

**ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СОРБЦИЮ РАСТВОРИМЫХ  
ПРИМЕСЕЙ ДВУХВАЛЕНТНЫХ КАТИОНОВ ЖЕЛЕЗА, МАРГАНЦА И НИКЕЛЯ**

А.И. Черепанова, В.В. Смирнова

Научный руководитель: ассистент В.В. Смирнова

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [ai\\_cherepanova@mail.ru](mailto:ai_cherepanova@mail.ru)

**CONSTANT ELECTRIC FIELD INFLUENCE ON DIVALENT SOLUBLE IMPURITIES OF IRON,  
MANGANESE AND NICKEL CATIONS SORPTION**

A.I. Cherepanova, V.V. Smirnova

Scientific Supervisor: V.V. Smirnova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: [ai\\_cherepanova@mail.ru](mailto:ai_cherepanova@mail.ru)

*Conducted sorption soluble impurities of iron, manganese and nickel using reagent titanium dioxide after pretreatment constant electric field in distilled water and sodium chloride solution. Found that the sorption properties of titanium dioxide compared with the reagent after treatment of a constant electric field increases.*

Вода – ценнейший природный ресурс, оказывающий исключительно важное влияние на процессы обмена веществ, составляющих основу жизни. Она также имеет большое значение в сельскохозяйственном и промышленном производстве. Большая часть воды после ее использования возвращается в озера и реки с промышленными стоками. В природные источники питьевой воды попадает все большее количество антропогенных загрязнителей, что негативно влияет на ее качество. Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой [1]. Очистка воды, проводимая предприятиями перед сбросом производственных стоков по стандартной схеме, часто оказывается недостаточной. Это обуславливает необходимость введения в комплексную технологическую схему дополнительной стадии – сорбционной доочистки, которая позволяет удалять загрязнения чрезвычайно широкой природы (в том числе и растворимые примеси тяжелых металлов) практически до любой остаточной концентрации. Ранее проведенные исследования показали [2], что в качестве неорганического сорбента может быть использован диоксид титана, который является труднорастворимым нетоксичным соединением, что повышает возможность его практического применения.

Целью настоящей работы являлось изучение сорбционной активности диоксида титана по отношению к растворимым примесям двухвалентных ионов железа, марганца и никеля после обработки  $TiO_2$  постоянным электрическим полем в дистиллированной воде и растворе хлорида натрия.

Объектом исследования в работе был выбран реактив диоксида титана, который предварительно, в течение 30 мин, подвергали воздействию постоянного электрического поля ( $l = 12$  см,  $U = 200$  В) в дистиллированной воде 0,2 н. растворе хлорида натрия. Обработанный таким образом реактив дополнительно делили на три части, проводя отбор  $TiO_2$  вблизи положительно и отрицательно заряженных электродов, а также в межэлектродном пространстве (табл.1). Сорбционные свойства полученных образцов диоксида титана после их высушивания в атмосфере воздуха при  $110^\circ C$  были апробированы на модельных растворах, содержащих 3,00 мг/л ионов железа, 1,00 мг/л ионов марганца и 1,00 мг/л ионов никеля. В качестве образца сравнения использовали реактив диоксида титана, который не подвергали дополнительной обработке (табл.1).

Таблица 1

Образцы диоксида титана, подвергнутые обработке ультразвуком и постоянным электрическим полем в среде различных электролитов

| №, п/п | Обозначение образца | Среда обработки   |
|--------|---------------------|---|
| 1      | Образец <i>P</i>    | не подвергался обработке                                      |
| 2      | Образец <i>S1</i>   | дистиллированная вода(межэлектродное пространство)            |
| 3      | Образец <i>S2</i>   | дистиллированная вода (у положительно заряженного электрода)  |
| 4      | Образец <i>S3</i>   | дистиллированная вода (у отрицательно заряженного электрода)  |
| 5      | Образец <i>S4</i>   | раствор хлорида натрия (межэлектродное пространство)          |
| 6      | Образец <i>S5</i>   | раствор хлорида натрия (у положительно заряженного электрода) |
| 7      | Образец <i>S6</i>   | раствор хлорида натрия (у отрицательно заряженного электрода) |

Сорбцию проводили в статических условиях, помещая 0,2 г образцов диоксида титана (табл. 1) в 100 мл модельных растворов, приготовленных растворением точных навесок сульфатов никеля, железа и марганца, соответственно. Контроль концентрации растворимых примесей железа (II), марганца (II) и никеля (II) после сорбции осуществляли с помощью стандартных методик фотоколориметрии [3–5]. Точность эксперимента обеспечивали построением калибровочного графика и статистической обработкой полученных данных с вероятностью  $P = 0,95$ : для железа - в диапазоне концентраций от 0,01 до 3,00 мг/л, для марганца и никеля – 0,005–1,000 мг/л.

Результаты извлечения растворимых примесей металлов из их модельных растворов с использованием реактива диоксида титана (образец *P*) и образцов, полученных обработкой  $TiO_2$  постоянным электрическим полем в дистиллированной воде (образцы *S1*, *S2*, *S3*) и растворе хлорида натрия (образцы *S4*, *S5*, *S6*) приведены в таблице 2 – ионов железа, таблице 3 – марганца, таблице 4 – никеля.

Таблица 2

Содержание примесей ионов железа, после их сорбции образцами диоксида титана, полученного обработкой постоянным электрическим полем

| Образцы сорбента                | $TiO_2$ в $H_2O$ |           |           | $TiO_2$ в $NaCl$ |           |           | $TiO_2$   |
|---------------------------------|------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                 | <i>S1</i>        | <i>S2</i> | <i>S3</i> | <i>S4</i>        | <i>S5</i> | <i>S6</i> | <i>P</i>  |
| Введено ионов железа (II), мг/л | 3,00 мг/л        | 3,00 мг/л | 3,00 мг/л | 3,00 мг/л        | 3,00 мг/л | 3,00 мг/л | 3,00 мг/л |
| Найде но, мг/л                  | 20 мин           | 2,27      | 2,40      | 2,42             | 2,45      | 2,67      | 2,02      |
|                                 | 60 мин           | 2,06      | 2,15      | 2,10             | 1,76      | 1,73      | 1,81      |
|                                 | 24 ч             | 1,43      | 1,64      | 1,73             | 0,54      | 0,77      | 0,75      |

Согласно данным таблицам 2–4 установлено, что воздействие постоянного электрического поля на реактив диоксида титана заметно влияет на его сорбционные свойства. Образцы диоксида титана находящиеся вблизи положительно заряженного электрода в большей степени снижают концентрацию ионов железа, марганца и никеля по сравнению с образцами, находившимися у отрицательно заряженных электродов.

Таблица 3

Содержание примесей ионов марганца, после их сорбции образцами диоксида титана, полученного обработкой постоянным электрическим полем

| Образцы сорбента                  | $TiO_2$ в $H_2O$ |           |           | $TiO_2$ в $NaCl$ |           |           | $TiO_2$  |
|-----------------------------------|------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|----------|
|                                   | <i>S1</i>        | <i>S2</i> | <i>S3</i> | <i>S4</i>        | <i>S5</i> | <i>S6</i> | <i>P</i> |
| Введено ионов марганца (II), мг/л | 1 мг/л           | 1 мг/л    | 1 мг/л    | 1 мг/л           | 1 мг/л    | 1 мг/л    | 1 мг/л   |
| Найде но, мг/л                    | 20 мин           | 0,31      | 0,35      | 0,33             | 0,31      | 0,38      | 0,56     |
|                                   | 60 мин           | 0,27      | 0,32      | 0,30             | 0,21      | 0,34      | 0,53     |
|                                   | 24 ч             | 0,19      | 0,24      | 0,22             | 0,25      | 0,34      | 0,53     |

Максимальное снижение концентрации примесей железа наблюдалось для образца *S4*: с 3 мг/л до 0,54 мг/л, минимальное для образца *S3* – до 1,73 мг/л (табл. 2–4). Примеси ионов марганца и никеля

эффективнее снижал образец S1 с 1 мг/л до 0,19 и 0,20 мг/л, соответственно, а минимально – образец P: 0,53 мг/л для ионов марганца и 0,50 для ионов никеля (табл.2–4).

Таблица 4

*Содержание примесей ионов никеля, после их сорбции образцами диоксида титана, полученного обработкой постоянным электрическим полем*

| Образцы сорбента                |        | TiO <sub>2</sub> в H <sub>2</sub> O |        |        | TiO <sub>2</sub> в NaCl |        |        | TiO <sub>2</sub> |
|---------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|------------------|
|                                 |        | S1                                  | S2     | S3     | S4                      | S5     | S6     | P                |
| Введено ионов никеля (II), мг/л |        | 1 мг/л                              | 1 мг/л | 1 мг/л | 1 мг/л                  | 1 мг/л | 1 мг/л | 1 мг/л           |
| Найде<br>но,<br>мг/л            | 20 мин | 0,41                                | 0,45   | 0,46   | 0,39                    | 0,41   | 0,44   | 0,61             |
|                                 | 60 мин | 0,43                                | 0,43   | 0,42   | 0,37                    | 0,39   | 0,40   | 0,56             |
|                                 | 24 ч   | 0,20                                | 0,22   | 0,25   | 0,22                    | 0,28   | 0,30   | 0,50             |

Таким образом, снижение концентрации растворимых примесей ионов железа, марганца и никеля после их сорбции с использованием реактива диоксида титана и образцов, прошедших обработку постоянным электрическим полем в дистиллированной воде и растворе хлорида натрия в среднем составило: для необработанного TiO<sub>2</sub> (P) в 2,4 раза; для обработанных в дистиллированной воде: S1 в 4,1; S2 – 3,5; S3 – 3,4 раз; для диоксида титана, обработанного в растворе хлорида натрия: S4 в 4,7; S5 – 3,5 S6 – 3,4 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. – Л.: Химия, 1979. – 160 с.
2. Смирнова В.В., Назаренко О.Б. Применение оксидов и гидроксидов титана для очистки питьевой воды // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды VIII международной конференции студентов и молодых ученых. – Томск: ТПУ, 2011. – С. 383–385.
3. ГОСТ 4011 – 72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
4. ГОСТ 4974 – 72. Вода питьевая. Методы определения содержания марганца.
5. РД 52.24.494-95 Методические указания. Фотометрическое определение никеля с диметилглиоксимом в поверхностных водах суши.