

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_5b6d5863076c49.45633399

Лабузова М.В., аспирант,
Губарева Е.Н., аспирант,
Огурцова Ю.Н., канд. техн. наук,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СВОЙСТВА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМНОГО СЫРЬЯ

В работе представлены результаты исследования фотокаталитического композиционного материала, полученного золь-гель методом. Данный материал представляет собой систему «фотокатализатор – носитель», где носителем выступает порошок диатомитовый. Сырьевыми материалами являлись тетрабутоксититан и порошок диатомитовый тонкодисперсный DIASIL со средним размером частиц 10,2 мкм. Для синтеза использовались следующие соотношения тетрабутоксититана и порошка диатомитового: 5,2/1; 2,6/1 и 1,8/1. Проведена оценка свойств синтезированного материала системы «TiO₂–SiO₂», в зависимости от содержания исходных компонентов. Минеральный и химический состав синтезированного материала определяли с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра со встроенной системой дифракции, ИК-Фурье спектрометра. Особенности микроструктуры и элементный состав поверхности исследовались на сканирующем электронном микроскопе. Во всех образцах отмечено формирование анатазной модификации диоксида титана. С увеличением содержания диатомитового порошка в композиционном материале отмечено увеличение количества несвязанного диоксидом титана SiO₂. Изучение микроструктурных особенностей синтезированных материалов позволило отметить, что агломераты TiO₂ заполняют поры и пустоты на развитой поверхности частиц диатомита. Размер отдельных образований составляет порядка 100–200 нм и значительно не изменяется при варьировании содержания диатомита в сырьевой смеси. Определено изменение способности к самоочищению цементного камня с разработанным фотокаталитическим композиционным материалом в зависимости от его состава. Определение способности к самоочищению образцов цементного камня производилось с использованием методики оценки фотокаталитического разложения органического красителя – родамина Б. Установлено, что наиболее активным является материал, в котором соотношение TiO₂/SiO₂ составляет 1/1.

Ключевые слова: фотокатализ, фотокаталитический композиционный материал, диоксид титана, порошок диатомитовый, цементный камень, самоочищение.

Введение. Актуальность использования фотокаталитических материалов обусловлена неудовлетворительным состоянием качества атмосферного воздуха в ряде городов Российской Федерации. Согласно «Обзору состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2016 год» в 44 городах наблюдается высокий или очень высокий уровень загрязнения; в 38 городах с населением 12,9 млн. человек отмечены максимальные концентрации примесей выше 10 ПДК; в 54 городах воздух загрязнен бенз(а)пиреном, поступающим в атмосферу при сгорании топлива, средние за год концентрации примеси превышают 1 ПДК и т.д. [1]. Загрязнение воздуха влечет за собой загрязнение почвенного покрова и поверхностных вод. Итогом является комплексное негативное влияние на здоровье населения. В этой связи масштабное внедрение фотокаталитических материалов в граждан-

ском, промышленном и дорожном строительстве, несомненно, способствовало бы улучшению экологической ситуации [2, 3].

Согласно механизму фотокатализа, катализатор – полупроводниковый материал, под действием ультрафиолетового излучения индуцирует формирование пар «электрон – дырка», затем при участии молекул воды образование гидроксильных радикалов (OH[•]) и супероксид-аниона (радикала) (O₂^{•-}), которые участвуют в окислении адсорбированных на поверхности материала органических молекул [2].

Наиболее широко изученным и успешно применяемым фотокатализатором является диоксид титана. Значимыми проблемами, ограничивающими его применение, являются: зависимость фотокаталитической активности от структуры, размера частиц, удельной поверхности. Уменьшение поверхности частиц с целью повышения фотокаталитической активности обуславливает затруднение их распределения в объеме

материала при необходимости получения самоочищающихся композитов [3–8].

Повышение эффективности тех или иных сырьевых компонентов в общей структуре материала путем создания композиций, в которых отдельные компоненты усиливают функции друг друга, является известным приемом [9, 10]. В этой связи перспективным является получение фотокаталитических композиционных материалов. Известно, например, нанесение диоксида титана на пористые носители для улучшения его распределения в объеме [7, 11, 12]. При синтезе таких композиционных материалов, важными факторами, влияющими на фотокаталитическую активность конечного продукта, являются свойства и соотношения исходных компонентов, технологии и условия синтеза [13–15]. В данной работе рассмотрены свойства фотокаталитического композиционного материала, полученного золь-гель методом, где в качестве подложки для диоксида титана использован диатомит, при их различном соотношении.

Методология. Получение композиционного материала системы «TiO₂–SiO₂» осуществляли золь-гель методом. Сырьевыми материалами являлись тетрабутоксититан (ТУ 6-09-2738-89) и порошок диатомитовый тонкодисперсный DIASIL (ТУ 5716-013-25310144-2008) со средним размером частиц 10,2 мкм. Для синтеза использовались следующие соотношения тетрабутоксититана и порошка диатомитового: 5,2/1; 2,6/1 и 1,8/1. Обжиг производился при температуре 550 °С в течение 2 часов.

Минеральный и химический состав синтезированного фотокаталитического композиционного материала определяли с использованием

рентгенофлуоресцентного спектрометра серии ARL 9900 WorkStation со встроенной системой дифракции, ИК-Фурье спектрометра VERTEX 70. Особенности микроструктуры и элементный состав поверхности исследовались на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU.

Для определения фотокаталитической активности синтезированного композиционного материала системы «TiO₂–SiO₂» были приготовлены образцы цементного камня с его использованием. Для получения образцов использовался белый цемент СЕМ I 52,5 R (Super White) производства Adana, Турция. Водоцементное отношение составляло 0,5.

Определение способности к самоочищению образцов цементного камня с фотокаталитическим композиционным материалом производилось с использованием методики оценки фотокаталитического разложения органического красителя – родамина Б (Rhodamine B, C₂₈H₃₁ClN₂O₃). Краситель был нанесен на образцы цементного камня в концентрации 4·10⁻⁴ моль/л. Образцы выдерживались в течение 4 и 26 часов под ультрафиолетовым излучением (УФ-А, 1,1±0,1) Вт/м²). Затем производилась оценка изменения цвета по цветовому пространству Lab (координата a) с использованием программного обеспечения [16].

Основная часть. Результаты определения химического состава синтезированных образцов фотокаталитического композиционного материала «TiO₂–SiO₂» при различном соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового (Т/ПД) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав фотокаталитического композиционного материала

Соотношение Т/ПД	Содержание оксидов, масс. %										Соотношение TiO ₂ /SiO ₂
	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	CaO	п.п.п.	
5,2/1	48,77	46,37	2,14	0,77	0,47	0,43	0,35	0,17	0,16	0,37	≈ 1/1
2,6/1	37,31	56,24	2,89	1,13	0,52	0,47	0,50	0,26	0,21	0,47	≈ 1/1,5
1,8/1	28,45	63,97	3,48	1,21	0,69	0,69	0,59	0,31	0,24	0,37	≈ 1/2,2

Полученные материалы на 92–95 % состоят из оксидов TiO₂ и SiO₂. Остальные оксиды – составляющие исходного диатомитового порошка. С увеличением в составе сырьевой смеси содержания диатомитового порошка соотношение TiO₂/SiO₂ в конечном материале изменяется от 1/1 до 1/2,2. Это может негативно сказаться на активности фотокаталитической реакции, однако, будет зависеть от структуры формируемого соединения титана.

Результаты определения минерального состава (рис. 1) синтезированных образцов фотокаталитического композиционного материала «TiO₂–SiO₂» при различном соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового (Т/ПД) представлены на рисунке 1. Качественный анализ показывает наличие анатаза во всех синтезированных образцах. Стоит отметить, что анатаз является одной из трех полимерных модификаций диоксида титана. При этом именно анатаз считается более активной модификацией в фото-

каталитических реакций по сравнению с рутилом и брукитом, за счет более высокого положения уровня Ферми [2]. Визуально отмечается сохранение интенсивности пиков анатаза вне зависимости от содержания диатомитового порошка. Это позволяет прогнозировать фотокаталитиче-

скую активность для всех образцов, однако выбор оптимального соотношения тетрабутоксититана и диатомитового порошка станет возможным после количественной оценки активности фотокаталитической реакции. Максимальный пик анатаза наблюдается для образца с соотношением исходных компонентов 5,2/1.

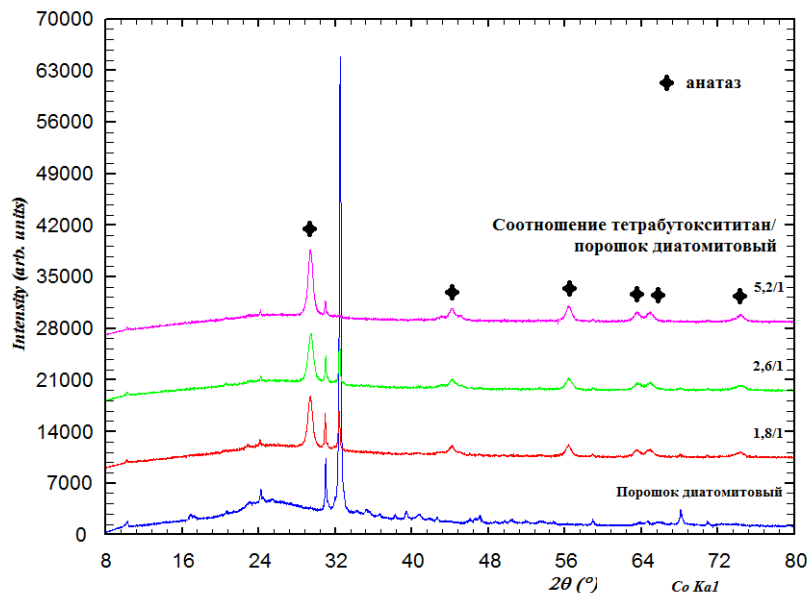


Рис. 1. Дифрактограммы синтезированных образцов фотокаталитического композиционного материала «TiO₂-SiO₂» при различном соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового

Интенсивность пиков (рис. 2), отвечающих за симметричные (800–807 см⁻¹) и ассиметричные валентные (1045–1100 см⁻¹) колебания тетраэдрического фрагмента SiO₄⁴⁻ [17, 18] свидетельствует о большом количестве несвязанного SiO₂ в случае использования соотношения тетрабутоксититана и порошка диатомитового 1,8/1.

Пики в диапазонах 3300–3500 см⁻¹, 3200–3650 см⁻¹ соответствуют валентным колебаниям гидроксильных групп – OH в молекулах H₂O и цепи Si–OH. Колебания связи Ti–O–Ti отмечаются в широкой области поглощения 400–900 см⁻¹.

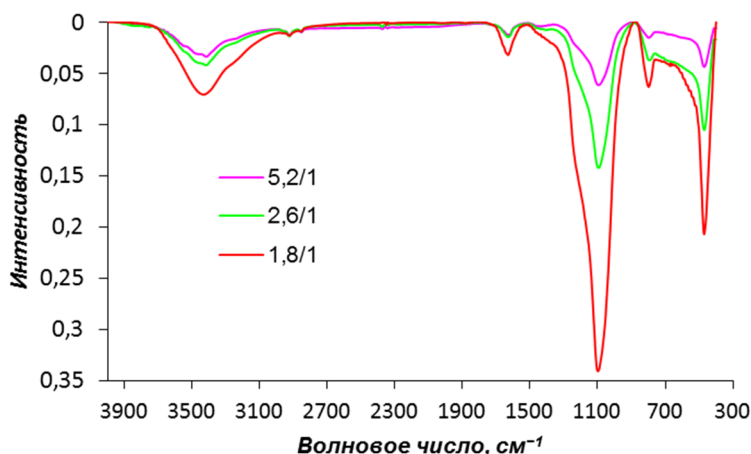


Рис. 2. ИК-спектры синтезированных образцов фотокаталитического композиционного материала «TiO₂-SiO₂» при различном соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового

Изучение микроструктурных особенностей синтезированных материалов (рис. 3) позволило отметить, что агломераты TiO₂ заполняют поры и пустоты на развитой поверхности частиц диатомита. Размер отдельных образований составляет

порядка 100–200 нм и значительно не изменяется при варьировании содержания диатомита в сырьевой смеси. При этом не все частицы диатомита покрыты новообразованиями соединений титана.

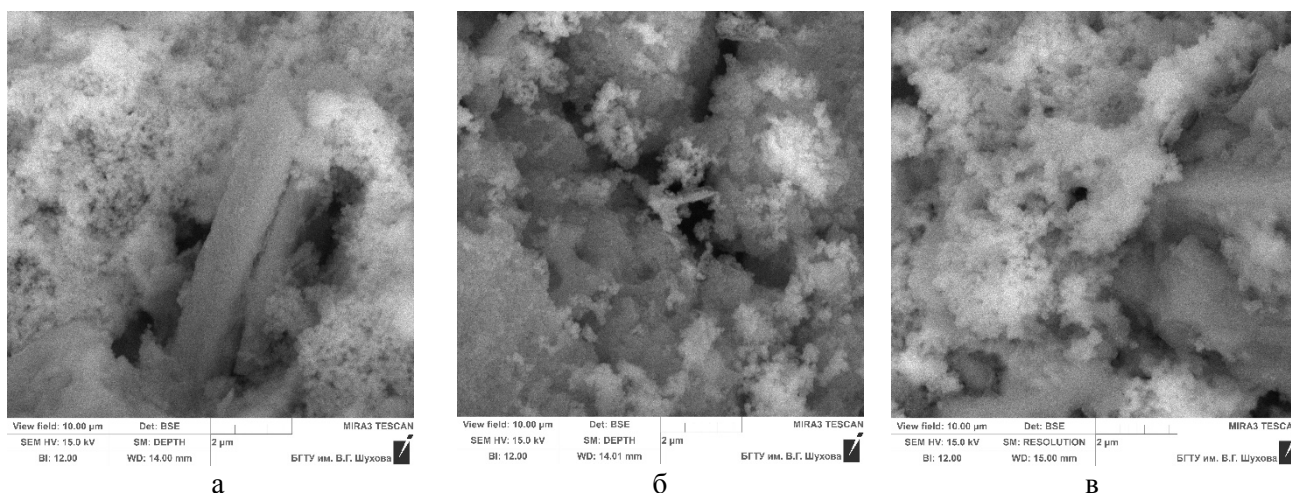


Рис. 3. Микроструктурные особенности синтезированных образцов фотокаталитического композиционного материала «TiO₂-SiO₂» при различном соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового: а – 5,2/1; б – 2,6/1; в – 1,8/1

Для исследования распределения анатаза на поверхности частиц диатомита проведено картирование синтезированных порошков по химическим элементам Si и Ti. При соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового 5,2/1 отмечается неравномерное покрытие анатазом частиц диатомита. Раздельно наблюдается значительное количество частиц диатомита и крупных

конгломератов анатаза. При соотношении 2,6/1 распределение анатаза более равномерно, но при этом присутствует скопление плотных частиц диатомита, не покрытых новообразованиями. При соотношении 1,8/1 крупных конгломератов TiO₂ не наблюдается, анатаз частично покрывает частицы диатомита.

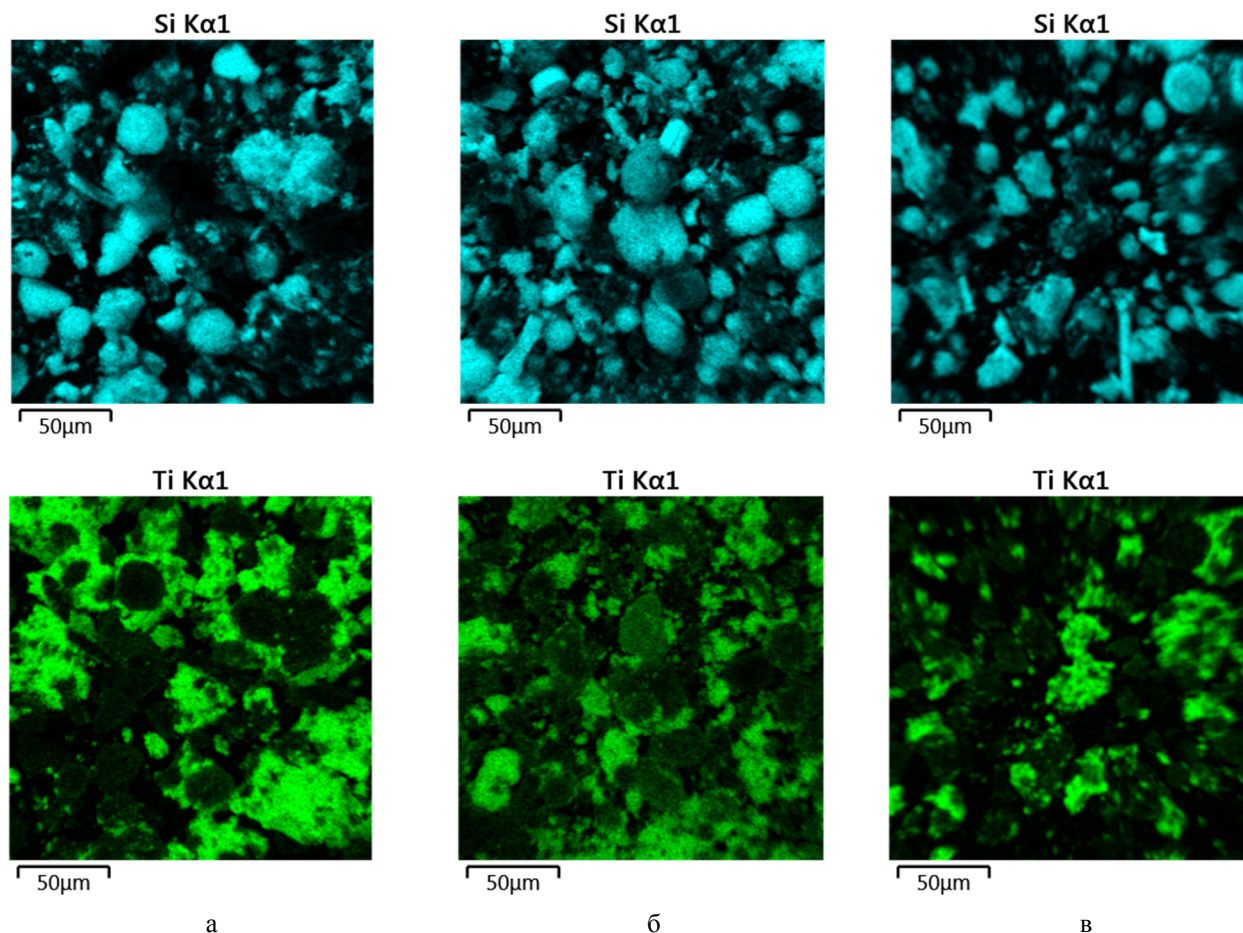


Рис. 4. Картирование по элементам Si и Ti синтезированных образцов фотокаталитического композиционного материала «TiO₂-SiO₂» при различном соотношении тетрабутоксититана и порошка диатомитового: а – 5,2/1; б – 2,6/1; в – 1,8/1

Таким образом, анализ микроструктурных особенностей позволяет выделить наиболее равномерное распределение Ti и Si в образце с соотношением тетрабутоксититана и порошка диатомитового 2,6/1.

Для оценки фотокаталитической активности синтезированные образцы композиционного материала «TiO₂-SiO₂» различного состава вводились в состав цементных образцов при пригото-

лении цементного теста. В качестве контрольного фотокаталитического материала использовался AEROXIDE TiO₂ P 25 с содержанием TiO₂ 99,5 %. Контрольный фотокаталитический материал вводился в количестве 1 % от массы цемента. Синтезированные образцы фотокаталитического композиционного материала «TiO₂-SiO₂» вводились в количестве 1 % от массы цемента в пересчете на диоксид титана.

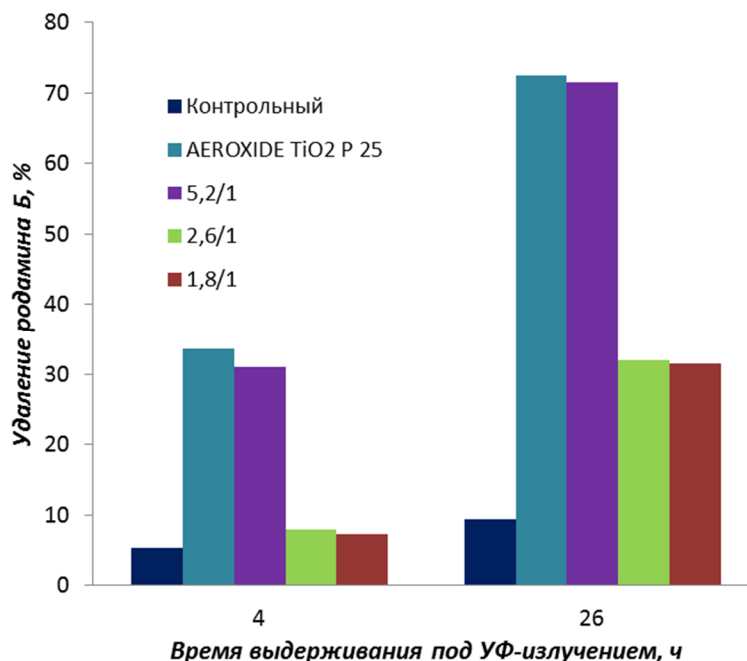


Рис. 5. Способность к самоочищению образцов цементного камня различного состава

Способность к самоочищению проявили все исследованные образцы с фотокатализаторами (рис. 5). На контрольном образце цементного камня также отмечено незначительное удаление (обесцвечивание) родамина Б как после 4 так и после 26 часов выдерживания под УФ излучением в результате процесса высушивания. Полученные результаты позволяют отметить, что образец фотокаталитического композиционного материала с соотношением TiO₂/SiO₂ 1/1 (соотношение тетрабутоксититана и порошка диатомитового 5,2/1) по способности к самоочищению (показателю удаления родамина) после 26 ч выдерживания под УФ-излучением соответствует контрольному фотокаталитическому агенту AEROXIDE TiO₂ P 25. Предлагаемый материал отличается простотой синтеза, удобством использования при приготовлении строительных смесей и ожидаемым пуццоланическим эффектом. Для повышения его эффективности предполагается проведение исследований по оптимизации как синтеза композиционного материала «TiO₂-SiO₂», так и способа его использования в композитах, в том числе, исследование влияния на их физико-механические характеристики.

Увеличение содержания диатомита в сырьевой смеси приводит к снижению фотокаталитической активности конечного материала, однако, образцы с соотношением тетрабутоксититана и порошка диатомитового 2,6/1 и 1,8/1 не проявили значительных отличий, что станет предметом дальнейших исследований.

Выводы. Золь-гель методом синтезирован фотокаталитический композиционный материал при различном соотношении сырьевых компонентов: тетрабутоксититана и порошка диатомитового. Во всех образцах отмечено формирование анатазной модификации диоксида титана. С увеличением содержания диатомитового порошка в композиционном материале отмечено увеличение количества несвязанного диоксидом титана SiO₂. Все синтезированные образцы проявили фотокаталитическую активность, однако наиболее активным является материал, в котором соотношение TiO₂/SiO₂ составляет 1/1. При изменении отношения TiO₂/SiO₂ на 1/1,8 и 1/2,2 способность к самоочищению цементного камня снижается на 40 % после 26 часов выдерживания под УФ-излучением. Эффективность процесса

самоочищения связана не только с фотокаталитической активностью используемых материалов, но и с процессами адсорбции и десорбции, влияние которых может также меняться при изменении соотношения TiO_2/SiO_2 и количества фотокаталитического композиционного материала в цементной системе, что требует дальнейших исследований.

Источник финансирования. Грант Президента для научных школ НШ-2724.2018.8; Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В. Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2016 год. Отв. редактор. Г.М. Черногаева. Москва: Росгидромет, 2017. 218 с.
2. Артемьев Ю.М., Рябчук В.К.. Введение в гетерогенный фотокатализ. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999. 304 с.
3. Nakata K., Fujishima A. TiO_2 Photocatalysis: Design and Applications // Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. 2012. V. 13. № 3. P. 169–189. DOI: 10.1016/j.jphotochemrev.2012.06.001
4. Строкова В.В., Губарева Е.Н., Огурцова Ю.Н. Оценка свойств кремнеземного сырья как подложки в составе композиционного фотокаталитического материала // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 2. С. 6–12. DOI: 10.12737/23819
5. Лукутцова Н.П., Постникова О.А., Соболева Г.Н., Ротарь Д.В., Оглоблина Е.В. Фотокаталитическое покрытие на основе добавки нанодисперсного диоксида титана // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 5–8.
6. Оболенская Л.Н., Доморощина Е.Н., Савинкина Е.В., Кузьмичева Г.М. Получение, характеристика и фотокаталитические свойства наноразмерного анатаза, модифицированного марганцем // Фундаментальные исследования. 2013. № 1–3. С. 796–801.
7. Ильяева М.В. Пероксидный метод получения фотокатализаторов на основе наночастиц SiO_2/TiO_2 : дис... канд. хим. наук. Челябинск, 2015. С. 82–85.
8. Степанов А.Ю., Сотникова Л.В., Владимиров А.А., Дягилев Д.В., Ларичев Т.А., Пугачев В.М., Титов Ф.В. Синтез и исследование фотокаталитических свойств материалов на основе TiO_2 // Вестник КемГУ. 2013. №2 (54). Т-1. С. 249–255.
9. Строкова В.В., Нецвет Д.Д., Нелюбова В.В., Серенков И.В. Свойства композиционного вяжущего на основе наноструктурированной суспензии // Строительные материалы. 2017. № 1–2. С. 50–54.
10. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Шейченко М.С., Вишневская Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. № 1. С. 90.
11. Kirchhof J., Unger S., Dellith J., Scheffel A. Diffusion in binary TiO_2-SiO_2 glasse // Optical materials express. 2014. V. 4. №4. P. 672–680. DOI: 10.1364/OME.4.000672
12. Мельников Б.И., Савченко М.О. Исследование технологии получения модифицированного диоксида кремния // Вопросы химии и химической технологии. 2005. № 1. С. 82–85.
13. Мошников В.А., Таиров Ю.М., Хамова Т.В., Шилова О.А. Золь-гель технология микро- и нанокомпозитов. Под ред. О. А. Шиловой. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 294 с.
14. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем: монография. М.: Бином. Лаб. знаний, 2012. 328 с.
15. Чукин Г.Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезема. М.: Тип. «Паладин»: Принта, 2008. 174 с.
16. Guo M.-Z., Maury-Ramirez A., Poon C.S. Self-cleaning ability of titanium dioxide clear paint coated architectural mortar and its potential in field application // Journal of Cleaner Production. 2016. V. 112. P. 3583–3588. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.10.079
17. Davis R.J., Liu Z. Titania-silica: a model binary oxide catalyst system // Chemistry of Materials. 1997. V. 9. P. 2311–2324.
18. Innocenzi P. Infrared spectroscopy of sol-gel derived silica-based films: a spectra-microstructure overview // Journal of Non-Crystalline Solids. 2003. V. 316. P. 309–319.

Информация об авторах

Лабузова Марина Вячеславовна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

E-mail: labuzova326@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Губарева Екатерина Николаевна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

E-mail: ekaterina.bondareva@rambler.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Огурцова Юлия Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИИ Наносистемы в строительном материаловедении Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов.

E-mail: ogurtsova.yu@bstu.ru; ogurtsova.y@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор, директор Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов.

E-mail: strokova.vv@bstu.ru; s-nsm@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в мае 2018 г.

© Лабузова М.В., Губарева Е.Н., Огурцова Ю.Н., Строкова В.В., 2018

M.V. Labuzova, E.N. Gubareva, Y.N. Ogurtsova, V.V. Strokova
PROPERTIES OF PHOTOCATALYTIC COMPOSITE MATERIAL BASED
ON SILICA RAW MATERIALS

The paper presents the results of the investigation of the photocatalytic composite material synthesized by the sol-gel method. This material represents a "photocatalyst-carrier" system, where the carrier is diatomite powder. The raw materials were tetrabutoxytitanium and finely dispersed diatomite powder DIASIL with an average particle size of 10.2 μm . For the synthesis, the following ratios of tetrabutoxytitanium and diatomite powder were used: 5,2/1; 2,6/1 and 1,8/1. The properties of the synthesized material of the «TiO₂ – SiO₂» system are evaluated, depending on the content of the initial components. The mineral and chemical composition of the synthesized material was determined using an X-ray fluorescence spectrometer with an integrated diffraction system, an IR Fourier spectrometer. The microstructure features and the elemental composition of the surface were studied with a scanning electron microscope. Formation of anatase modification of titanium dioxide was observed in all samples. With an increase in the content of diatomite powder, an increase in the amount of SiO₂ that is not bounded by titanium dioxide was noted in the composite material. The study of microstructural features of synthesized materials made it possible to note that TiO₂ agglomerates fill pores and voids on the developed surface of diatomite particles. The size of the individual formations is of the order of 100–200 nm and does not change significantly when the content of diatomite in the raw mix varies. The change in the ability to self-cleaning of cement stone with the developed photocatalytic composite material depending on its composition was determined. Determination of the ability for self-cleaning of cement stone samples was carried out using the procedure for estimating the photocatalytic decomposition of organic dye - rhodamine B. It was found that the most active material is the one in which the TiO₂/SiO₂ ratio is 1/1.

Keywords: photocatalysis, photocatalytic composite material, titanium dioxide, diatomite powder, cement stone, self-cleaning.

REFERENCES

1. Overview of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2016. Executive editor G.M. Chernogaeva. Moscow: Roshydromet, 2017. 218 p.
 2. Artemiev Yu.M., Ryabchuk V.K. Introduction to heterogeneous photocatalysis. SPb.: Publishing House of St. Petersburg State University, 1999, 304 p.
 3. Nakata K., Fujishima A. TiO₂ Photocatalysis: Design and Applications. Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, 2012, vol. 13, no. 3, pp. 169–189. DOI: 10.1016/j.jphotochemrev.2012.06.001
 4. Strokova V.V., Gubareva E.N., Ogurtsova Yu.N. Evaluation of the properties of the silica raw materials as a substrate as component of composite photocatalytic material. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 5, pp. 6–12. DOI: 10.12737/23819
 5. Lukutsova N.P., Postnikova O.A., Soboleva G.N., Rotar' D.V., Oglolina E.V. Photo-Catalytic Pavement on the Basis of Additive of Nano-Disperse Titanium Dioxide. Stroitel'nye Materialy, 2017, no. 1–2, pp. 50–54.
 6. Obolenskaya L.N., Domoroshchina E.N., Savinkina E.V., Kuzmicheva G.M. Obtaining, characterization and photocatalytic properties of nanoscale anatase modified with manganese. Fundamental research, 2013, № 1-3, pp. 796–801.
 7. Ilkaeva M.V. Peroxide method of obtaining photocatalysts based on SiO₂/TiO₂ nanoparticles: thesis of candidate of chemical sciences. Chelyabinsk, 2015. pp. 82–85.
-

8. Stepanov A.Yu., Sotnikova L.V., Vladimirov A.A., Diagilev D.V., Larichev T.A., Pugachev V.M., Titov F.V. Synthesis and study of photocatalytic properties of TiO₂-based materials. Bulletin of KemSU, 2013, no. 2 (54), T-1, pp. 249-255.
9. Strokova V.V., Netsvet D.D., Nelubova V.V., Serenkov I.V. Properties of Composite Binder Based on Nanostructured Suspension. Stroitel'nye Materialy, 2017, no. 1-2, pp. 50-54.
10. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Vishnevskaya Ya.Yu. Highly effective composite binders with usage of nanomodifier. Bulletin of the central regional branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, 2010, no. 1, pp. 90.
11. Kirchhof J., Unger S., Dellith J., Scheffel A. Diffusion in binary TiO₂-SiO₂ glasse. Optical materials express, 2014, vol. 4, no. 4, pp. 672-680. DOI: 10.1364/OME.4.000672
12. Melnikov B.I., Savchenko M.O. Investigation of the technology of modified silicon dioxide production. Problems of chemistry and chemical technology, 2005, no. 1, pp. 82-85.
13. Moshnikov V.A., Tairov Yu.M., Khamova T.V., Shilova O.A. Sol-gel technology of micro- and nanocomposites. Editor O.A. Shilova. SPb.: Publishing House «Lan», 2013, 294 p.
14. Shabanova N.A., Sarkisov P.D. Sol-gel technologies. Nanodisperse silica: monograph. M.: Publishing house «Binom». Laboratory of knowledge, 2012, 328 p.
15. Chukin G.D. Surface Chemistry and the Structure of Dispersed Silica. M.: Type. "Paladin": Printa, 2008, 174 p.
16. Guo M.-Z., Maury-Ramirez A., Poon C.S. Self-cleaning ability of titanium dioxide clear paint coated architectural mortar and its potential in field application. Journal of Cleaner Production, 2016, vol. 112, pp. 3583-3588. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.10.079
17. Davis R.J., Liu Z. Titania-silica: a model binary oxide catalyst system. Chemistry of Materials, 1997, vol. 9, pp. 2311-2324.
18. Innocenzi P. Infrared spectroscopy of sol-gel derived silica-based films: a spectra-microstructure overview. Journal of Non-Crystalline Solids, 2003, vol. 316, pp. 309-319.

Information about the author

Marina V. Labuzova, Postgraduate student.
E-mail: labuzova326@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ekaterina N. Gubareva, Postgraduate student.
E-mail: ekaterina.bondareva@rambler.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Yulia N. Ogurtsova, PhD, Assistant professor.
E-mail: E-mail: ogurtsova.yn@bstu.ru; ogurtsova.y@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Valeria V. Strokova, DSc, Professor.
E-mail: strokova.vv@bstu.ru; s-nsm@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in May 2018

Для цитирования:

Лабузова М.В., Губарева Е.Н., Огурцова Ю.Н., Строкосва В.В. Свойства фотокаталитического композиционного материала на основе кремнеземного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №8. С. 85-92. DOI: 10.12737/article_5b6d5863076c49.45633399

For citation:

Labuzova M.V., Gubareva E.N., Ogurtsova Y.N., Strokova V.V. Properties of photocatalytic composite material based on silica raw materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 8, pp. 85-92. DOI: 10.12737/article_5b6d5863076c49.45633399