**Механизм сенсибилизации образования радикалов при рентгеновском излучении водно-органических систем в присутствии наночастиц оксидов металлов**

***Ванина А.И., Ширяева Е.С., Баранова И.А., Саночкина Е.В.***

*Студент, 5 курс специалитета*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: anzhelika.vanina@chemistry.msu.ru*

Наночастицы (НЧ) оксидов металлов, содержащие элементы с высоким атомным номером, представляют значительный интерес в качестве радиосенсибилизаторов для применения в медицине и материаловедении. В медицине они используются для повышения эффективности лучевой терапии, позволяя снизить дозу облучения и минимизировать повреждение здоровых тканей. В материаловедении НЧ оксидов металлов применяются для модификации свойств материалов, например, для создания радиационно-стойких покрытий или улучшения функциональных характеристик композитов. Однако механизмы радиосенсибилизации, основанные на «физическом» и «химическом» усилении, требуют детального изучения на фундаментальном уровне для оптимизации их применения.

Целью данной работы является изучение механизмов сенсибилизации образования радикалов в бескислородных водно-органических системах под действием рентгеновского излучения (20–45 кэВ) в присутствии наночастиц оксидов металлов (гафния, вольфрама и олова). Для количественного определения выхода радикалов использовался метод спиновых ловушек с последующим ЭПР-детектированием. В качестве спиновой ловушки использовался C-фенил-N-трет-бутилнитрон (ФБН). Исследовались бескислородные водно-спиртовые системы, содержащие НЧ оксидов металлов (HfO2, WO3, SnO2) различных размеров.

Для НЧ HfO2 диаметрами 18 нм и 84 нм наблюдалось «физическое» усиление, связанное с ростом поглощенной дозы, обусловленным резким увеличением сечения фотоэффекта в присутствии тяжелых атомов Hf. Это согласуется с результатами расчетов поглощенной дозы (моделирование методом Монте-Карло). В случае НЧ WO3 диаметром 40 нм подтвержден «физический» механизм радиосенсибилизации. Однако при уменьшении размера НЧ, наряду с «физическим» усилением, наблюдалось специфическое «химическое» усиление, которое можно объяснить окислительно-восстановительными реакциями W(VI). Наибольший эффект наблюдался для гомогенных растворов вольфрамата натрия с той же концентрацией в пересчете на оксид вольфрама. Для НЧ SnO2 малых размеров (5 нм) обнаружено исключительно «химическое» усиление, обусловленное окислительно-восстановительными реакциями с участием Sn(IV). Для более крупных НЧ SnO2 эффект усиления отсутствовал, что подтверждает ключевую роль развитой поверхности в реакционной способности.

В результате исследования механизмов радиосенсибилизации для НЧ оксидов гафния, вольфрама и олова выявлены ключевые критерии реализации химического усиления в бескислородных системах. К ним относятся: (1) наличие метастабильной промежуточной степени окисления у металла, обеспечивающей протекание окислительно-восстановительных реакций, и (2) развитая поверхность наночастиц. Эти критерии позволяют прогнозировать эффективность радиосенсибилизаторов на основе оксидов металлов и оптимизировать их применение в медицине и материаловедении.

*Авторы выражают благодарность В.И. Фельдману за обсуждение результатов, Каменевой С.В. и Кривецкому В.В. за синтез наночастиц и Белоусову А.В. за проведение расчетов методом Монте-Карло.*

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 25-23-00229.*