**Получение нанокристаллического Sn-содержащего цеолита со структурой BEA методом парофазной кристаллизации**

***Алисултанов А.Р.1, Ермаков И.А.1, Андриако Е.П.1,2***

*Студент, 4 курс специалитета*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, Москва, Россия*

*2Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва, Россия*

*E-mail:* [*termoadernyjhimik@gmail.com*](mailto:termoadernyjhimik@gmail.com)

Оловосодержащий цеолит ВЕА (Sn-BEA) – материал со структурой цеолита ВЕА, в котором часть каркасообразующих атомов кремния изоморфно замещена на атомы олова. Существует два основных подхода к синтезу Sn-BEA – прямой синтез и пост-синтез, при котором атомы олова вводятся в синтезированный ранее материал структуры BEA. Второй подход обладает рядом недостатков: необходимостью использовать вредные для окружающей среды реагенты, многостадийность и частичная аморфизация материала. Первый подход позволяет получить высококристалличный низкодефектный материал в рамках одностадийного синтеза, однако на данный момент отсутствуют методики прямого синтеза нанокристаллического Sn-BEA.

Целью данной работы является разработка методики получения нанокристаллического материала Sn-BEA прямым синтезом с использованием метода парофазной кристаллизации (ПФК), исследование кинетики кристаллизации, а также изучение каталитических свойств образцов в реакции Меервейна-Понндорфа-Верлея (восстановление циклогексанона). Мольное соотношение исходных реагентов в оксидах было следующим: 1 SiO2 : 0,008 SnO2 : 0,22 TEA2O : 0,034 Na2O. В качестве источника олова использовался стабильный в щелочной среде ди-бутоксид-олова. Полученный гель высушивали при 60 ℃ до сухого порошка и помещали в автоклав. Дальнейший синтез проводили в одну стадию, выдерживая при 140 ℃ в течение 0-14 суток.

Синтез методом ПФК впервые проведен из высушенного порошка в отсутствие свободной воды, что позволяет более эффективно использовать объем автоклава, загрузка которого составляла ¾ объема. Показано, что после 7 суток синтеза образуется высококристалличный фазовочистый цеолит со структурой BEA. Установлен оптимальный режим синтеза – показано, что при повышении температуры и содержания воды в реакционном геле происходит образование побочных фаз. С использованием метода СЭМ установлено, что размеры кристаллов полученного образца составляют в среднем 700 нм, кристаллы обладают характерной для цеолитов структурного типа BEA морфологией биусеченного октаэдра. Методом низкотемпературной адсорбции – десорбции азота изучены текстурные характеристики материала. Площадь поверхности синтезированного образца составляет 700 м2/г, объем микропор составляет около 19 см3/г, что характерно для цеолитов структурного типа BEA. Отношение Si/Sn составляет 135, выход твердой фазы составляет около 45 %. Количество активных центров и их локализацию оценивали методом ИК-спектроскопии адсорбированного пиридина.

Каталитические свойства образца были исследованы в реакции Меервейна-Понндорфа-Верлея, восстановления циклогексанона до циклогексанола в среде изопропилового спирта. Реакцию проводили при температуре 80 ℃. Анализ продуктов реакции проводили методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором. Для образца, полученного спустя 7 суток синтеза, конверсия циклогексанона составила 90 % через 24 часа реакции, селективность по продукту составила 100 %.

Таким образом, впервые была разработана эффективная методика получения нанокристаллического катализатора Sn-BEA методом ПФК в щелочной среде; высококристалличный образец с размером кристаллов 700 нм и развитой поверхностью был получен спустя 7 суток синтеза.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №24-13-00103),*[*https://rscf.ru/project/24-13-00103/*](https://rscf.ru/project/24-13-00103/)*.*