

Сведения о выполненных работах и полученных научных результатах  
в период с 14.08.2023 г. по 30.06.2024 г.

по проекту «**Дизайн катализаторов с моноатомными и кластерными  
структурами нанесённых благородных металлов для окисления летучих  
органических соединений**»,

поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 23-73-10152

Руководитель: канд. хим. наук Мамонтов Григорий Владимирович

Решение задач по обеспечению безопасности от вредного воздействия промышленности, транспорта, техногенных аварий, природных катаклизмов и других источников опасности является одной из приоритетных сегодня. Каталитические технологии играют ключевую роль в нейтрализации опасных веществ как в воздухе, так и в сбросовых водах. Разработка новых катализаторов, отличающихся не только высокой активностью, но и стабильностью, а также доступностью, является актуальной задачей.

Актуальным является разработка катализаторов, не содержащих дорогостоящие благородные металлы, или содержащие их минимальные количества. Решение проблемы создания катализаторов с высокой активностью может достигаться за счёт использования подходов к стабилизации очень малых содержаний металлов в моноатомных и кластерных состояниях, в том числе за счёт сильного взаимодействия с носителем. Вторым решением является комбинирование платиновых металлов с другими более доступными металлами, в частности, серебром и железом с получением соответствующих биметаллических структур, которые могут быть более активными за счёт синергетического действия двух металлов.

Настоящий проект направлен на разработку новых каталитических материалов на основе оксидов  $\text{CeO}_2$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  с нанесёнными в малом количестве серебром, платиной и иридием. Оксид церия, оксид железа и их комбинация используется как носители с уникальными окислительно-восстановительными свойствами, а также с возможностью стабилизации высокодисперсных частиц нанесённых благородных металлов в моноатомных и кластерных состояниях за счёт сильного взаимодействия металл – носитель. Использование серебра обусловлено его уникальными каталитическими свойствами, большим сродством к металлам платиновой группы, а также невысокой стоимостью, что в комбинации с металлами платиновой группы при их малом содержании позволит значительно снизить стоимость катализаторов.

На первом этапе работ проведён синтез серий оксидных  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и смешанных оксидных Ce-Fe носителей, а также монометаллических Ag, Pt, Ir и биметаллических Ag-Pt и Ag-Ir катализаторов на их основе. Варьируется способ получения носителей и катализаторов, включая термическое разложение, соосаждение, цитратный метод, методы пропитки и восстановительной пропитки. Показано, что использовании метода соосаждения и цитратного метода при

получении Ag-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CeO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> систем при определённом соотношении компонентов получают образцы с неожиданно высокими значениями удельной поверхности, что связано с формированием частиц меньшего размера.

Для систем Ag/CeO<sub>2</sub> обнаружена неожиданно высокая хемосорбционная способность по отношению к толуолу. Результаты опубликованы в статье в журнале *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134249>.

Обнаруженный эффект играет большую роль в очистке воздуха от летучих органических соединений, в частности толуола, поскольку катализаторы на основе композиции Ag-CeO<sub>2</sub> с добавками Fe, Pt, Ir могут быть использованы и как сорбенты, и как катализаторы для нейтрализации органических загрязнителей из воздуха. Это может быть использована в качестве «холодной ловушки» для улавливания продуктов неполного сгорания при «холодном старте» двигателей внутреннего сгорания.

Показан синергетический эффект в биметаллических Ag-Pt и Ag-Ir катализаторах, выраженный в увеличении каталитической активности в реакции восстановления 4-нитрофенола при комнатной температуре и атмосферном давлении по сравнению с монометаллическими нанесёнными Ag, Pt и Ir катализаторами. Таким образом, при снижении в катализаторах части дорогостоящего металла Pt или Ir за счёт замены на более доступное серебро наблюдается увеличение каталитической активности, то есть могут быть получены более активные катализаторы с меньшим содержанием дорогостоящих металлов.

Практическая значимость исследования состоит в разработке подходов к получению более доступных катализаторов с малым содержанием Pt и Ir для очистки воздуха от летучих органических соединений. Разработка доступных катализаторов является приоритетной задачей в области защиты окружающей среды, противодействия различным техногенным угрозам.