КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КОРОТКИХ ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ЖИВЫХ КЛЕТКАХ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

Голубева Е.Н.¹, Шуба М.В.², Кулагова Т.А.¹

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, Минск, Беларусь

Методом спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) света в комбинации с конфокальной микроскопией исследованы суспензии двустенных и одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) различной длины, а также многостенных углеродных нанотрубок. Показано, что интенсивность G-моды в спектре комбинационного рассеяния углеродных нанотрубок прямо пропорциональна концентрации нанотрубок, времени экспозиции к лазерному излучению, мощности и глубине фокусировки возбуждающего излучения в исследуемом образце. Установлено, что КР спектры более длинных углеродных нанотрубок (~1 мкм) характеризуются большей интенсивностью G-моды по сравнению с короткими одностенными углеродными нанотрубками к-ОУНТ (~250-450 нм). Полученные зависимости использованы для определения локальной внутриклеточной концентрации углеродных нанотрубок в пределах перетяжки возбуждающего лазерного пучка с целью создания карты распределения углеродных нанотрубок внутри клеток.

После 18 ч культивирования клеток глиомы крысы линии С6 в присутствии к-ОУНТ в комплексах с ДНК выявлены внутриклеточные области локализации сконцентрированных нанотрубок. Для расчета локальных концентраций УНТ в клетках были использованы КР-спектры ОУНТ, которые имеют пики, соответствующие возбуждению фононных колебаний с волновыми числами 1330 см^{-1} (D-мода), 1590 см^{-1} (G-мода) и 2650 см^{-1} (G'-мода). Спектры внутриклеточных к-ОУНТ, характеризовались низкой интенсивностью D-моды относительно G-моды, то есть к-ОУНТ имели невысокое содержание дефектов в своей кристаллической структуре. Карта распределения (количественная оценка локальных концентраций) к-ОУНТ в горизонтальном сечении живой клетки получена на основании данных об интенсивности G-моды (1590 см^{-1}) в КР-спектре к-ОУНТ. Показано, что в перетяжку лазерного пучка (~1 мкм³) при сканировании клетки попадали области скопления к-ОУНТ с количеством трубок от 100 до 1400.