

2. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Мишени  $\text{SiO}_2:\text{CuO}$  ( $\text{CuO}$ ) для нанесения тонких пленок ионно-лучевого распыления, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Хамдан А. С. Аль-Шаамири // Докл. нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 3. – С. 348–355.

3. Вилья, Н. Формирование пленок оксида титана методом реактивного магнетронного распыления / Н. Вилья, Д. А. Голосов, Т. Д. Нгуен // Доклады БГУИР. – 2019. – № 5 (123). – С. 87–93.

4. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Формирование композиционных покрытий ионно-лучевым распылением мишеней на основе микропорошков пирогенного кремнезема, содержащих соединения меди / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Д. А. Голосов, Т. Х. Доан, А. М. Михалко // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6. Тэхніка. – 2022. – Том 12, № 2. – С. 14–23.

5. Подденежный Е. Н., Бойко А. А. Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла / Мон. – Гомель: УО «ГГТУ им. П. О. Сухого», 2002. – 210 с.

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОКСИДА МАГНИЯ, ЛЕГИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ, ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Эльшербини С. М. Э., Бойко А. А.

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Lifematrix247@gmail.com, boiko@gstu.by

**Annotation.** Composite materials based on magnesium oxide doped with metal nanoparticles using sol-gel method have been developed. Investigations of peculiarities of obtaining composite materials based on magnesium oxide and their subsequent practical application are carried out. Information on the structure and morphology of micropowders, obtaining tablets, and the possibility of application for sorption of oil products are given.

В настоящее время проводится поиск и исследуется применение эффективных методов утилизации отходов, особенно способы удаления фенолов, ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов из сточных вод [1]. В этом исследовании мы использовали простой метод, золь-гель метод, для создания материалов с адекватной и экономически эффективной адсорбционной способностью. Получение образцов композиционных материалов на основе оксида магния осуществляли в два этапа.

На первом этапе, с использованием золь-гель метода, были синтезированы ксерогели и микропорошки на основе  $\text{MgO}$ . Для синтеза ксерогелей и порошков использовали нитрат цинка, оксид цинка, хлорид иттрия и оксид иттрия, хлорид железа и оксид железа, нитрат бария и оксид бария. При получении ксерогелей составов  $\text{MgO}:\text{ZnO}$  и  $\text{MgO}:\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}:\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}:\text{BaO}$ , в чистый золь предварительно вводился нитрат цинка  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ , хлорид иттрия  $\text{YCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ , хлорид железа  $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ , нитрат бария  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  из расчета концентрации оксидов в готовом

продукте 1:0,05 до 1:0,25 моль. Для формирования геля использовали аммоний фтористый кислый ( $\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$ ). Далее следовал этап стабилизации приготовленного коллоидного раствора и его сушка при нормальных условиях в открытых пластиковых контейнерах. Отжиг полученных ксерогелей осуществляли на воздухе при  $700\text{ }^\circ\text{C}$  (время выдержки – 1 ч).

На втором этапе полученный композиционный материал подвергали дроблению до получения микропорошка. Из полученного микропорошка методом одноосного прессования получали образцы в виде дисков диаметром 15 мм и высотой 10 мм. Для исследований были получены образцы составов:  $\text{MgO}:\text{BaO}$ ;  $\text{MgO}:\text{ZnO}$ ;  $\text{MgO}:\text{Y}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}:\text{Fe}_2\text{O}_3$  с пятью разными концентрациями в молях с 1:0,05; 1:0,10 ... 1:0,25. Формование проводили с использованием временного связующего на основе водного раствора поливинилового спирта (ПВС) с концентрацией 3–6 мас. %. Затем полученные диски сушили на воздухе при комнатной температуре в течение 1 суток, после чего подвергали термообработке на воздухе при  $700\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 1,5 часов.

Из анализа рис. 1 видна рыхлая структура ксерогеля  $\text{MgO}$ , при этом наблюдается четко выраженная глобулярная структура, при этом глобулы сформированы агрегатами, состоящими из частиц, имеющих достаточно узкий интервал распределения по размерам первичных зерен (от 54 до 125 нм). При введении легирующих элементов наблюдается сильное влияние на формирование первичных частиц оксида магния и рост глобулярности структуры. При этом наблюдается широкий разброс первичных частиц как в сторону уменьшения их размеров, так и роста. При введении ионов цинка наблюдаемый размер первичных частиц лежит в интервале от 39 до 140 нм. Ионы железа приводят к значительному росту первичных частиц (до 230 нм). Таким образом введение легирующих элементов в матрицу  $\text{MgO}$  повышает склонность к агрегированию и характеризуется высокой степенью полидисперсности легированных порошков  $\text{MgO}$  [2–4].

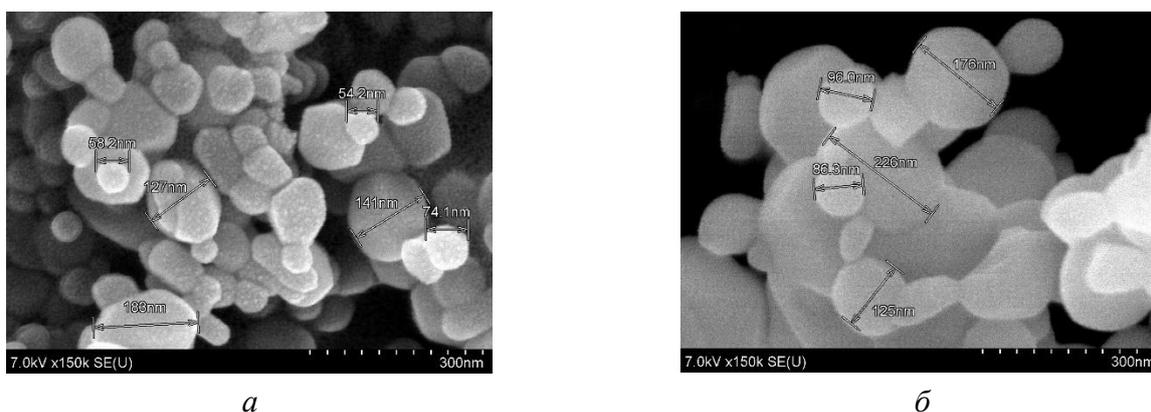


Рисунок 1 – СЭМ-изображение микропорошка ксерогеля сформированного на основе золя из водной дисперсии  $\text{MgO}$  (обработан на воздухе при  $T = 700\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 1 ч):

- a* – содержащего нитрат цинка концентрацией: 0,05 моль на 1 моль золя;
- б* – содержащего хлорид железа концентрацией: 0,05 моль на 1 моль золя

На рис. 2 приведены результаты изменения массы таблеток, приготовленных с различной концентрацией, в зависимости от впитывающей способности нефтяных материалов (сырая нефть и машин масло). Видно, что образцы с низ-

кой концентрацией легированный наночастиц имеют более высокую абсорбционную способность по сравнению чем имеющие более высокие концентрации. При этом видно, что сорбционная способность в отношении индустриального масла ниже, чем для сырой нефти для полученных материалов.

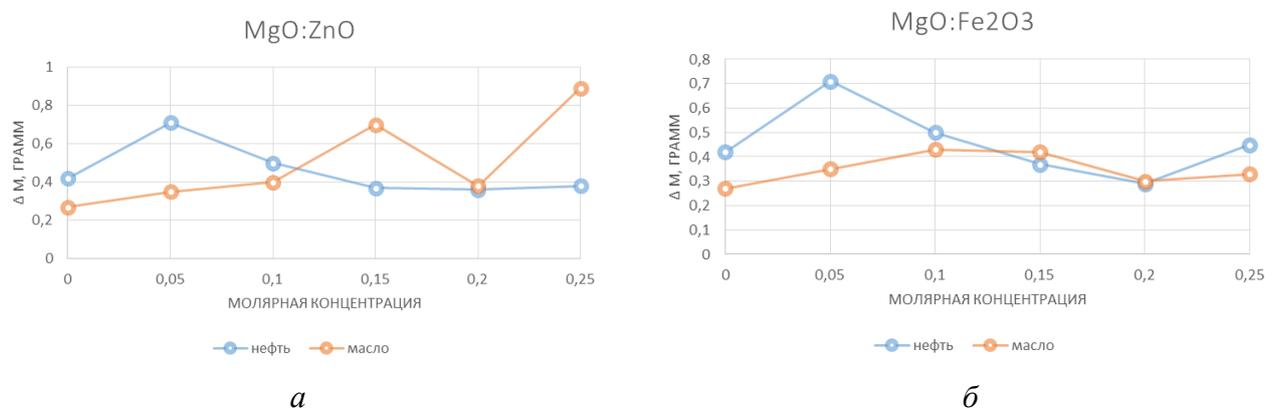


Рисунок 1 – Изменения массы таблеток в зависимости от впитывающей способности нефтяных материалов (сырое нефтью и машин масло): *а* – MgO:ZnO; *б* – MgO:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### Список использованных источников

1. Pavlov, A. V. Investigation of sorbents of oil and oil products for the elimination of emergency oil spills in the seas of the arctic region/ A. V. Pavlov, J. V. Vasilyeva // Regional environmental issues. – 2019. – No 5. – P. 89–94.
2. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Мишени SiO<sub>2</sub>:CuO (Cu<sup>0</sup>) для нанесения тонких пленок ионно-лучевого распыления, полученные золь-гель методом / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко, Хамдан А. С. Аль-Шаамири // Докл. нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 3. – С. 348–355.
3. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Структурообразование SiO<sub>2</sub> ксерогелей, содержащих соединения меди различного фазового состава = Structure formation of SiO<sub>2</sub>-xerogels containing copper compounds of different phase composition / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Алексеенко, О. А. Титенков // Проблемы физики, математики и техники. Сер.: Физика. – 2020. – № 3 (44). – С. 7–12.
4. Porous glasses with silver nanoparticles as the sensitive material for sensors to measure the index of refraction of analytes / A. S. Pshenova [et al.] // Journal of Optical technology. – 2016. – Vol. 83, Iss. 7. – P. 438–440.