

Заключение. В результате работы были получены составы гелей, которые можно использовать как тест системы для оценки коррозии медицинских сплавов. Для их дальнейшего использования необходимо оценить их стабильность при нахождении на воздухе, подобрать необходимую толщину пленок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhai Y. Preparation and properties of hydroxypropyl chitosan gel [D]. // Jinan University. - 2005. -Т.5 -№.23.
2. Yu M. Preparation and properties of polyacrylamide hydrogel with grafted chitosan// Tianjin Chemical Industry. -2006.-Т.20. -№.3.
3. Dana A., Madina S., Salimgerey A., Dmitriy B. Biocompatible scaffolds based on natural polymers for regenerative medicine// International Journal of Biological Macromolecules. -2018. -Т.114– С.324–333

Чжао Чжэнчуань (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
канд. техн. наук, доцент

КОЛЛОИДНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ В ПРЕСНОЙ ВОДЕ: ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА

Введение

Наночастицы (НЧ) оксида железа потенциально могут применяться для доставки лекарств, магнитной гипертермии, контрастного агента МРТ, магнитного разделения [1], и в результате растущей производственной деятельности попадать в окружающую среду. При этом известно, что при определенных условиях в поверхностных водах НЧ могут оказывать токсичное действие на беспозвоночных [2], рыб [3] и гидрофиты [4].

Из литературы известно, что токсичность наночастиц в поверхностных водах сильно связана с их коллоидными свойствами, которые, в свою очередь, зависят от размера частиц. Например, в работе [5] показано, что при уменьшении размера от 16 до 6 нм значительно усиливается агрегация наночастиц Au, при этом увеличивается токсичность. В другой работе на примере наночастиц Au показан противоположный эффект [6].

Не смотря на актуальность, экспериментальных данных о поведении наночастиц крайне недостаточно. Поэтому целью данного исследования

было показать влияние размера наночастиц оксида железа на их коллоидные свойства в пресном водоеме.

Экспериментальная часть

В работе исследовали наночастицы оксида железа (Fe_2O_3) с номинальным средним размером 38 (производитель Nanografi Nanotechnology, Турция) и 80 нм (ООО «Передовые порошковые технологии», Россия).

В работе моделировали поверхностную воду с помощью приготовления водных растворов с разной концентрацией гуминовой кислоты (10^{-10} , 10^{-6} и 10^{-2} мг/л) на основе дистиллированной воды (pH=6,2) при $22\pm 2^\circ\text{C}$. В качестве источника гуминовых кислот использовали торфяной гуминовый препарат «Гумостим», выделенный с помощью перекисно-аммиачного гидролиза низинного осокового торфа месторождения «Темное» Томской области в Сибирском НИИ сельского хозяйства и торфа [7] со следующими характеристиками: pH – 6,3, содержание гуминовых кислот – $40,8\pm 4,1$ мг/л, фульвокислот – $4,14\pm 0,41$ мг/л, фенольных соединений – 0,09 мг/л. Растворы хранили не более 1 часа до добавления наночастиц.

В приготовленные растворы добавляли наночастицы (100 мг/л), емкости с суспензией закрывали крышкой и перемешивали в ультразвуковой ванне DADI DA-968 (DADI, Китай, 30 Вт) в течение 5 мин.

Коллоидные свойства суспензий оценивали по изменению среднего размера частиц и электрокинетического потенциала с помощью прибора Zetasizer Nano (Malvern, США, длина лазера 340 нм). Для измерения 1 мл суспензии помещали в U-образную кювету, и проводили измерения три раза при 25°C . Полученные численные распределения размером использовали для расчета среднего размера частиц.

Результаты и обсуждение

В работе установлено, что исходный размер наночастиц оказывает влияние на коллоидные свойства, но это влияние сильно связано с содержанием гуминовых кислот.

Найдена тенденция, что концентрация гуминовых кислот не оказывает влияния на агрегацию крупных частиц, в то время как для мелких частиц агрегация усиливается при уменьшении концентрации гуматов. Например, размер агрегатов Fe_2O_3 -38 и Fe_2O_3 -80 в растворах с концентрацией кислот 10^{-10} ... 10^{-6} ... 10^{-2} мг/л составляет 593...549...159 и 306...317...256 нм, соответственно (рис.1а).

С другой стороны, при уменьшении размеров частиц размер агрегатов может увеличиваться (10^{-10} ... 10^{-6} мг/л) или уменьшаться (10^{-2} мг/л): например, в воде с содержанием кислот 10^{-6} мг/л размер агрегатов составил 549 и 317 нм, а при 10^{-2} мг/л – 159 и 256 нм для частиц с размером 38 и 80 нм, соответственно (рис.1а).

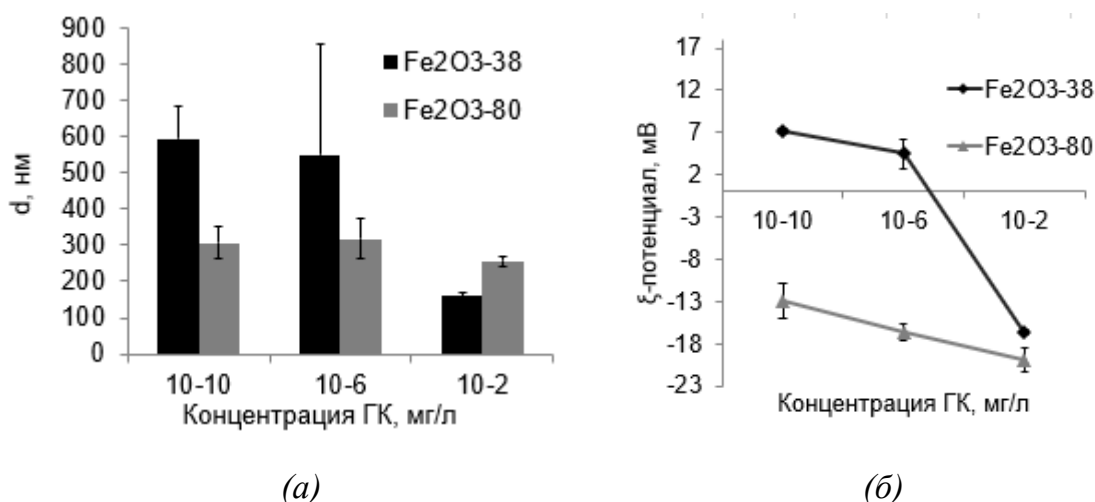


Рисунок 1. Влияние размера наночастиц Fe_2O_3 на размер агрегатов (а) и ξ -потенциал (б) частиц в растворах ГК с разной концентрацией.

В отношении электрокинетической стабильности образующихся суспензий показано, что независимо от концентрации гуматов заряд наночастиц с меньшим размером более положительный: например, при концентрации кислот 10⁻⁶ мг/л величина ξ -потенциала составила +7 и -13 мВ, соответственно, для частиц с размером 38 и 80 нм (рис.1б). При этом видно, что чем выше концентрация гуматов в воде, тем менее выражено влияние размера частиц на заряд. Если выразить скорость изменения заряда как $\Delta\xi$ при уменьшении размеров частиц от 80 до 38 нм, то мы увидим, что значение $\Delta\xi$ составляет 15 и 4 мВ, соответственно (рис.1б) для растворов с концентрацией кислот 10⁻⁶ и 10⁻² мг/л (рис.1б).

Полученные данные согласуются с литературными данными, согласно которым при уменьшении размера частиц гематита от 65 до 12 нм агрегация в воде усиливается [8]. В работе [9] показано что размер агрегаты наночастиц Fe_2O_3 с размером 20 нм уменьшается с увеличением концентрации гуминовой кислоты в диапазоне 20 ... 200 мг/л.

В другой работе показано, что с увеличением размера частиц Au с 30 до 100 нм размер агрегатов уменьшаются [10].

Заключение

Таким образом, в работе на примере промышленных наночастиц Fe_2O_3 со средним размером 38 и 80 нм показано, что для более крупных частиц в растворе, моделирующем поверхностные воды с добавлением гуминовых кислот, агрегация протекает менее интенсивно, и частицы имеют больший заряд. Также установлено, что мелкие частицы более подвержены влиянию гуминовых кислот, с увеличением содержания которых агрегация ослабляется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gupta A.K., Gupta M. Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications // *Biomaterials*. – 2005. – Vol.26. – P.3995-4021
2. Baun A., Hartmann N. B., Grieger K., Ecotoxicity of engineered nanoparticles to aquatic invertebrates: a brief review and recommendations for future toxicity testing // *Ecotoxicology*. – 2008. – Vol.17. – P.387-395
3. Song L., Martina G.V., Willie J.G., A comparative analysis on the in vivo toxicity of copper nanoparticles in three species of freshwater fish // *Chemosphere*. – 2015. – Vol.139. – P.181-189
4. Ma S., Lin D., The biophysicochemical interactions at the interfaces between nanoparticles and aquatic organisms: adsorption and internalization // *Royal Society of Chemistry*. – 2013. – Vol.15. – P.145-160
5. Huo S., Jin S., Ma X., Xue X. Ultrasmall gold nanoparticles as carriers for nucleus-based gene therapy due to size-dependent nuclear entry // *American Chemical Society*. – 2014. – Vol. 6. – P.5852-5862
6. Yang H., Du L., Tian X., Fan Z., Sun C., Effects of nanoparticle size and gestational age on maternal biodistribution and toxicity of gold nanoparticles in pregnant mice // *Toxicology Letters*. – 2014. – Vol.230. – P.10-18
7. Касимова Л.В. Способ получения стимулятора роста растений Патент РФ 2213452, приор. от 06.06.2001г.
8. He Y.T., Wan J., Tokunaga T., Kinetic stability of hematite nanoparticles: the effect of particle sizes // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2008. – Vol.10. – P.321-332
9. Baalousha M., Aggregation and disaggregation of iron oxide nanoparticles: Influence of particle concentration, pH and natural organic matter // *Science of The Total Environment*. – 2009. – Vol. 407. – P.2093-2101
10. Liu J., Legros S., Ma G. Influence of surface functionalization and particle size on the aggregation kinetics of engineered nanoparticles // *Chemosphere*. – 2012. – Vol.87. – P.918-924