СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ вольфрама, молибдена и титана С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПОДВОДНОГО РАЗРЯДА [[1]](#footnote-1)\*)

Сироткин Н.А., Хлюстова А.В., Титов В.А.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Россия, Иваново, [titov25@gmail.com](mailto:titov25@gmail.com)

Одним из направлений использования разрядов, контактирующих с жидкостями, является синтез наночастиц металлов и их оксидов [1, 2]. В простейших вариантах используются разряды между двумя металлическими электродами, погруженными в жидкость. Плазма формируется в парогазовых пузырьках, возникающих вследствие перегрева раствора вблизи электрода, или же в результате развития стримерных разрядов [3].

Цель данной работы заключалась в получении наночастиц оксидов молибдена, вольфрама и титана с помощью плазмы разряда постоянного тока с двумя металлическими электродами, погруженными в воду.

Подводный разряд зажигали между двумя стержнями диаметром 1.0 мм, помещенными в дистиллированную воду на расстоянии 3 мм. Электроды были изготовлены из вольфрама, молибдена или титана. Для возбуждения разряда использовали источник постоянного напряжения (до 5 кВ), значение среднего тока разряда составляло в разных экспериментах 0.2-0.5 А. Спектры излучения плазмы регистрировали спектрометром AvaSpec-3648. Размер получаемых наночастиц и их дзета-потенциал определяли методом динамического рассеяния света (Malvern Zetasizer Nano ZS, Malvern, Великобритания). Поверхность кристаллов, выпадающих из раствора, и их элементный состав были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) TESCAN VEGA 3 SBH (Чехия), снабженного приставкой для энергодисперсионного микроанализа EDS (Oxford Instruments, Великобритания).

Горение разряда происходило в импульсном режиме. По осциллограммам тока и напряжения на электродах сделаны оценки мощности, вкладываемой в разряд. Найдено, что в спектрах излучения плазмы присутствуют не только линии атомарного водорода, кислорода и полосы радикалов ОН, но и атомарные линии металлов, используемых в качестве электродов. Установлено, что распыление электродов при горении разряда приводит к образованию водных дисперсий наночастиц оксидов металлов. Средний диаметр наночастиц в дисперсиях (125 – 400 нм) зависит от тока разряда, а величина дзета-потенциала составляет около -30 мВ. Результаты СЭМ показали, что после высушивания образцов, наночастицы достаточно сильно агломерируют, однако размер отдельных частиц в агломератах согласуется с результатами, полученными методом динамического рассеяния света. В энергодисперсионных спектрах порошков присутствовали только линии атомов металлов и кислорода. В случае вольфрамовых электродов отношение концентраций атомов в полученных продуктах близко к стехиометрическому в оксиде WO3 ([W]:[O] = 1:3.1). При использовании молибденовых стержней был получены наночастицы нестехиометрического оксида молибдена MoOx с соотношением [Mo]:[O]=1:4. Наночастицы оксида титана TiO2 получены при использовании титановых электродов. Средние значения энергозатрат, необходимых на образование оксидов, составляют 170-350 эВ/молекула.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант №*19-73-00022*).

Литература

1. Saito G., Akiyama T. // J. Nanomat., 2015, V. 2015, P. 123696.
2. Chen Q., Li J., Li Y. // J. Phys. D: Appl. Phys., 2015. V. 48, P. 424005 (26pp).
3. Chen L., Mashimo T., Okudera H., Iwamoto C. // RSC Adv., 2014, V. 4, P. 28673.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Lt/en/EH-Sirotkin_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)