

ИЗУЧЕНИЕ СИГНАЛОВ ГИГАНТСКОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА ЛЕКАРСТВ, ЗАГРУЖЕННЫХ В НАНОКОНТЕЙНЕРЫ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ И ЗОЛОТА

Д. А. Назаровская^{1*}, М. И. Васильева¹, Ж. В. Самсонова^{1,2}, Л. А. Осминкина¹

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

*E-mail: nazarovskaia.da22@physics.msu.ru

Исследования биосовместимых наночастиц в роли наноконтейнеров для доставки лекарственных препаратов направлены на улучшение показателя биодоступности, снижение побочных эффектов и тем самым на усиление общего терапевтического эффекта. Наиболее ёмкие наноконтейнеры могут быть получены на основе наноструктур с развитой поверхностью и порами. Эффективность загрузки лекарств в наноконтейнеры может быть изучена с помощью спектроскопических методов. Данная работа посвящена разработке метода синтеза и характеристики композитных наночастиц на основе пористого кремния и золота (Au-pSi НЧ) и исследованию усиления сигналов комбинационного рассеяния света загруженных в поры Au-pSi НЧ лекарств.

По прошествии последних десятилетий спектроскопия комбинационного рассеяния света (КР) прочно внедрилась в биомедицину как высокочувствительный метод для диагностики бактерий, вирусов, клеток и их метаболитов, малых молекул и лекарственных препаратов и др. Спектральная идентификация исследуемого образца основана на изменении частоты рассеяния света в зависимости от частот колебаний молекул в веществе.

Однако несмотря на безошибочность метода КР в анализе, интенсивности регистрируемого оптического сигнала зачастую недостаточно для однозначной его интерпретации. С помощью ГКР-спектроскопии (гигантского комбинационного рассеяния) возможно добиться его увеличения до 10^9 раз. Усиление сигнала КР происходит как следствие адсорбции молекул на нанощероховатую поверхность благородных металлов (золото, серебро, медь и т.д.), где возникает возбуждение локализованных плазмонов (явление локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР)).

Наночастицы на основе пористого кремния (pSi НЧ) широко распространены в наномедицине в том числе за счет своей уникальной особенности растворяться до нетоксичной кремниевой кислоты в среде живого организма [0]. Поэтому pSi НЧ исследуются как эффективные наноконтейнеры для доставки лекарств. Биodeградация загруженных доксорубицином pSi НЧ и кинетики релиза лекарства внутри раковых клеток методом КР были впервые успешно продемонстрированы в [0,3]. Тем не менее, наблюдаемые сигналы лекарств характеризовались низкой интенсивностью, и для получения спектров использовали долгие времена накопления сигнала. Ожидается, что это можно преодолеть при использовании в качестве наноконтейнеров композитных наночастиц pSi и Au (Au-pSi НЧ), что позволит добиться усиления сигнала КР доставляемого наночастицами лекарства за счет явления ЛППР.

В ходе работы разработана методика изготовления нового композитного материала Au-pSi НЧ. Изучены физико-химические характеристики полученных Au-pSi НЧ с помощью методов динамического рассеяния света (ДРС), инфракрасной (ИК) спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Отработана методика загрузки лекарств (сунитиниб, доксорубицин) в поры Au-pSi НЧ. Исследована ГКР-активность pSi НЧ (рис. 1).

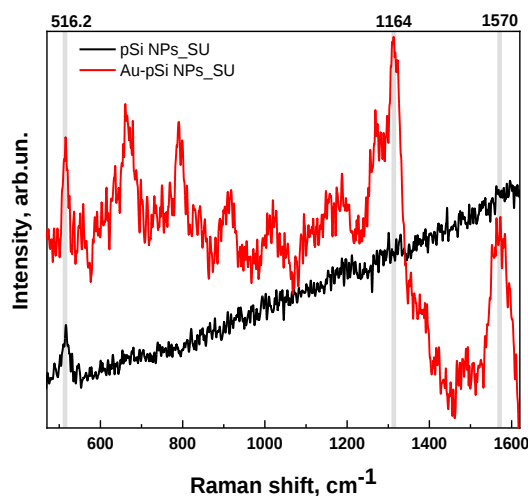


Рис. 1. Спектры КР (черный) и ГКР (красный) сунитиниба, загруженного в pSi НЧ и Au-pSi НЧ, соответственно.

Полученные результаты подчеркивают перспективу применений композитных наноструктур на основе наночастиц пористого кремния и золота для контроля эффективности доставки в наноконтейнерах методом ГКР.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00137, <https://rscf.ru/project/24-15-00137/>.

Список литературы

1. J.-H. Park, et al. Biodegradable luminescent porous silicon nanoparticles for in vivo applications // *Nature Materials*, vol. 8, pp. 331–336, 2009.
2. P.V. Maximchik, et al. Biodegradable Porous Silicon Nanocontainers as an Effective Drug Carrier for Regulation of the Tumor Cell Death Pathways // *ACS Biomater. Sci. Eng.*, vol. 5 (11), pp. 6063-6071, 2019.
3. Tolstik, E., et al. Raman and fluorescence micro-spectroscopy applied for the monitoring of sunitinib-loaded porous silicon nanocontainers in cardiac cells. // *Front. pharmacol.*, vol. 13, pp. 962763, 2022.