

КОМПОЗИТНЫЕ НАНОКОНТЕЙНЕРЫ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ И ЗОЛОТА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАГРУЗКИ И ВЫХОДА ЛЕКАРСТВА МЕТОДОМ ГКР-СПЕКТРОСКОПИИ

Назаровская Д.А.¹, Васильева М.И.¹, Самсонова Ж.В.¹, Осминкина Л.А.^{1,2}

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

² Институт биологического приборостроения РАН, Пуцино, Россия

e-mail: nazarovskaia.da22@physics.msu.ru, тел.: +7 (996) 7634975

В настоящее время интенсивно развиваются методы спектроскопии единичных молекул для биоприменений. Сегодня такие подходы позволяют с помощью оптического возбуждения наблюдать за малым количеством вещества даже в сложных, многокомпонентных биологических средах. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) идеально подходит для биомедицинской диагностики за счет того, что метод высокочувствительный и неинвазивный. Спектральная идентификация исследуемого образца основана на изменении частоты рассеяния света в зависимости от частот колебаний молекул в веществе (комбинационное (рамановское) рассеяние). Эффект ГКР основан на явлении локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР), где возбуждение локализованных плазмонов возникает на нанощероховатой поверхности благородных металлов (золото, серебро, медь и т.д.).

Наночастицы на основе пористого кремния (pSi НЧ) широко распространены в наномедицине в том числе за счет своей особенности растворяться до нетоксичной кремниевой кислоты в среде живого организма [0]. Поэтому pSi НЧ исследуются как эффективные наноконтейнеры для доставки лекарств. Биодegradация загруженных доксорубицином pSi НЧ и кинетики релиза лекарства внутри раковых клеток методом рамановской спектроскопии были впервые успешно продемонстрированы в [0]. Также pSi НЧ хорошо переносятся и даже могут сократить токсическое воздействие на клетки сердца при доставке противоопухолевого препарата сунитиниба, вызывающего кардиологические заболевания как побочный эффект [0]. Тем не менее, ожидается, что модификация поверхности pSi НЧ наночастицами Au (AuНЧ) позволит добиться усиления рамановского сигнала загруженного лекарства за счет явления ЛППР.

В ходе работы отработана 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, просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Размер получаемых композитных наночастиц составляет около 150 нм. Отработана методика загрузки лекарства (сунитиниб) в поры Au-pSi НЧ. Исследована ГКР-активность pSi НЧ. На рис. 1 представлен спектр лекарства сунитиниб, загруженного в наночастицы пористого кремния и в полученные композитные Au-pSi НЧ. Характерными для сунитиниба являются полосы на 1320 см^{-1} и 1592 см^{-1} , что соответствует колебаниям C-N и амид III связей, соответственно. Показано, что за счет Au-pSi НЧ наблюдается значительное усиление сигнала лекарства.

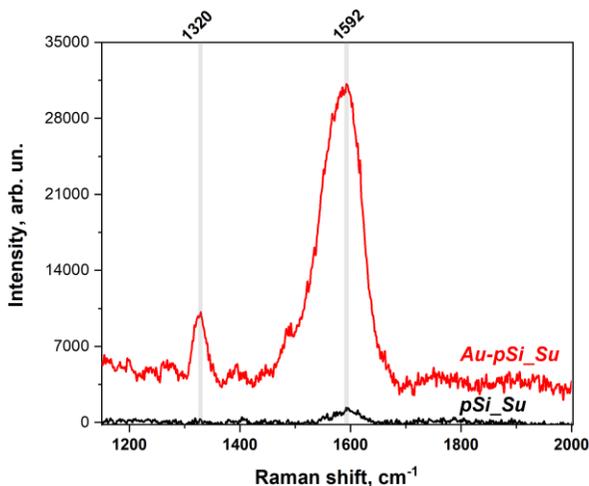


Рисунок 1 – Рамановский спектр лекарства сунитиниб, загруженного в наночастицы пористого кремния (черный), и в наночастицы пористый кремний-золото (красный)

Полученные результаты подчеркивают перспективу применений композитных наноструктур на основе наночастиц пористого кремния и золота для исследования загрузки и выхода лекарства из наноконтейнеров методом ГКР.

Исследование поддержано РНФ № 24-15-00137, работа Д.А. Назаровской поддержана Фондом развития теоретической физики и математики «БАЗИС» 23-2-2-18-1.

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.