**Изучение фазовых и структурных изменений катализатора системы (CrFeCoNiMn)3O4 в ходе реакции гидрирования углекислоты**

***Кокина К.А., Конопацкий А.С., Барилюк Д.В., Чиканова Е.С., Штанский Д.В.***

*Студент, 2 курс магистратуры*

*Университет науки и технологий МИСИС, Москва, Россия*

*E-mail: kokina.ksenia18@gmail.com*

Повышенное содержание углекислого газа в атмосфере является следствием интенсивного использования ископаемых ресурсов в качестве топлива. Процесс гидрирования CO₂ открывает перспективу производства ценных углеводородов из возобновляемого сырья, что может значительно уменьшить зависимость общества от ископаемых источников энергии. В этой связи важной задачей становится поиск недорогих и эффективных катализаторов для переработки углекислоты. [1] В катализе все чаще применяются материалы с высокой энтропией смешения благодаря их высокой стабильности, в том числе при повышенной температуре. Разнообразие атомных конфигураций на поверхности этих материалов способствует формированию множества активных центров, что делает высокоэнтропийные оксиды (ВЭО) уникальными катализаторами для термокаталитических процессов. [2]

Для синтеза частиц высокоэнтропийных оксидов системы (CrFeCoNiMn)3O4 использовался золь-гель метод, который обеспечивает высокую чистоту продуктов и отличается экономичностью и простотой в реализации. В результате был получен однофазный материал со структурой шпинели. Образец представлен наночастицами с преобладающим средним размером 35 нм и равномерным распределением компонентов.

Активация ВЭО перед каталитическими испытаниями осуществлялась при температуре 500 °С и давлении 0.1 МПа в потоке водорода. Гидрирование CO2 проводилось при температуре 200 – 380 °С и давлении 2 МПа с соотношением потоков H2/CO2 = 2. Исследование стабильности осуществлялось при 320 °C в тех же условиях в течение 48 часов.

Показано, что образец ВЭО обеспечивает наилучшую эффективность в реакции гидрирования CO2 при температуре активации 500 °C. Конверсия составляет 46 %, что является высоким значением при сравнении с другими многокомпонентными системами с сопоставимым или более низким значением конверсии, но имеющим более высокое соотношение H2/CO2. Проведение каталитических испытаний в дифференциальном режиме позволило установить значительную скорость реакции – 6.68 ммольСO2/гкат\*ч при 380 °С. Преимущественным продуктом реакции является метан. Установлено, что материал демонстрирует высокую устойчивость, сохраняя значения конверсии и селективности со временем.

В ходе активации и каталитических испытаний происходит восстановление ВЭО, что сопровождается перераспределением металлов и появлением элементов структуры, обогащенных никелем и кобальтом. Это может быть связано с меньшими атомными радиусами этих элементов и их более низким сродством к кислороду.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 20-79-10286-П.*

**Литература**

1. Ye R. P. et al. CO2 hydrogenation to high-value products via heterogeneous catalysis //Nature communications. – 2019. – Т. 10. – №. 1. – С. 5698.

2. Pan Y. et al. High-entropy oxides for catalysis: A diamond in the rough //Chemical Engineering Journal. – 2023. – Т. 451. – С. 138659.