**Синтез иерархических материалов на основе упорядоченных мезопористых полимерных наносфер и цирконо-/алюмосиликатов**

***Крючков М.Д., Шакиров И.И.***

*Аспирант, 3 год обучения*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: mixail.kryuchkov.97@mail.ru*

Конструирование пористых материалов с определенными свойствами органических полимеров и неорганических оксидов представляет особый интерес ввиду их амфифильной природе, возможностью задания размеров и распределения пор и легкости химической модификации. Разнообразие свойств таких материалов обуславливает их широкое применение в адсорбции, катализе, доставке лекарств и хранении/преобразовании энергии [1].

В нашей работе были получены иерархические материалы на основе: 1) пористых оксидов циркония и кремния, нанесенных на упорядоченные мезопористые полимерные наносферы (NSMP-m-Zr-Si); 2) мезопористых алюмосиликатов Al-SBA-15, нанесенных на упорядоченные мезопористые полимерные наносферы (NSMP-Al-SBA-15). Для направленного синтеза мезопористого алюмосиликата Al-SBA-15 на поверхности наносфер полимер был поэтапно модифицирован: 1) хлорметилирование для модификации фенолформальдегидного полимера хлорметильными группами; 2) пропитка полимера 1,3,5-триметилбензолом для блокировки упорядоченных каналов полимера с целью ограничить образование алюмосиликата Al-SBA-15 внутри пор полимера; 3) модификация аминогруппами нуклеофильным замещением хлора на аминогруппы по SN2 механизму; 4) модификация (3-глицидоксипропил)триметоксисиланом для локализации темплата P123 и соединений кремния и алюминия на поверхности полимера. После отжига темплата P123 в атмосфере аргона гибридный материал был охарактеризован низкотемпературной адсорбции-десорбции азота. Гибридный материал NSMP-Al-SBA-15 обладал высокой площадью поверхности 350 м2/г и бимодальным распределением пор по размеру с максимумами в областях 3 и 6 нм, что указывает на иерархическую структуру материала. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии мезопористый алюмосиликат преимущественно равномерно распределен по поверхности полимерных наносфер. Для направленного синтеза мезопористого цирконосиликата m-Zr-Si на поверхности наносфер упорядоченный полимер был модифицирован хлорсульфоновой кислотой. Сульфогруппы на поверхности полимера способствуют координации поверхностно-активного вещества, темплата цирконосиликата – цетилтриметиламмония бромида. Полученный материал NSMP-m-Zr-Si обладал высокой площадью поверхности 550 м2/г, также бимодальным распределением пор по размеру с максимумами в областях 6 и 10 нм. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии мезопористый цирконосиликат преимущественно равномерно распределен по поверхности полимерных наносфер. На малоугловых РФА-спектрах материала NSMP-m-Zr-Si присутствуют сигналы, упорядоченных структур мезопористых цирконосиликата (2θ = 2.38°) и фенолформальдегидного полимера (2θ = 0.5°;0.9°).

*Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 22-79-10077,* [*https://rscf.ru/project/22-79-10077*](https://rscf.ru/project/22-79-10077)*)*

**Литература**

1. Gomez-Romero P., Pokhriyal A., Rueda-García D., Leandro N.B., and González. R. Hybrid Materials: A Metareview // Chem. Mater. 2024. Vol. 36. P. 8–27