

Химический факультет МГУ  
Факультет наук о материалах МГУ  
Совет по химии УМО по классическому  
университетскому образованию

*XIV Конференция молодых ученых*

# ***Актуальные проблемы неорганической химии:***

**Перспективные методы синтеза  
веществ и материалов**

*Программа лекций и тезисы докладов*

При финансовой поддержке:

Российского фонда фундаментальных исследований  
ООО «Компания «СЕРВИСЛАБ»  
ООО «СокТрейд Ко»

Звенигород, 13-15 ноября 2015 г.

# БИОРЕЗОРБИРУЕМАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ

Курбатова С.А.<sup>\*</sup>, Сафронова Т.В.<sup>\*,\*\*</sup>, Путляев В.И.<sup>\*,\*\*</sup>

*\* Факультет наук о материалах Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия, e-mail kurbatova.snezhana@yandex.ru*

*\*\* Химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия*

Современная регенеративная медицина требует создания резорбируемых биологически активных керамических материалов для костных имплантатов. У фосфатов кальция способность к резорбции наблюдается при соотношении  $Ca/P < 1,67$  и возрастает при уменьшении этого соотношения [1]. Уменьшение соотношения  $Ca/P$  достигается при введении в состав керамических композиционных материалов фаз конденсированных фосфатов кальция, таких как пирофосфат кальция ( $Ca/P=1,0$ ) и полифосфат кальция ( $Ca/P=0,5$ ).

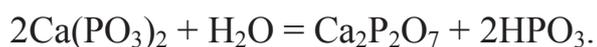
Известно, что частицы, полученные методом осаждения из растворов, имеют форму, близкую к изометричной [2]. При получении керамических композитов предпочтительно использование порошков, состоящих из равноосных частиц, поскольку такая форма способствует получению более плотной упаковки частиц и, следовательно, созданию благоприятных условий их спекания. Однако при осаждении из растворов всегда образуется побочный продукт реакции, который может по-разному влиять на свойства и структуру порошка и керамического материала. Чтобы исключить это влияние, побочный продукт реакции должен быть легко удаляемым. Таким удаляемым побочным продуктом реакции является, например, нитрат аммония, удаляемый при термообработке. Нитрат аммония как побочный продукт реакции образуется при взаимодействии нитрата кальция и фосфата аммония (или соответствующей кислоты), которые коммерчески недоступны. В связи с этим был разработан метод получения растворов конденсированных фосфорных кислот с использованием ионного обмена.

Целью работы стало получение и исследование порошков и керамики на основе фосфатов кальция с соотношением  $0,5 \leq Ca/P \leq 1$ . Для изучения различных процессов, происходящих в данном интервале составов, было выбрано пять объектов исследования с соотношением  $Ca/P = 0,5$  (полифосфат кальция  $Ca(PO_3)_2$ ); 1 (пирофосфат кальция  $Ca_2P_2O_7$ ); а также 0,625; 0,75; 0,875.

Для синтеза исходных порошков к растворам кислот (поли- или пиррофосфорной), полученных с помощью ионного обмена из поли- или пиррофосфата натрия, приливали раствор нитрата кальция и подщелачивали полученный раствор до pH = 10. Это приводило к образованию аморфных осадков, которые после сушки формовали и подвергали высокотемпературной обработке.

На основании термического анализа порошков было установлено, что при нагревании их от 20 до 1000°C потеря массы составляла 16-24%. Потеря массы происходила в две стадии: первая стадия, от 40 до 200°C, была связана с удалением адсорбированной воды, вторая (от 200 до 600°C) – с удалением кристаллизационной воды и разложением нитрата аммония. Исходя из полученных данных, были установлены молекулярные формулы гидратированных фосфатов:  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

По данным РФА образцов керамики было установлено, что для всех составов, кроме 100%-ного содержания пиррофосфата, исходное соотношение Ca/P при обжиге не сохранялось, что было связано с возможным термогидролизом полифосфата кальция в течение обжига:



С увеличением содержания полифосфата кальция плотность образцов уменьшалась, а пористость увеличивалась, однако, несмотря на низкую плотность, такие образцы демонстрировали значительную прочность за счет присутствия полифосфата кальция, формирующего расплав во время обжига. По данным СЭМ образцы с высоким содержанием полифосфата кальция имели систему взаимосвязанных между собой пор, то есть обладали остеокондуктивными свойствами.

Таким образом, гомогенные порошки фосфатов кальция с соотношением  $0,5 \leq \text{Ca}/\text{P} \leq 1$  были синтезированы методом химического осаждения из растворов конденсированных фосфорных кислот, полученных с помощью ионного обмена. Биосовместимая керамика на основе поли- и пиррофосфата кальция пригодна для использования в медицине за счет высокой скорости и степени резорбции и остеокондуктивности.

[1] Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция// Наука, 2005

[2] Сафронова Т.В., Путляев В.И., Шехирев М.А., Третьяков Ю.Д. Способ получения активного к спеканию порошка пиррофосфата кальция: Патент РФ RU 2395450, 27.07.2010.