

КОНТРОЛЬ МОРФОЛОГИИ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ (МОК) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОДХОДА

Тимофеева М.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н., Миличко В.А.

(Университет ИТМО)

Введение. Известно, что морфология кристаллов существенно определяет их физико-химические свойства. Контроль формы достигается посредством различных синтетических подходов, включая оптимизацию температуры, pH, растворителя, молярного соотношения реагентов и использование добавок-модуляторов [1]. Особое значение имеют альтернативные методы синтеза: сольвотермальный, электрохимический, механохимический, микроволновой и ультразвуковой [2]. Среди них ультразвуковой (УЗ) синтез выделяется возможностью ускорения реакций и повышения эффективности за счет кавитационных эффектов, а также статусом «зеленого» подхода, минимизирующего энергозатраты и отходы [3].

Основная часть. Интерес к металл-органическим каркасам (МОК), в частности к одному из наиболее изученных представителей — структуре HKUST-1, стимулирует поиск новых, эффективных методов их синтеза. Несмотря на широкую известность данного каркаса, его первый ультразвуковой (УЗ) синтез в контексте «зеленой химии» был осуществлен лишь в 2009 году [4]. С тех пор база данных в этой области постепенно накапливалась: были проведены сравнительные исследования механохимического, сольвотермального и ультразвукового методов получения HKUST-1, а также предприняты первые попытки анализа влияния различных параметров на процесс УЗ-синтеза [5-7].

Постановка проблемы. Однако следует отметить, что до настоящего времени комплексный подход, позволяющий установить прямые корреляции между условиями синтеза, морфологическими особенностями и итоговыми свойствами получаемых структур, окончательно не сформирован. Отсутствие системных данных о взаимосвязи «параметры синтеза — морфология — свойства» является существенным пробелом в понимании процессов формирования МОК под действием ультразвука.

Выводы. В данной работе был разработан ультразвуковой (УЗ) синтез металл-органического каркаса HKUST-1 в мягких условиях и было исследовано влияние параметров синтеза на морфологию и структуру полученных МОК. Было установлено, что мощность УЗ, время реакции, температура и состав растворителя влияют на морфологию, размер и выход полученных кристаллов. Используя оптимальные условия синтеза, было получено пять типов МОК HKUST-1 с наивысшим выходом (67,8–96,2%) и различной морфологией (октаэдрическая, додекаэдрическая, икосаэдрическая). Была оценена и обсуждена взаимосвязь между синтетическими параметрами синтеза и структурными свойствами разработанных МОК.

Список использованных источников:

1. Suresh, K., Carey, C. A., & Matzger, A. J. (2024). Metal–Organic Frameworks (MOFs) morphology control: recent progress and challenges. *Crystal Growth & Design*, 24(5), 2288-2300.
2. Yadav, A. K. (2024). A review on synthesis methods of materials science and nanotechnology. *Advanced Materials Letters*, 15(3).
3. Majhi, S. (2021). Applications of ultrasound in total synthesis of bioactive natural products: A promising green tool. *Ultrasonics Sonochemistry*, 77, 105665.
4. Li, Z.-Q.; Qiu, L.-G.; Xu, T.; Wu, Y.; Wang, W.; Wu, Z.-Y.; Jiang, X. Ultrasonic Synthesis of the Microporous Metal–Organic Framework Cu₃(BTC)₂ at Ambient Temperature and Pressure: An Efficient and Environmentally Friendly Method. *Mater. Lett.* 2009, 63 (1), 78–80

5. Armstrong, M. R.; Senthilnathan, S.; Balzer, C. J.; Shan, B.; Chen, L.; Mu, B. Particle Size Studies to Reveal Crystallization Mechanisms of the Metal Organic Framework HKUST-1 during Sonochemical Synthesis. *Ultrason. Sonochem.* 2017, 34, 365–370.
6. Abbasi, A. R.; Rizvandi, M. Influence of the Ultrasound Assisted Synthesis of Cu–BTC Metal–Organic Frameworks Nano particles on Uptake and Release Properties of Rifampicin. *Ultrason. Sonochem.* 2018, 40, 465–471.
7. Loera-Serna, S.; Nuñez, L. L.; Flores, J.; López-Simeon, R.; Beltrán, H. I. An Alkaline One-Pot Metathesis Reaction to Give a [Cu₃(BTC)₂] MOF at r.t., with Free Cu Coordination Sites and Enhanced Hydrogen Uptake Properties. *RSC Adv.* 2013, 3 (27), 10962.