**Каталитические свойства иммобилизованных хлорферратов имидазолия в окислении тиофена: влияние носителя и способа нанесения**

***Воскресенский Е.Ю.1, Родина А.В.2***

*Студент, 1 курс специалитета*

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

*2 Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*E-mail: evoskres705@mail.ru*

Условия приготовления твердых катализаторов являются важнейшими факторами, влияющими на их активность и стабильность, особенно в том случае, если активная фаза на поверхности содержит компоненты, подверженные химических превращениям в ходе синтеза. К ним относятся, в частности, FeCl3 и соответствующие хлоридные комплексные анионы. Стабилизация этих производных с помощью органических катионов, в частности, имидазолия, на поверхности кремнезема позволяет получить катализаторы окисления тиофена пероксидом водорода в углеводородной среде [1]. Этот процесс является удобной моделью окислительной десульфуризации нефтяного сырья, поскольку тиофен - наиболее трудноокисляемое соединение среди серосодержащих гетероциклов. Цель настоящей работы – установление влияния структуры кремнезема и способа закрепления активной фазы на его поверхности на каталитические свойства иммобилизованного хлорферрата алкилимидазолия.

Железосодержащую ионную жидкость (ИЖ) получали в растворе сухого ацетонитрила из FeCl3 и хлорида гексилэтилимидазолия. Для анализа исходной и синтезированной ИЖ использовали ИК-спектроскопию. Согласно этим данным, в ходе синтеза происходит частичный гидролиз FeCl3, что, как оказалось в дальнейшем, отрицательно влияет на катализ. Полученное производное наносили на поверхность силикагеля (сферические гранулы, Sуд. 300 м2/г, Vпор 0.95 см3/г, Dпор 10 нм) методом суспензионной пропитки. Кроме того, на этом же носителе синтезировали аналогичный катализатор in situ. По такой же методике готовили образцы на синтетическом опале (гранулы, состоящие из сферических непористых частиц SiO2 d ~700 нм, Sуд.~12 м2/г, размер пор между частицами 100-300 нм, Vпор 0.25 см3/г) и мезопористом кремнеземе (гранулы, Sуд.~50 м2/г, Vпор 0.17 см3/г, Dпор ~12 нм). Для сравнения получен образец близкого состава путем ковалентного связывания имидазольного катиона с силикагелем. Состав и структуру поверхности образцов определяли с помощью СЭМ-ЭДА, РФлА и РФЭС. Приготовленные катализаторы содержат около 1 масс.% Fe.

Все образцы оказались активными в тестовой реакции окисления тиофена пероксидом водорода, при этом скорость и глубина реакции за стандартное время определяется величиной удельной поверхности носителя и объемом пор, а также степенью гидролиза хлорферратных анионов. Наибольшая конверсия тиофена (около 60% за 4 часа) получена на катализаторе, приготовленном in situ на силикагеле, несколько меньшая – на опале, однако гранулы этого катализатора полностью разрушились при его длительном использовании. Катализатор, полученный ковалентным связыванием имидазолиевого катиона с поверхностью силикагеля, оказался менее активным, но самым стабильным в пяти последовательных циклах окисления тиофена.

*Авторы выражают благодарность к.х.н., ст.н.сотруднику Физико-технический института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Курдюкову Д.А. за предоставление образцов синтетического опала и мезопористого кремнезема .*

1.[Tarkhanova I.G.](https://istina.msu.ru/workers/1749736/%22%20%5Co%20%22%D0%A2%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%98%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B0%20%28%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%83%20%D1%81%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), [Ali-Zade A.G.](https://istina.msu.ru/workers/7863040/%22%20%5Co%20%22%D0%90%D0%BB%D0%B8-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B5%20%D0%90%D0%BB%D0%B8%20%D0%93%D0%BE%D1%88%D0%B3%D0%B0%D1%80%20%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D1%8B%20%28%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%83%20%D1%81%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), [Buryak A.K.](https://istina.msu.ru/workers/87731593/%22%20%5Co%20%22%D0%91%D1%83%D1%80%D1%8F%D0%BA%20%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%B9%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87%20%28%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%83%20%D1%81%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), [Zelikman V.M.](https://istina.msu.ru/workers/1870160/%22%20%5Co%20%22%D0%97%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BC%D0%B0%D0%BD%20%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%20%D0%9C%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87%20%28%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%83%20%D1%81%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29)  [Effect of Metal-Containing Anions on the Catalytic Properties of Imidazolium Derivatives Immobilized on Silochrome in Oxidative Desulfurization](https://istina.msu.ru/publications/article/563927371/%22%20%5Co%20%22%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%83%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8).  *[Catalysis in Industry](https://istina.msu.ru/journals/1071240/%22%20%5Co%20%22%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%83%20%D0%B6%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B0)*, 2023. том 15, № 2, с. 125-131.