

–5,14 эВ и –3,02 эВ, для P2 –5,14 эВ и –3,03 эВ. По совокупности оптоэлектронных свойств оба материала могут выступать в роли транспортных материалов. В настоящее время идут испы-

тания данных полимеров в составе фотопреобразователей.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках госзадания 122111700041-8.

### Список литературы

1. Zhang P., Li M. and Chen W.-C. (2022) A Perspective on Perovskite Solar Cells: Emergence, Progress, and Commercialization. *Front. Chem.* 10:802890.
2. Lozhkina O. A., Miyasaka, *Microstructural analysis and optical properties of the halide double perovskite Cs<sub>2</sub>BiAgBr<sub>6</sub> single crystals*, *Chem. Phys. Lett.* 694 (2018) 18e22.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ pH НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ В ВОДЕ И РАСТВОРАХ АНИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Д. О. Зеленцов<sup>1</sup>, Ю. Ю. Петрова<sup>1</sup>, А. В. Коробкин<sup>1</sup>, А. А. Иванова<sup>1,2</sup>,  
А. Н. Черемисин<sup>1,2</sup>, И. И. Шаненков<sup>3,4</sup>, А. А. Сивков<sup>4</sup>  
Научный руководитель – к.х.н., доцент Ю. Ю. Петрова

<sup>1</sup>Сургутский государственный университет  
628400, г. Сургут, пр. Ленина, 1, zelentsov\_do@surgu.ru

<sup>2</sup>Сколковский институт науки и технологий  
121205, г. Москва, Большой бульвар, д. 30, стр. 1

<sup>3</sup>Тюменский государственный университет  
625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6

<sup>4</sup>Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

В связи с сокращением запасов традиционных источников углеводородов растет актуальность вопросов разработки нетрадиционных месторождений нефти и развития химических методов увеличения нефтеотдачи (ХМУН) [1].

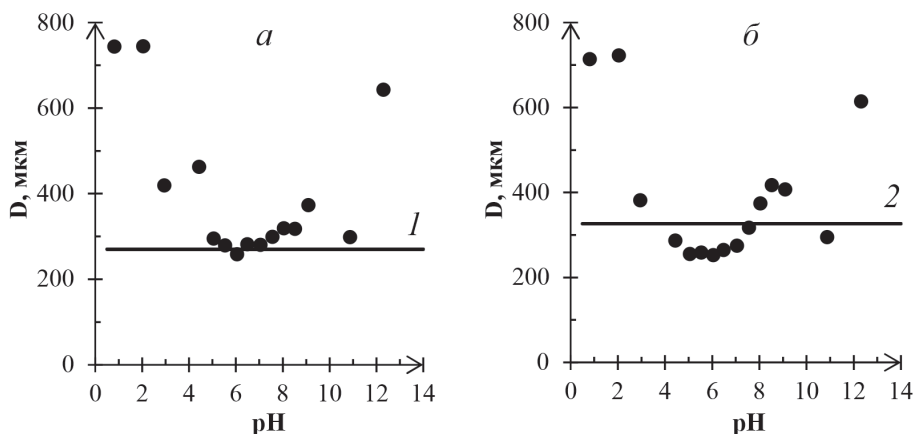
В ХМУН активно применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ) и полимеры, которые снижают межфазное натяжение между нефтью и водой или уменьшают коэффициент подвижности, соответственно [2]. Однако их использование ограничено значительной адсорбцией и удержанием в пласте, способностью к термическому разложению, а также высокой ценой. По этой причине применение ПАВ и полимеров ограничено в разработке, например, сланцевых месторождений, характеризующихся высокой пластовой температурой и низкой проницаемостью.

В последнее время активно развиваются ХМУН, совмещающие использование ПАВ и наноразмерных материалов, которые могут компенсировать эти проблемы. Особое внимание уделяют оксидным наночастицам, например, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др. по причине их меньшего

влияния на окружающую среду и большей доступности [3].

В данной работе исследовали влияние pH среды в широком диапазоне (1–12) на агрегацию наночастиц оксида титана в присутствии и отсутствие анионного ПАВ – додецилсульфата натрия (SDS). Наночастицы TiO<sub>2</sub> (смесь рутила, анатаза и фаз Магнелли) были получены методом плазмодинамического синтеза. Распределение частиц по размерам в 0,01 % дисперсиях как в отсутствие, так и в присутствии в 5 мМ SDS изучали методом динамического светорассеяния (DLS). Методом электрофоретического светорассеяния (ELS) измеряли дзета-потенциал приготовленных дисперсий для оценки стабильности полученных коллоидных систем.

Было показано, что агрегаты меньших размеров (200–300 нм) наночастицы TiO<sub>2</sub> образуют как в отсутствие, так и в присутствии SDS в области 5–7 pH (рис. 1). В сильно кислой (pH < 2,0) и сильно щелочной (pH > 11,0) средах происходит резкое укрупнение агрегатов наночастиц, что, по-видимому, связано с увеличением заряда их поверхности и межмолекулярными взаимодействиями.



**Рис. 1.** Зависимость медианных размеров частиц  $TiO_2$  от pH: а – в отсутствие SDS, б – в присутствии SDS. 1 и 2 – медианные размеры частиц в воде

ями в растворе, в т. ч. с молекулами анионного ПАВ. Отметим, что при модификации наночастиц в растворе 5 мМ SDS важно буферизовать систему в области pH 5,0–6,5 (рис. 1б), так как это приводит к уменьшению размеров агрегатов до ~250 нм по сравнению с ~325 нм в воде (рис. 1а).

Методом ELS было показано, что 0,01 % дисперсии наночастиц  $TiO_2$  в диапазоне pH 4–12

имеют дзета потенциал от –44 до –65 мВ и, следовательно, стабильны. В присутствии 5 мМ SDS стабильность дисперсий в кислой среде (pH > 2,0) повышается, так как дзета-потенциалы снижаются до значений менее –30 мВ.

Исследования проведены при финансовой поддержке Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (приказ от 04.09.2020 № 10-П-1308).

### Список литературы

1. Шнуров И. В. // *Недропользование XXI век*, 2015. – № 3. – С. 40–46.
2. Ngouangna E. N., Manan M. A., Oseh J. O. // *J. Mol. Liq.*, 2020. – V. 315. – 47 p.
3. Venancio J. C. C., Nascimento R. S. V., Perez-Gramatges A. // *J. Mol. Liq.*, 2020. – V. 308. – 7 p.

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ГИДРОКСИИЗОЦИАНАТА КОБАЛЬТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Д. Н. Изварина, О. А. Финаева, А. В. Храменкова

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова  
346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения 132, ariskina.daria@mail.ru

В настоящее время возрастает интерес исследователей к созданию новых химических источников тока, которые сочетают в себе долговечность, высокие электрохимические показатели, а также обладают длительной циклической стабильностью и быстрыми процессами разряда – заряда.

К таким источникам тока относятся суперконденсаторы (СК), которые нашли широкое применение в промышленности, электронике, медицине и транспорте.

Наибольшее распространение в качестве электродных получили углеродные материалы, оксиды и гидроксиды металлов, полимеры, а также композиты на их основе, так называемые гибридные материалы, прежде всего органо-неорганические. Это позволяет создавать материалы с уникальными характеристиками за счет синергизма свойств составляющих их частей.

В качестве неорганической составляющей электродных материалов большой интерес представляют оксиды и гидроксиды кобальта и ни-