

УДК: 541.128

doi 10.18101/978-5-9793-0803-6-36-38

**ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ  
В КАТАЛИЗЕ НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА  
«Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·CuO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>»**

© *Ханхасаева Сэсэгма Цыреторовна*, кандидат химических наук, доцент  
Байкальского института природопользования СО РАН  
Россия, г. Улан-Удэ  
E-mail: shan@binm.bscnet.ru

Представлены результаты по получению нанокomпозитного материала на основе слоистого алюмосиликата (САС) — монтмориллонита и Fe, Cu, Al-полиоксокомплексов и применению его в качестве катализатора в процессе окислительной деструкции азокрасителя «кислотный хром темно-синий». Показано, что интеркалирование смешанными полиоксокомплексами Fe, Cu и Al и последующее прокаливание при 500 °С приводит к изменению текстурных характеристик исходного САС вследствие закрепления частиц оксидов металлов в его межслоевых промежутках: увеличению удельной поверхности в 1.7 раза, уменьшению среднего диаметра и формированию микропор с площадью поверхности 55 м<sup>2</sup>/г. Результаты исследования каталитических свойств материала Fe/Cu/Al-МТ показали, что введение оксидов переходных металлов (Fe, Cu) обеспечивает его высокую активность в окислительной деструкции органических красителей.

**Ключевые слова:** нанокomпозит, монтмориллонит, оксид железа, оксид меди, катализ, окислительная деструкция, органические красители.

**PREPARATION AND USE OF NANOCOMPOSITE MATERIAL  
«Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · CuO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · SiO<sub>2</sub>» IN CATALYSIS**

*Sesegma Ts. Khankhasaeva*, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor, Baikal Institute of Nature Management,  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
Ulan-Ude, Russia

The results of obtaining of nanocomposite material based on a layered aluminosilicate (LAS) — montmorillonite and Fe, Cu, Al — polyoxocomplexes and its use as a catalyst in the oxidative degradation of azodye "acid chrome dark blue" are presented in the paper. It is shown that mixed polyoxocomplexes Fe, Cu, Al intercalation and subsequent calcination at 500 °C results in a change in the textural characteristics of the original LAS due to fixing metal oxide particles in its interlayer spaces: an increase in the specific surface area 1.7 times, reduction of the average diameter and the formation of micropores with a surface area of 55 m<sup>2</sup>/g. Results of the study of the catalytic properties of the material Fe/Cu/Al-MT showed that the introduction of transition metals (Fe, Cu) oxides provides its high activity in the oxidative degradation of organic dyes.

**Keywords:** nanocomposite, montmorillonite, iron oxide, copper oxide, catalysis, oxidative degradation, organic dyes.

В настоящее время одним из интенсивно развивающихся направлений материаловедения является разработка новых функциональных материалов из природных минералов путем изменения их исходного состава и структуры. Интеркалирование комплексов переходных металлов в межслоевое пространство слоистых алюмосиликатов (САС), входящих в состав бентонитовых глин, приводит к образованию регулярных пористых структур, обладающих уникальными структурными и каталитическими свойствами. Эти материалы представляют большой интерес для применения в экологически безопасных каталитических технологиях очистки сточных вод.

В данной работе представлены результаты по получению нанокompозитного материала на основе САС — монтмориллонита (МТ) и комплексов Fe, Cu и Al и изучению его каталитических свойств в окислительных процессах. Синтез Fe/Cu/Al-содержащего материала состоял из этапов: выделение монтмориллонитсодержащей фракции из бентонитовой глины и приготовление водной суспензии САС; приготовление модифицирующего раствора, содержащего смешанные полиоксокомплексы Fe, Cu и Al; добавление модифицирующего раствора к суспензии САС; отделение твердой фазы от жидкой; промывание твердой фазы дистиллированной водой; высушивание осадка; измельчение до порошкообразного состояния; прокаливание при температуре 500 °С. Химический состав полученного материала Fe/Cu/Al-МТ представлен оксидами элементов (% масс.): SiO<sub>2</sub> — 61.0, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 15.0, MgO — 0.83, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 2.0, K<sub>2</sub>O — 0.48, Na<sub>2</sub>O — 0.20, CuO — 0.21, TiO<sub>2</sub> — 0.10, п.п.п. — 29.8. Удельную поверхность и характеристики пористой структуры исходного САС и Fe/Cu/Al-МТ были определены методом низкотемпературной адсорбции азота на установке ASAP-2400 Micromeritics. Изотерма адсорбции азота на образце Fe/Cu/Al-МТ имеет вид, характерный для сорбентов со смешанной пористой структурой, в которых имеются мезо- и микропоры, в то время как исходный МТ имел мезопористую структуру. Интеркалирование смешанными полиоксокомплексами Fe, Cu и Al и последующее прокаливание при 500 °С приводят к изменению текстурных характеристик исходного САС вследствие закрепления частиц оксидов металлов в его межслоевых промежутках: увеличению удельной поверхности в 1,7 раза, уменьшению среднего диаметра и формированию микропор с площадью поверхности 55 м<sup>2</sup>/г.

Результаты исследования каталитических свойств материала Fe/Cu/Al-МТ в окислительной деструкции азокрасителя «кислотный хром темно-синий» (КХТС) пероксидом водорода в водных растворах показали, что данный материал обладает большей удельной каталитической активностью, чем монтмориллониты, содержащие оксид железа (Fe/Al-МТ) либо оксид меди (Cu/Al-МТ). Высокая активность материала, приводящая к 97%-ной конверсии азокрасителя, обусловлена совместным присутствием оксидов меди и железа в катализаторе [1; 2]. Кинетические закономерности окислительной деструкции КХТС в присутствии Fe/Cu/Al-МТ и Fe/Al-МТ согласуются с механизмом Фентоновского окисления органических веществ в водных растворах, ключе-

вой стадией которого является образование активных гидроксильных радикалов. Установлено, что основными физико-химическими параметрами, влияющими на скорость конверсии КХТС, являются рН реакционной смеси, концентрации пероксида водорода и азокрасителя, содержание катализатора и температура проведения реакции. Определены оптимальные условия каталитического окисления красителя КХТС в присутствии Fe/Cu/Al-МТ и Fe/Al-МТ.

**Литература**

1. Ханхасаева С. Ц., Дашинамжилова Э. Ц., Дамбуева Д. В., Тимофеева М. Н. // Кинетика и катализ. 2013. Т. 54, № 3. С. 320.
2. Khankhasaeva S. Ts., Dashinamzhilova E. Ts., Dambueva D.V., Timofeeva M. N. Book of Abstracts 2nd International Conference «Clays, Clay Minerals and Layered Materials — CMLM2013». StPetersburg, 11–15 September, 2013. С. 143.