

Спектроскопия комбинационного рассеяния света для изучения биodeградации германиевых наночастиц

Я.О. Кудряшова¹, Д.А. Назаровская¹, Я.В. Ломовская², А.А. Кудрявцев^{1,2,3}, Л.А. Осминкина^{1,3}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, Ленинские Горы, 1, 2, Москва, Россия

² Институт Теоретической и Экспериментальной Биофизики РАН, ул. Институтская, 3, Пущино, Россия

³ Институт Биологического приборостроения РАН, ул. Институтская, 7, Пущино, Россия

Аннотация – В представленной работе разработана методика получения наночастиц германия путём механического измельчения монокристаллических пластин и с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света изучена их растворимость в модельных биологических жидкостях и живых клетках.

Ключевые слова - Германий; наночастицы; комбинационное рассеяние света (КР); Раман; биodeградация.

I. ВВЕДЕНИЕ

Кремниевые и германиевые наноматериалы представляют значительный интерес с точки зрения применения в биомедицине. Однако характеристики наночастиц германия (Ge НЧ) малоизучены. Например, известны лишь единичные исследования их цитотоксичности [1]. Об их биodeградации и способах изготовления также известно немного.

Спектроскопия КР основана на возбуждении колебаний молекулярных связей. Она активно используется для изучения свойств новых материалов; является неинвазивным, не требующим меток, методом биомедицины. Этот метод был выбран для изучения свойств Ge НЧ в представленной работе.

II. РАЗДЕЛ 1

Разработана методика получения Ge НЧ путём механического измельчения монокристаллических пластин германия (с-Ge) в этаноле с использованием шаровой мельницы FRITSCH «Pulverisette 7 premium line».

Изучены характеристики полученных Ge НЧ: диаметр наночастиц составил 70 нм, Z-потенциал -34.5 мВ. Методом ИК-спектроскопии показано: полоса поглощения на 611 см⁻¹ соответствует колебаниям растяжения связи Ge-S, а на 3100 см⁻¹ - колебаниям О-Н связи в молекуле воды. Оценена цитотоксичность полученных наночастиц при их инкубации 24 часа с клетками MCF-7, показано, что 50-процентная токсичная доза составляет около 100 мкг/мл.

На рис. 1 представлен спектр КР с-Ge и Ge НЧ. Максимум спектра с-Ge 300см⁻¹ соответствует фононам в

кристаллической решетке Ge. Незначительный сдвиг максимума для Ge НЧ на 298 см⁻¹ свидетельствует о пространственном ограничении фононов в наночастицах. Плечо в спектре Ge НЧ на частоте около 260 см⁻¹ объясняется аморфизацией образцов при их измельчении.

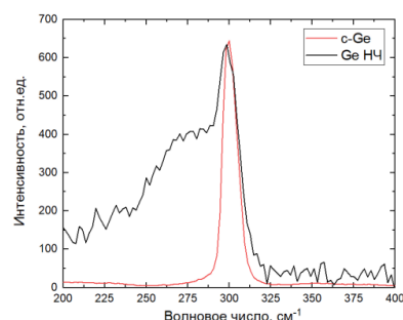


Рис. 1. Спектр КР кристаллического германия (с-Ge) и Ge наночастиц (Ge НЧ).

В работе исследована скорость растворения Ge НЧ в модельных биожидкостях и клетках методом спектроскопии КР. Показано, что при растворении наночастиц при их инкубации в PBS 37 С, или в живых клетках в течении 1-72 часов, происходит постепенное уменьшение интенсивности их КР спектров вплоть до полного исчезновения.

Полученные результаты открывают возможности использования Ge НЧ как биodeградируемых агентов для терапии и диагностики.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Hu J. et al. Synthesis of fluorescent and water-dispersed germanium nanoparticles and their cellular imaging applications //Langmuir. – 2018. – V. 34. – №. 30. – P. 8932- 89