

УДК 614+620.22:539.2

## ЭФФЕКТЫ УНТ-УСИЛЕННОЙ МИЦЕЛЛЯРНОЙ КОМПАКТИФИКАЦИИ ОЛИГОНУКЛЕОТИДОВ В РАМАНОВСКОЙ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

<sup>1</sup>Грушевский В.В., <sup>3</sup>Егорова В.П., <sup>1</sup>Крот В.И., <sup>1</sup>Крылова Г.В.,  
<sup>1</sup>Липневич И.В., <sup>2</sup>Ореховская Т.И., <sup>2</sup>Шулицкий Б.Г., <sup>1</sup>Голубева Е.Н.

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск,

<sup>3</sup>Белорусский государственный педагогический университет, г. Минск

Перспективность использования УНТ в детекторах специфического связывания лигандов с олигонуклеотидами и ДНК обусловлена тем, что каталитическая активность ферментов значительно возрастает по сравнению с контрольными углеродными композитами не нанометрового масштаба. Установлено, что комплементарное, специфическое связывания олигонуклеотидных цепочек происходит эффективно в мицеллярных пленках Лэнгмюра – Блоджетт (ЛБ). Однако распределение олигонуклеотидов и ДНК, степень их компактификации в мицеллах с модифицированными карбоксильными многостенными углеродными нанотрубками (УНТ) не изучены. Цель работы – изучить влияние УНТ на компактификацию олигонуклеотидов и ДНК в сферических мицеллах и ЛБ-пленках, наблюдаемое при поляризации емкостного сенсора и в спектрах рамановского рассеяния света.

Для исследования упаковки олигонуклеотидов и ДНК в мицеллах, полученных с использованием ультразвука, и в двух-монослойных ЛБ-пленках с УНТ использовались методы циклической диэлектрической спектроскопии и рамановской спектроскопии. Спонтанная поляризация проявляется в асимметрии ветвей циклической частотной характеристики тонких ЛБ-пленок с модифицированными углеродными нанотрубками. В области частот 600-1300 кГц эта асимметрия объясняется переориентацией и выстраиванием диполей УНТ с образованием дипольно-упорядоченной доменной структуры. Релаксация ионов в порах датчика наблюдается в области частот 200-400 кГц. Проведенные измерения электрической емкости  $C$  датчика с нанесенными ЛБ-пленками стеариновой кислоты, содержащими УНТ с олигонуклеотидом и без него, показали, что сдвиг емкости относительно исходного датчика противоположен по знаку. В области частот 500-900 кГц при нанесении ЛБ-УНТ-кластеров без олигонуклеотида емкость уменьшается на 0,8 пФ, а при нанесении ЛБ-УНТ-кластеров с олигонуклеотидом емкость увеличивается на 0,8-1,2 пФ. Рамановская спектроскопия мицелл, получаемых ультразвуковой обработкой раствора стеариновой кислоты в гексане с ДНК и/или УНТ и выкапываемых затем на полированную кремниевую подложку, показала следующее. Рамановские линии несвязанных со стеариновой кислотой молекул ДНК (рис. 1а), находящихся в мицеллах стеариновой кислоты, имеются на частотах:

900, 1300, 1070, 1130  $\text{cm}^{-1}$ , а также группа из трех линий – в окрестности 1430  $\text{cm}^{-1}$ . Широкое слабо интенсивное плато в области 950-1000  $\text{cm}^{-1}$ , по-видимому, относится к компактифицированной форме ДНК, которая возникает в результате плотной укладки при взаимодействии с молекулами стеариновой кислоты, формирующими мицеллы сферической формы. Все рамановские спектры (рис. 1б) мицелл стеариновой кислоты с УНТ и ДНК, кроме интенсивной линии ДНК 984  $\text{cm}^{-1}$ , подразделялись на два вида. Если линии УНТ 1350, 1560-1570, 2660  $\text{cm}^{-1}$  присутствуют, то отсутствуют линии чистой ДНК, и наоборот.

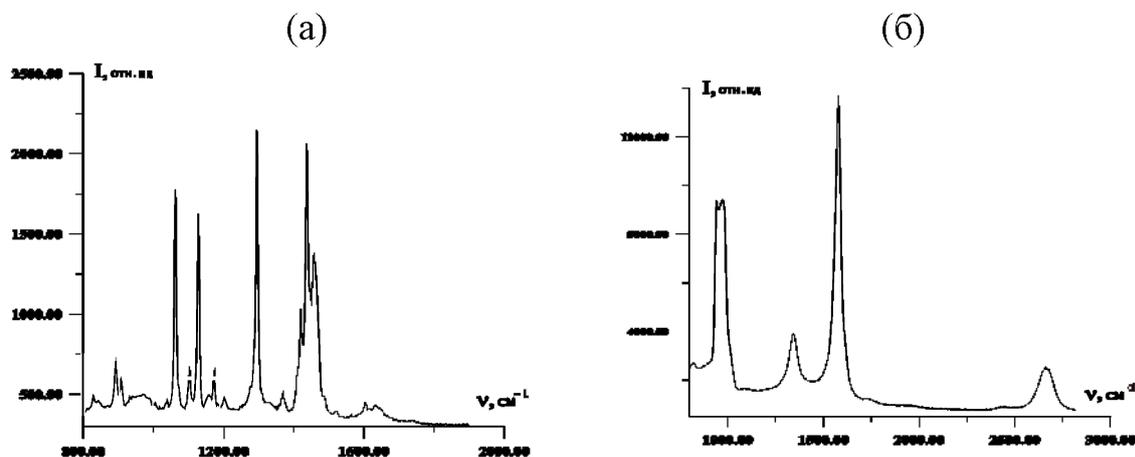


Рисунок 1 – Рамановские спектры мицелл стеариновой кислоты с ДНК (а) и УНТ-ДНК-комплексы (б)

Таким образом, в низкочастотном пределе проведены электрофизические исследования изменения поляризации емкостного сенсора с ЛБ-кластерами УНТ при комплексификации УНТ с олигонуклеотидами. Изучение рамановского рассеяния света сферическими УНТ-ДНК-содержащими мицеллами показало, что в присутствии модифицированных карбоксильными группами многостенных УНТ значительно возрастает степень компактификации ДНК.

#### THE EFFECTS OF CNT-ENHANCED MICELLAR OLIGONUCLEOTIDE COMPACTIFICATION IN RAMAN AND DIELECTRIC SPECTROSCOPY

Hrushevsky V.V., Egorova V.P., Krot V.I., Krylova H.V.,  
Lipnevich I.V., Orekhovskaya T.I., Shulitsky B.G., Golubeva E.N.

*An influence of carbon nanotubes on the compactification of oligonucleotides and DNA into spherical micelles and Langmuir-Blodgett films has been investigated using a dielectric polarization of capacitive sensor and a Raman light scattering. It was shown that modified by carboxyl groups multiwalled carbon nanotubes are able significantly to increase a degree of compactification of the oligonucleotides and DNA.*