

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА

Р.А. Ермаков, Е.Н. Тупикова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. При помощи современных исследований было доказано, что фотокатализаторы на основе диоксида титана являются наиболее эффективными: они способны разрушать практически любые органические соединения даже при низких температурах, тем самым позволяя использовать излучение солнца для наиболее эффективного протекания химических реакций. Таким образом, данные фотокатализаторы могут быть использованы для очистки окружающей среды от токсичных веществ. У диоксида титана есть ряд преимуществ, за счет которых его можно назвать перспективным фотокатализатором: он практически безвреден, его легко получить в лабораторных условиях, а также недорог в производстве [1–3].

Цель — получение порошков диоксида титана золь-гель методом и изучение их фотокаталитических свойств.

Методы. Диоксид титана синтезировали гидролизом тетрабутоксититана в смеси спиртов третбутанола и 98 % этанола с катализатором уксусной кислотой при комнатной температуре при перемешивании. Получали полибутилтитанат в виде золя. После перехода золь в гель его сушили при 100 °С до образования ксерогеля и подвергали термической обработке: прокалке в муфельной печи при 400 °С (образец № 1) или 650 °С (образец № 2) в течение 4 ч или кристаллизации в гидротермальных условиях при температуре 130 °С на протяжении 6 ч (образец № 3).

Фотокаталитический эксперимент проводили следующим образом. Образец катализатора массой 0,07 г помещали в 40 мл раствора метиленового синего с концентрацией 1 мг/л и диспергировали в ультразвуковой ванне 3 раза по 1 мин для образования устойчивого золя. Полученный золь в кварцевых кюветах помещали под ультрафиолетовую лампу. Параллельно для исключения самодеградации красителя облучению подвергали раствор без катализатора. Контрольный образец для исключения возможности сорбции красителя диоксидом титана оставляли в темном месте. Каждый час отбирали пробу объемом 3 мл, отделяли твердую фазу на центрифуге и измеряли оптическую плотность растворов на фотоэлектроколориметре при длине волны 590 нм.

Результаты. В ИК-спектрах ксерогелей наблюдаются полосы, характерные для функциональных групп органических соединений, что свидетельствует об образовании полибутилтитаната на первом этапе синтеза. В ИК-спектрах образцов после термической обработки данные полосы отсутствуют, что доказывает образование диоксида титана.

Результаты измерения оптической плотности растворов метиленового синего в ходе фотокаталитического эксперимента представлены в таблице. Оптическая плотность раствора красителя в присутствии катализаторов уменьшается со временем, тогда как без катализатора остается неизменной. Максимальное снижение оптической плотности наблюдается в первый час эксперимента. Через 5 ч на образце № 2 степень деградации красителя составляет 41,5 %, на образце № 3 — 58,5 %. Наблюдается уменьшение оптической плотности раствора с образцом № 2 без воздействия света на 8 %, что можно объяснить сорбцией красителя. Оптическая плотность раствора с образцом № 3 в отсутствие ультрафиолета остается постоянной. Полученные данные позволяют утверждать, что синтезированные в ходе работы образцы диоксида титана активны в фотодеградациии красителя метиленового синего.

Таблица. Результаты фотокаталитического эксперимента

Образцы	Оптическая плотность после начала эксперимента, ч				
	1	2	3	4	5
№ 2 / УФ	0,47	0,48	0,46	0,39	0,38
№ 2 / без УФ	0,56	0,56	0,59	0,60	0,61
№ 3 / УФ	0,50	0,40	0,33	0,33	0,27
№ 3 / без УФ	0,70	0,66	0,70	0,70	0,71
Без катализатора	0,65	0,66	0,68	0,65	0,72

Выводы. Разработана методика золь-гель синтеза диоксида титана гидролизом тетрабутоксититана до полибутилтитаната с последующей термической обработкой. Полученные образцы проявляют фотокаталитическую активность в реакции деградации метиленового синего. Режим термической обработки влияет на активность катализатора. Максимальная степень превращения красителя наблюдается на образце, полученном гидротермальной обработкой ксерогеля полибутилтитаната при 130 °С в течение 6 ч.

Ключевые слова: наночастицы; диоксид титана; фотокаталитическая активность; спектрофотометрический метод; фотодеградация красителей; пленки диоксида титана.

Список литературы

1. Саляхова М.А., Абдулин И.Ш., Карасева И.П., и др. Оптимизация технологии создания фильтрующе-сорбирующего материала с фотокаталитическими свойствами // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 12. С. 134–135.
2. Агафонов А.В., Виноградов А.В. Каталитически активные материалы на основе диоксида титана. Пути повышения фотокаталитической активности // Химия высоких энергий. 2008. Т. 42, № 7. С. 79–81.
3. Саляхова М.А., Абдулин И.Ш., Уваев В.В., Кайдриков Р.А. Фотокаталитическое окисление вредных веществ, сорбированных материалом с внедренным диоксидом титана // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 12. С. 101–102.

Сведения об авторах:

Родион Андреевич Ермаков — студент, группа 4425-280302D, естественнонаучный институт; Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: osa-osa2001@mail.ru

Елена Николаевна Тупикова — научный руководитель, кандидат химических наук, доцент; доцент кафедры химии; Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: nil-6ssau@email.ru