

Реакция (1) протекает в диапазоне 600-800°C, а реакция (2) в диапазоне 700-1000°C.

В керамике на основе $\beta\text{-NaCaPO}_4$ быстро протекающее полиморфное превращение вызывает образование трещин. Для предотвращения этого явления предложено использовать материалы, содержащие высокотемпературную полиморфную модификацию $\alpha\text{-NaCaPO}_4$ нестехиометрического состава с $\text{Ca/Na} > 1$.

Взаимодействие исследованных материалов с водными растворами приводит к образованию на поверхности нанокристаллов гидроксипатита, микроморфология которых (иглы или пластины) зависит от условий проведения гидролитической реакции. Исследованные в работе материалы можно ранжировать следующим образом в порядке возрастания резорбируемости в нейтральных и слабощелочных растворах: $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2 < \beta\text{-(Ca, Na)}_3(\text{PO}_4)_2 \sim \beta\text{-NaCaPO}_4 < \alpha\text{-NaCaPO}_4$. Высокотемпературный ренанит $\alpha\text{-NaCaPO}_4$ является перспективным компонентом для создания резорбируемой биокерамики на его основе; значение pH его водной суспензии (близкое к 8) является приемлемым для рекомендации этого материала к дальнейшим медико-биологическим испытаниям.

СИНТЕЗ И БИМЕДИЦИНСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ

Полежаева О.С.¹, Иванов В.К.¹, Щербаков А.Б.², Шаповалов А.С.¹, Баранчиков А.Е.¹, Гиль Д.О.³

¹ Институт Общей и Неорганической Химии им. Н.С. Курнакова РАН,

² Национальный университет пищевых технологий,

³ Факультет наук о материалах, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

E-mail: polezhaeva.olga@gmail.com

Москва, Россия

Киев, Украина

Наночастицы диоксида церия способны непосредственно связывать реакционноспособные кислородсодержащие соединения, что обусловлено их значительной кислородной нестехиометрией, возрастающей с уменьшением размеров частиц. Благодаря этому свойству нанокристаллический CeO_2 представляет значительный практический интерес как представитель нового класса неорганических антиоксидантов.

В настоящей работе предложен широкий набор синтетических методов получения нанопорошков диоксида церия с контролируемой микроморфологией, а также зольей диоксида церия с заданным размером (в диапазоне 1-40 нм) и формой частиц в водных и неводных средах, изучены основные размерные эффекты, характерные для нанокристаллического диоксида церия, а также проведены эксперименты по изучению антиоксидантной и биологической активности водных и неводных зольей диоксида церия.

На основании анализа широкого круга образцов, полученных методами «мягкой химии», уточнена зависимость кислородной нестехиометрии и параметра элементарной ячейки CeO_2 от размера частиц. Определен критический размер частиц CeO_2 (1.1-1.3 нм), при котором происходит полное восстановление Ce(IV) до Ce(III) .

Исследованы антиоксидантные свойства наночастиц водных зольей диоксида церия стабилизированных цитратом натрия и полиакриловой кислотой. Полученные наночастицы CeO_2 (~1 нм) являются устойчивыми как в воде и буферных средах, так и в физиологических жидкостях. Показано, что наночастицы CeO_2 способны существенно замедлять окисление антоцианов винограда под действием пероксида водорода при $\text{pH} \geq 7.0$. В кислых растворах ингибирования не наблюдается.

Показано, что золи диоксида церия (2-5 нм) в неполярных растворителях характеризуются антиоксидантной активностью, существенно превышающей активность таких антиоксидантов, как β -каротин и коэнзим Q10.

Впервые были проведены исследования воздействия нанокристаллического диоксида церия на бактерии *Escherichia coli* (штамм TG1). Установлено, что интенсивность биолюминесценции как в присутствии, так и в отсутствии диоксида церия с течением времени умень-

шается, однако скорость ингибирования ферментативной активности при внесении CeO_2 в культуры бактерий резко снижается. Впервые установлено, что биологическая активность CeO_2 определяется размером наночастиц.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 08-03-00471) и Программы Президиума РАН №27 «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов».

СТАБИЛИЗАЦИЯ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ МАГГЕМИТА ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

Дубов А.Л.¹, Гольдт А.Е.¹, Соркина Т.А.², Гудилин Е.А.¹, Перминова И.В.², Давыдова Г.А.³

¹ Факультет Наук о Материалах МГУ им. М.В. Ломоносова,

² Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,

³ Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пушкино Московская обл., Россия

E-mail: Chekanova@inorg.chem.msu.ru

Москва, Россия

В настоящее время магнитные наночастицы относят к одному из перспективных и интересных классов материалов. Возможной областью их использования является биомедицинское применение: адресная доставка лекарств, магнитная гипертермия, магнитно-резонансная томография, разделение физиологически-активных веществ и т.д.

Существует множество экспериментальных подходов, воспроизводимых обеспечивающих комплекс необходимых физико-химических свойств магнитных наночастиц, однако до сих пор полностью не решены задачи по предотвращению их агрегации и хранению в высокодисперсном состоянии в течение длительного времени. Одним из способов решения подобных проблем является изоляция наночастиц в инертных матрицах, препятствующих их агрегации, «старению» и позволяющих контролируемо переводить наночастицы в раствор с сохранением химического и фазового состава.

Возможным подходом для дальнейшего использования магнитных наночастиц является создание стабильных суспензий с использованием биосовместимых поверхностно-активных веществ, которые дают возможность осуществлять дальнейшую модификацию поверхности частиц: связывать их с биомолекулами, лекарственными препаратами и т.д.

В настоящей работе предпринята попытка получения высокодисперсных магнитных наночастиц, которые могли бы храниться в неагрегированном состоянии в течение длительного времени, а при контакте с водной средой – свободно переходить в раствор.

С использованием метода пиролиза азрозолей были получены соляные гранулы с размером ~1 мкм, содержащие в своем составе наночастицы магнитной фазы размером ~5 нм (композит $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-NaCl}$).

Для предотвращения агрегации наночастиц после их перевода из солевой матрицы в водную среду применялись растворы различных гуминовых веществ (ГВ), которые содержат в своем составе большое количество функциональных групп и являются поверхностно активными веществами, благодаря чему возможно получение на их основе суспензий, стабильных в течение длительного времени.

Было установлено, что образование низкотемпературной модификации оксида $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в виде ансамблей слабоагрегированных наночастиц происходит в температурном диапазоне от 600 до 700°C. Диспергирование композита в раствор ГВ проводилось с применением двух подходов: разрушения микросфер с использованием помола в планетарной мельнице и ультразвуковой обработки суспензий магнитных частиц. В работе показана эффективность использования ГВ, как стабилизаторов для магнитных наночастиц.

Полученные результаты по цитотоксичности в отношении модельных клеточных культур (фибробласты линии NCTC clone L-929) свидетельствуют об отсутствии токсичности как гуминовых веществ, так и препаратов магнитных наночастиц, стабилизированных гуминовыми веществами. Из литературы известно, что ГК могут иметь терапевтический эффект сами по себе, поэтому

их использование в сочетании с магнитоактивным компонентом позволяет проводить разработку новых классов наноматериалов для биомедицинских целей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, ЗОЛОТА И МАГНЕТИТА С ЖИВЫМИ КЛЕТКАМИ

Поморцева Е.Л.¹, Козицина А.Н.², Герасимова Е.Л.¹, Субботина Н.С.³, Бейкин Я.Б.³

¹ Уральский государственный экономический университет,

² Уральский государственный технический университет УГТУ-УПИ,

³ Клинико-диагностический центр,

E-mail: ekaterina.pomortseva@yandex.ru

Екатеринбург, Россия

Перспективы практического применения нанотехнологий впечатляют, однако материалы на их основе не могут не вызывать опасений в отношении их биологической совместимости и возможных негативных последствий взаимодействия с живыми организмами.

Нами исследовано взаимодействие наночастиц с эмбриональными человеческими клетками легких (WI-38) и выявлены зависимости токсического действия частиц от их размера, природы и концентрации. В качестве методов исследования применяли потенциометрический метод (для измерения общей антиоксидантной активности [1]), оптический метод (для оценки жизнеспособности клеток), а также метод инверсионной вольтамперометрии (для определения количества поглощенных клетками наночастиц).

Наночастицы серебра (20 нм) и золота (12 нм) получали восстановлением растворимых солей благородных металлов цитратом натрия. Наночастицы магнетита (10 нм) получали методом соосаждения солей хлорида железа (II) и (III) гидроксидом аммония.

Наночастицы серебра Ag, золота Au (10 и 25 мкг/мл) и оксида железа Fe₃O₄ (1000 и 5000 мкг/мл) вводили в питательную среду, которую затем вносили в исследуемую культуру клеток. Смесь клеток с наночастицами инкубировали 24 часа, после этого удаляли среду, содержащую наночастицы и заменяли ее на свежую, свободную от наночастиц. Для оценки жизнеспособности клеток их отмывали после инкубации один раз фосфатным буфером и добавляли раствор трипанового синего. Подсчитывали общее количество клеток, а также количество живых (неокрашенных) и мертвых (окрашенных) клеток.

В процессе взаимодействия наночастиц благородных металлов с клетками наблюдали значительное уменьшение антиоксидантной активности. Наночастицы Fe₃O₄ инициировали незначительный оксидантный стресс.

Одновременно наблюдали, существенное уменьшение доли живых клеток в присутствии наночастиц благородных металлов. Оксид железа не оказывал видимого токсического воздействия на жизнеспособность исследуемой линии клеток.

После внесения наночастиц Ag и Au в культуру клеток часть клеток покидала поверхность плашек, образуя «дырки». Эффект оказался более выраженным при воздействии на клетки наночастиц в меньшей концентрации. Показано, что в присутствии Fe₃O₄ «дырок» практически не образуется.

Также определены количества различных наночастиц, поглощаемых клетками. Количество поглощенных клетками наночастиц Fe₃O₄ значительно больше, чем наночастиц благородных металлов. Из результатов исследования следует, что цитотоксичность наночастиц благородных металлов проявляется в большей степени, чем в случае оксида железа.

Обнаружен доза — эффект токсического действия наночастиц в зависимости от их концентрации, что требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kh.Z. Brainina, A.V. Ivanova, E.N. Sharafutdinova, E.L. Lozovskaya, E.I. Shkarina. Potentiometry as a method of antioxidant activity investigation. *Talanta*, 2007; 71, issue 1: 13-18.

Авторы выражают благодарность РФФИ (07-03-96071-р_урала), Правительству Свердловской области (проект «Нанотехнологии в био- и химических сенсорах для мониторинга окружающей среды и здоровья человека») за финансовую поддержку

НАНОКЕРАМИКА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ

Бакунова Н.В.¹, Смирнов В.В.¹, Федотов А.Ю.¹, Баринин С.М.¹, Сергеева Н.С.², Комлев В.С.¹, Фадеева И.В.¹, Шворнева Л.И.¹, Свиридова И.К.², Кирсанова В.А.², Ахмедова С.А.²

¹ Учреждение Российской академии наук

Институт Металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова,

² ФГУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена Росмедтехнологий»

E-mail: smirnov2007@mail.ru

E-mail: prognoz.06@mail.ru

Москва, Россия

Биокерамические кальций фосфатные материалы широко используются в хирургии при восстановлении костной ткани благодаря биосовместимости и биоактивности. Недостатком таких материалов, в частности гидроксиапатита, является низкая скорость резорбции. Альтернативой являются некоторые природные кораллы, обладающие биосовместимостью и более высокой скоростью резорбции. Химический и фазовый состав природных кораллов непостоянен, имеется большое количество примесей, что в большой степени влияет на биологическое поведение. В связи с этим, использование синтетических аналогов кораллов с регулируемым фазовым составом, макро- и микроструктурой, механическими свойствами представляется перспективным.

Цель исследования состояла в получении нанокерамического материала на основе карбоната кальция с высокими пористостью, прочностью и биологическими свойствами.

Нанокристаллический карбонат кальция был синтезирован методом гетерофазного взаимодействия оксида кальция и карбоната аммония. Из порошка были получены керамические скэффолды с пористостью 60% и прочностью до 15 МПа (рис.).

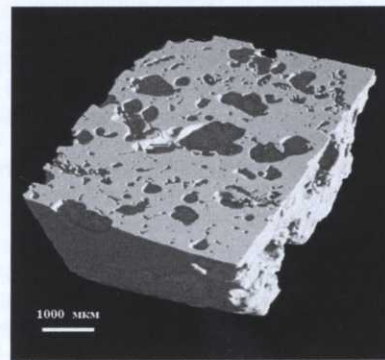


Рис. Структура керамического матрикса.

Были исследованы растворимость в физиологической жидкости. В экспериментах *in vitro* и *in vivo* было показано, что изученные материалы не токсичны, обладают выраженными матричными (для клеток) свойствами и биосовместимы. Начаты исследования по оценке остеозамещающих потенциалов данных образцов при использовании их в качестве имплантатов (самостоятельно) и в составе тканеинженерных конструкций с аутологичными мультипотентными мезенхимальными стромальными клетками.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №08-08-00224-а.