

КАМАЛЯН Р. С., КУПРИЯШКИНА Е. И., КУПРИЯШКИНА Л. И.
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Аннотация. В работе изучена возможность создания новых теплоизоляционных материалов. Рассмотрена модификация диатомита, который используется в качестве наполнителя для получения вакуумированных плит. Определены оптимальные режимы модификации.

Ключевые слова: теплоизоляционные свойства, вакуумированная панель, модификация, наполнитель, энергоэффективность, диатомит, осадок, структура.

KAMALYAN R. S., KUPRIYASHKINA E. I., KUPRIYASHKINA L. I.
THERMAL INSULATING MATERIALS OF NEW GENERATION

Abstract. The article studies the possibility of new insulating materials development. The study considers a modification of diatomite used as a filler in order to obtain vacuum panels. The optimal conditions of modification are specified.

Keywords: thermal insulation properties, vacuum panel, modification, filler, energy efficiency, diatomite, sediment, structure.

В 2013 году разработана и утверждена Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Мордовия» на 2014–2020 годы с общим объемом финансирования 4 606,2 миллиона рублей. Одним из базовых документов для этой программы стал Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Сегодня идет активный поиск прорывных возможностей, связанных с энергоэффективностью применительно к строительной отрасли. Мероприятия по энергосбережению могут быть разными. Один из самых действенных способов увеличения энергоэффективности зданий – применение современных технологий энергосбережения, что подразумевает так же сознание новых эффективных теплоизоляционных материалов нового поколения.

В России необходимо значительно увеличить объемы производства теплоизоляционных материалов, расширить их ассортимент, улучшить качество и повысить долговечность. Традиционным для России «теплым материалом» является древесина, однако она недолговечна: горит, гниет, подвержена биодegradации. Теплоизоляция на основе синтетических материалов дешевле, легче, теплее, но она горит, выделяет вредные газы,

нарушает экологию жизненного пространства. Поэтому в последние годы активно ведутся разработки по созданию эффективных теплоизоляционных материалов нового поколения на основе минеральных порошков, вакуумированных в специальных пакетах [1].

Германия, Япония, США, Китай уже разработали, производят и применяют в строительной отрасли вакуумированные теплоизоляционные панели, форма и геометрия которых обеспечиваются минеральным порошком, играющим роль наполнителей. Теплоизоляционные панели имеют коэффициент теплопроводности в диапазоне $0,002 \div 0,02$ Вт/(м·К), который на порядок ниже, чем у пенополистирола или пенополиуретана. Производство вакуумных изоляционных панелей освоено в Западной Европе. Предприятия Германии выпускают несколько видов теплоизоляционных панелей типа VIP. Особая роль в технологии производства вакуумных теплоизоляционных панелей отводится наполнителям, которые в данном случае являются многофункциональными и поликомпонентными.

Исходя из функциональных требований, наполнитель должен обеспечивать стабильные теплозащитные свойства VIP на весь нормативный или расчетный срок эксплуатации. Для этого, согласно экспериментальным данным, наполнитель должен иметь следующие характеристики: пористость в состоянии свободной засыпки выше 92%; крупность частиц менее 0,2 мм с высокой степенью однородности; координационное число в пределах $2 \div 4$, фрактальная размерность неоднородностей поверхности зерен наполнителя – в пределах 2,4–2,7; элементный состав более чем на 90% должен состоять из оксидов кремния.

В то же время многокомпонентный наполнитель должен: обеспечивать заданную форму при изготовлении и в процессе эксплуатации; воспринимать значительное внешнее давление; обеспечивать возможность управления созданием многоуровневой поровой структуры наноразмерного уровня. Поэтому рассматривалась возможность применения при производстве вакуумных теплоизоляционных панелей дисперсных порошков из природных диатомитов. Особенности поровой структуры и морфологии поверхностей, составляющих диатомиты и порошок FRONT-VIP частиц микрометровых размеров, исследовались на многофункциональном электронном микроскопе Quanta 200 i3D. На рис. 1 представлена микрофотография фрагмента панциря створок диатомовых водорослей, причем кремнистые остатки могут иметь весьма разнообразную форму, а размеры поровых каналов лежат в пределах 0,4–2,6 мкм [2].

Определение и оценку структурных характеристик дисперсных порошков выполнили методом малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР). Были исследованы особенности структурных неоднородностей природного диатомита Атемарского месторождения, а также

порошка-наполнителя вакуумной изоляционной панели FRONT-VIP компании VACU – ISOTECKG. Характер кривых $I(s)$ свидетельствует о том, что исследованные материалы содержат в своем составе рассеивающие неоднородности (поры) разных линейных размеров, а высокие значения интенсивности рассеяния обусловлены резким контрастом, вызванным большой разницей между плотностью кремнеземных частиц и порами. На рис. 2 показаны экспериментальные кривые МУРР природного диатомита Атемарского месторождения и порошка-наполнителя изоляционной панели FRONT-VIP.

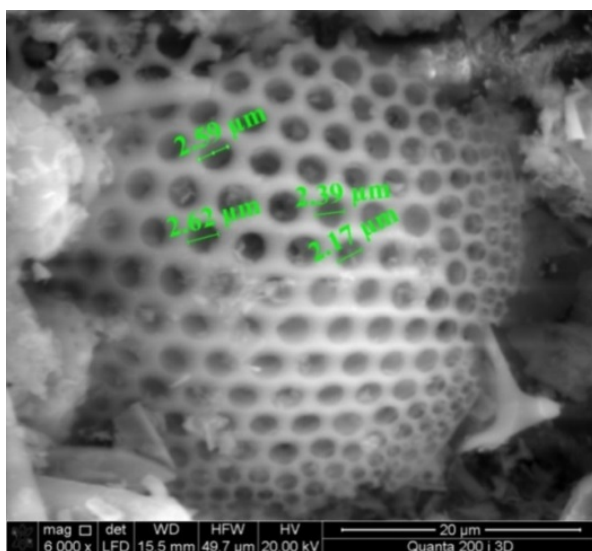


Рис.1. Микрофотография фрагмента панциря диатомовой водоросли.

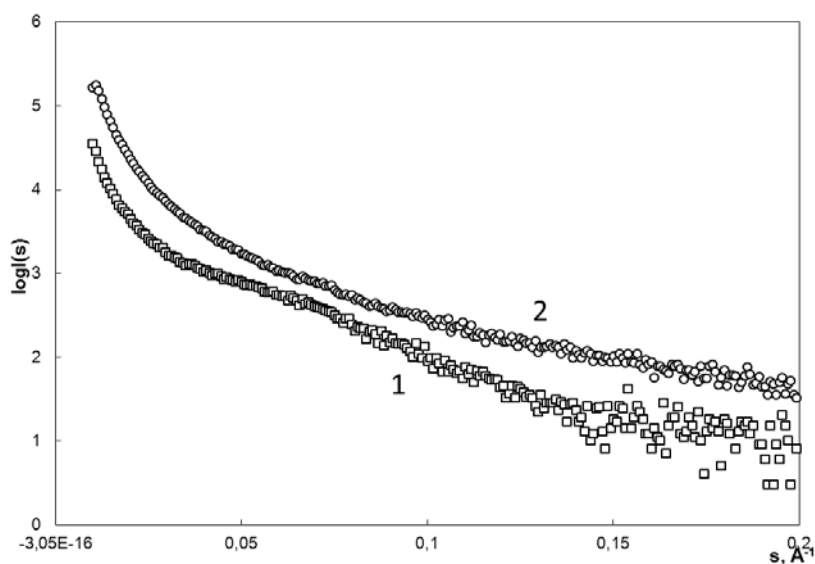


Рис. 2. Кривые малоуглового рентгеновского рассеяния дисперсных порошков:
1 – природного диатомита; 2 – порошка-наполнителя FRONT-VIP.

На кривой МУРР диатомита Атемарского месторождения выделяются три прямолинейных участка, соответствующих значениям вектора рассеяния: $0,013 \div 0,026$; $0,031 \div 0,061$ и $0,067 \div 0,095 \text{ \AA}^{-1}$. Параметр α для этих участков 2,59, 1,56 и 3,73; размеры неоднородностей, соответственно, $24 \div 48$, $10 \div 20$ и $7 \div 9$ нм. Наиболее крупномасштабные рассеивающие объекты ведут себя как массовые фракталы с фрактальной размерностью $D = \alpha = 2,59$, что характерно для разветвленных самоорганизованных пористых структур. Второй прямолинейный участок индикатрисы $\lg I(s) - \lg s$ соответствует неоднородностям с фрактальной размерностью $D = 1,56$, которые могут представлять собой кластеры в виде изогнутых цепочек сферических пор нано- и микрометрового масштаба, возможно, поровые каналы. Кроме массовых фракталов в природном диатомите Атемарского месторождения наблюдаются неоднородности с фрактальной поверхностью раздела. Размеры таких неоднородностей $7 \div 9$ нм, а фрактальная размерность – $D_s = 6 - \alpha = 2,27$. Такое значение фрактальной размерности соответствует несильно изрезанной поверхности, если учесть, что совершенно гладкая поверхность имеет $D_s = 2,0$, а сильно изрезанная пористая поверхность – 3,0. Результаты дают основания считать, что изученные зернистые системы пригодны: для создания теплоизоляционных материалов нового поколения; в качестве наполнителей вакуумных изоляционных панелей.

Однако для получения наполнителя с перечисленными выше характеристиками для вакуумированных панелей диатомит в чистом виде не приемлем, необходима его модификация. Для проведения эксперимента была использована математическая модель процессов – двухфакторной план (метод Коно), где варьировались следующие факторы: X_2 – концентрация щелочи для обработки диатомита (10, 20, 30%), X_1 – температура обработки (50, 70, 90°C). Были получены полиномиальные уравнения, описывающие оптимальные режимы модификации. Анализ полученных экспериментальных данных показал (рис. 3), что наибольший выход модифицированного продукта получен при обработке диатомита 30 % раствором щелочи при температуре 90 °C. Рентгеноструктурный анализ позволил выявить наибольшее содержание чистого оксида кремния в модифицированном диатомите, что составило 98,98%. Такое количество оксида кремния было получено при обработке диатомита 10% раствором щелочи при температуре 50 °C.

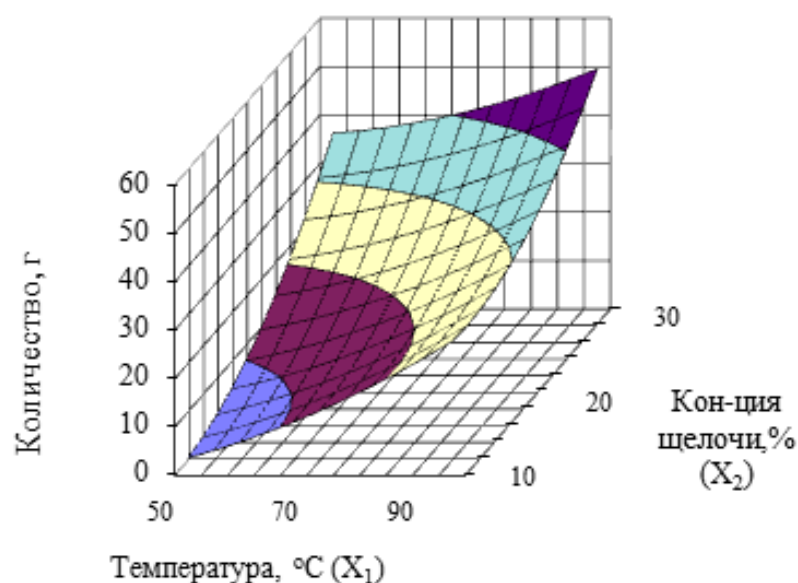


Рис. 3. Оптимизация режимов получения модифицированного диатомита.

Сырьевой базой для получения кремнезёма в республике Мордовия могут служить два месторождения диатомита – Атемарское и Анучинское с суммарными запасами 21 106 тыс.м³. По результатам проведенных исследований был разработан и запатентован способ получения тонкодисперсного аморфного микрокремнезёма (патент на изобретение РФ №2526454), который можно использовать в качестве наполнителя вакуумированных панелей [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Селяев В. П., Осипов А. К., Неверов В. А., Куприяшкина Л. И., Маштаев О. Г., Сидоров В. В. Теплоизоляционные свойства материалов на основе тонкодисперсных минеральных порошков // Строительные материалы. – 2013. – № 1. – С. 61–63.
2. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе вакуумированных дисперсных порошков микрокремнезема и диатомита: монография / В. П. Селяев, В. А. Осипов, Л. И. Куприяшкина [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 220 с.
3. Пат. № 2526454 Российская федерация, МПК С1. Способ получения тонкодисперсного аморфного микрокремнезема / В. П. Селяев, А. К. Осипов, А. А. Седова, Л. И. Куприяшкина; Заявитель Мордов. гос. ун-т им. Н.П. Огарева. – № 2013104054; заявл. 30.01.13; опубл. 30.06.14.