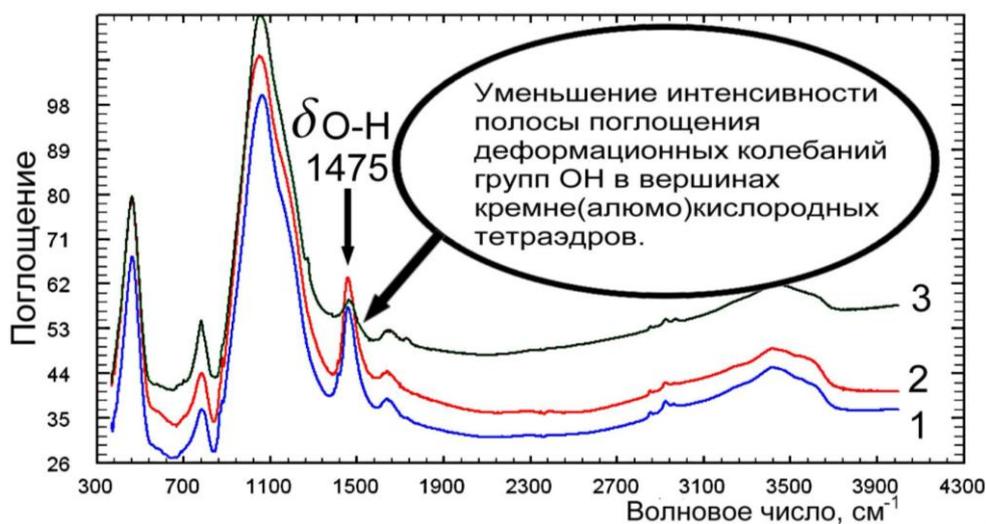


Рис. 2. Сравнение нормированных ИК-спектров исходного перлита (1) и обработанного КОГ «Типром Д» при перемешивании формовочной смеси (2) и поверхности готовых изделий (3)

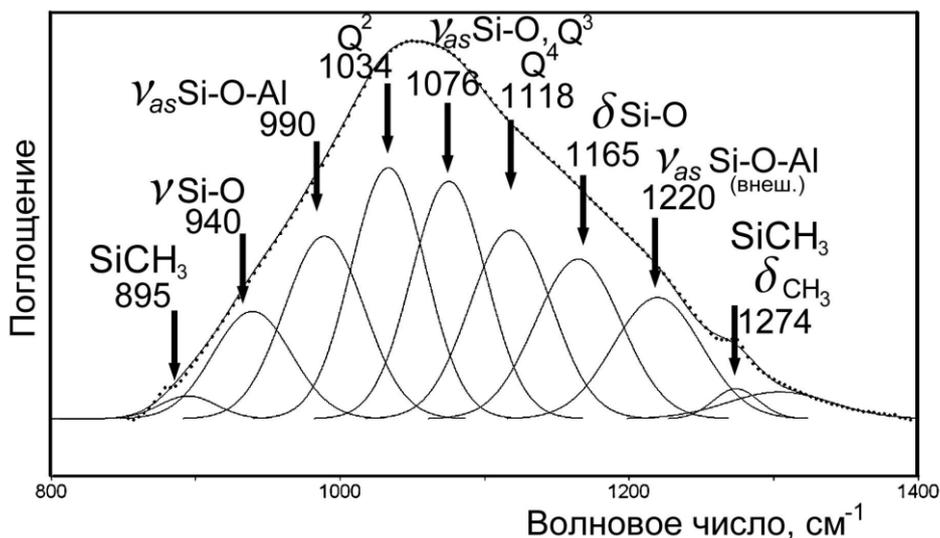


Рис. 3. Деконволюция ИК-спектрального профиля поверхностно обработанного перлита КОГ «Типром Д» и результаты корреляции выделенных элементарных профилей полос поглощения. Q<sup>2</sup>, Q<sup>3</sup> и Q<sup>4</sup> – цепочечные, слоистые и каркасные фрагменты тетраординированных алюмосиликатов

На рис. 2 приведено сравнение ИК-спектров перлита, обработанного КОГ «Типром Д» различными способами.

При внешнем совпадении спектральных кривых, отмечается существенное уменьшение

интенсивности поглощения связанного с колебательными модами немостиковых гидроксильных групп в вершинах поверхностных Si(Al)-тетраэдров обработанного материала. Данный факт может уверенно свидетельствовать

о повышении гидрофобизации поверхности перлита КОГ. При этом максимальное снижение интенсивности поглощения отмечается на ИК-спектре поверхностно обработанного перлита.

Решение вопроса о механизме взаимодействия молекул КОГ с поверхностью перлита выходит за рамки данной работы. Тем не менее, была предпринята попытка зафиксировать на ИК-спектрах обработанных образцов материала диагностических полос поглощения для основных молекулярных группировок, составляющих КОГ.

С этой целью профиль широкой полосы поглощения в средневолновой области ( $800 \dots 1350 \text{ см}^{-1}$ ) образца поверхностно обработанного материала был деконволирован, на основе производной четверного порядка спектральной кривой, для выделения элементарных профилей полос ИК-поглощения.

Коэффициент корреляции экспериментального и расчетного профиля составил 0,999. Результат деконволюции и корреляции значений волновых чисел рассчитанных элементарных профилей конкретными колебательными модами молекулярных группировок, согласно [3, 4], приведены на рис. 3.

В частности, зафиксированы профили поглощения колебательных мод, характерных для группировок  $\text{SiCH}_3$ , входящих в алкилсиликонаты (КОГ «Типром Д»), адсорбированного на поверхности частиц перлита.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о том, что добавки-гидрофобизаторы существенно снижают водопоглощение материалов на основе вспученного перлитового песка и отхода его производства. Добавка «Типром К Люкс» обладает лучшими гидрофобными свойствами по сравнению с «Типром Д» при поверхностной обработке материала и при предварительной обработке заполнителя, что способствует снижению водопоглощения для стеклоперлита с 56 % по объему до 11 % при предварительной гидрофобизации вспученного перлитового песка и до 7 % при поверхностной обработке материала. Добавка «Типром Д» обладает лучшими гидрофобными свойствами по сравнению с «Типром К Люкс» при введении добавки в смесь при формовании, снижая водопоглощение по объему стеклоперлита с 56 % до 22 %.

Разработанные способы уменьшения водопоглощения за счет различных вариантов гидрофобизации материалов, изготовленных с использованием вспученного перлитового песка и отходов его производства, позволили улучшить эксплуатационные свойства и расширить их области применения в качестве высокоэффективной теплоизоляции конструкций зданий, технологического оборудования и теплосетей.

*\* Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках: ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009-2013 годы) по проектам № 2010–1.207–075 и № 16.740.11.0770; Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; Гранта РФФИ "Разработка новых подходов к созданию нано- и микроструктурированных строительных композитов на основе природных и техногенных полифункциональных прото- и сингенетических наносистем".*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова, Л.А. Теплоизоляционные материалы на перлитовом сырье [Текст] / Л.А. Сулейманова, [и др.] // Материалы Междунар. науч.-практ. конф «Инновационные материалы и технологии». – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – Ч. 4. – С. 234–238.
2. Rotella, B.M. MARILLA PERLITE - VOLCANIC GLASS OCCURRENCE, BRITISH COLUMBIA, CANADA [Text] / B.M. Rotella, G.J. Simandl, W.J. McMillan, N.D. Robinson // 37th Annual Forum on Industrial Minerals Proceedings, Industrial Minerals with emphasis on Western North America. British Columbia Ministry of Energy and Mines, Geological Survey Branch. 2004. – № 2. – P. 263–272.
3. Воронков, М.Г. Силоксановая связь [Текст] / М.Г. Воронков, В.П. Милешкевич, Ю.А. Южелевский. – Новосибирск: Наука, 1976. – 413 с.
4. Анфилогов, В.Н. Силикатные расплавы. Ин-т минералогии УрО РАН [Текст] / В.Н. Анфилогов, В.Н. Быков, А.А. Осипов. – М.: Наука, 2005. – 357 с.