

ВЛИЯНИЕ ИМПРЕГНИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА НА АКТИВНОСТЬ ОБРАБОТАННЫХ В ПЛАЗМЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ZnO В РЕАКЦИЯХ ФОТОДЕГРАДАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

EFFECT OF SILVER NANO-PARTICLES IMPREGNATION ON EFFICIENCY OF PLASMA TREATED ZnO-BASED CATALYSTS FOR PHOTODEGRADATION OF ORGANIC COMPOUNDS IN WATER

*Н. А. Савастенко¹, И. И. Филатова², В. А. Люшкевич², Н. И. Чубрик²,
Н. Д. Стрекаль³, А. А. Щербович¹, С. А. Маскевич¹*
*N. Savastenko¹, I. Filatova², V. Lyushkevich², N. Chubrik²,
N. Strekal³, A. Shcherbovich¹, S. Maskevich¹*

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь

²Национальная академия наук Беларуси, Институт физики им. Б. И. Степанова,
г. Минск, Республика Беларусь,

³Гродненский государственный университет им. Я. Купалы,
г. Гродно, Республика Беларусь

nataliesavastenko@iseu.by

¹Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

²B. I. Stepanov Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

³Yanka Kupala State University of Grogno, Grodno, Republic of Belarus

Исследована фотодеградация метилового оранжевого (МО) в присутствии допированных серебром и недопированных фотокатализаторов на основе ZnO. Допирование серебром было произведено методом импрегнирования порошка ZnO в коллоиде наночастиц серебра. Затем допированный образец был подвергнут обработке в плазме диэлектрического барьерного разряда (ДБР) для увеличения его активности. Активность допированных фотокатализаторов, обработанных и необработанных в плазме, сравнивалась с активностью недопированного катализатора. Допирование катализатора приводит к снижению его активности. Последующая плазменная обработка повышает активность фотокатализаторов, выраженную в терминах константы реакции, в 3 раза. Наличие атомов Ag в образцах подтверждено методом индуктивно-связанной плазмы. Была исследована также фотолюминесценция образцов.

In this study, Methyl Orange (MO) was degraded photocatalytically in presence of bare ZnO and silver (Ag) loaded ZnO. Ag-loaded ZnO photocatalysts were produced by impregnation of ZnO pulver with Ag-nanoparticles colloids. Thereafter, the catalysts were treated in dielectric barrier discharge (DBD) plasma to improve its performance. The performance of plasma-treated and untreated Ag-loaded catalysts was compared with that of bare ZnO catalyst. A diminished catalytic activity was observed after impregnation with Ag-nanoparticles. A subsequent treatment by DBD-plasma lead to the enhancement of catalysts' performance. The photocatalytic activity, expressed in terms of rate of photodegradation of MO, was 3 times higher for plasma-treated Ag-ZnO than that for bare ZnO. The presence of silver in ZnO was established by inductively coupled plasma spectrometry (ICP-AES) technique. The samples were also characterized by photoluminescence (PL) spectroscopy.

Ключевые слова: плазменная обработка, ZnO, фотокатализ, фотометрия, наночастицы, Ag, фотолюминесценция, индуктивно-связанная плазма.

Keywords: plasma treatment, ZnO, photocatalysis, UV-Visible spectrophotometry, nanoparticles, Ag, photoluminescence (PL), inductively coupled plasma.

Очистка сточных вод от органических примесей остается важнейшей задачей восстановления водных ресурсов. Одним из основных источников поступления органических примесей в сточные воды являются отходы предприятий, содержащих органические красители, продукты разложения которых могут вызывать онкологические заболевания [1]. Перспективным методом очистки воды от органических красителей является фотокатализ с использованием полупроводниковых материалов на основе оксида цинка (ZnO). Привлекательность фотокатализа как метода очистки обусловлена возможностью разложения вредных органических примесей до элементарных неорганических элементов. Вместе с тем для промышленного использования фотокаталитической очистки воды необходимо повышать эффективность существующих катализаторов. Одним из методов повышения эффективности катализаторов является их допирование анионными или катионными примесями, атомами как металлов, так и неметаллов, а также наночастицами металлов.

В настоящей работе в качестве модельной системы для исследования влияния допантов на повышение активности фотокатализаторов был выбран оксид цинка, модифицированный наночастицами серебра ZnO/Ag. Для введения допирующих примесей выбран химический метод импрегнирования исходного мелкодисперсного порошка оксида цинка коллоидным раствором наночастиц серебра. Дальнейшая обработка катализаторов включала воздействие плазмы ДБР.

На рис. представлены изменения логарифма нормированной концентрации красителя C_t вследствие фотодеградации на необработанном и обработанном в плазме допированных катализаторах в зависимости от времени облучения. Для сравнения представлены также данные для катализатора сравнения (ZnO), а также изменения логарифма нормированной концентрации красителя C_t вследствие фотодеградации на необработанном и обработанном в плазме допированных катализаторах в зависимости от времени облучения. Для сравнения представлены также данные для катализатора сравнения (ZnO).

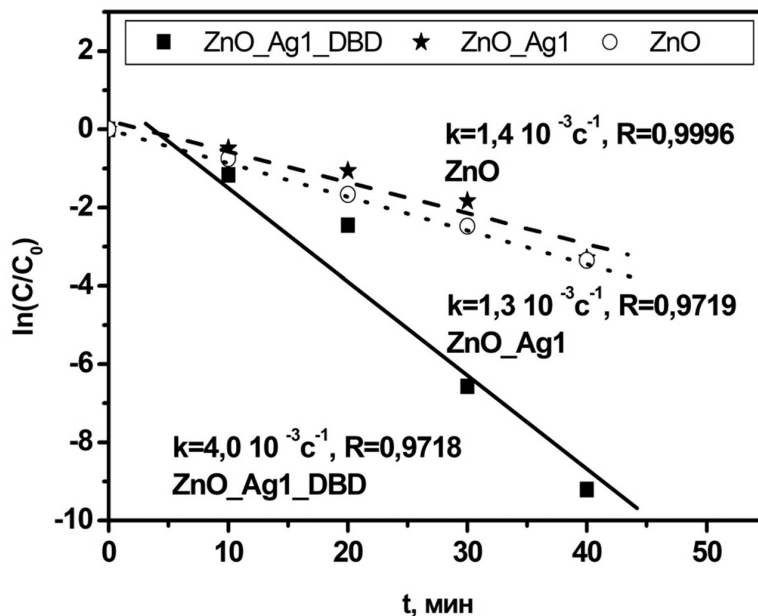


Рисунок – Фотокаталитическая активность недопированного (ZnO) и допированных наночастицами серебра фотокатализаторов на основе ZnO до (ZnO_Ag1) и после (ZnO_Ag1_DBD) обработки в плазме диэлектрического барьерного разряда

Из рис. следует, что допирование наночастицами серебра приводит к незначительному уменьшению каталитической активности – константа реакции уменьшается от значения $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ для недопированного катализатора (ZnO) до значения $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ для допированного необработанного катализатора (ZnO_Ag1).

Обработка в плазме диэлектрического барьерного разряда приводит к существенному увеличению каталитической активности образца. Константа реакции увеличивается почти в 3 раза (2,86) и становится равной $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (проект № Ф17-076).

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Di Paula A survey of photocatalytic materials for environmental remediation / A. Di Paula [et al.] // J. Hazard. Mater. – 2012. – Vol. 211–212. – P. 3–29.