

лением кетогидразонового фрагмента  $\text{Py-mhan}$ , необратимый процесс восстановления связан с парой  $\text{Rh(III)/Rh(I)}$ , при дальнейшем добавлении электронов в систему происходит восстановление кетогидразонового фрагмента  $\text{Py-mhan}$ . Природа наблюдаемых процессов была

подтверждена при помощи квантовохимических расчетов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (Грант № 23-23-10062) и Правительства Новосибирской области.

### Список литературы

1. Zhou J.L., Xu Y.H., Jin X.X., Xiao S., Yi H.B., Yan J. // *Inorg. Chem. Commun.* – 2016. – 64. – 67–70.
2. Bakaev I.V., Romashev N.F., Komlyagina V.I., Samsonenko D.G., Gushchin A.L. // *New J. Chem.* – 2023. – 47. – 18825–18834.

## ОСОБЕННОСТИ СПЕКАНИЯ ГИДРОКСИАПАТИТА ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА С ДОБАВКАМИ НАНОДИСПЕРСНЫХ ОКСИДОВ

Н. М. Балтабаева, О. О. Николаева, А. А. Шарф

Научный руководитель – д.т.н., профессор НОЦ Н. М. Кижнера Т. А. Хабас

Национальный исследовательский томский политехнический университет  
63405, г. Томск, пр. Ленина, 30  
ntb3@tpu.ru

Анализ известных публикаций показывает, что большинство работ посвящено изучению свойств гидроксиапатита (ГАП) жидкофазного синтеза [1]. Влияние упрочняющих добавок на свойства ГАП твердофазового синтеза изучено недостаточно, в то время как механически активированный твердофазный синтез так же имеет большое значение для получения ГАП. Такие исследования позволяют создавать доступные материалы для лечения костных дефектов, которые будут обладать свойствами, необходимыми для материалов, используемых в качестве имплантатов, особенно в том случае, когда планируется использование керамического материала в нагруженных условиях.

Оксиды циркония и алюминия – биоинертные компоненты, в случае необходимости упрочнения керамического материала на основе гидроксиапатита могут повысить его механические характеристики. Однако ГАП и названные оксиды имеют весьма разные свойства, особенно в плане термического поведения.

**Целью работы** было выяснение влияния диоксида циркония и оксида алюминия на спекание гидроксиапатита твердофазного синтеза.

Влияние добавок оксидов в первую очередь зависит от их дисперсности и количества, вводимого в объем основного спекаемого материала. Но, сведения, приводимые по этому вопросу в работах разных авторов, существенно

отличаются. Это свидетельствует о том, что есть еще другие факторы, влияющие на взаимодействие гидроксиапатита с оксидами циркония и алюминия при спекании. Первоначально в нашем исследовании для спекания гидроксиапатита вводилось довольно большое количество оксида циркония и его комбинации с оксидом алюминия. Добавки были выбраны в нанодисперсном состоянии с расчетом на повышенную активность в термических процессах. Спекание образцов в виде таблеток (диаметр 10,2 мм, высота 4–5 мм) проводилось в среде воздуха при температурах 1250 и 1300 °С с выдержкой при конечной температуре 2–3 часа.

Линейная усадка композиций, предел прочности при сжатии уже, начиная с 10 мас. % диоксида циркония, падает. Одновременно растет водопоглощение и пористость. Показатель кажущейся плотности изменяется более сложно, так как при введении 10 мас. % добавки уже снижается возможность плотного спекания и увеличивается пористость, затем повышение количества много более тяжелого оксида закономерно увеличивает удельную массу композиции.

Введение в шихту комбинированной добавки оксидов циркония и алюминия в общем количестве от 10, 20 и 25 мас. % показало новую особенность спекания ГАП. Содержание оксида алюминия в добавке изменялось от 0 до 100 % по отношению к массе  $\text{ZrO}_2$ , поэтому от-

ношение масс оксидов алюминия и циркония ( $m\text{Al}_2\text{O}_3/m\text{ZrO}_2$ ) в композиции, добавляемой к гидроксиапатиту, изменяется от 0 до 1.

Уменьшение прочности керамики при увеличении количества вводимой добавки в виде нанопорошка оксида очевидно объясняется увеличением объема областей, состоящих только из нанопорошка. При этом начинается локальное уплотнение этих областей (рис. 1 Б), отделение их от основной массы и, поскольку температура спекания тугоплавких оксидов значительно выше, чем фосфата кальция, спекаемость ухуд-

шается. Т. е. материал при превышении количества добавки 10 мас. % переходит в другую группу композиционных материалов: это уже тугоплавкий оксид с добавкой гидроксиапатита. Материал такого состава требует более высоких температур спекания. Поэтому количество вводимой нанодисперсной оксидной добавки в данных условиях спекания не должно быть более 10 %, при этом важно соотношение оксидов алюминия и циркония. Оптимальным оказалось соотношение  $m\text{Al}_2\text{O}_3/m\text{ZrO}_2$  0,43 (рис. 1 Б).

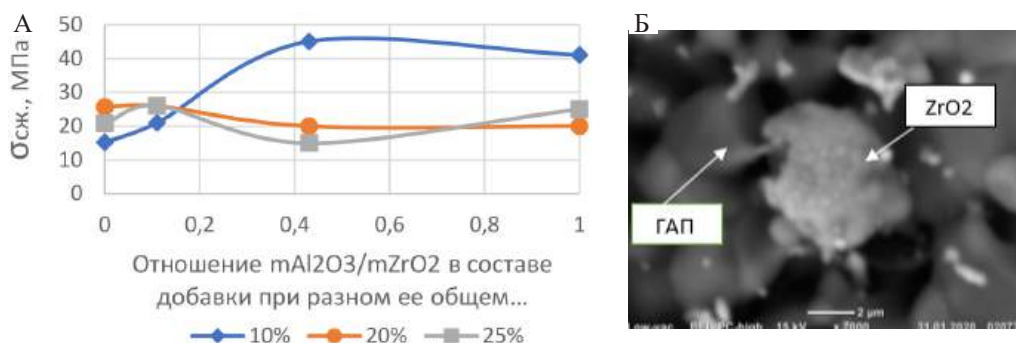


Рис. 1. А) Зависимость предела прочности при сжатии образцов гидроксиапатита твердофазового синтеза ( $T_{\text{сп.}} = 1300^\circ\text{C}$ ) от общего содержания добавки оксидов в шихте и соотношения  $m\text{Al}_2\text{O}_3/m\text{ZrO}_2$  в ней. Б) Микрофото скола образца с добавкой нанопорошка диоксида циркония после спекания до  $1300^\circ\text{C}$

### Список литературы

1. Хабилов Н., Зиядуллаева Н., Хабилов Д., & Бурунов Б. // Медицина и инновации. – 2021. – 1 (1). – 52–56.

## КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЗОЛОТА (III) С ЗАМЕЩЕННЫМИ ТЕТРААРИЛПОРФИРИНАМИ

Е. Э. Бардина<sup>1</sup>, Е. В. Макотченко<sup>1</sup>, А. Л. Гушин<sup>1</sup>, К. П. Бирин<sup>2</sup>, Е. С. Шремзер<sup>2</sup>, Ю. Г. Горбунова<sup>2</sup>  
Научный руководитель – д.х.н., г.н.с., А. Л. Гушин

<sup>1</sup>Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН  
630090, Россия, Новосибирск пр. Лаврентьева, 3  
bardina@niic.nsc.ru

<sup>2</sup>Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН  
119071, Россия, Москва, Ленинский пр. 31, корп. 4

В области химии макрогетероциклов особое внимание уделено исследованию порфиринов и комплексным соединениям на их основе. Такой интерес обусловлен перспективными физико-химическими свойствами, благодаря которым возможно использование таких соединений в различных областях применения. Введение заместителей в β-положение пиррольных колец

порфирина позволяет изменять их растворимость, фотофизические, электрохимические и другие свойства. Образование металлокомплексов представляет собой дополнительный способ модификации электронного строения порфиринов.

Порфирилаты золота (III) привлекают особое внимание, благодаря их высокой кинетиче-