

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗДЕЛА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР И БИОЛОГИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

Довбешко Г.И.*, Образцова Е.Д.⁽¹⁾, Назарова А.А., Семенцов Ю.И.⁽²⁾

Институт физики НАН Украины, Проспект Науки 46, Киев, 03028 Украина

(1) Центр естественно-научных исследований Института общей физики РАН, ул. Вавилова
38, Москва, 119991, Россия.

(2) Институт химии поверхности НАН Украины, ул. Генерала Наумова 17,
Киев 03164, Украина

* E-mail: gd@iop.kiev.ua

Введение

В последние годы невероятно возрос интерес к биологическому применению углеродных нанотрубок. Уникальные электрические и механические свойства одностенных (SWNT) и многостенных (CNT) углеродных нанотрубок в комбинации с биологическими молекулами могут быть полезными при создании новейших миниатюрных электронных и оптических устройств, сенсоров и т.д. Механизм этих эффектов все еще остается неясным как для простых молекул (вода, мономеры), так и для таких сложных молекул, как ДНК и белки.

Представленные данные включают изучение конформационных состояний ДНК и белков, адсорбированных на SWNT и CNT.

Методы и материалы

Одностенные углеродные нанотрубки были синтезированы методом дугового разряда между двумя графитовыми электродами в атмосфере He в Центре естественно-научных исследований Института общей физики (РАН, Москва). Длина SWNT составляла 1-2 μm , а диаметр - 1.3-1.5 нм (Рис.1).

Другие исследуемые углеродные наноструктуры были синтезированы в Институте химии поверхности (НАНУ, Киев).

В работе использовались методы инфракрасной Фурье-спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния, спектроскопии плазмонного резонанса, электронной и атомно-силовой микроскопии. Метод SEIRA (surface enhanced infrared absorption) спектроскопии, позволяющий получить усиление ИК спектров поглощения молекул, находящихся на шероховатой металлической поверхности, до 10 раз [1,2], использовался для определения конформационной структуры биомолекул. Спектры поглощения регистрировались в геометрии на отражение (RAS - reflection-absorption) с помощью спектрометра Bruker IFS-48.

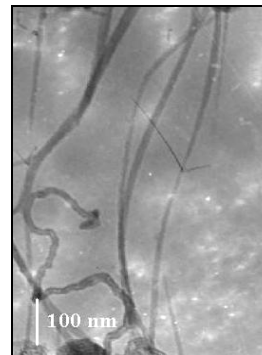


Рисунок 1. Изображение SWNT, полученное методом трансмиссионной электронной микроскопии.

Результаты и обсуждение

Изучалось взаимодействие SWNT с белками с преобладанием α -спирали (бычий сывороточный альбумин) и β -складчатости (рибонуклеаза) во вторичной структуре.

При взаимодействии с SWNT наблюдалось увеличение содержания поворотов и боковых цепей и уменьшение содержания α -спирали, а также изменение пространственной ориентации белковой молекулы (Рис.2). Общее содержание воды изменилось от 9,7% в спектре белке до 2% в спектре комплекса SWNT-белок. Подобные изменения могут быть вызваны возникновением между белками и SWNT нековалентных взаимодействий. Мы не наблюдали указанных эффектов при взаимодействии с сажей.

Изучение взаимодействия SWNT с ДНК показало формирование стабильного комплекса ДНК-нанотрубка [2]. При этом, скорее всего, происходит оборачивание молекул ДНК вокруг углеродной нанотрубки. Одноцепочечные ДНК оборачиваются вокруг SWNT, изменяя свою исходную конформацию на неизвестную конформацию, содержащую фрагменты A, B, Z форм. В отличие от этого двухцепочечная ДНК обычно не оборачивается вокруг SWNT, но может взаимодействовать с дефектами нанотрубок.

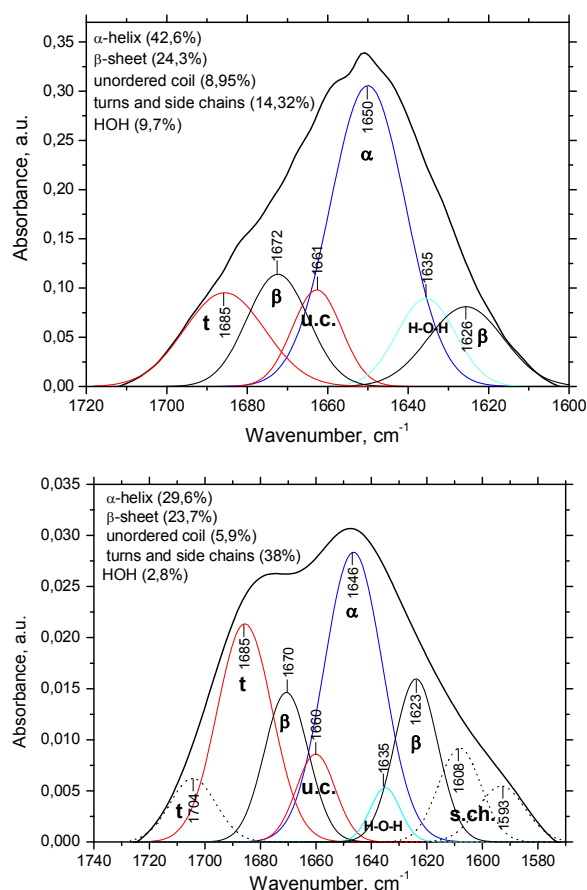


Рисунок 2. SEIRA спектры бычьего сывороточного альбумина в области Амид I до и после взаимодействия с SWNT (верхний и нижний спектры, соответственно).

Ван-дер-Ваальсовы связи и π -стэкинг являются определяющими способами связывания при взаимодействии белков и ДНК с углеродными нанотрубками.

В работе также обсуждаются новые свойства CNT с биологическими молекулами.

Выводы

Метод SEIRA спектроскопии может быть использован для определения изменений вторичной структуры биологических молекул, включая белки и нуклеиновые кислоты.

Изучение взаимодействия SWNT и ДНК может использоваться не только для разработки новых устройств, но и для характеристики нанотрубок.

Работа финансировалась грантом Национального фонда фундаментальных исследований Украины N35 (ВЦ С 145/44) и специальной сенсорной программой.

Литература

1. Kosobukin V.A. Surface: Physics, chemistry, mechanics 1983;12:5-20.
2. Dovbeshko G.I., Repnytska O.P., Obraztsova E.D., Shtogun Y.V. Chem. Phys. Lett. 2003;372:432-437.