

Выщелачивание проводили в течение 4 ч при соотношении Т:Ж=1:10, температуре 50 °С и скорости перемешивания 200 мин⁻¹, за исключением экспериментов с использованием ультразвука, обеспечивающим нагревание до 50 °С и перемешивание под воздействием ультразвуковых полей.

Выщелачивание при обработке ультразвуком с частотой 35 кГц и номинальной мощностью 50 Вт проводили в ванне, куда помещали образец массой 5,0 г вместе с раствором соответствующего выщелачивающего агента. В работе также использовали метод нейтронной активации. Образцы фосфогипса массой 20 г ставили в специальную инертную камеру, через которую в течение заданного времени пропускали поток холодных нейтронов. После окончания воздействия образцы извлекали из камеры и подвергали выщелачиванию.

Список литературы

1. Федоров А. Т. *Разделение редкоземельных металлов методом экстракции на индивидуальные компоненты в процессе переработки апатитового концентрата*. [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.16.02: защищена 25.09.20: утв. 30.10.20 / Федоров Александр Томасович. – СПб., 2020. – 159 с. – Библиогр.: С. 134–152. – 01010247698.
2. Черемисина О. В. *Интенсификация выщелачивания редкоземельных металлов из фосфогипса* / О. В. Черемисина, В. В. Сергеев, А. Т. Федоров, В. Ю. Михеева // *Обогащение Руд*, 2021. – № 5. – С. 46–52.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ

А. О. Чернышов

Научный руководитель – д.т.н., профессор НОЦ Кижнера Т. С. Петровская

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, tpu@tpu.ru

При некоторых заболеваниях, например при остеосаркоме, и серьезных травмах кости требуется удаление поражённого участка ткани, на место которого устанавливается имплантат. К материалу имплантата предъявляется ряд требований, которые определяются его назначением. Прежде всего, это биосовместимость, отсутствие аллергических, воспалительных и иных негативных реакций. К другим требованиям относятся биоактивность, способность к остеоинтеграции и комплекс физико-механических характеристик. Этим требованиям отвечают ма-

Установлено, что длительное хранение фосфогипса в отвалах приводит к уплотнению материала и необратимому закреплению РЗЭ в плотноупакованной кристаллической решетке сульфата кальция, что затрудняет извлечение РЗМ при выщелачивании. Термообработка, приводящая к дегидратации дигидрата сульфата кальция, существенно снижает степень извлечения целевых компонентов и эффективность использования выщелачивающих агентов.

Присутствие кристаллизационной воды обеспечивает эффективность ионообменных и химических взаимодействий с участием РЗЭ. Поэтому интенсифицировать процесс выщелачивания РЗМ возможно путем физико-химического воздействия на материал, приводящего к структурному нарушению кристаллической решетки гипса без удаления химически связанной воды.

териалы, содержащие фосфаты кальция, преимущественно гидроксиапатит.

Характерной особенностью травм кости является их многообразие и непредсказуемость формы. Поэтому при разработке материала необходимо иметь в виду возможные технологические решения производства имплантатов. Исследования последних десятилетий показали перспективность аддитивных технологий, в частности, 3D печати.

Целью данной работы является определение условий получения гидроксиапатита и других фосфатов кальция, определяющих био-

активность получаемых композиционных материалов.

Гидроксиапатит (ГАП) и другие фосфаты кальция получают различными методами, включая высокотемпературный твердофазный синтез, жидкофазное осаждение (в т. ч. и биомиметическое), золь-гель метод и др. В настоящей работе исследуются широко апробированный метод осаждения ГАП из водных растворов солей и относительно новый золь-гель метод. Одной из задач является сравнение их эффективности в получении смеси ГАП и фосфатов кальция с заданными структурно-химическими характеристиками.

В работе использованы реактивы марок хч: карбонат кальция, нитрат кальция (тетрагидрат), гидроксид натрия, агар-агар, растворы ортофосфорной кислоты, аммиака, гидрофосфата аммония. Синтез фосфатов кальция проводился по трём схемам. Первая схема включает в себя обжиг карбоната кальция при температуре 900 °С, гашение водой свежеполученной извести, титрование получившегося раствора ортофосфорной кислотой и последующую сушку [1]. Вторая схема предусматривает смешивание раствора тетрагидрата нитрата кальция с агар-агаром, раствором гидрофосфата аммония при pH 10–

11, воздействие СВЧ мощностью 110 Вт, оставление. Последующую фильтрацию, сушку при 100 °С, прокалику при 400 °С. Третья схема предполагает смешивание раствора тетрагидрата нитрата кальция и ортофосфорной кислоты в пропорции соблюдения отношения Ca/P = 1,6–1,7, термостатирование при 37 °С и pH 7, выдержку, центрифугирование и сушку на воздухе [2]. Временной параметр варьировался.

Фазовый состав продуктов синтеза определялся методом рентгенофазового анализа (РФА), удельная поверхность газоадсорбционным методом, истинная плотность пикнометрическим методом. Морфология осадков, отношение Ca/P исследовались методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Продукты синтеза представляют собой светло-бежевые, почти белые плотные осадки. Основными фазами осадков по данным РФА являются гидроксиапатит кальция, трикальция фосфат, дикальций фосфат и монокальций фосфат, аморфная фаза. Плотность осадков варьируется от 2,5 до 3,2 кг/дм³. Выход по реакциям, дисперсность осадков и их удельная поверхность определяется составом прекурсоров и условиями синтеза.

Список литературы

1. Голощапов Д. Л. [и др.] // *Конденсированные среды и межфазные границы*, 2011. – Т. 13. – № 4. – С. 427–441.
2. Буланов Е. Н. *Получение и исследование наноструктурированных биосовместимых материалов на основе гидроксиапатита*. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2012. – 103 с.

СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАНОРАЗМЕРНОГО $Ti_{1-x}Fe_xO_2$

Ю. Д. Чувило

Научный руководитель – к.х.н., доцент А. В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет

198504, Петродворец, Университетский пр., 26, st087011@student.spbu.ru

В настоящее время диоксид титана привлекает большое внимание исследователей благодаря его высокой каталитической и сорбционной способности, устойчивости и низкой стоимости. В зависимости от условий синтеза диоксид титана образует три основные полиморфные модификации: анатаз, рутил и брукит [1]. Наиболее хорошо изученной и интересной с практической точки зрения является модификация анатаза.

Это метастабильная модификация, которая необратимо переходит в рутил при температуре от 400 °С до 1000 °С [2]. Такой широкий диапазон температур возникает из-за многообразия способов получения диоксида титана, поэтому исследование условий стабилизации различных модификаций TiO_2 при введении в структуру атомов других элементов в настоящее время является весьма актуальным. Гетеровалентное