

материале начинаются процесс сначала твердофазного, а затем жидкофазного спекания, характеризующиеся уменьшением объема образцов. В интервале 750–950 °С в образце пеностекла начинается вспенивания, в то время как модельный образец из чистого стекла продолжает плавиться и уменьшаться в объеме. Наиболее активно вспенивание протекает в интервале 850–950 °С (вязкость  $10^{4.5}–10^{3.5}$  Па·с). При дальнейшем нагреве и снижении вязкости пена начинает оседать под собственным весом и полностью

расплавляется при 1100 °С (вязкость ниже  $10^3$  Па·с).

Таким образом, можно выделить наиболее важные характеристические температуры, влияющие на вспенивание шихты: температура начала вспенивания (вязкость  $10^7$  Па·с); температура максимальной интенсивности вспенивания (вязкость  $10^4$  Па·с); температура начала оседания пены (вязкость  $10^3$  Па·с).

Работа выполнена при поддержке РФФИ, соглашение № 21-79-00004.

### Список литературы

1. Жерновая Н. Ф., Павленко З. В. *Физико-химические свойства стекол и стекло кристаллических материалов: Учеб. пособие.* – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. – 96 с.

## ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ГИДРОКСИАПАТИТА

М. Э. Гребнев, П. А. Самойлов, А. О. Сыченко, Н. А. Шевякова, А. В. Мостовщиков  
Научный руководитель – д.т.н., профессор отделения естественных наук  
Томского политехнического университета А. В. Мостовщиков

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 40, mark18091@gmail.com*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30*

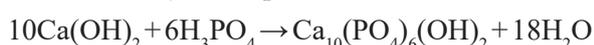
Актуальность работы подкрепляется широким спектром возможного применения материала, например, в электронике за счет пьезоэффекта, помимо сфер, в которых ГАП уже применяется ежедневно, таких как медицина.

Существуют различные методы получения, все они делятся на следующие типы: гидротермальный синтез, гидролиз фосфатов кальция, спекание твердых фаз, алкоксометод, синтез в водной среде.

В данной работе было принято остановиться на одном из самых первых – синтез в водной среде, по методике Ягай и Аоки (нейтрализации) [1], но при учете некоторых изменений, которые должны повысить чистоту материала и продуктивность процесса.

Синтез проводился по данной последовательности: приготовление исходных растворов – синтез – фильтрация и промывка – сушка и отжиг.

Проведение процесса синтеза проводилось по соответствующей реакции:



Очевидно, что отличительная особенность данного метода состоит в том, что исключается образование побочных веществ, например, растворимых солей. Это позволяет отбросить очистку целевого продукта и утилизацию выделенных газов и сточных вод.

В отличие от методики в литературе [2] в нашем случае были использованы 8 % раствор ортофосфорной кислоты и 20 % суспензия гидроксида кальция, исключен дополнительный нагрев, перед промывкой раствора был добавлен этап стабилизации при комнатной температуре, а также сам процесс сушки проводился при комнатной температуре.

В этих условиях вероятность того, что сформируется осадок высокочистого гидроксиапатита кальция – максимальна. Для получения мелкодисперсного осадка возможно использование метода химического осаждения в водной среде. А для приближения гранулометрического состава к монодисперсному необходимо обеспечить условия, в которых выражено значительное преобладание скорости образования зародышей

кристаллов над скоростью роста кристаллов. Путем исключения факторов, которые способствуют росту кристаллов (затравок, примесей, ПАВ и др.), а также применения активного перемешивания эти условия были соблюдены. [3]. Так же была разработана установка, которая позволяет осуществлять весь процесс синтеза, которая состоит из реактора, якорной мешалки и механизма подачи кислоты со стабильной частотой.

Посредством регулировки скорости подачи и концентрации раствора фосфорной кислоты появляются возможности для обеспечения полного взаимодействия исходных реагентов и исключения образования побочных фосфатов, что в свою очередь способствует получению осадка

стехиометрического состава гидроксиапатита кальция.

С помощью микроскопии был проведен анализ структуры полученного порошка для двух образцов с разным временем сушки подтвердил пористость структуры и показал влияния времени сушки на итоговую структуру (растет количество и степень ограниченности частиц).

Далее образцы были подвержены рентгенофазовому анализу, в результате которого было доказано, что оба образца соответствуют кристаллической фазе гидроксиапатита кальция и не содержат в РФА дополнительных рефлексов других фаз, а время сушки непосредственно влияет на процесс кристаллизации.

### Список литературы

1. Tagai H., Aoki H. *Precipitation of synthetic hydroxyapatite and sintering of apatite ceramic. Chapter 39, Mechanical properties of biomaterials.* – UK: John Willey & Sons, 1987. – P. 213.
2. Патент РФ № 2104924 Яценко С.П., Сабирзянов Н. А. *Способ получения гидроксипатита.* Оpubл. 20.02.1998.
3. Bouyer E., Gitzhofer P., Boulos M. I. *Morphological study of hydroxyapatite, nanocrystal suspension // Journal of Material Science: Materials in Medicine, 2000. – № 11. – P. 523–531.*

## ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕРМОЛИЗОМ

М. Э. Гребнев, П. А. Самойлов, А. О. Сыченко, Н. А. Шевякова, А. В. Мостовщиков  
 Научный руководитель – д.т.н., профессор Отделения естественных наук  
 Томского политехнического университета А. В. Мостовщиков

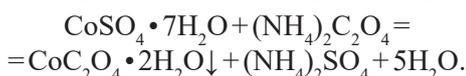
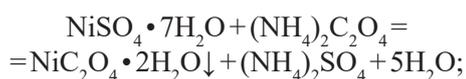
*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 40, shevyakova\_01@list.ru*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30*

Технологические основы получения субмикронных порошков металлов Ni и Co имеют высокую производительность, не требующую дорогостоящего оборудования.

Получение таких порошков металлов производилось путем термического разложения оксалатов – солей щавелевой кислоты  $H_2C_2O_4$ : оксалатов никеля (II)  $NiC_2O_4 \cdot 2H_2O$ , кобальта (II)  $CoC_2O_4 \cdot 2H_2O$ . Данный метод был выбран в связи с достаточно простой реализацией. Соли, полученные в результате обменной реакции между сульфатами соответствующих металлов и оксалатом аммония  $(NH_4)_2C_2O_4$  в водном рас-

творе при комнатной температуре в последующем промывали дистиллированной водой и высушивали:



Следующим этапом являлось прокаливание сухих порошков оксалатов металлов Ni и Co, которые пересыпали в тигли и прокаливали в муфельной печи Тулячка-3У при температуре (350–500 °С), что привело к термическому разложению. Каждый из порошков прокаливался