

**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 $2,4 \div 2,7$; 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 $0,4 \div 2,6$ 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.

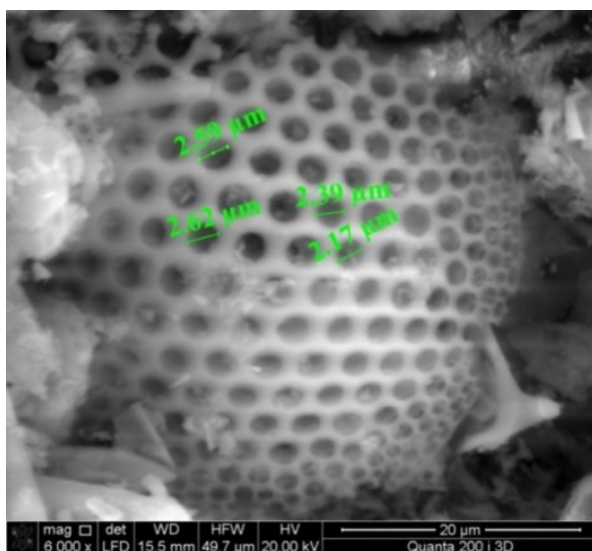


Рис.1. Микрофотография фрагмента панциря диатомовой водоросли.

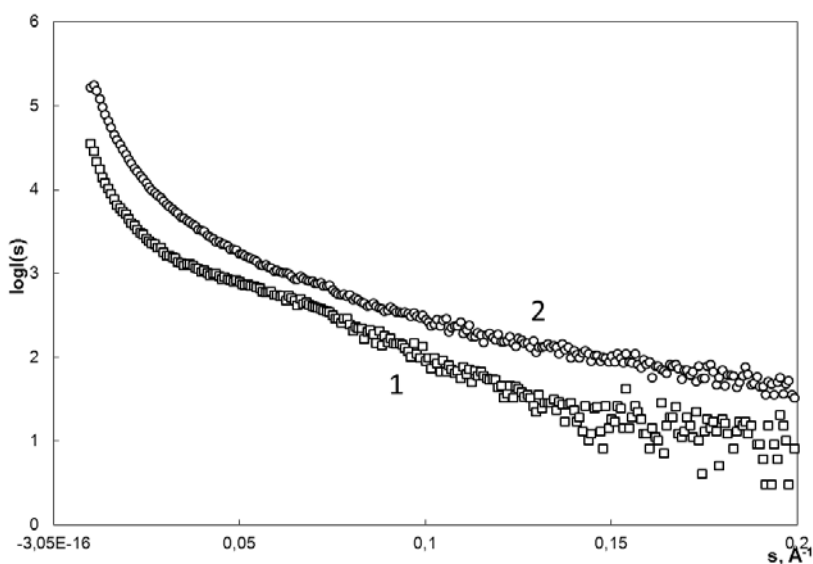


Рис. 2. Кривые малоуглового рентгеновского рассеяния дисперсных порошков: 1 – природного диатомита; 2 – порошка-наполнителя FRONT-VIP.

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.

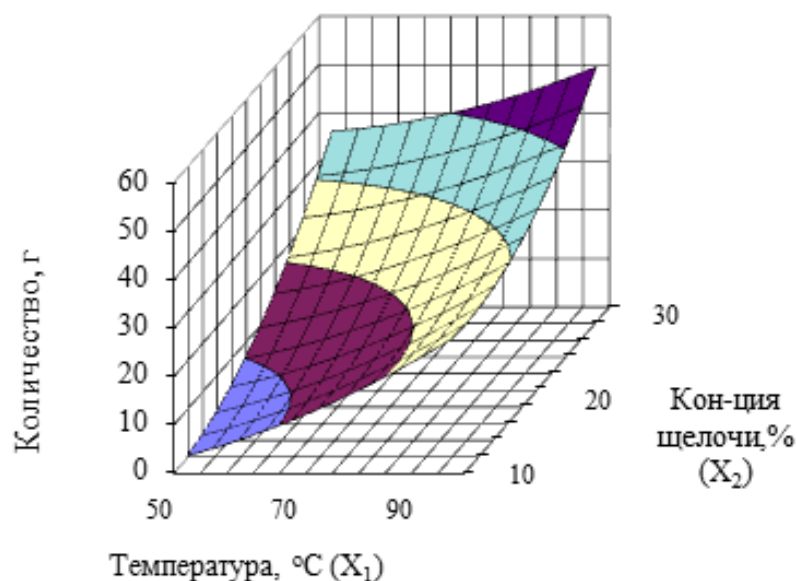


Рис. 3. Оптимизация режимов получения модифицированного диатомита.

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.