

## Получение наночастиц магнетита, допированных молибденом, танталом, ванадием и ниобием, и их каталитические свойства на примере реакции Михаэля

*В.В. Ларина, Е.А. Дерябина, Е.Г. Чупахин  
Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия  
E-mail: surinac@mail.ru*

Создание оболочки на магнитных наночастицах магнетита выполняет защитную функцию, а также придает им дополнительные свойства. Оболочки с каталитически активными компонентами позволяют использовать магнитные наночастицы в качестве гетерогенных катализаторов с возможностью к рециклизации, которые можно эффективно извлекать простыми способами.

Частицы магнетита были получены по реакции солей железа  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  в щелочной среде. Оболочки были созданы двумя методами: 1) механотермохимическим (150 °С) с использованием наночастиц янтаря в качестве источника органических лигандов и соединений переходных металлов; 2) методом золь-гель-синтеза с использованием органических кислот в качестве лигандов (яблочной, янтарной и фумаровой) и этоксидов переходных металлов. Из переходных металлов были выбраны молибден, тантал, ванадий и ниобий.

Методами сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии установлены наноразмерность всех полученных частиц и присутствие в них допирующих металлов. Методом магнитометрии показано, что полученные частицы являлись «мягкими» магнитами с однодоменной структурой.

Каталитические свойства полученных частиц исследовали на реакции Михаэля между меркаптобензимидазолом и (Е)-1-бензил-3-диазо-4-(пиридин-2-ил-метил)пирролидин-2,5-дионом. Методом MALDI-TOF (матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации – времяпролетной масс-спектрометрии) было установлено, что при проведении реакций без катализатора или в присутствии частиц, полученных механотермохимическим методом, наблюдались пики продукта реакции и исходных веществ. При проведении реакции с использованием в качестве катализаторов частиц, полученных методом золь-гель-синтеза, пики меркаптобензимидазола спустя 5,5 ч практически не наблюдались. При проведении реакции в присутствии частиц, полученных золь-гель-методом с использованием этоксида молибдена (VI), наблюдался иной механизм протекания реакций, а также образование других продуктов.

Таким образом, механотермохимический метод создания оболочек на наночастицах магнетита отличается простотой и воспроизводимостью при проведении реакции в присутствии частиц, полученных золь-гель-методом с использованием этоксидов тантала, ванадия и ниобия. Также наблюдалось более полное протекание реакции С–S присоединения Михаэля.

### **Возьмите на заметку:**

- 1) Механотермохимический метод создания оболочек на наночастицах магнетита отличается простотой и воспроизводимостью;
- 2) Частицы, полученные золь-гель-методом, обладают каталитической активностью в рассмотренной реакции С–S присоединения Михаэля.

