

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 662.013.8:628.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОПОКРЫТИЙ $TiO_2$ ПО ОЧИСТКЕ ВОЗДУХА ОТ ПАРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

*И.С. Алексеев, Н.И. Миклис*

Цель исследования: определить способность нанопокровтий  $TiO_2$  обезвреживать и дезодорировать воздух от вредных химических веществ.

Установлено, что при ультрафиолетовом (УФ) облучении  $TiO_2$  абсорбция фотона с энергией больше, чем ширина запрещенной зоны, приводит к образованию устойчивой пары «электрон-дырка», которая называется «экситоном». Хотя экситон состоит из электрона и дырки, он является самостоятельной элементарной (не сводимой) частицей в случаях, когда энергия взаимодействия электрона и дырки имеет тот же порядок, что и энергия их движения, а энергия взаимодействия между двумя экситонами мала по сравнению с энергией каждого из них. Экситон можно считать элементарной квазичастицей в тех явлениях, в которых он выступает как целое образование, не подвергающееся воздействиям, способным его разрушить.

Электрон и дырка – достаточно подвижные образования и, двигаясь в частице полупроводника, часть из них рекомбинирует, а часть выходит на поверхность и захватывается ею. Схематически происходящие процессы показаны на рисунке 1 [1].

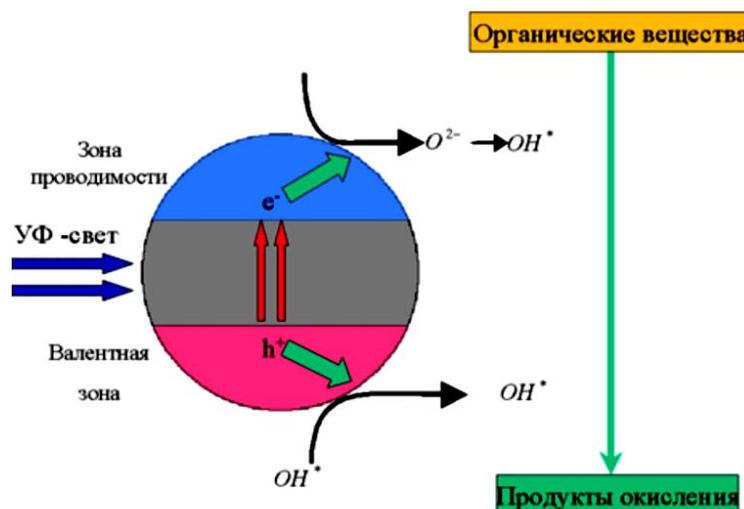
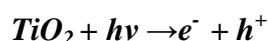
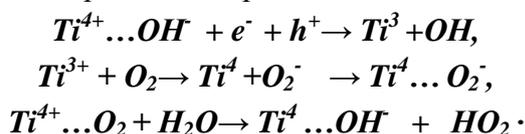


Рисунок 1 – Схема фотокатализа

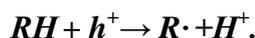
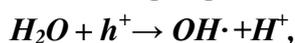
Таким образом, инициирование фотокаталитического окисления можно представить следующим образом:



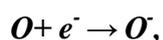
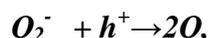
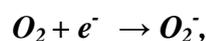
При наличии паров воды в воздухе возможны следующие реакции, приводящие к образованию гидроксильных и пероксидных радикалов:



Дырки также способны образовывать свободные радикалы по реакциям с водой или адсорбированными на поверхности катализатора органическими соединениями [2]:



При отсутствии воды активные частицы образуются при взаимодействии органических соединений и дырок и помощи следующих реакций и приводят к образованию  $O_2^-$ ,  $O_3^-$ ,  $O^-$  и атомарного кислорода [3]:



Продукты фотокаталитического окисления для многих органических соединений идентичны продуктам их радикально цепного окисления. Поэтому можно предположить, что реакции продолжения цепи и превращения свободных радикалов при фотокаталитическом окислении аналогичны хорошо изученным реакциям радикально цепного окисления.

#### ГАЗОВОХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭТИЛАЦЕТАТА, АЦЕТОНА, ТОЛУОЛА, КСИЛОЛА, БУТИЛАЦЕТАТА, ГЕКСАНА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Использованные материалы:

- опытные образцы стекол с нанопокрытием из диоксида титана;
- камера из стекла с внутренним покрытием из диоксида титана объемом 0,025 м<sup>3</sup>;
- ультрафиолетовая лампа (УФ лампа) мощностью 10 Вт;
- стандартная смесь химических веществ для хроматографии ХЧ (гексан, ацетон, этилацетат, бензол, толуол, бутилацетат, м-ксилол);
- аммиак 30 %.

Исследования проводились согласно:

- санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам N 240 от 31.12.2008 «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ»;
- инструкции 4.1.11–11.33.2003 «Газовохроматографическое измерение концентраций этилацетата, ацетона, толуола, ксилола в воздухе рабочей зоны»;
- методическим указаниям по газовохроматографическим измерениям ацетона, бензола, толуола, м-ксилола, бутилацетата, гексана № 4168 – 86, 4201 – 86, 4167 – 86.

Цель исследования: определить способность нанопокрытий из диоксида титана обезвреживать и дезодорировать воздух от вредных химических веществ.

Таблица 1 – Оборудование и средства измерений, применяемые при проведении испытаний

Наименование оборудования	Зав. №	Дата очередной проверки (аттестации)
Газовый хроматограф Тип СИ цвет 800 с ПИД	195	24.10.2013.
Прибор «Драгер» Тип СИ Хам-5000	AZRK-0955	19.11.2013.



а



б

Рисунок 2 – Газовый хроматограф Тип СИ цвет 800 с ПИД  
а – общий вид; б – устройство ввода



а



б

Рисунок 3 – Прибор «Драгер» Тип СИ Хам-5000 (а) и образцы стандартных смесей химических веществ для хроматографии ХЧ (гексан, ацетон, этилацетат, бензол, толуол, бутилацетат, м-ксилол) (б)

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Для создания исходных концентраций загрязнителей в герметичной камере разбрызгивали 0,3 см<sup>3</sup> аммиака, 0,1 или 0,25 см<sup>3</sup> смеси химических веществ для хроматографии (гексан, ацетон, этилацетат, бензол, толуол, бутилацетат и м-ксилол).

2. Проводили эксперимент в герметичной камере без предварительного облучения стекол УФ лампой (опыт № 1); при облучении стекол и камеры УФ лампой в течение всего эксперимента (опыт № 2).

Опытная установка показана на рисунках 4 и 5.



Рисунок 4 – Ввод химических веществ в камеру при помощи шприца



Рисунок 5 – Ввод химических веществ в камеру при помощи распылителя

1. Запах веществ определяли органолептически.

Результаты исследования опытов представлены в таблицах 2, 3 и на рисунке 6.

Таблица 2 – Содержание аммиака, мг/м<sup>3</sup> в воздухе камеры

Опыт	Экспозиция							
	До эксперимента	5 мин	10 мин	12 мин	15 мин	20 мин	25 мин	30 мин
№ 1	60	52	47	45	40	33	29	20
№ 2	60	35	25	20				

Таблица 3 – Концентрация (мг/м<sup>3</sup>) и запах (баллы) вредных химических веществ в воздухе в камере

Опыт	Экспозиция	Химические вещества							
		Гексан	Ацетон	Этил-ацетат	Бензол	Толуол	Бутил-ацетат	М-ксилол	Запах
№ 1	До эксперимента	126,1	116,5	155,5	111,3	311,7	332,9	310,9	5
	1 ч	56,3	51,3	62,1	59,9	128,1	128,3	118,1	5
	1,5 ч	43,6	38,5	44,9	39,3	69,9	76,7	85,9	4
№ 2	До эксперимента	255,04	262,6	329,1	209,5	614,6	605,2	610,9	5
	1 ч	73,4	73,2	89,7	58,9	174,3	149,4	150,7	3
	1,5 ч	37,1	38,9	41,7	33,1	99,3	86,3	87,9	1
№ 3	До эксперимента	34,6	31,1	47,9	27,2	86,3	74,8	73,2	5
	1 ч	8,6	10,8	18,9	16,3	18,3	8,8	9,5	3
	1,5 ч	6,3	12,1	8,3	6,3	17,03	14,04	6,8	1

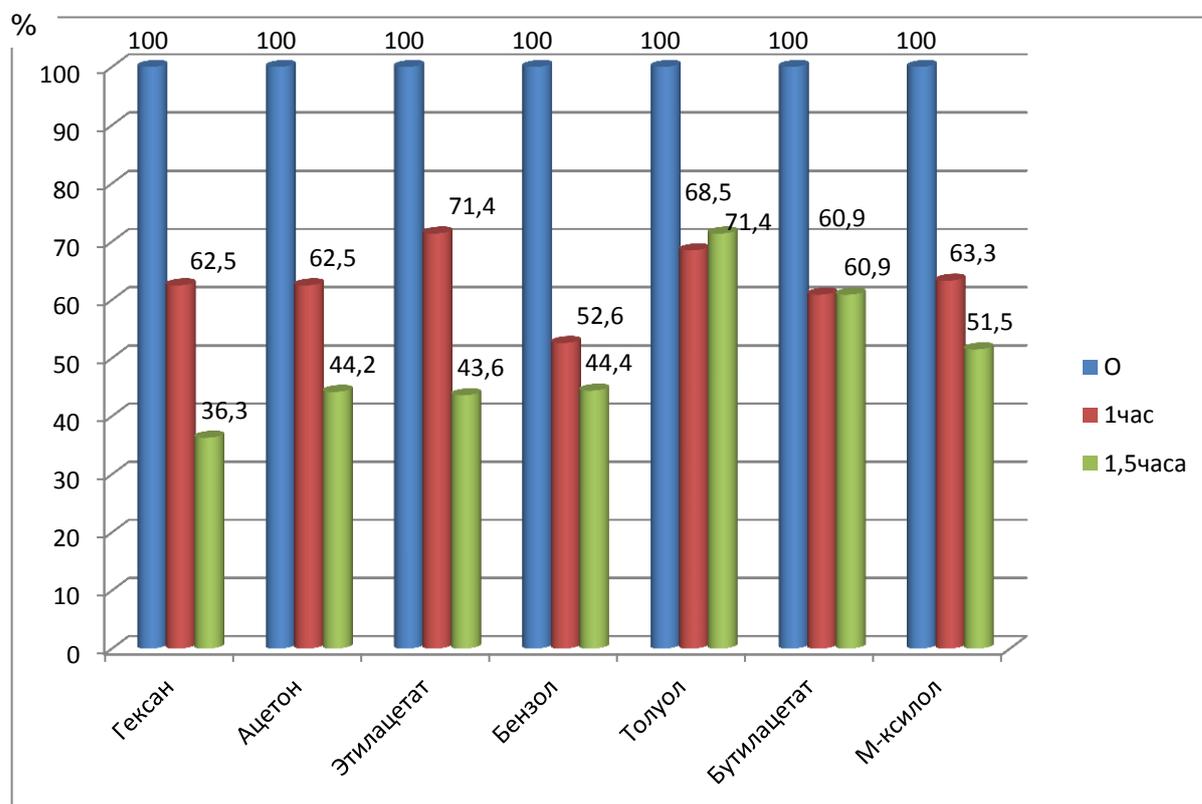


Рисунок 6 – Диаграмма изменения концентрации вредных химических веществ в воздухе в камере относительно контрольных замеров без облучения

## ВЫВОДЫ

1. Без предварительного облучения опытных стекол УФ лампой концентрация аммиака снижается в 3 раза за 30 мин, гексана – в 2,2 раза за 1 ч, в 2,9 раза за 1,5 ч, ацетона – в 2,2 раза за 1 ч, в 3,05 раза за 1,5 ч, этилацетата – в 2,5 раза за 1 ч, в 3,5 раза за 1,5 ч, бензола – в 1,9 раза за 1 ч, в 2,8 раза за 1,5 ч, толуола – в 2,4 раза за 1 ч, в 4,5 раз за 1,5 ч, бутилацетата – в 2,5 раза за 1 ч, 4,3 раза за 1,5 ч, м-ксилола – в 2,6 раза за 1 ч, в 3,6 раза за 1,5 ч, запах всех исследуемых химических веществ остается в течение всего эксперимента.

2. При непрерывном облучении УФ лампой опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана концентрация аммиака снижается в среднем в 3 раза за 12 мин, гексана – в 4 раза за 1 ч, в 6 раз за 1,5 ч, ацетона – в 3 раза за 1 ч, в 5,5 раза за 1,5 ч, этилацетата – в 5 раз за 1 ч, в 7 раз за 1,5 ч, бензола – в 3 раза за 1 ч, в 5 раз за 1,5 ч, толуола – в 4 раза за 1 ч, в 5,5 раза за 1,5 ч, бутилацетата – в 6,5 раза за 1 ч, 6 раз за 1,5 ч, м-ксилола – в 4 раза за 1 ч, в 9,5 раз за 1,5 ч, запах всех исследуемых химических веществ остается в течение 1,5 ч.

3. Таким образом, при непрерывном облучении УФ лампой опытных поверхностей с нанопокрытием из диоксида титана концентрация аммиака, гексана, ацетона, этилацетата, бензола, толуола, бутилацетата и м-ксилола снижается в среднем в 2 раза быстрее, чем без предварительного облучения.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опытные поверхности с нанопокрытием из диоксида титана при непрерывном облучении их ультрафиолетовой лампой обладают способностью дезодорировать и обезвреживать воздух от вредных химических веществ.

#### Список использованных источников

1. Савинов, Е. Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха / Е. Н. Савинов // Соросовский обр. журн. – 2000. – Т. 6. – № 11. – С. 52 – 56.
2. Воронцов, А. В. Гетерогенная фотокаталитическая окислительная деструкция углеродсодержащих соединений на чистом и платинированном диоксиде титана : автореф дисс...д.х.н. / А. В. Воронцов. – Новосибирск, 2009.
3. Механизм фотокаталитического окисления угарного газа [Электрон. ресурс] – 9 декабря 2012 г. – Режим доступа: [www.airlife.ru](http://www.airlife.ru)

*Статья поступила в редакцию 08.02.2013.*

#### Выходные данные

---

Алексеев, И. С. Исследование свойств фотокаталитических нанопокровтий  $TiO_2$  по очистке воздуха от паров органических растворителей / И. С. Алексеев, Н. И. Миклис // Вестник Витебского государственного технологического университета . – 2013. – № 24. – С. 82.