

**ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА,
СОДЕРЖАЩЕГО НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦЫ ДИОКСИДА ТИТАНА**

Е.Е. Емельяненко¹, И.А. Лысак¹, Г.В. Лысак¹

Научный руководитель: профессор, д.х.н. Т.Д. Малиновская²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: lysakia@tpu.ru

**STUDY OF THE BACTERICIDAL ACTIVITY OF THE FIBROUS MATERIAL
COMPRISING TITANIUM DIOXIDE NANOPARTICLES ON A SURFACE**

E.E. Emelyanenko¹, I.A. Lysak¹, G.V. Lysak¹

Scientific Supervisor: Prof., Dr. T.D. Malinovskaya²

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: lysakia@tpu.ru

***Abstract.** The paper is devoted to a study of the bactericidal activity of the fibrous material containing titanium dioxide nanoparticles, which obtained blowing the polypropylene melt. It is shown that the polypropylene nonwoven comprising on a surface of at least 3.5 ± 0.3 mg/g of titanium dioxide nanoparticles allows the antibacterial treatment of water with high efficiency and it can be used for water purification from microbial contamination.*

В последние годы очистки питьевой воды от болезнетворных организмов во всех странах уделяется все большее внимание. Однако по-прежнему причиной распространения ряда заболеваний является вода, содержащая патогенные бактерии и вредные вещества [1]. Для современных технологий обеззараживание воды наиболее важной задачей является поиск метода, объединяющего лучшие качества известных дезинфектантов и устраняющего их отрицательные качества. К таким методам относится технология фотокаталитической дезинфекции воды, позволяющая эффективно уничтожить токсичные органические примеси и патогенные микроорганизмы, основанная на полном окислении молекул биозагрязнителя кислородом на поверхности нанокристаллического катализатора. Для создания таких материалов в последние годы все чаще используют нанесенный на поверхность носителя диоксид титана, который обладает высокой бактерицидной и антивирусной активностью в условиях ультрафиолетового облучения [2]. В качестве носителей обычно применяют активные угли, кварцевый песок, цеолиты, пенополиуретан. Одним из перспективных носителей является полипропиленовый волокнистый материал [3, 4]. Он химически устойчив в водных средах, биологически инертен, имеет низкую стоимость и, по сравнению с порошкообразными носителями, обладает более развитой удельной поверхностью, меньшим гидравлическим сопротивлением, а также возможностью формирования на его основе различных видов очистных элементов. Существует ряд методов по нанесению диоксида титана на

инертные носители, таких как молекулярное наслаивание, пропитка, осаждение из газовой фазы, гидролиз [5], а также использование микроволнового излучения для разложения солей титана на поверхности носителя с одновременным их закреплением [6, 7]. Однако все эти методы связаны со значительными затратами и весьма трудоемки. В связи с этим целью настоящей работы являлась апробация одностадийного способа получения волокнистого материала распылением расплава полипропилена, содержащего наноразмерные частицы диоксида титана и исследование его бактерицидных свойств.

В настоящей работе использовалась коллоидная дисперсия наночастиц диоксида титана фирмы Johnson Matthey company (Англия), представленных преимущественно анатазом, из которой готовился водный раствор. Полипропиленовый волокнистый материал, содержащий наночастицы диоксида титана, получали распылением расплава полипропилена в присутствии аэрозоля водного раствора с диспергированными в нем частицами TiO_2 размером 25-80 нм. В качестве сырья использовались товарный полипропилен марки 21080-16, выпущенный согласно ТУ 2211-016-05796653-95 изм. 3. Распыление осуществлялось потоком воздуха комнатной температуры, раствор, содержащий наночастицы, дополнительно не подогревался.

Микроизображения образцов материала получены с использованием растрового электронного микроскопа Hitachi TM-1000 с ускоряющим напряжением 15 кВ. Для осуществления аналитического контроля содержания наночастиц TiO_2 в волокнистом материале был использован метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре ICAP 6300 Duo Thermo. Изучение материалов проводилось после их интенсивной промывки водой.

Исследование бактерицидной активности образцов проводилось МУК 4.2.964-00 «Санитарно-паразитологическое исследование воды хозяйственного и питьевого использования». Использовались торфяная вода, как одна из наиболее загрязненных по бактериологическим показателям природных вод, а также вода реки Томь. Определялось общее число образующих колонии бактерий в 1 мл воды до и после взаимодействия с полученными образцами. Исследования проводили в стационарном режиме. В качестве источника ультрафиолетового излучения была использована прямая ртутно-кварцевая лампа ПРК-4.

Сформировано три партии образцов волокнистого полипропиленового материала с различным содержанием диоксида титана. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии установлено, что партия образцов №1 содержит $7,7 \pm 1,3$ мг/г частиц диоксида титана, партия №2 – $5,3 \pm 0,8$ мг/г, партия №3 – $3,5 \pm 0,3$ мг/г. Результаты испытания образцов на бактерицидную активность приведены в таблице 1

Таблица 1

Результаты санитарно-микробиологического анализа проб воды

Образец	Время УФ облучения, мин	КМАФАнМ, КОЕ/см ³		БГКП (колиформы), КОЕ/100см ³ (есть/нет)		Аммонификаторы, КОЕ/см ³ (есть/нет)	
		Торфяная вода	Вода реки Томь	Торфяная вода	Вода реки Томь	Торфяная вода	Вода реки Томь
1	Контроль	-	1575	-	680	-	-
	2		156		нет		
	5		19		нет		
	10		9		нет		
	15	130	7		нет		
	30	100	4		нет		
	45		2		нет		
	60	80	0		нет		

продолжение табл. 1

2	Контроль	-	-	+	-	+	-
	15	220		+		+	
	30	170		нет		+	
	45			нет		+	
	60	120		нет		нет	
3	Контроль	-	1575	+	680	+	-
	5		170		19		
	10		30		6		
	15	400	0	+	2	+	
	30	330	0	нет	нет	+	
	45		0	нет	нет	+	
	60	160	0	нет	нет	нет	

Высокое микробное число свидетельствует об общей бактериологической загрязненности воды и о высокой вероятности наличия патогенных организмов [8]. Согласно СанПиН 2.1.4.559-96, КМАФАнМ (ОМЧ), не должно превышать 50 КОЕ/см³, а БГКП (колиформы) и аммонификаторы не должны наблюдаться в 100 см³.

Таким образом, полипропиленовые волокнистые материалы, содержащие наночастицы диоксида титана, эффективно очищают воду от присутствия патогенных организмов. Так, например, использование образцов группы №1 позволяет за 2 минуты полностью уничтожить колиморфные бактерии, а за пять минут – уменьшить ОМЧ до значений ниже ПДК в речной воде. В тоже время уже образцы группы №3 демонстрируют высокую степень бактерицидной активности, а, следовательно, материалы с содержанием наночастиц равным или более $3,5 \pm 0,3$ мг/г, производимые одностадийным способом без использования СВЧ излучения, могут быть эффективно использованы для очистки водных сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Guidelines for drinking-water quality, fourth ed. – Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2014. – 564 p.
2. Кармазинов Ф.М., Костюченко С.В., Кудрявцев Н.Н. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / под ред. С.В. Храменков. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. – 392 с.
3. Папков С.П. Полимерные волокнистые материалы. – М.: Химия, 1986. – 224 с.
4. Плескова С.Н., Голубева И.С., Верёвкин Ю.К. [и др.] Фотоиндуцированная бактерицидная активность TiO₂-пленок // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т.47. – №1. – С. 28–32.
5. Измагилов З.Р., Цикоза Л.Т., Шикина Н.В. [и др.] Синтез и стабилизация наноразмерного диоксида титана // Успехи химии. – 2009. – №78 (9). – С. 942–955.
6. Лысак Г.В., Лысак И.А., Малиновская Т.Д. [и др.] Микроволновый синтез нанокристаллов SnO₂ на поверхности тонковолокнистого полимерного материала // Неорганические материалы. – 2010. №46(2). – С. 183–186.
7. Lysak I.A., Lysak G.V., Malinovskaya T.D. & Ruhov A.S. The Development of Photocatalytic Systems Entitled Titanium Dioxide Nanoparticles Attached to Polypropylene Fibrous Carrier for Freshwater Disinfection // Advanced Materials Research. – 2014. Vol. 1040. – pp 183–187.
8. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 564 с.