

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С АНТИМИКРОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Институт прикладной нанотехнологии (ИПН)¹ совместно с Институтом медико-биологических проблем (ИМБП) РАН², Центром лазерной технологии и материаловедения при Институте общей физики (ЦЛТМ при ИОФ) РАН³ и Фондом Сальваторе Мауджери (Италия)⁴ разработал с использованием природных бифункциональных наносистем технологии поверхностной и объемной модификации текстильных, нетканых и полимерных материалов для придания им антимикробных, фунгицидных и других свойств. Материалы перспективны для медицинской и санитарно-гигиенической практики, фармацевтики и косметологии, при производстве и эксплуатации ряда изделий бытового и специального назначения, как добавка (премиксы) к кормам в животноводстве.

БИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ НАНОСИСТЕМЫ

Бифункциональные наносистемы создавались на основе обладающих выдающимися профилактическими, гигиеническими и лечебными свойствами монтмориллонитовых глинистых структур, модифицированных ионами биометаллов – серебра, меди, цинка, железа, магния, кобальта, марганца.

Технология включает интеркаляцию ионов биометаллов в межпакетные пространства кристаллической сло-

истой структуры Na-формы монтмориллонитовой глины (Ca, Na...) (Mg, Al, Fe)₂ [(Si, Al)₄O₁₀] (OH)₂ · nH₂O (рис.1, 2).

Элементарные слои (пластины) и пространства между элементарными слоями в глинистой системе являются наноразмерными и, обладая высокоразвитой активной поверхностью, служат эффективными резервуарами для ионов биометаллов с антимикробной и бактерицидной активностью.

При контакте с биологическими поверхностями (средами, жидкостями, влагой) биоактивные ионы металлов за счет ионного обмена между слоями глины и биологической средой дозированно выделяются с постоянной скоростью из таких своеобразных резервуаров.

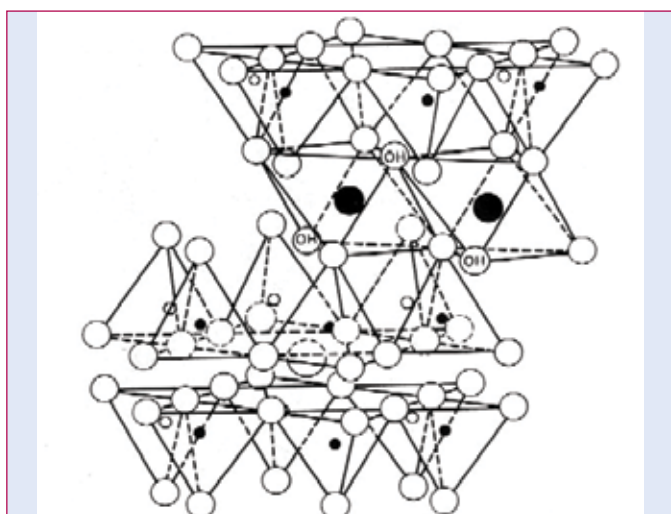


Рис.1 Элементарная ячейка монтмориллонитовой глины

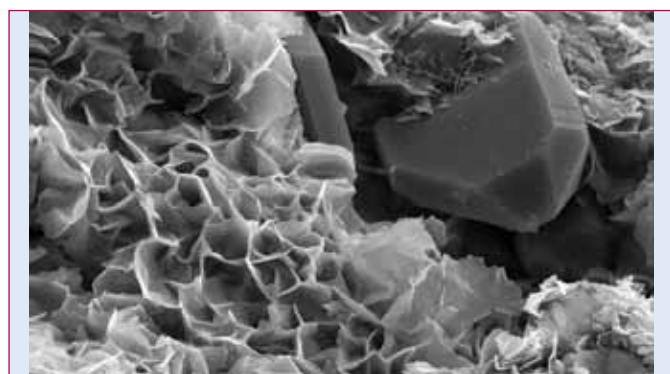


Рис.2 Порошок монтмориллонитовой глины

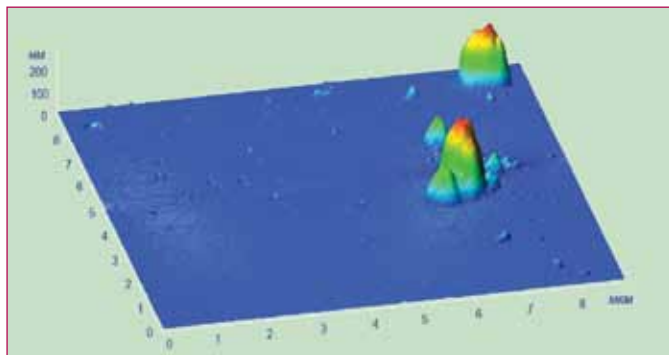


Рис.3 Наночастицы монтмориллонита (10–20 нм) в Ag-форме (ACM Solver P-47 “NT-MDT”)

Объем “межпакетного” пространства глины имеет высокую сорбционную активность к растворам, что используется в медицине для удаления из кожи и ран влаги, продуктов распада биологических тканей и их иммобилизации в глинистой структуре.

Создание бифункциональных наносистем включало разработку самоорганизующихся ультрадисперсных коллоидных систем на основе монтмориллонитовых глин и водных растворов солей различных биометаллов [1].

Формирование таких систем представляет собой самопроизвольное диспергирование твердых тел в жидкой фазе, причем оно может наблюдаться только у материалов, имеющих слоистую структуру. Характерная особенность подобных структур – сильные взаимодействия между атомами в слое и слабые ван-дер-ваальсовы взаимодействия между слоями. Жидкая фаза, проникая между ними, увеличивает межслойное расстояние, взаимодействие слоев ослабевает, и под действием тепловых колебаний становится возможным отрыв наночастиц от поверхности макрофазы.

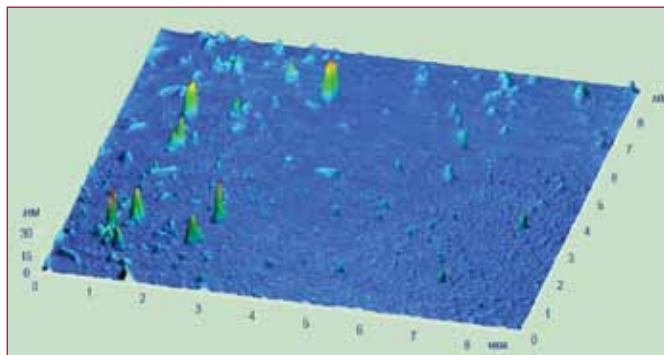


Рис.4 Агрегаты наночастиц монтмориллонита (порядка 200 нм) в Ag-форме (ACM Solver P-47 “NT-MDT”)

Этому состоянию отвечает дезинтеграция глины на элементарные пластины, которые в истинном смысле являются наночастицами, обладающими колоссальной поверхностной энергией и адсорбционной способностью. При характерном размере в 20 нм отношение общей площади таких частиц к их суммарному объему достигает в относительных единицах 300–350 тыс.

Коллоидные наночастицы монтмориллонита в Na-форме вследствие ионного обмена взаимодействуют с ионами биометаллов жидкой фазы с образованием комплексных соединений с поверхностными алюмоиольными и силаноильными группами монтмориллонита. В результате между слоями и на поверхности наночастиц достигается максимальная концентрация ионов биометалла.

Используя для отделения монтмориллонита от маточного раствора центрифугирование, специальную промывку и сушку с последующим измельчением, можно получить ультрадисперсные порошки в различной форме, с максимальным

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ

В ноябре 2009 года исполнилось 10 лет ежемесячному междисциплинарному теоретическому и прикладному научно-техническому журналу
«Нано- и микросистемная техника»

ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РУБРИКИ

- Элементы нано- и микросистемной техники (МНСТ).
- Материаловедческие и технологические основы МНСТ.
- Моделирование и конструирование МНСТ.
- Нанотехнологии и зондовая микроскопия.
- Молекулярная электроника и биоэлектроника.
- Системы на кристалле.
- Применение МНСТ.
- Информация.

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. П.Мальцев.

Зам. гл. редактора – д-р техн. наук, проф. В.Лучинин.

Редакционный совет: академики РАН – А.Асеев, С.Гапонов, Д.Климов, В.Шевченко.

С 1999 по 2004 год название журнала – «Микросистемная техника» (ISSN 1684-6419). С 2005 года журнал издается под нынешним названием (ISSN 1813-8586).

Название ориентировано на расширение проблематики журнала, позволяет учесть динамику развития микросистемной техники, переход от технологических приемов микроэлектроники к нанотехнологии, использованию наноматериалов, созданию наносистемной техники.

С апреля 2003 года журнал включен в Перечень научных и научно-технических изданий ВАК России. С мая 2003 года выпускается при научно-методическом руководстве Отделения нанотехнологий и информационных технологий (ранее – Отделение информационных технологий и вычислительных систем РАН).

<http://www.microsystems.ru>.

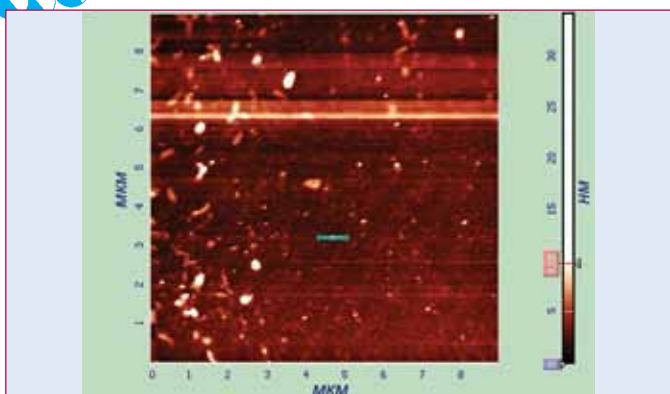


Рис.5 Размеры наночастиц монтмориллонита в Ag-форме (метод сечений). Размеры по оси Z (нм) и осям X-Y (мкм) (цветовое отображение распределения размеров)

содержанием ионов биометаллов и очень высокой адсорбционной активностью.

Дополнительное применение кремнийорганических полимерных структур в указанных выше наносистемах позволяет синтезировать различные препараты, в том числе антимикробные с широким спектром применения и высокими эксплуатационными характеристиками.

ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ, ВНЕДРЕНИЕ

Результаты проведенного комплекса работ.

- Разработан лабораторный технологический регламент получения ультрадисперсного интеркалированного монтмориллонита в Ag- и Cu-формах.
- Предложены лабораторные методики количественного определения обменных катионов и общего содержания серебра и меди в монтмориллоните.
- Получены лабораторные образцы ультрадисперсного монтмориллонита в Ag-, Cu-, Zn-, Co- и Se-формах.
- Разработаны технические условия на ультрадисперсные порошки монтмориллонита в Ag-форме и на водно-спиртовые дисперсии на их основе.
- Исследованы структура и размеры нанодисперсных коллоидов монтмориллонита, а также образцы монтмориллонита в Na-, Cu- и Ag-формах. Для этих целей использованы ультразвуковое диспергирование, АСМ и динамическое

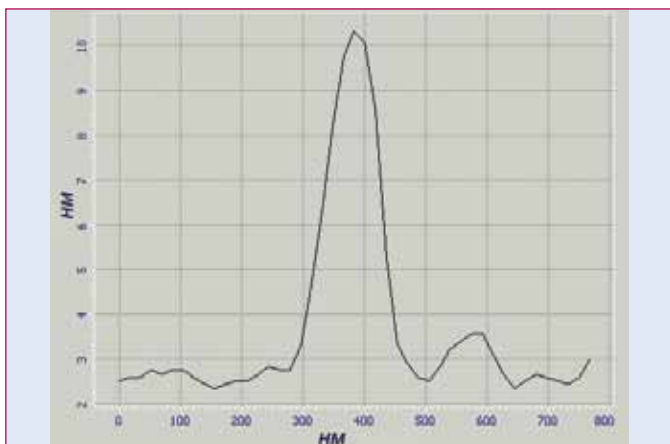


Рис.6 Размеры наночастиц монтмориллонита в Ag-форме (метод сечений) — графическое отображение

рассеяние света. Показано, что в образцах присутствуют частицы размерами 10–20 нм и их агрегаты размером порядка 200 нм (рис.3–6).

- Методом ИК-спектроскопии исследованы состояние и степень интеркаляции нанодисперсных коллоидов монтмориллонита в Ag- и Cu-формах. Установлено, что ИК-характеристики наносистем в Ag-и Cu-формах существенно отличаются (рис.7). Также выявлено влияние ультразвуковой обработки на состояние наносистем, что подтверждает эффективность метода для оценки молекулярно-ионной структуры и процессов ионного обмена в наносистемах [2].
- Проведена оценка бактерицидных свойств водных дисперсий монтмориллонита, модифицированного ионами различных металлов. Установлено, что 5%-ные водные растворы дисперсий обладают высокой антимикробной активностью в отношении грамположительной, грамотрицательной и спорообразующей флоры.
- Оценены фунгицидные свойства водных дисперсий монтмориллонита, модифицированных ионами различных металлов. Установлено, что наибольшей антифунгальной активностью обладают дисперсии в Ag-, Zn- и Cu-формах, демонстрирующие фунгистатические и фунгицидные свойства, различающиеся по отношению к различным видам грибов.
- Исследована санитарно-химическая стабильность нанокompозитных материалов. Методом термодесорбционной хроматомасс-спектрометрии установлено, что антимикробные наноструктурированные добавки монтмориллонита в Ag-, Co- и Cu-формах к лакокрасочным материалам обеспечивают многократное уменьшение токсичных газовой выделений летучих органических соединений.
- В рамках российского научного проекта “Марс-500” проведены натурные 105-суточные испытания постельного и нательного белья, модифицированного разработанными антимикробными наносистемами. Получены положительные результаты и намечены такие же испытания одежды и элементов интерьера.
- На ФГУП “Реутовский экспериментальный завод средств протезирования” освоен выпуск опытных партий изделий

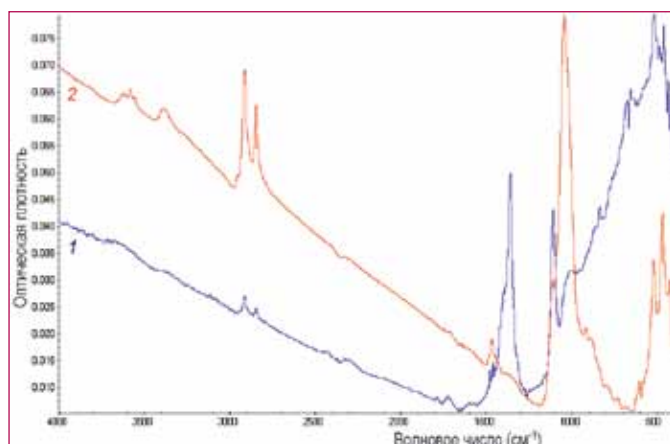


Рис.7 Сравнение ИК-спектра монтмориллонита, интеркалированного ионами Ag⁺ (1) и Cu²⁺ (2)

малой ортопедии с антимикробными наноструктурированными покрытиями на основе полимерных композиций [3].

- Под зарегистрированным названием “Moonclay” (unguentum, AgCu) выпущена опытная партия бактерицидной и фунгицидной мази для обработки кожи [3].

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ НАНОСИСТЕМ

В первую очередь предполагается организовать производство продукции для следующих областей применения:

- антимикробная и фунгицидная обработка текстильных изделий;
- антимикробные лакокрасочные материалы;
- полимерные изделия (в том числе медицинские) с антимикробными свойствами;
- лечебные косметические средства.

После проведения следующего этапа научно-исследовательских работ планируется разработать и запустить в производство продукцию следующего назначения:

- премиксы микроэлементов для животноводства и растениеводства;
- новое поколение древесных пеллет (биотоплива) с пониженной эмиссией оксидов азота;
- стабилизаторы полимерных материалов нового поколения,

уменьшающие почти на порядок газовыделение при их термоокислительной деструкции.

Подробная информация – <http://www.nanoapply.ru>.

Авторы выражают благодарность И.Махонину, М.Афанасьеву, К.Филиппову (ИПН); Н.Новиковой (ИМБП РАН) и С.Коровину (ЦЛТМ при ИОФ РАН) за активное участие в экспериментальных исследованиях по рассмотренной в статье проблеме и конструктивное обсуждение полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Беклемышев В.И., Махонин И.И., Мауджери У.О.Д.** Наноматериалы и покрытия с антимикробными свойствами. В кн.: Нанонаука и нанотехнологии. Энциклопедия систем жизнеобеспечения. UNESCO-EOLSS Encyclopedia. – М.: ЮНЕСКО, EOLSS, ИД МАГИСТР ПРЕСС, 2009, с. 804–831.
2. **Korovin S.B., Pustovoy V.I., Beklemyshev V.I., Machonin I.I.** Infrared Spectroscopy To Characterize Clay Intercalation. International Conference ALT 09 “Advanced Laser Technologies”, Turkey, 2009, p. 15–17.
3. **Beklemyshev V.I., Machonin I.I., Maugeri U.O.D., Orlov O.I., Pustovoy V.I.** and other. Nanostructured biocides for means of rehabilitation. IV Congress «SIRAS» (Nuove tecnologie e riabilitazione di alta specializzazione), Italy, 2009, p. 25–29.