

электролизере с растворимым анодом и существенно различающимися площадями катода и анода, а также оценка его влияния на физико-химические свойства и фазовые переходы.

При получении прекурсоров сложных оксидных систем на основе алюминия, модифицированных ионами Zr(IV), Mg(II) и La(III), в качестве электролита использовали раствор хлорида натрия с концентрацией 0,5 моль/л. Регулирование содержания ZrO₂, MgO и La₂O₃ в составе оксидной системы обеспечивали за счет варьирования концентрации вводимого модификатора [5].

Показано, что введение хлорида магния (0,05–0,2 моль/л) в электролит, при получении оксидной системы Al₂O₃–ZrO₂–MgO, приводит к появлению в конечном продукте при температуре 1100 °С устойчивой фазы MgAl₂O₄, что способствует стабилизации тетрагональной фазы диоксида циркония даже при высокой темпе-

ратуре (1100–1600 °С). Для тройной оксидной системы Al₂O₃–ZrO₂–MgO форма частиц, близка к овальной с размером отдельных кристаллитов 20–60 нм (рис. 1).

Введение La³⁺ в оксидную систему Al₂O₃–ZrO₂–MgO путем добавления ионов La(III) в электролит, приводит к появлению в термообработанном продукте кубической фазы диоксида циркония, а также способствует формированию алюмината лантана LaAlO₃ и цирконата лантана La₂Zr₂O (рис. 2). В случае системы Al₂O₃–ZrO₂–MgO–La₂O₃ на поверхности частиц имеются поры с размером 25–60 нм.

Таким образом, метод, основанный на процессах анодного растворения Al, гидролиза ионов Al³⁺, Zr⁴⁺, Mg²⁺, La³⁺ позволяет в конечном итоге получать сложные оксидные системы Al₂O₃–ZrO₂–M_xO_y (где M=Mg, La) с размерами частиц 20–80 нм.

Список литературы

1. Бардаханов С.П., Ким А.В., Лысенко В.И. // *Неорганические материалы*, 2009.– Т.45.– №3.– С.379–384.
2. Погребенков В.М., Ушакова Т.В., Андриец С.П., Горбатенко В.В. // *Огнеупоры и техническая керамика*, 2013.– №4–5.– С.28–34.
3. Mamivand M., Zaeem M.A., Kadiri H.E. // *Acta Mater*, 2014.– V.64.– P.208–219.
4. Dehestani M., Adolfsson E. // *Appl. Ceram. Technol.*, 2013.– V.10.– №1.– P.129–141.
5. Дресвянников А.Ф., Петрова Е.В., Хайруллина А.И. // *Неорганические материалы*, 2019.– Т.55.– №3.– С.264–270.

КОНТРОЛИРУЕМОЕ ВЫСВОБОЖДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОГЕЛЕЙ И НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА

Е.А. Хан

Научный руководитель – к.х.н., доцент П.С. Постников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tpu@tpu.ru

Среди множества областей применения нанотехнологий в области медицины и биологии технология наночастиц (NP) является наиболее быстро растущей и демонстрирует значительные перспективы на будущее. Так наночастицы могут быть применены для адресной доставки лекарств, в том числе белковых и полинуклеотидных веществ; в фотодинамической терапии и термическом разрушении опухолей, а также в протезировании [1].

Поверхностный плазмонный резонанс (SPR) является наиболее отличительным оптическим свойством металлических наноча-

стиц. SPR состоит из коллективных колебаний электронов проводимости внутри наночастиц. Избыток заряда, возникающего на поверхности из-за движения электронов, действует как восстанавливающая сила. Затухание движения электронов, главным образом, происходит из-за взаимодействия электронов с атомными ядрами и поверхностью наночастиц. Система ведет себя как затухающий генератор с резонансной частотой, которая для большинства переходных металлов находится в ультрафиолетовой части спектра [2].

Цель исследований: получить гидрогели с наночастицами золота для использования в биомедицинских целях.

В качестве основного компонента гидрогелей использовался альгинат. Альгинат представляет собой природный полисахарид, проявляющий превосходную биосовместимость и биоразлагаемость, имеющий множество различных применений в области биомедицины.

Для получения наночастиц золота использовался цитратный метод [3]. 20 мг тетрахлоаурата (III) водорода растворяли в воде при температуре 150 °С с подключенным обратным холодильником при постоянном перемешивании в течение 20 минут. Далее к раствору добавляли в зависимости от размера наночастиц определенное количество 1 % по массе раствора цитрата натрия. Соотношение количества добавленного цитрата натрия с диаметром наночастиц и цветом раствора подобрано согласно литературе [3]. После кипячения в течение 10 минут раствор наночастиц золота резко охлаждали на водяной бане. Данный этап позволяет стабилизировать наночастицы.

Анализ размера полученных наночастиц проводили с помощью УФ-спектрофотометра Agilent Cary 60.

Коллоидный раствор наносфер золота диаметром 20 нм обладает интенсивной полосой

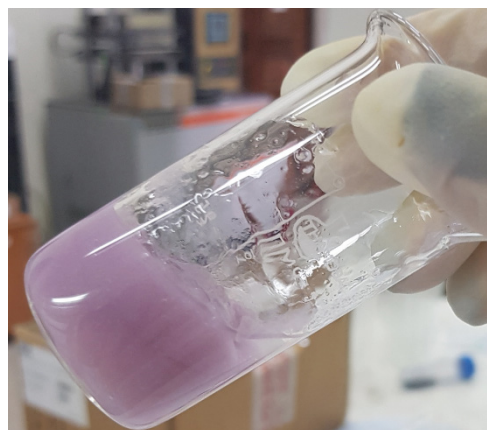


Рис. 1. Гидрогель на основе альгината с добавлением наночастиц золота 20 нм

поглощения ультрафиолетово-видимого света с максимумом в 525 нм, характерным для их глубокого красного цвета. Согласно данным литературы [3] мы подтвердили размер наночастиц.

Для образования гидрогеля хитозан растворили в 1 %-ной уксусной кислоте. Далее приготовили раствор альгината натрия с концентрацией 40 мг/мл. С помощью погружного гомогенизатора тщательно перемешивали две смеси с добавлением раствора наночастиц золота. Хлорид кальция с концентрацией 40 мг/мл внесли для «сшивания» компонентов [4]. Пример гидрогеля с наночастицами золота 20 нм приведены на рисунке 1.

Список литературы

1. Xiaoying Zhang. *Gold Nanoparticles: Recent Advances in the Biomedical Applications / Cell Biochemistry and Biophysics*, 2015.– V.72(3).– P.771–775.
2. Garcia M.A., de la Venta J., Crespo P., Llopis J. *Surface plasmon resonance of capped Au nanoparticles / Physical Review B*, 2005.– V.72(24).
3. Frens G., *Kolloid Z. Controlled Nucleation for the Regulation of the Particle Size in Monodisperse Gold Suspension / Natural Physical Science*, 2017.– V.102.– P.1186–1194.
4. Tentor F.R., de Oliveirac J.H., Scariot D.B. *Scaffolds based on chitosan/pectin thermosensitive hydrogels containing gold nanoparticles / Int. Jour. of Biol. Macromol.*, 2017.– V.102.– P.1186–1194.