

5. Терехнев В.В. Пожарная тактика / В.В.Терехнев, А.В.Подгрушный. – М.: ГПС МЧС России, 2007. - 580 с.
6. Терехнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В.Терехнев. - М.: Пожкнига, 2004. 248 с.
7. Учет, контроль и физическая защита ядерных материалов: Терминологический справочник. - М., 2000.

УДК 628.316

Разработка технологии для очистки и обеззараживания питьевой воды в чрезвычайных ситуациях

В.В. Смирнова, О.Б. Назаренко

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: vv_smirnova@sibmail.com

Исследованы сорбционные характеристики модифицированного диоксида титана, полученного обработкой ультразвуком и постоянным электрическим полем в среде различных электролитов. Полученные образцы диоксида титана апробированы в процессах сорбции растворимых примесей тяжелых металлов. Исследована термическая устойчивость образцов при нагревании, а также влияние кислотности растворов на модифицирование поверхности.

В настоящее время в мире наблюдается нарастание дефицита чистой питьевой воды, поэтому приоритетным направлением водохозяйственного комплекса является совершенствование технологии водоподготовки питьевой воды, а также внедрение новых технологий водоочистки. В то же время, необходимы не только полифункциональные сорбенты растворимых примесей, но и сорбенты, обладающие способностью одновременно обеззараживать питьевую воду без использования хлора, озона, гипохлорита и других токсичных веществ. Глубокая очистка воды особенно необходима при ликвидации различных эпидемий и результатов природных и техногенных катастроф. В ряде публикаций российских и зарубежных ученых представлены результаты об уникальных свойствах диоксида титана, которые связаны не только с его сорбционными характеристиками по отношению к растворимым примесям тяжелых металлов, но и со значительной бактерицидной активностью.

Целью данной работы являлось исследование сорбционных характеристик модифицированного диоксида титана и разработка технологии очистки и обеззараживания питьевой воды на его основе.

В работе использовали реактив – диоксид титана (осч), обработанный ультразвуком (22 кГц , $0,15 \text{ Вт/см}^2$) и постоянным электрическим полем (2 кВ/м) в различных растворах. Для создания нейтральной среды использовали дистиллированную воду (образец S1) и $0,2 \text{ н}$ раствор NaCl (S4); щелочной – $0,2 \text{ н}$ раствор NaOH (S7); кислой – $0,2 \text{ н}$ раствор HCl (S10). Постоянное электрическое поле создавалось двумя параллельными титановыми электродами (BT 1/0).

Полученные образцы диоксида титана высушивали в атмосфере воздуха при $110 \text{ }^\circ\text{C}$ и анализировали с помощью термоанализатора Q 600 SDT Научно-аналитического центра Томского политехнического университета. Нагрев образцов проводили до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ со скоростью $10 \text{ }^\circ\text{C}$ в минуту, атмосфера – воздух. Для сравнения полученных результатов проводили термоанализ исходного реактива диоксида титана (P1) в тех же условиях.

При нагревании образца P1 (рис. 1) наблюдалось снижение веса образца ступенчато: первая стадия – до $318 \text{ }^\circ\text{C}$, вторая – до $560 \text{ }^\circ\text{C}$, третья – $830 \text{ }^\circ\text{C}$, что свидетельствует о наличии адсорбированной воды и других примесей на поверхности диоксида титана (осч). После обработки образца P1 ультразвуком (УЗ) и постоянным электрическим полем в дистиллированной воде (S1) наблюдалось плавное снижение веса от комнатной температуры до $350 \text{ }^\circ\text{C}$ без заметной стадийности процессов десорбции. При дальнейшем нагревании до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ вес образца не менялся (рис. 2, а). Вероятно, при обработке в дистиллированной воде примеси с поверхности образца были вытеснены молекулами воды. Это предположение нашло подтверждение: при обработке образца P1 в растворе NaCl: в условиях воздействия УЗ и постоянного электрического поля поверхность диоксида титана была трансформирована в новое соединение оксохлорид титана (S4), который адсорбировал небольшое количество воды (2 мас. %), и при дальнейшем нагревании до $910 \text{ }^\circ\text{C}$ вес образца уменьшился на 6 мас. % (рис. 2, б). По-видимому, образующийся на

поверхности диоксида титана оксохлорид титана при 780 °С разложился и перешел в диоксид титана.

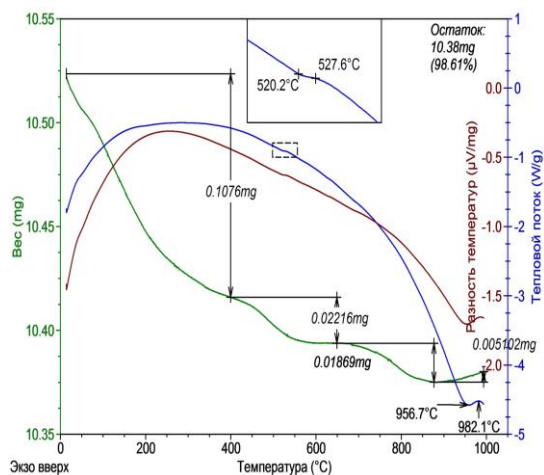


Рис. 1. Термограммы исходного реактива диоксида титана (осч)

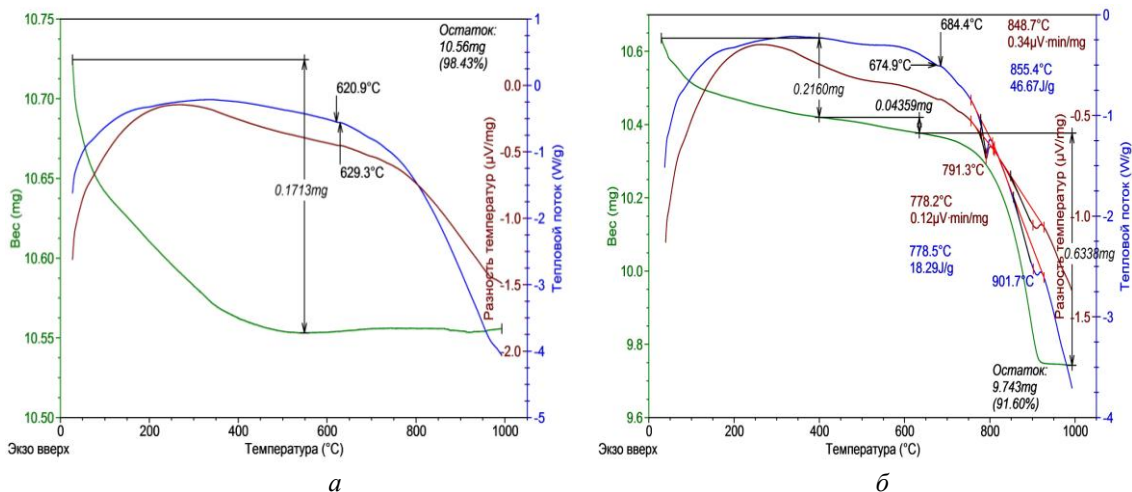


Рис. 2. Термограммы диоксида титана, обработанного ультразвуком и постоянным электрическим полем: а – в дистиллированной воде, б – в среде 0,2 н раствора NaCl

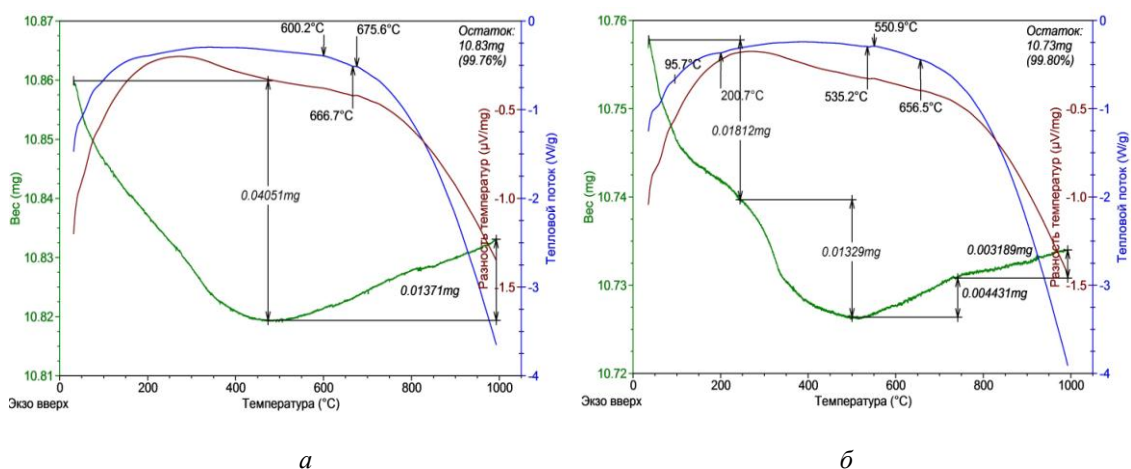


Рис. 3. Термограммы диоксида титана, обработанного ультразвуком и постоянным электрическим полем: а – в среде 0,2 н раствора NaOH, б – в среде 0,2 н раствора HCl

В работе также исследовано влияние кислотности растворов на модифицирование поверхности диоксида титана: термограмма образца, обработанная УЗ и постоянным электрическим полем в 0, 2 н растворе NaOH (рис. 3, а) сходна с термограммой диоксида титана, обработанного в дистиллированной воде (рис. 2, а), за исключением характера ТГ- зависимости при нагревании свыше 500 °С. При повышенных температурах наблюдался рост веса образца и, к 1000 °С он составил 0,126 мас. %. Увеличение веса образца P1, обработанного в 0,2 н растворе HCl (рис. 3, б), также наблюдалось при повышенных температурах (> 560 °С), но это увеличение было не столь значительно по сравнению с образцом, обработанном в растворе щелочи (0,071 мас. %). В то же время процесс десорбции примесей с поверхности для образца S10 (рис. 3, б) протекала в две стадии, что, возможно, связано с десорбцией двух видов сорбированной воды.

Полученные экспериментальные результаты по модифицированию поверхности диоксида титана представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные значения скоростей процессов сорбции-десорбции при нагревании образцов диоксида титана в атмосфере воздуха

№, п/п	Образец	Скорость изменения веса образца, мг/мин			Примечание
		> 600 °С		< 600 °С	
1	P1	-1,8·10 ⁻³ *	-1,50·10 ⁻³	-1,45·10 ⁻³	реактив
2	S1	-2,5·10 ⁻³		0,00	среда H ₂ O
3	S4	-0,40·10 ⁻³		-0,51·10 ⁻³	среда NaCl
4	S7	-1,90·10 ⁻³		+0,5·10 ⁻³	среда NaOH
5	S10	-1,12·10 ⁻³	+0,24·10 ⁻³	+0,18·10 ⁻³	среда HCl

*Знак минус означает уменьшение веса образца, а плюс – увеличение.

Обработанные УЗ и постоянным электрическим полем в среде различных электролитов образцы диоксида титана были апробированы в процессах сорбции растворимых примесей тяжелых металлов [1, 2]. Исходная концентрация примесей в модельных растворах составила: по железу – 3 мг/л, по марганцу – 1 мг/л. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2. Остаточное содержание примесей Fe⁺² и Mn⁺² после их сорбции образцами TiO₂

Образцы сорбента		P1		S1		S4		S7		S10	
Введено - найдено		Введено 3 мг/л Fe ⁺²	Введено 1 мг/л Mn ⁺²	Введено 3 мг/л Fe ⁺²	Введено 1 мг/л Mn ⁺²	Введено 3 мг/л Fe ⁺²	Введено 1 мг/л Mn ⁺²	Введено 3 мг/л Fe ⁺²	Введено 1 мг/л Mn ⁺²	Введено 3 мг/л Fe ⁺²	Введено 1 мг/л Mn ⁺²
Найдено, мг/л	Через 20 мин	1,42	0,56	0,90	0,31	1,01	0,31	0,53	0,24	1,12	0,31
	Через 60 мин	1,25	0,53	0,69	0,27	0,59	0,21	0,90	0,64	1,10	0,27

Согласно полученным результатам максимальной сорбционной емкостью по отношению к растворимым примесям тяжелых металлов обладали образцы S7 и S10, сорбционная емкость которых максимальна: снижение концентрации примесей железа составило 6 раз, марганца – 4 раза.

Таким образом, модифицированный диоксид титана может быть использован в технологии статической очистки загрязненной воды и доведение ее параметров до уровня ГОСТ для питьевых вод. Кроме того, в технологии водоочистки использование диоксида титана перспективно в связи с его бактерицидными свойствами, что позволяет одновременно совместить в технологии водоочистки две стадии: сорбцию растворимых примесей и обеззараживание. Такая технология актуальна в чрезвычайных ситуациях: природных и техногенных катастрофах.

Список используемой литературы:

1. Смирнова В.В., Божко П.В., Коновчук Т.В. // Современная техника и технологии: Труды XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых (СТТ – 2012). – Томск: ТПУ, 2012. – С. 178–179.

2. Смирнова В.В., Назаренко О.Б. // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX международной конференции студентов и молодых ученых. – Томск: ТПУ, 2012. – С. 482–484.

УДК: 53.082.534

Определение параметров измерительного комплекса, реализующего турбидиметрический высокоселективный метод

С.С. Титов¹, А.А. Павленко¹, Б.В. Борисов^{2;3}

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, г. Бийск, Россия

¹ – *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, г. Бийск, Россия*

² – *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

³ – *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

E-mail: titov.sergey.s@gmail.com

Приведена реализация турбидиметрического высокоселективного метода определения параметров аэрозольных сред в виде экспериментального измерительного комплекса. Определены погрешности определения дисперсности многофазных сред разработанным измерительным комплексом.

Аэрозольные среды часто применяются в различных технологических процессах. При этом такие характеристики аэрозоля как дисперсность и концентрация конденсированной фазы являются факторами, определяющими свойства выходного продукта. А при использовании аэрозолей с размерами частиц субмикронного диапазона, выходной продукт приобретает качественно новые свойства, либо существенно изменяются параметры самого технологического процесса. В этом случае измерение и контроль параметров гетерогенной среды особенно необходим как при настройке, так и в процессе работы оборудования. Аэрозольные среды также широко распространены в природе и измерение их дисперсных характеристик необходимо для оценки климатической ситуации и экологической обстановки. Наиболее полно удовлетворяют требованиям измерения и контроля параметров конденсированной фазы прибор, не вносящий искажений в исследуемую среду и восстанавливающий функцию распределения частиц по размерам в диапазоне от десятков нанометров до единиц микрометров. Таким прибором является разработанный программно-аппаратный измерительный комплекс, реализующий турбидиметрический высокоселективный метод (ТВСМ) определения параметров аэрозольных сред.

Для восстановления функции распределения частиц по размерам в ТВСМ применяется уравнение:

$$I(\lambda, t) = I_0(\lambda, t) \exp \left[-\frac{\pi C_n(t) l(t)}{4} \int_0^{\infty} Q \left(\frac{\pi D}{\lambda}, m(\lambda) \right) D^2 f(D, t) dD \right], \quad (1)$$

где $I(\lambda, t)$ – интенсивность прошедшего через аэрозоль излучения; $I_0(\lambda, t)$ – интенсивность зондирующего излучения; C_n – счётная концентрация конденсированной фазы аэрозоля; $l(t)$ – длина оптического пути; $Q \left(\frac{\pi D}{\lambda}, m(\lambda) \right)$ – фактор эффективности ослабления зондирующего излучения; D – диаметр частиц; λ – длина волны зондирующего излучения; $m(\lambda)$ – комплексный показатель преломления конденсированной фазы аэрозоля; $f(D, t)$ – функция распределения частиц по размерам. Чтобы решить задачу восстановления функции распределения частиц по размерам с использованием уравнения (1) применяется экспериментальная информация о коэффициенте спектральной прозрачности, полученном в виде:

$$\tau_{\lambda}(t) = \ln \frac{I_0(\lambda, t)}{I(\lambda, t)}. \quad (2)$$

В выражении (2) величины $I_0(\lambda, t)$ и $I(\lambda, t)$ получают путём прямых измерений в широком диапазоне длин волн. Далее осуществляется расчёт ансамбля значений коэффициентов спектральной прозрачности по формуле (1) для различного вида функции распределения частиц