

3. Yuan L., Liu Z., He X., Ma B, Zhu Q. Fabrication and characterization of porous MgAl₂O₄ ceramics via a novel aqueous gel-casting process // *Materials*. –2017. –Vol. 11(1). – P.1376.
4. Maksoud M.I.A., Ghobasy M.M., Kodous A.S. Insights on magnetic spinel ferrites for targeted drug delivery and hyperthermia applications // *Nanotechnology Reviews*. –2022. –Vol. 11. –P.372–413.
5. Lyamina G.V., Ileva A.E., Dvilis E.S. Medical ceramics from powders of the system Al₂O₃-ZrO₂-Y₂O₃ obtained on an installation of nanospray drying // *Nanotechnologies in Russia*. –2018. –Vol. 13. –P. 5-6.

Ли Сяоянь(Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Илела Алфа Эдисон,
канд. техн. наук, доцент

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА ИЗ СУСПЕНЗИЙ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Введение. Оксид цинка применяется во многих областях, таких как катализ, солнечная энергетика, датчики газа и т.д [1]. Нанопорошок на основе цинка обладают низкой токсичностью и являются привлекательными материалами для биомедицинских применение [2, 3]. Материал на основе ZnO отличается высокой коррозионной стойкостью, устойчив к воздействию большинства органических и неорганических кислот и солей поэтому часто использовать в качестве ингибитора коррозии [4].

Распространенными методами получения нанопорошков оксида цинка являются золь-гель, гидротермальный синтез и химическое осаждение.

В работе использовалась установка распылительной сушки. Размер нанопорошка, полученного этим методом, составляет 100 нм – 5 мкм. Нанораспылительная сушилка В-90 обладает уникальной способностью генерировать частицы размером в субмикронный или даже нанометровый диапазон и может обрабатывать образцы на уровне миллиграммов с высоким выходом (90%). Нанораспылительное сушильное устройство представляет собой экономичный, эффективный, быстрый и адаптируемый метод получения наночастиц ZnO.

Целью настоящей работы являлись синтез и сравнение характеристик порошков оксида цинка, полученного различными способами.

Экспериментальная часть. Для подготовки прекурсоров готовили 1 М растворы нитрата цинка. Потом готовили суспензии методом обратного осаждения с использованием 1 М NaOH. Образовавшийся осадок промывали дистиллированной водой до полного удаления ионов натрия из образца.

Полученные частицы отделяли от растворителя методами фильтрации (Φ), нанораспылительной сушки (НРС) (Nanospray Drying B-90) и с помощью СВЧ-сушки (СВЧ).

В ходе эксперимента методом распылительной сушки использовали следующие параметры сушки: скорость газового потока 140 л/мин, относительная интенсивность распыления – 50 %, $T = 70$ °С, $P = 30$ гПа, время работы установки = 1–5 часов.

При использовании фильтрации осадок выдерживали в термощкафу при температуре 70 °С для удаления остатков воды.

При применении СВЧ использовали частоту 2,45 ГГц и среднюю мощность 12 и 48 кВт. При длительном воздействии СВЧ-волн на порошок (от получаса до часа) наблюдается спекание порошка.

Результаты и обсуждение. Поведение полученных образцов при термообработке определяли анализом ТГ-ДСК (рис.1). Видно, что для всех образцов эндоэффекты находятся в интервале 100-200 °С и соответствуют удалению остатков свободной и связанной воды. Пик при температуре около 340°С для частиц, выделенных фильтрацией, обусловлен удалением кристаллизационной воды. Согласно ТГ-кривым, порошки теряют при этом около 25% своей массы. При дальнейшем нагреве начинают последовательно образовываться фаза ZnO. Согласно ТГ-ДСК анализу, порошки, фаза оксида цинка кристаллизуется примерно при 350 °С.

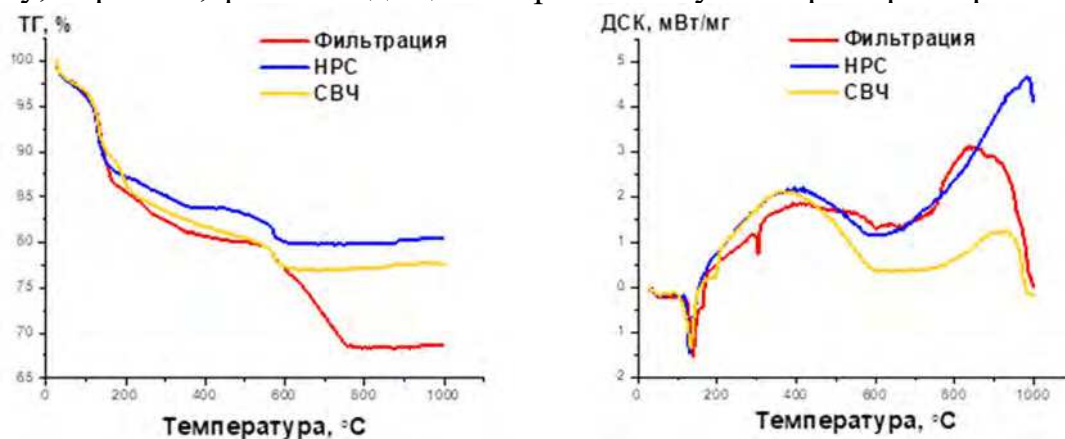
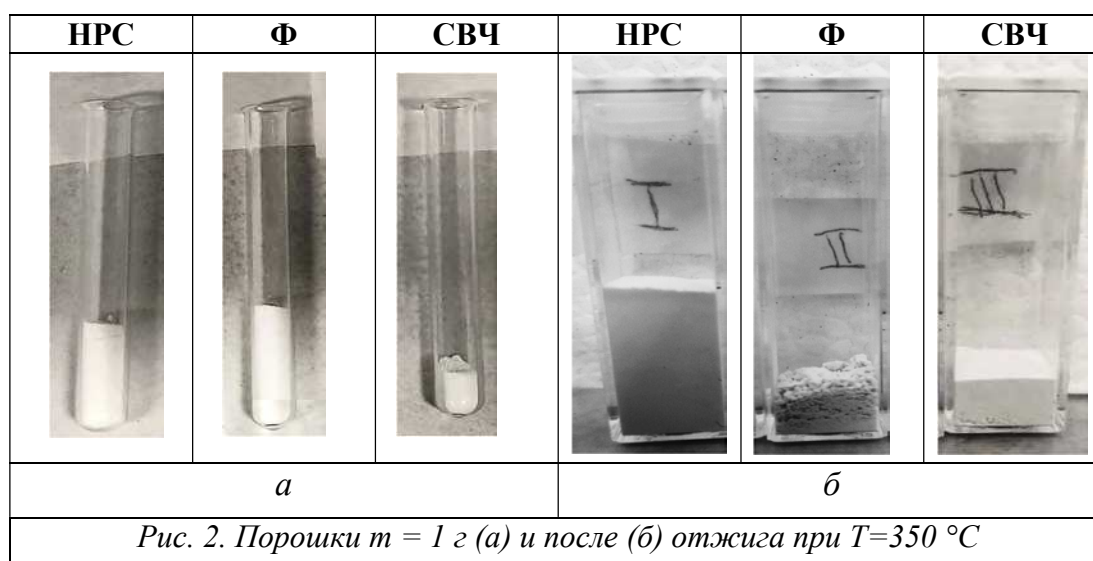


Рис. 1. Кривые ТГ и ДСК наночастиц ZnO

На рисунке 2 можно увидеть разницу между частицами, полученными различными способами по объему, который занимает порошок с одинаковой массой.

Видно, что до отжига (рис. 2, а) порошок, полученный НРС и фильтрацией имеют почти одинаковую и высоту. Таким образом размер частиц гидроксида цинка примерно одинаковый в данном случае. СВЧ обработка, скорее всего приводит к образованию оксида. После отжига при температуре 350 °С отчетливо видна разница между порошками. В данном случае весь порошок находится преимущественно в фазе оксида. Очевидно, что самые плотные частицы образуются при фильтрации, а самые пористые дает распылительная сушка.



Данные БЭТ анализа это подтверждают. Удельная поверхность (Суд) составляет, 13.19 ± 0.19 , 1.26 ± 0.05 и 11.04 ± 0.02 м²/г, для частиц, полученных нанораспылительной сушкой, фильтрацией и СВЧ-сушкой, соответственно.

Данные РФА порошков представлены на рис. 3 и в таблице 1.

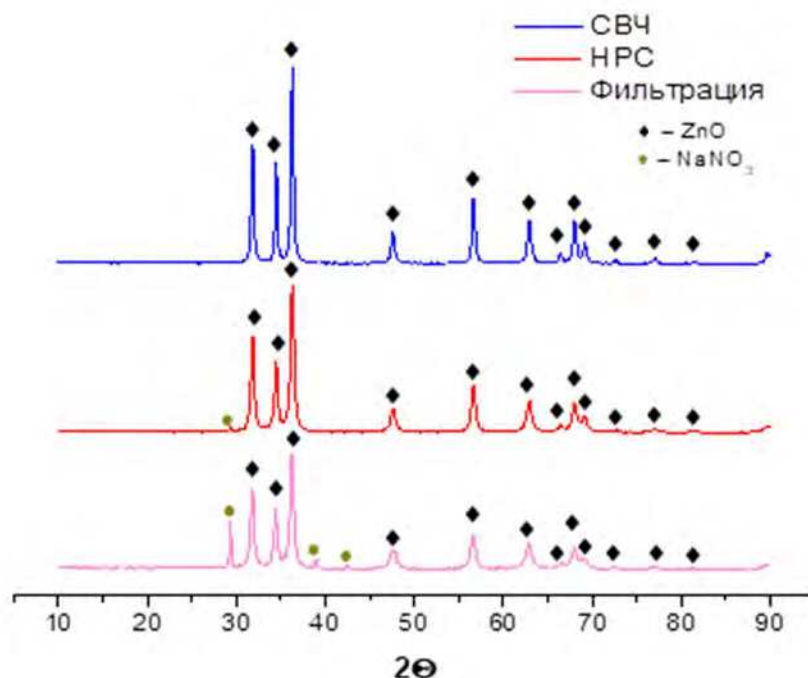


Рис. 3. Дифрактограммы порошков ZnO после отжига

Видно, что фазовый состав представлен, в основном, оксидом цинка. В порошке, полученном методом фильтрации, наблюдается примесь нитрата натрия. Рассчитанные размеры ОКР показывают, что, нанопорошки, полученные методом нанораспылительной сушки имеют самые мелкие размеры кристаллитов, самые крупные размеры наблюдаются для порошков, выделенных фильтрацией.

Таблица 1

Результаты РФА анализа ZnO после отжига при $T=350\text{ }^{\circ}\text{C}$

Метод	Фазовый состав, %	ОКР, нм
Фильтрация	ZnO – 95 NaNO ₃ – 5	58,91 -
НРС	ZnO – 100	28,63
СВЧ	ZnO – 100	47,06

В результате работы получены порошки, имеющие различный размер, морфологию и чистоту. В зависимости от сферы применения можно использовать материал с заданными свойствами. Например, при необходимости использования наноразмерных порошков высокой чистоты можно рекомендовать оксид цинка, полученный нанораспылительной сушкой.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Razaa A., Shoeb M., Mashkoo F. Phoenix dactylifera mediated green synthesis of Mn doped ZnO nanoparticles and its adsorption performance for methyl orange dye removal: A comparative study // Materials Chemistry and Physics. –2021. –Vol. 286. – P.126173.
2. Bedi P.S., Kaur A. An overview on uses of zinc oxide nanoparticles // World Journal of Pharmacy and pharmaceutical sciences. –2015. –Vol. 4(12). – P.1177-1196.
3. Zeghoud S., Hemmami H., Seghir B.B., Gandarak J.S. Amor A. review on biogenic green synthesis of ZnO nanoparticles by plant biomass and their applications // Materials today: Communications. –2022. –Vol. 33. – P.104.
4. Hasnidawani J.N., Hassan N.A., Hassan N., Samat N. ZnO nanoparticles for anti-corrosion nanocoating of carbon steel // Materials Science Forum. –2017. –Vol. 894. – P.76-80.

Ли Хуатин (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
канд. хим. наук, доцент

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ЧАСТИЦ КОСТНОЙ ТКАНИ

Введение. Тестирование коррозионной устойчивости медицинских сплавов часто проводят в жидких электролитах по составу близких к человеческому организму. Однако медицинские сплавы контактируют не только с жидкостью, а с костной тканью, мышечной тканью и другими компонентами. Таким образом жидкость не является идеальной модельной средой в данном случае. Мы предлагаем для этих целей использовать гели, в частности материалы на основе хитозана.

Хитозан – природный биополимер, полисахарид, продукт деацетилирования хитина, обладающий высокой биологической активностью и устойчивостью в природной среде [1].

Высокое содержание воды и пористая структура гидрогелей может идеально имитировать внеклеточную матричную среду человеческой ткани [2].