

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И ТИПА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

А. С. Исмаилова, И. Д. Парфимович

*Белорусский государственный университет, г. Минск
ianast@list.ru; irongrivus@mail.ru
науч.рук. – Е. С. Григорчук, ст. преп.*

Проведены исследования влияния поверхностно-активного вещества ОП-7 на создание стабильных дисперсий углеродных нанотрубок. Произведена оптимизация и разработка методических режимов диспергирования углеродных нанотрубок в жидких растворах поверхностно-активных веществ. Показано, что при изменении концентрации поверхностно-активных веществ в растворах с различными типами углеродных нанотрубок коэффициент прохождения электромагнитного излучения может варьироваться как в лучшую, так и в худшую сторону.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки; поверхностно-активные вещества.

ВВЕДЕНИЕ

Создание стабильных дисперсий углеродных нанотрубок (УНТ) требует тщательного подбора поверхностно-активных веществ (ПАВ). Строение молекул ПАВ, их способность к диссоциации на ионы могут оказывать существенное влияние на процесс равномерного распределения УНТ. Использование неионогенных ПАВ менее требовательно к кислотности растворов и может эффективно работать как в нейтральных, так и в слабокислотных и щелочных средах. Помимо данного факта, эффективность взаимодействия ПАВ с УНТ в большей степени достигается за счет наличия в молекулах ПАВ бензольного кольца, и, в меньшей степени, за счет протяженности молекулярной цепочки [1]. На основании выделенных особенностей был выбран ПАВ ОП-7 – неионогенный ПАВ с бензольным кольцом и протяженным алкильным остатком с 8 – 12 атомами углерода.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Исследование влияния ОП-7 на создание стабильных дисперсий УНТ осуществлялось путем изготовления водных растворов углеродных нанотрубок различных типов (N3, N4 и промышленно выпускаемые УНТ «Таунит-М») с различной мольной концентрацией ПАВ (1, 10 и 100 мМ) и

измерении прохождения через образцы растворов электромагнитного излучения (ЭМИ) видимого и ИК диапазонов (400 – 1300 нм) на спектрофотометре Lambda 1050 Perkin Elmer.

Процесс изготовления суспензий заключался в предварительном растворении требуемой концентрации ПАВ в водной среде комнатной температуры и смешивании водного раствора ПАВ с УНТ при ультразвуковом воздействии частотой 24 кГц и мощностью, не превышающей 80 Вт, в течение 20 минут. Концентрация УНТ в ходе всего эксперимента для всех типов образцов составила 0,1 г/л.

На рис.1(а) представлены фотографии водных растворов УНТ без ПАВ, подвергнутых УЗ-обработке. Как и ожидалось, УНТ сразу же после окончания процедуры ультразвукового диспергирования, выпали в осадок. Результаты измерений прошедшего ЭМИ излучения ИК-диапазона через образцы растворов представлены на рис.1(б). В отсутствие ПАВ наибольшим эффектом поглощения обладает раствор с массивом УНТ «Таунит-М».

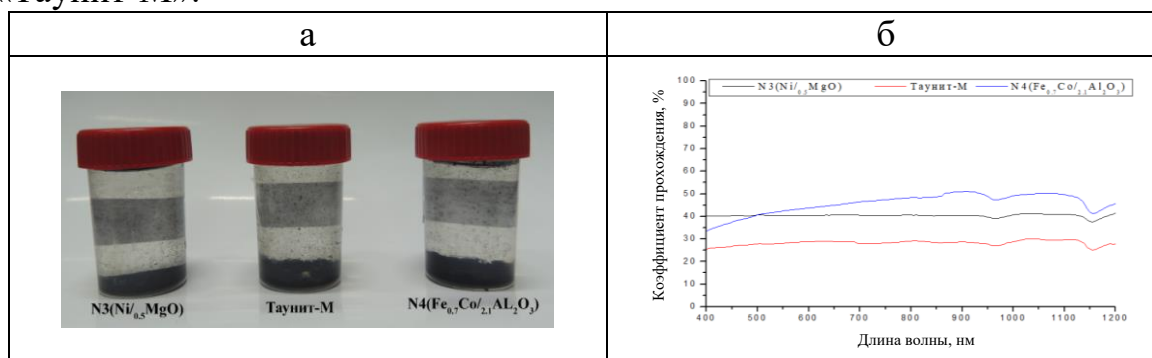


Рис. 1. Оптические фотографии растворов нанотрубок без поверхностно-активных веществ (а) и графики зависимости коэффициента прохождения ЭМИ от длины волны излучения (б)

Добавление в состав раствора 1 мМ ПАВ приводит к образованию устойчивой дисперсии УНТ.

Несмотря на полное сходство цвета растворов в видимом диапазоне, измерения прохождения ЭМИ ИК-диапазона позволяют выделить существенные отличия. Так, для образцов с УНТ Таунит-М и N4 наблюдается полное поглощение излучения, в то время как для образца с УНТ N3 удастся зарегистрировать прошедший сигнал на уровне 1 %.

Стоит отметить, что несмотря на предельно низкие значения коэффициентов прохождения для УНТ Таунит-М и N4 в диапазоне 1000 – 1300 нм, второй тип нанотрубок демонстрирует немного больший уровень ослабления ЭМИ.

Аналогичные зависимости наблюдаются и для растворов с большими концентрациями ПАВ 10мМ и 100мМ (рис. 2).

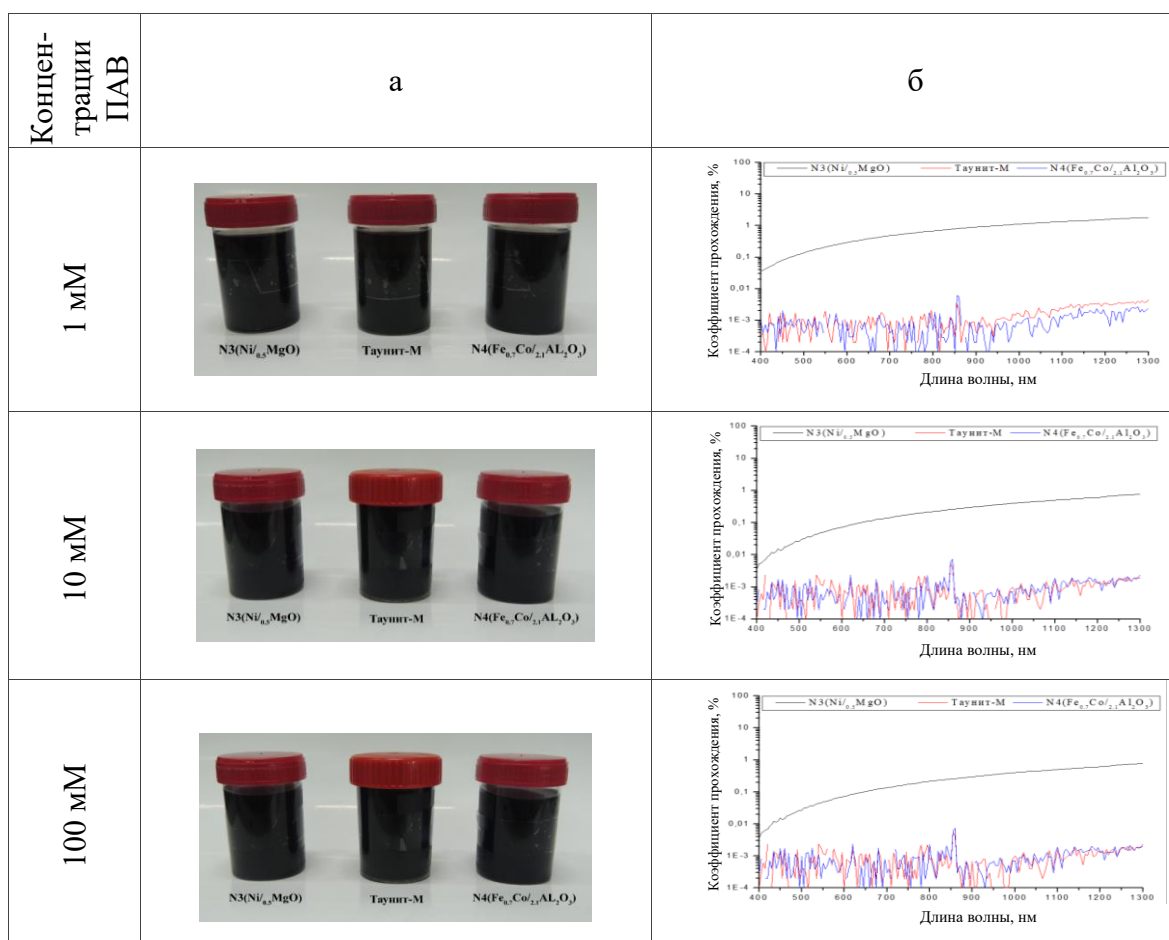


Рис. 2. Оптические фотографии растворов нанотрубок с поверхностно-активными веществами (а) и графики зависимости коэффициента прохождения ЭМИ от длины волны излучения (б)

Для исследования устойчивости дисперсии все измерения были проведены повторно через 5 суток.

Оптические фотографии образцов растворов демонстрируют образование осадка нанотрубок. Повторные измерения взаимодействия ЭМИ с образцами в ИК-диапазоне для 1 мМ-растворов демонстрируют ожидаемое увеличение коэффициента прохождения. При этом для УНТ Таунит-М и N4 увеличение коэффициента прохождения ЭМИ происходит на два порядка, в то время как для УНТ N3 – на один порядок.

В то же время, исследование процесса взаимодействия ЭМИ ИК-диапазона с образцами для 10мМ-растворов также демонстрируют увеличение коэффициента прохождения. Однако, значения коэффициента прохождения не превышают 1 % для УНТ N3 и Таунит-М, а для N4 – 0,3 %.

Оптические фотографии 100 мМ-растворов демонстрируют образование осадка для образцов с УНТ N3 и Таунит-М (рис. 3).

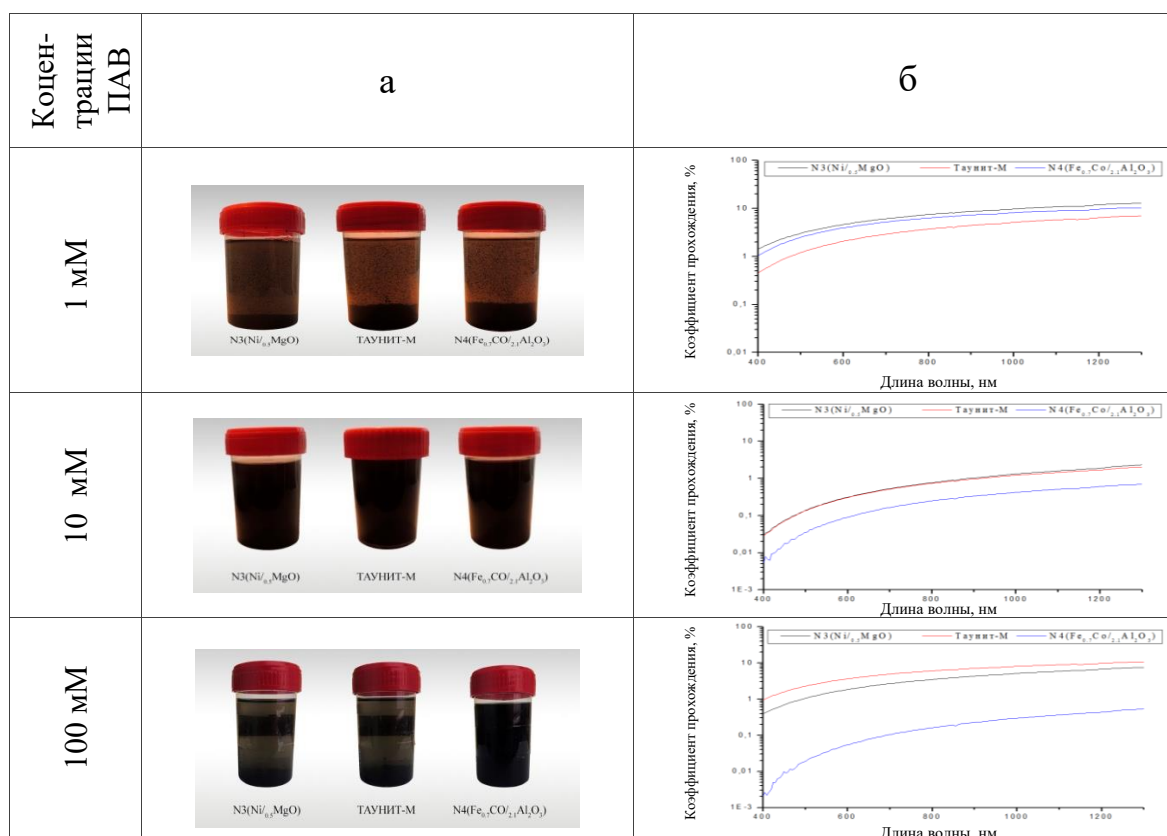


Рис. 3. Оптические фотографии растворов нанотрубок с поверхностно-активными веществами (а) и графики зависимости коэффициента прохождения ЭМИ от длины волны излучения (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов исследований коэффициента прохождения в ИК-диапазоне позволяет сделать ряд любопытных особенностей:

Увеличение концентрации ПАВ негативно сказывается на образцах растворов с УНТ N3 и Таунит-М. Коэффициент прохождения увеличивается соответственно до 2 и 10 %. При этом для образца с трубками Таунит-М данный показатель является наихудшим среди растворов с ПАВ.

Для растворов с УНТ N4 увеличение концентрации ПАВ, в отличие от вышеупомянутых образцов, сказывается благоприятно. Среди пятидневных растворов данного типа УНТ для 100-мМ концентрации ПАВ наблюдается наименьшее значение коэффициента прохождения ЭМИ, не превышающее 0,2%.

Библиографические ссылки

1. Borode A.O., Ahmed N.A., Olubambi P.A. Surfactant-aided dispersion of carbon nanomaterials in aqueous solution // Physics of Fluids. 2019. Vol. 31, № 7. P. 1 – 24. DOI: 10.1063/1.5105380/