

данная разновидность углеродных наноматериалов обладает перспективами применения во многих областях, в частности, в качестве наполнителей для полимерных композиционных материалов электрохимических датчиков, электродных материалов для суперконденсаторов и др. [4].

В данной научно-исследовательской работе рассматривались три вида композиционных материалов. (Ni/НВУ, Ni/ТРГ, НВУ/ТРГ). Экспериментально установлено, что емкость суперконденсаторов на базе терморасширенного графита может достигать 110 Ф/г. Стоит отметить, что емкость данных материалов может быть значительно повышена за счет нанесения наночастиц оксидов металлов.

В рамках эксперимента на НВУ и ТРГ были нанесены частицы никеля, с целью повышения удельной ёмкости материала. Нанесение частиц металлического никеля проводилось путём пропитки углеродного материала водным раствором соли никеля в заданном соотношении. Далее образец высушивался и восстанавливался в среде

водорода.

Композиты исследовались на удельную поверхность методом низкотемпературной адсорбции азота на установке Quantachrome NOVA 1000e. Проводились исследования на удельную ёмкость при помощи установки Elins P-30SM в трёхэлектродной ячейке.

Установлено, что удельная ёмкость композита Ni/ТРГ при скорости развёртки 2 мВ/с достигает 116,3 Ф/г.

Удельная поверхность композитов Ni/ТРГ и Ni/НВУ составляет 42 м²/г и 160 м²/г соответственно.

С помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) установили, что нанесение металлического никеля равномерное. Размер частиц никеля варьировался от 20 до 40 нм.

Спектр энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX-спектр) показал, что содержание металлического никеля в образце составило 20 масс. %.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ, проект № СП-69.2016.1

Список литературы

1. Conway B.E.. *Electrochemical Supercapacitors. Scientific Fundamentals and Technological Applications.*— New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999.— 685p.
2. Рево С.Л., Будзуляк И.М., Рачий Б.И., Кузюшин М.М. // *Журн. электронная обработка материалов*, 2013.— Т.49.— №1.— С.71–75.
3. Shibaev A.A., Yusin S.I., Maksimovskii E.A., Ukhina A.V., Bannov A.G. // *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2016.— Vol.89.— Iss.5.— P.739–745.
4. Баннов А.Г., Уваров Н.Ф., Кувишинов Г.Г., Прокопчук Н.Р., Крутько Э.Т., Шашок Ж.С., Вишневецкий К.В. // *Журн. химия, технология органических веществ и биотехнология*, 2014.— №4.— С.31–34.

СИНТЕЗ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО ГИДРОКСИАПАТИТА КАЛЬЦИЯ

М.И. Тычкина, Л.А. Леонова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Леонова

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

Стехиометрический естественный гидроксипатит кальция (ГА) $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ является идеальным биосовместимым материалом для восстановления поврежденных костей и зубов. Однако при синтезе ГА сравнительно просто регулировать состав и морфологию кристаллитов, и, тем самым, биоактивность материала.

Существуют различные методы и экспериментальные данные по синтезу ГА: из апатита, содержащегося в костях животных [1], из при-

родных минералов (апатитовых месторождений, кораллов) [2]. Наиболее популярным является синтез ГА в лабораторных условиях [3], как правило, из водных растворов. Основной задачей химиков-технологов является получение ГА с заданной мелкокристаллической структурой и стехиометрическим соотношением $\text{Ca/P}=1,67$.

Таким образом, целью данной работы являлся синтез порошка, приближенного к стехиометрическому ГА с соотношением $\text{Ca/P}=1,67$,

Таблица 1. Химико-технологические свойства осадков ГА (разрежение под фильтром – 10 см.вод.ст. Объём фильтрата – 50 мл. Поверхность осадка на фильтре – 23 см²)

| Опыт | Выход ГА по массеот стехиометрической, % | Отношение объема маточного раствора к объему осадка | Время фильтрации, с | Коэффициент фильтрации K_{ϕ} , см/с | Са/Р |
|------|--|---|---------------------|--|------|
| 1 | 53 | 1,56 | 1920 | $6,4 \cdot 10^{-6}$ | 1,53 |
| 2 | 94 | 0,71 | 1320 | $1,04 \cdot 10^{-5}$ | 1,63 |
| 3 | 61 | 0,88 | 900 | $2,9 \cdot 10^{-6}$ | 1,84 |

при варьировании условий синтеза (состав реагентов, их концентрации). Одной из задач исследования было: выбрать осадитель для наиболее полного синтеза.

В данной работе был осуществлен метод гомогенного осаждения с использованием комплексного соединения – соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА).

Методика синтеза, подробно описанная в работе [4], включает в себя следующие стадии: подготовку растворов, получение комплекса Са с ЭДТА, осаждение ГА, старение осадка, отделение осадка от маточного раствора, промывание на фильтре, сушку и прокаливание порошка.

Были произведены синтезы, в которых в качестве источника Са²⁺ использовали 0,3М раствор Са(НО₃)₂, который смешивали в стехиометрическом соотношении (1 : 1) с раствором Na₂-ЭДТА (этилендиаминтетраацетат натрия) и к этой смеси по каплям приливали раствор источника фосфат-ионов, в зависимости от опыта: NH₄H₂PO₄ (1 опыт), (NH₄)₂HPO₄ (2 опыт), Na₂HPO₄ (3 опыт).

В ходе экспериментов исследовались химико-технологические свойства осадков: коэффициент фильтрации естественно уплотнённого осадка, скорость отстаивания и объемы конечного отстоя осадка, массовый выход продукта; а так же соотношение Са/Р по данным элементного анализа атомно-эмиссионного спектрометра iCAP 6300 Duo (Таблица). Коэффициент фильтрации осадка определяли по формуле Дарси, выведенной для изучения водопроницаемости грунтов [5]:

$$Q = K_{\phi} S \frac{H}{l} t,$$

где Q – объём фильтрата, см³; K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, см/с; S – поверхность осадка на фильтре, см²; H – разрежение под фильтром, см.вод.ст.; l – толщина слоя осадка, см; t – время фильтрации, с.

Из экспериментов следует, что наиболее отвечающим технологическим требованиям и стехиометрии, получен ГА синтезом с использованием (NH₄)₂HPO₄.

Список литературы

1. Способ получения биологического гидроксиапатита: патент Рос. Федерация №2494751; заявл. 13.07.13; опубл. 30.08.13, Бюл. №1–3с.
2. Имплантация гидроксиапатита морского коралла в эксперименте, Гистологическое исследование // Рефракционная хирургия и офтальмология: патент Рос. Федерация №3784971; заявл. 23.10.07; опубл. 01.11.07, Бюл. №5с.
3. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция.– М.: Наука, 2005.– 187с.
4. Гузеева Т.И., Гузеев В.В., Леонова Л.А. и др. Получение порошка гидроксиапатита в ходе жидкофазного синтеза // Известия Томского политехнического университета, 2009.– Т.315.– №3.– Химия.– С.47–50.
5. Вассерман И.М. Химическое осаждение из растворов.– Л.: Химия, 1980.– 208с.