

5. Dylan, Kimball, James, et al. Two-dimensional sheet based on C–H···N hydrogen bonds within an organic cocrystal: a crystallographic, spectroscopic and theoretical study // *Supramolecular Chemistry*, – 2015. – V. 27., № 7–8. – P. 465–470.
6. Wang D Y, Wang J L, Zhang D. N–H···X (X = F, Cl, Br, and I) hydrogen bonding in aromatic amide derivatives in crystal structures // *Science China Chemistry*, – 2012. – V. 55., № 10. – P. 2018–2026.

Юй Шэн (Китай), Папина Ю.В.

Томский политехнический университет, Томск  
Национальный центральный университет, Таюань, Тайвань

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна  
к.т.н., доцент

## **ВЛИЯНИЕ pH НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ ZnO**

### **Введение**

В настоящее время наночастицы оксида цинка (ZnO) имеют большой спрос, потому что нашли свое применение в производстве резины, керамики, пластика и косметики [1]. Чем больше производятся наночастицы, тем больше источников выделения наночастиц в окружающую среду. Известно, что при определенных условиях наночастицы ZnO могут быть токсичны по отношению к млекопитающим, клеткам, бактериям, и растениям [2].

Из литературного обзора известно, что на токсичность наночастиц влияет большое число параметров, включая размер и концентрация частиц, состав среды, кислотность и многие другие [3]. При этом не смотря на важность изучения и понимания токсичности до сих пор недостаточно данных о поведении наночастиц ZnO в водных средах.

Целью данной работы было показать влияние pH водной среды на дисперсионные и электрокинетические свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях.

### **Экспериментальная часть**

В качестве объекта исследования использованы наночастицы ZnO, полученные плазмохимическим методом (производитель: Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., США). Согласно данным производителя удельная поверхность частиц составляла 15 м<sup>2</sup>/г, средний размер частиц 30 нм, а средний размер агрегатов 500 нм [4].

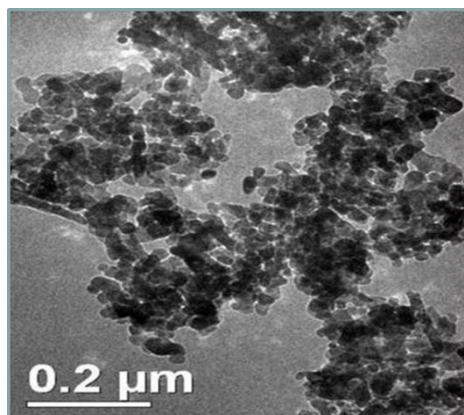


Рисунок 1. Наночастицы ZnO [4]

Суспензии наночастиц готовили в пластиковых контейнерах (50 мл) на основе дистиллированной воды (pH=6.3...6.9, дистиллятор D-30938 Gesellschaft Labortechnik mbH), доведенной до значений pH=4...6...7...8...10 титрованием с помощью 0.1 М растворов NaOH и HNO<sub>3</sub>. Концентрация частиц в суспензиях составляла 2 масс.%. Концентрация частиц подбиралась экспериментально для получения воспроизводимых результатов на лазерном дифрактометре. Суспензии перемешивались встряхиванием и выдерживались не более 1 часа. Значение pH контролировали с помощью pH-метра pH-150МИ (Измерительная техника, Россия). Навески наночастиц и веществ брали with the AND GR-202 scales (A&D Co Ltd., Japan, ±0.0001 г). Для перемешивания растворов и титрования применяли магнитную мешалку MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Germany) при частоте 300 об/минуту. Все растворы и суспензии готовили и хранили при 25±2°C.

В работе использовали метод динамического рассеяния света для измерения размеров наночастиц. Данный метод позволяет определить коэффициент диффузии дисперсных частиц в жидкости путем анализа корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света[5].

Измерения проводили с помощью лазерного анализатора частиц Malvern на приборе Zetasizer Nano (Malvern, США) при 25 оС (гелий-неоновый лазер, 4 мВт, 633 нм). Для измерения размеров частиц использовали прямоугольную кювету из полистирола с крышкой. При проведении анализа результатом измерения являлись кривые количественного распределения частиц по размерам, по которым рассчитывали средний размер частиц по формуле:

$$d_{cp} = \sum d \cdot \frac{q(\%)}{100} , \quad (1)$$

где  $d_{ср}$  – средний размер частиц в дисперсии,  $q$  – дифференциальный процент частиц с размером  $d$  в дисперсии.

### Результаты и их обсуждение

Согласно полученным данным, все распределения независимо от величины рН имеют мономодальный характер (рис.2). Видно, что в агрессивной среде (рН=4 и рН=10) распределение сдвигается вправо, а в нейтральной (рН=7) или около-нейтральной среде (рН=6 и рН=8) – распределение сдвинуто влево. Так, в ряду рН 4...6...7...8...10 модальный размер частиц составляет 190...122...142...99...825, соответственно (рис.2).

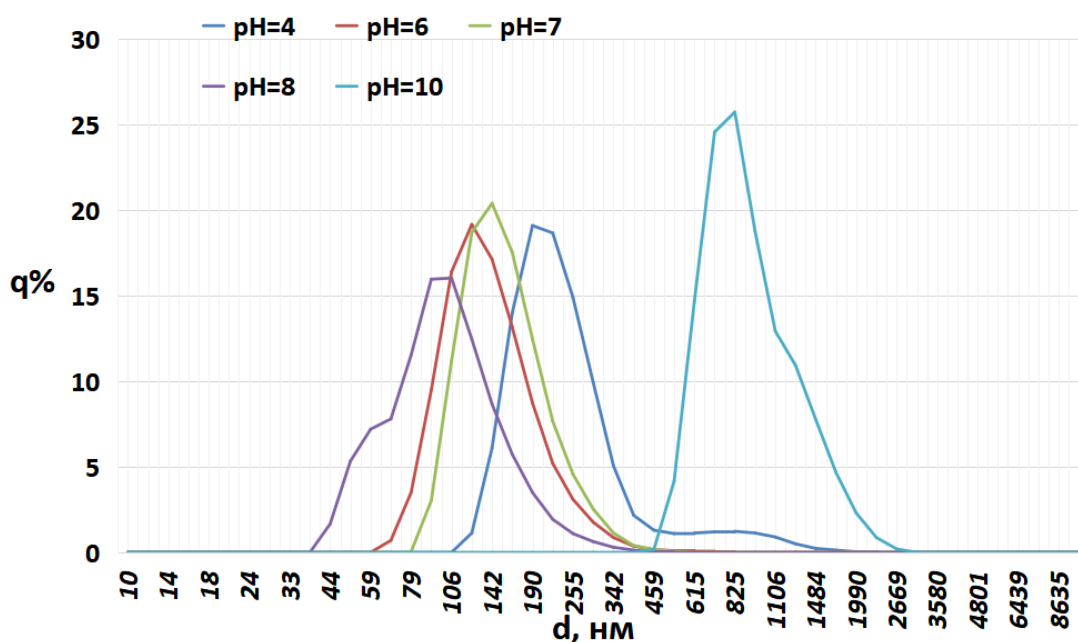


Рисунок 2. Кривые распределения частиц по размерам при рН

Далее влияние рН на дисперсионные свойства было проанализировано на основании фракционного анализа и изменения усредненных характеристик суспензии (рис.3).

Показано, что фракция с размером частиц  $< 100$  нм образуется в физиологической среде (при рН=6...8), а в агрессивной среде (4 и 10) образуются преимущественно крупные агрегаты. Например, содержание фракции с размером  $> 200$  нм составляет 60...12...17...4...100... в ряду рН 4...6...7...8...10, соответственно (рис.3).

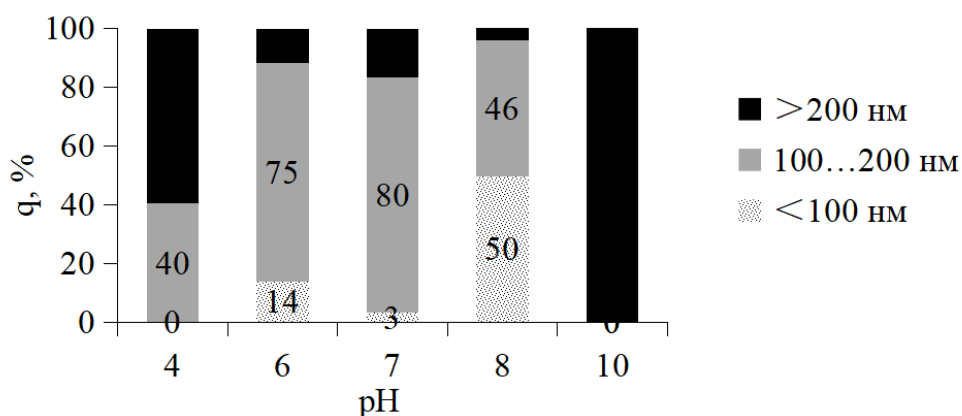


Рисунок 3. Влияние pH на фракционный состав наночастиц ZnO

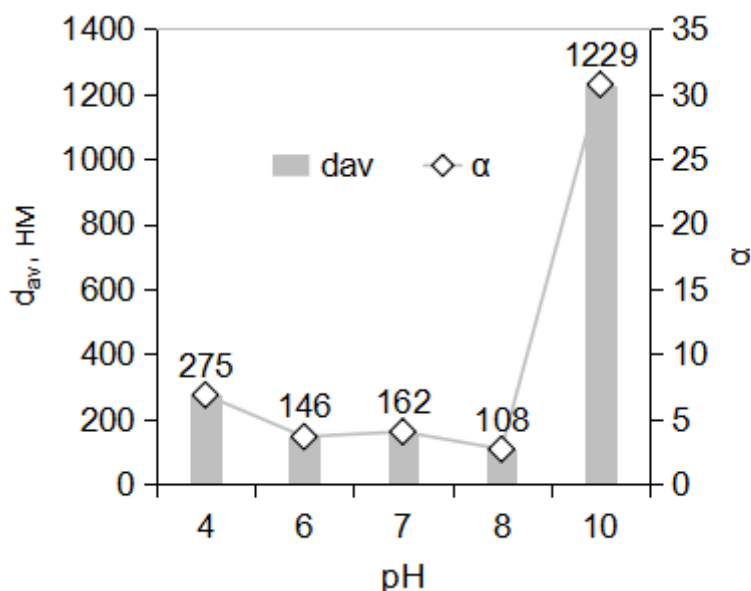


Рисунок 4. Влияние pH на средний размер  $d$  и степень агрегации  $\alpha$  наночастиц ZnO

Усредненные хорошо показывают, что в воде при увеличении pH от 4 до 6 агрегация частиц ослабляется. Например, величина  $d_{av}$  в суспензиях уменьшается в 2 раза (рис.4). В диапазоне pH=6...8 средний размер агрегатов колеблется не более 33%. Видно, что степень агрегации 2...4. Самая сильная агрегация наблюдается при pH=10: степень агрегации составляет 57 (рис.4).

#### Заключение

В работе на примере плазмохимических наночастиц ZnO со средним размером 30 нм показано влияние pH на их агрегацию в водной суспензии. С помощью метода динамического света установлено, что

при увеличении рН от 4 до 8 размеры частиц уменьшаются, а при рН=10 – резко увеличиваются.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moezzi A. Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications // *Chemical Engineering Journal*. –2012. –Vol. 185. – P.1-22
2. Ma H.B., Williams P.L., Diamond S.A. Ecotoxicity of manufactured ZnO nanoparticles e A review // *Environmental Pollution*. – 2013. Vol.172. – P.76-85.
3. Turan N.B., Erkan H.S., Engin G.O., Bilgili M.S. Nanoparticles in the aquatic environment: Usage, properties,transformation and toxicity – A review // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2019. Vol.130. – P.238-249.
4. Сайт компании ООО «Наноструктура и аморфные материалы Лтд.». Нанопорошок оксида цинка (ZnO, 99%, 30 нм) Электронный ресурс: <https://www.nanoamor.com/inc/sdetail/45691>
5. Сайт компании ООО «Фотокор». Динамическое рассеяние света. Электронный ресурс: <https://www.photocor.ru/theory/dynamic-light-scattering>

Янь Тун (Китай), Лямина Г.В. (Россия)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,  
к.х.н., доцент

## НАНОНОСИТЕЛИ ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

### Введение

Важнейшим направлением современной фармакологии является адресная доставка лекарственных препаратов. Целевое введение достигается с помощью носителя, который должен быть инертен по отношению к окружающей среде в организме человека. Закрепление лекарственных препаратов на носителях может повысить их биодоступность и снизить воздействие на непораженные участки, т.е. сделать доставку препарата целевой. За последние 15 лет существенное место в данной области стали занимать наноразмерные носители.

Цель данной работы – провести обзор основных методов синтеза носителей лекарственных препаратов.