

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГРАФЕНОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК С ПЕРОКСИДАЗАМИ

**Т. А. Кулагова^{1,2}, А. В. Богданова^{1,2}, М. И. Коптяева², Н. В. Амазгбери²,
Г. Н. Семенкова³**

¹НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

³НИЛ НИИ Экспериментальной и клинической медицины БГМУ, Минск, Беларусь

Графеновые квантовые точки (ГКТ) – нульмерный наноматериал на основе графена, обладают хорошей биосовместимостью, низкой токсичностью, стабильной флуоресценцией и являются перспективным материалом для биомедицинского применения. В зависимости от условий синтеза ГКТ могут либо сами обладать пероксидазной активностью, либо регулировать ферментативные процессы, модифицируя каталитическую активность ферментов, взаимодействуя с субстратом и/или продуктом. Известно, что пероксидазы можно использовать для биодеградации графеновых наноматериалов, путем катализируемого окисления и расщепления на более мелкие фрагменты. Такие факторы, как специфичность фермента, доступность субстрата и физико-химические условия окружающей среды, могут существенно влиять на эффективность данных процессов. Цель данной работы – оценить влияние пероксидазы хрена (ПХ), миелопероксидазы нейтрофилов (МПО) и продуктов их ферментативных реакций – пероксида водорода (H_2O_2) и хлорноватистой кислоты ($HOCl$) – на спектральные характеристики ГКТ, а также влияние самих наночастиц на активность данных ферментов.

В ходе исследований выявлено, что спектральные свойства ГКТ не изменяются в присутствии ПХ и ее субстрата H_2O_2 . Следовательно, ГКТ не является субстратом для ПХ и не взаимодействуют с ферментом. Добавление ГКТ к системе «МПО– H_2O_2 » приводит к зависимому от времени уменьшению интенсивности флуоресценции ГКТ. При этом в присутствии хлорид-ионов при $pH=5$ (галогенирующий цикл МПО) зарегистрировано более существенное снижение интенсивности флуоресценции ГКТ. При $pH=7$ (пероксидазный цикл МПО) снижение флуоресценции ГКТ было менее выраженным, чем при $pH=5$. В данной системе присутствие хлорид-ионов не оказывает такого выраженного влияния на тушение флуоресценции ГКТ, как при $pH=5$. При изучении кинетики флуоресценции ГКТ в системе «МПО– H_2O_2 » при $pH=5$ и $pH=7$ с Cl^- и без них выявлено влияние $HOCl$ на деградацию ГКТ. При инкубировании ГКТ с $NaOCl$ в концентрациях $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-4}$ моль/л сильно снижается интенсивность флуоресценции ГКТ. Методом флуоресцентной микроскопии установлено, что при добавлении ГКТ к нейтрофилам крови человека клетки накапливают наноматериал. В процессе активации нейтрофилов в присутствии ГКТ зарегистрировано снижение интенсивности флуоресценции наночастиц. Следовательно, МПО и продуцируемая ею $HOCl$ являются агентами, способными индуцировать деградацию ГКТ в биосистемах. ГКТ можно использовать в качестве сенсоров $HOCl$ в водных растворах и клеточных системах.

При исследовании влияния ГКТ на пероксидазную активность ПХ и МПО использовали 3,3',5,5'-тетраметилбензидин (ТМБ). Установлено, что в присутствии ГКТ скорость окисления ТМБ ферментами снижается, при этом, чем выше концентрация

ГКТ, тем ниже выход продукта окисления ТМБ. Флуоресценция самих ГКТ при возбуждении на длине волны 490 нм в таких системах также снижается. Тушение флуоресценции ГКТ в системах с ТМБ и снижение скорости окисления ТМБ, катализируемого ПХ и МПО, вероятнее всего свидетельствует о взаимодействии ГКТ с ТМБ и изменении доступности субстрата для ферментов за счет его иммобилизации на наночастицах.

Таким образом, ГКТ являются биодергадируемым материалом и обладают биомедицинским потенциалом.