

в таблице 1. Результаты показали, что средний диаметр микросфер составляет 60 мкм, что на 15 мкм меньше по сравнению с микросферами состава №1 и №2, полученными при температурах 1600 °С и 1300 °С соответственно.

В результате проведенной работы установлена возможность получения стеклянных ми-

кросфер из порошка стекла состава, масс %: Na<sub>2</sub>O 10; CaO 8; MgO 0,3; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,2; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9; SO<sub>3</sub> 0,5; SiO<sub>2</sub> 72. Получены полые стеклянные микросферы диаметром 60 мкм, со средней толщиной стенки 1,3 мкм, насыпной плотности 260 кг/м<sup>3</sup>.

### Список литературы

1. Karasu B., Demirel İ., Öztuvan A. et al. // *Elcezeri journal of science and engineering*, 2019. – V. 6. – № 3. – P. 613–641.
2. Zheng J., Chen, L., Wang P. et al. // *Frontiers in Energy*, 2020. – V. 14. – P. 570–577.
3. Бобкова Н. М., Савчин В. В., Трусова Е. Е. и др. // *Стекло и керамика*, 2018. – № 1. – С. 3–7.
4. Елкина А. В., Парамонова А. М., Власова С. Г. // *Физика и химия стекла*, 2018. – № 3. – Т. 44. – С. 290–293.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР FeS<sub>2</sub>@MoS<sub>2</sub> ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА (HYDROGEN EVOLUTION REACTION, HER)

А. А. Блинова

Научный руководитель – д.х.н., профессор научно-образовательного центра Н. М. Кижнера, В. В. Ан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Томск, пр. Ленина, 30, tpu@tpu.ru.

В настоящее время альтернативные источники энергии являются приоритетным направлением энергетической промышленности, в связи с возникновением проблемы истощения невозобновляемых природных ресурсов. Непрерывно ведутся разработки методов получения и активно изучаются свойства полученных образцов в качестве катализаторов процессов, например фотокатализа, очистки сточных вод от загрязнений и многих других. В качестве таких материалов интересны бинарные наногетероструктуры на основе сульфидов.

Фотокатализатор MoS<sub>2</sub> представляет собой нетоксичный халькогенид переходного металла, обладающий способностью поглощать свет, относительно высокой подвижностью носителей, прекрасной реакционной способностью, устойчивостью к фотокоррозии и регулируемой шириной запрещенной зоны. Однако его практическое применение, например в очистке сточных вод, ограничено из-за его меньшей каталитической активности и быстрой рекомбинации фотогенерированных электронно-дырочных пар.

Для преодоления этих проблем представляет интерес синтез композитов на основе MoS<sub>2</sub> [1], благодаря которому увеличивается поглощение видимого света и облегчается адсорбция загрязняющих веществ на поверхности фотокатализатора, а также перенос и разделение электронно-дырочных пар. В связи с этим сульфиды металлов, такие как CoS<sub>2</sub>, FeS<sub>2</sub>, CuS, ZnS, CdS, SnS и PbS привлекают все большее внимание к модификации MoS<sub>2</sub> посредством формирования композита [2], поскольку они имеют более низкую энергию запрещенной зоны, чем их оксиды.

Ранее было выявлено, что дисульфид железа усиливает фотокаталитическое разложение примесей питьевой воды на примере метиленового синего [3]. При исследовании полученного FeS<sub>2</sub>@MoS<sub>2</sub> (Рисунок 1) методами РФА и РСА было обнаружено, что в материале присутствуют фазы дисульфидов молибдена и железа с размерами кристаллитов от 5,1 нм до 50,3 нм.

Таким образом, методом совместного СВС возможно получать бинарные сульфидные наноструктуры фотокаталитического назначения.

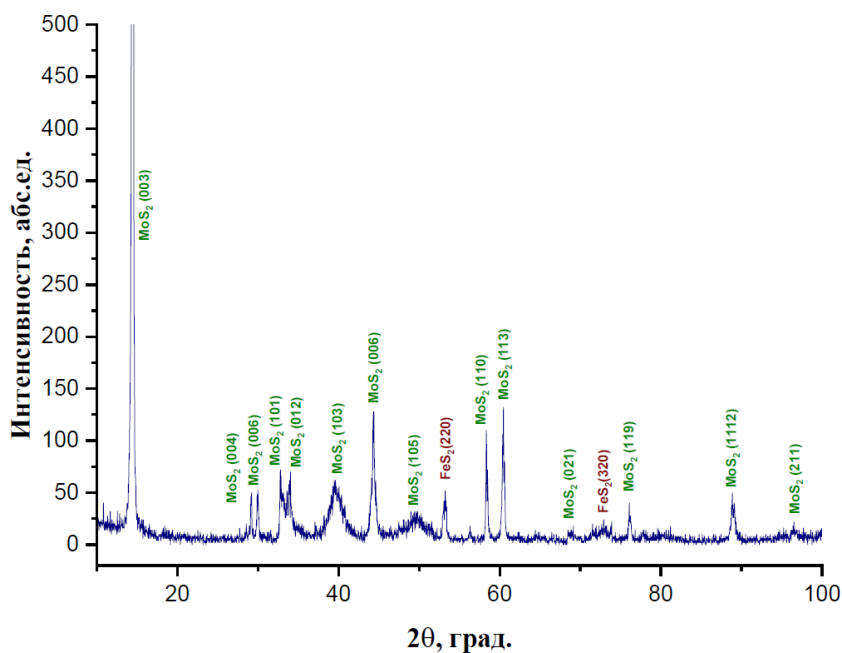


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма  $FeS_2@MoS_2$

### Список литературы

1. Zhang Y.; Chen P.; Wen F.; Meng Y.; Yuan B.; Wang H. Synthesis of S-rich flower-like  $Fe_2O_3$ - $MoS_2$  for Cr(VI) removal. *Sep. Sci. Technol.*, 2016. – 51. – 1779–1786.
2. Long F.; He J.; Zhang M.; Wu X.; Mo S.; Zou Z.; Zhou Y. Microwave-hydrothermal synthesis of Co-doped  $FeS_2$  as a visible-light photocatalyst. *J. Mater. Sci.*, 2015. – 50. – 1848–1854.
3. Hossein Ashrafi, Fatemeh Rahnema, Morteza Akhond, and Ghodrattollah Absalan Accelerating Surface Photoreactions Using  $MoS_2$ - $FeS_2$  Nanoadsorbents: Photoreduction of Cr(VI) to Cr(III) and Photodegradation of Methylene Blue. *Inorg. Chem.*, 2022. – 61. – 1118–1129.

## ПОЛУЧЕНИЕ SiC ИЗ ОТХОДОВ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Ж. Болатова

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор ОАР Г. Я. Мамонтов

Томский Политехнический Университет  
пр. Ленина, 30, zsb3@tpu.ru

Существуют различные методы синтеза порошков SiC. Основными способами получения порошков SiC являются карботермическое восстановление диоксида кремния [1], химическое осаждение из паровой фазы (CVD) [2] и т. д. SiC изготавливается обычно из высококачественных источников углерода и кремния, которые являются дорогостоящими и могут оказаться экономически невыгодными с промышленной точки зрения.

Руководствуясь требованиями экономичности производства SiC, учеными из разных стран были предложены методы получения карбида

кремния из разных отходов: отходов производства угля и песчаника [3], биомассы [4].

Впервые использование отходов для получения карбида кремния было предложено 1975 году, в работе использовали рисовую шелуху в качестве основного источника [5]. В дальнейшем синтез порошков SiC из рисовой шелухи методом карботермического восстановления проводили при температуре в диапазоне 1200–1500 °C в инертной среде [6]. Также из скорлупы макадамии в качестве источника углерода карботермическим восстановлением при 1550 °C и реакции азотирования были синтезированы нанопорошки SiC и  $Si_3N_4$ . Размер синтезирован-