

М.С. Ким, А.Ж. Жумабеков
*Карагандинский Государственный Университет им. Е.А.Букетова, г. Караганда,
Казахстан, mira_0352@mail.ru.*

Фотодеградация метиленового голубого на поверхности нанокompозитного материала «диоксид титана-восстановленный оксид графена».

Интерес к фотокаталитическим процессам стремительно растет в последнее время. Диоксид титана (TiO_2) широко изучается благодаря его стабильным, нетоксичным, химически инертным характеристикам и низкой стоимости, что делает его одним из лучших материалов для повышения фотокаталитической активности. Привлекательность фотокатализаторов на основе диоксида титана обусловлена эффектом фотокаталитического разложения органических загрязнений до элементарных неорганических компонентов.

Влияние различных факторов на фотокаталитическую активность диоксида титана в настоящее время является предметом многочисленных исследований. Различными авторами показано, что добавление восстановленного оксида графена (rGO) в TiO_2 повышает фотокаталитическую активность материала и его стабильность в УФ-видимом диапазоне спектра, благодаря исключительным электронным свойствам графена. Это является перспективным способом улучшения фотокаталитических характеристик TiO_2 [1,2].

В данной работе синтезированы нанокompозитные материалы TiO_2 -rGO с разной концентрацией восстановленного оксида графена, проведен сравнительный анализ.

Приготовление нанокompозитных материалов проводилось методом гидротермального синтеза, подробно описанного в работе [3]. Образование нанокompозита было подтверждено данными ИК-анализа. Результаты показали, что в нанокompозитах частично исчезают функциональные группы, что подтверждает восстановление оксида графена в ходе синтеза. Кроме того, появление широкой полосы ниже 1000 см^{-1} свидетельствует о формировании связи между TiO_2 и производной графена. ЭДС анализ показал наличие титана, кислорода и углерода в порошке нанокompозитных материалов. Спектры комбинационного рассеяния нанокompозитов показывают пики, характерные как для TiO_2 , так и для восстановленного оксида графена.

Каталитические свойства нанокompозитов TiO_2 -rGO были исследованы в одинаковых условиях. Результаты оценивались по реакции фотодеградации Метиленового голубого (МГ) в присутствии наночастиц TiO_2 и нанокompозитов с разной концентрацией восстановленного оксида графена.

Для этого 0,6 мг красителя растворяли с 50 мл деионизированной воды, очищенной при помощи системы очистки воды AquaMax. Затем смешивали 0,2 г катализатора (чистый TiO_2 или TiO_2 -rGO) со 100 мл МГ. Полученную суспензию обрабатывали 30 мин в ультразвуковой ванне. Далее ее выдерживали в темноте 60 мин при постоянном перемешивании для установления абсорбционного равновесия. Из полученной дисперсии отбирали 5 мл и центрифугировали в течение 15 мин при 4000 об/мин. С помощью спектрофлуориметра SolarCM оценивали оптическую плотность раствора. Далее суспензию поместили в магнитную мешалку и облучали светодиодной лампой в видимой области спектра. При этом через каждые 30 мин отбирали по 5 мл раствора и определяли концентрацию красителя. Оценку концентрации красителя проводили по оптической плотности в максимуме полосы поглощения красителя на 663 нм.

Результаты исследования показали, что нанокompозиты TiO_2 -rGO обладают улучшенной фотокаталитической активностью по сравнению с чистым TiO_2 (Рис.1).

Также анализ полученных данных показывает, что с увеличением концентрации восстановленного оксида графена в нанокompозитах ускоряется фотодеградация молекул

красителя. Так, при наличии $\text{TiO}_2\text{-rGO}/1$ мас% через 30 минут облучения светодиодом происходит фотодеградация 10% молекул красителя, при концентрации 5 мас% и 10 мас% в тех же условиях деградирует 20% и 65% соответственно. Тогда как в присутствии чистого диоксида титана деградирует только 3% молекул. Через 90 минут облучения деградировало уже 95% молекул красителя наличия $\text{TiO}_2\text{-rGO}/10$ мас%; при добавлении чистого диоксида титана деградирует только 15%.

Улучшение фотокаталитической активности диоксида титана может быть связано как с ростом удельной поверхности нанокompозитного материала по сравнению с чистым TiO_2 , так и повышением эффективности процесса разделения зарядов в полупроводнике, что уменьшает процессы рекомбинации заряда [4-5]. В присутствии rGO возрастает число OH-радикалов, которые образуются в ходе фотореакции TiO с раствором, что обеспечивает более эффективную деградацию молекул красителя. Более того, молекулы МГ более активно адсорбируются на поверхности композитного материала благодаря $\pi - \pi$ сопряжению между красителем и ароматическими областями восстановленного оксида графена. Благодаря совокупности этих факторов, фотодеградация молекул красителя на поверхности нанокompозитного материала возрастает. Высокая каталитическая активность нанокompозитов с rGO связана с его улучшенными электронно-транспортными характеристиками, по сравнению с невосстановленным оксидом графена.

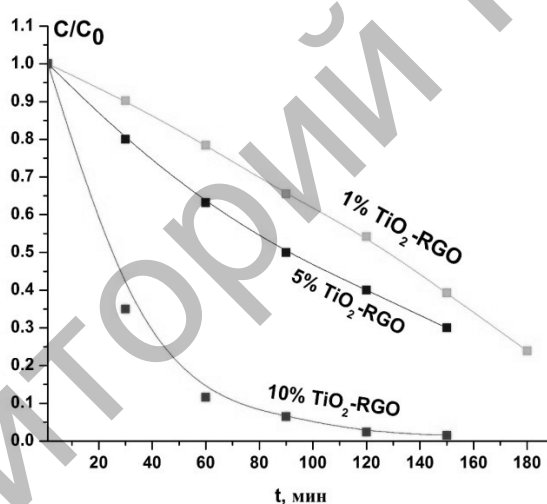


Рисунок 1. Фотокаталитическая деградация МГ в присутствии TiO_2 и $\text{TiO}_2\text{-rGO}$

Использование диоксида титана в качестве фотокаталитического материала является весьма перспективным направлением в сфере окружающей среды. Полученные результаты могут быть использованы для создания высокоэффективного катализатора, чувствительного к видимому свету, а также актуальны в областях, требующих фотокаталитической деградации органических соединений.

Литературы:

1. A.Tayel, *Catal.*, V. 8, P. 491, (2018)
2. Nakata K., Fujishima A., *Photochem. Photobiol. J.*, V. 13, P. 169, (2012)
3. A.Zh. Zhumabekov, E.V.Seliverstova, N.Kh.Ibrayev, *Eur. Phys. Tech. J.*, V. 16, P. 42, (2019)
4. K. Woan, G. Pyrgiotakis, W. Sigmund, *Adv. Mat.* V. 21, P. 2233, (2009).
5. D. Zhao, G. Sheng, Ch. Chen, X. Wang, *Catal.*, P. 303, (2012).