

ДЕГРАДАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОЛЫХ ЧАСТИЦ ZnO/SiO_2 ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ

Дудин А.Н.¹, Нецименко В.В.¹, Чундун Ли²

1. Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

2. Харбинский политехнический университет, Харбин, Китай

e-mail: andrew.n.dudin@gmail.com, v1ta1y@mail.ru



Аннотация:

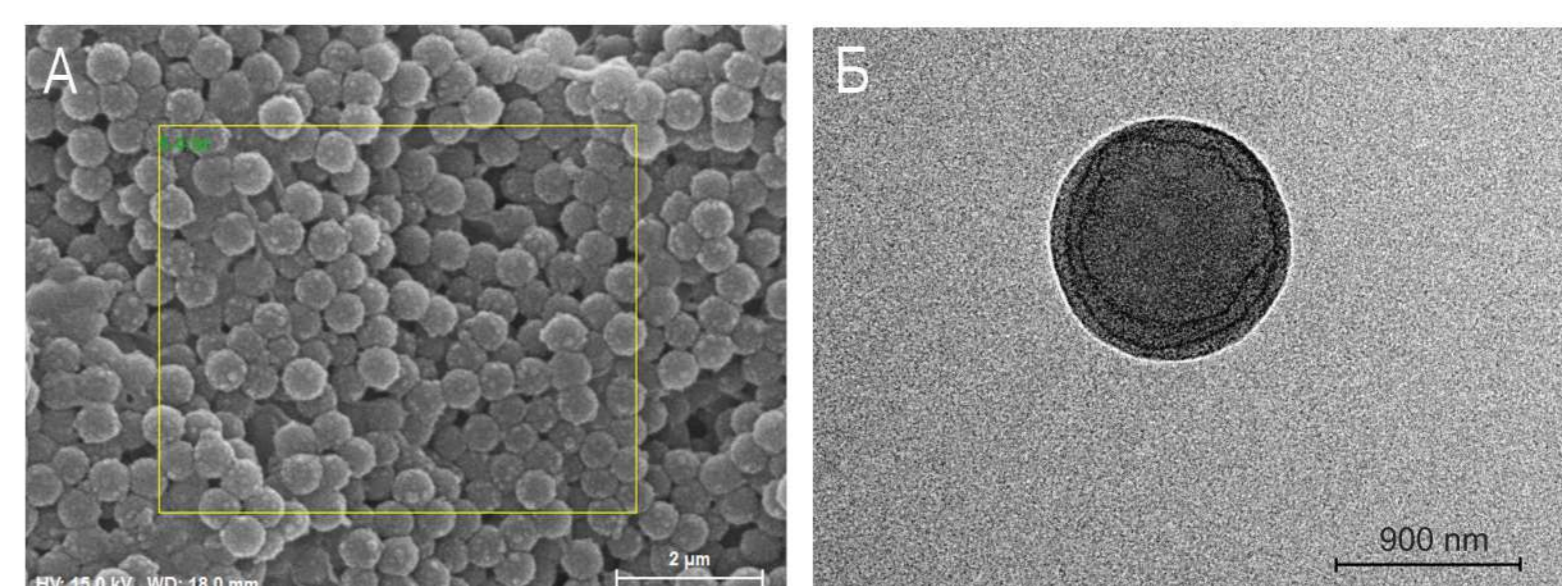
Проведен сравнительный анализ спектров диффузного отражения и их изменений после облучения протонами с энергией 100 кэВ двухслойных полых частиц ZnO/SiO_2 . Установлено, что интенсивность полос наведенного поглощения в полых частицах ZnO/SiO_2 меньше, чем в объемных частицах ZnO . Эффект увеличения радиационной стойкости полых частиц ZnO/SiO_2 может быть обусловлен: высокой удельной поверхностью частиц, которая является стоком радиационных дефектов; наличием защитного аморфного слоя SiO_2 на поверхности микросфер ZnO , которые приводят к уменьшению концентрации центров поглощения в ZnO , обуславливающих поглощение в видимом диапазоне спектра.

Актуальность:

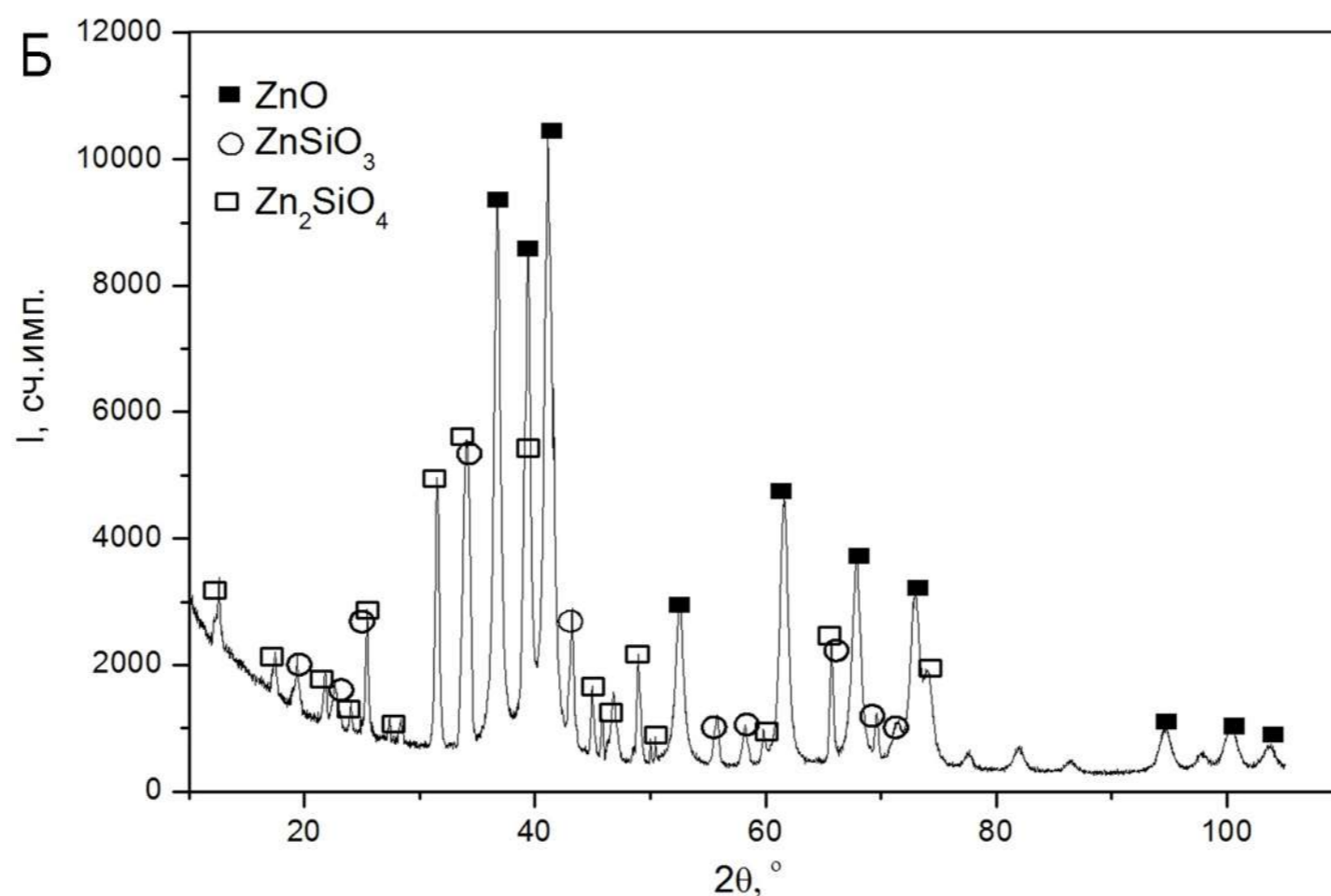
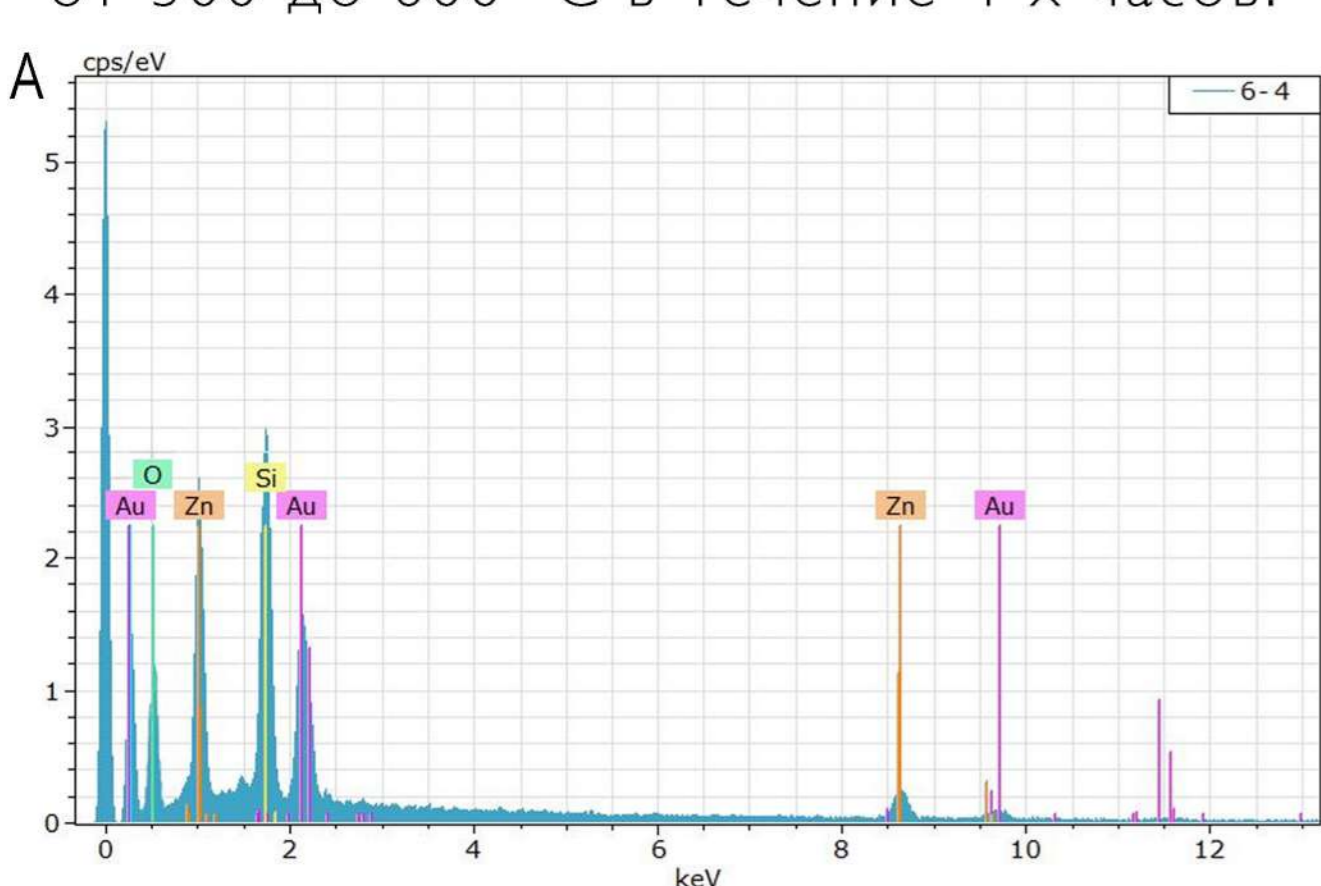
Порошки на основе оксида цинка обладают уникальными электрофизическими и оптическими свойствами, в связи с чем применяются в качестве пигментов терморегулирующих покрытий (ТРП) космических аппаратов. Данные свойств связаны с большой шириной запрещенной зоны, стабильной структурой, обеспечивающей относительно высокую по сравнению с другими пигментами (TiO_2 , Zn_2TiO_4 , Al_2O_3 и др.) фото- и радиационную стойкость.

Как и другие пигменты ТРП, порошки оксида цинка подвержены воздействию различных видов космического излучения. Возникающие при облучении, различного рода дефекты кристаллической решетки ведут к уменьшению отражающей способности и к увеличению интегрального коэффициента поглощения. Решение задач, связанных с увеличением радиационной стойкости, за счет модифицирования пигментов ТРП, представляет научный интерес и практическую ценность.

Используемые в работе микропорошки ZnO (фирма Aladdin Chemistry) имели высокую степень чистоты 99.8 %. Полые частицы ZnO были получены гидротермическим методом из раствора, содержащего 2.5 моля $Zn(CH_3COO)_2 \times 2H_2O$, 1 моль деионизированной воды и 7.5 моля NH_4HCO_3 , который был перелит в автоклав с тефлоновым стаканом и нагрет при температуре 180° С в течение 15-ти часов. После синтеза порошки были промыты спиртом, высушены при 60° С на воздухе и термообработаны при температуре 650° С. Наслаивание на полую частицу ZnO диоксида кремния осуществлялось за счет осаждения $Si(OC_2H_5)_4$ в растворе спирта и аммиачной воды с последующей ступенчатой термообработкой от 300 до 800° С в течение 4-х часов.

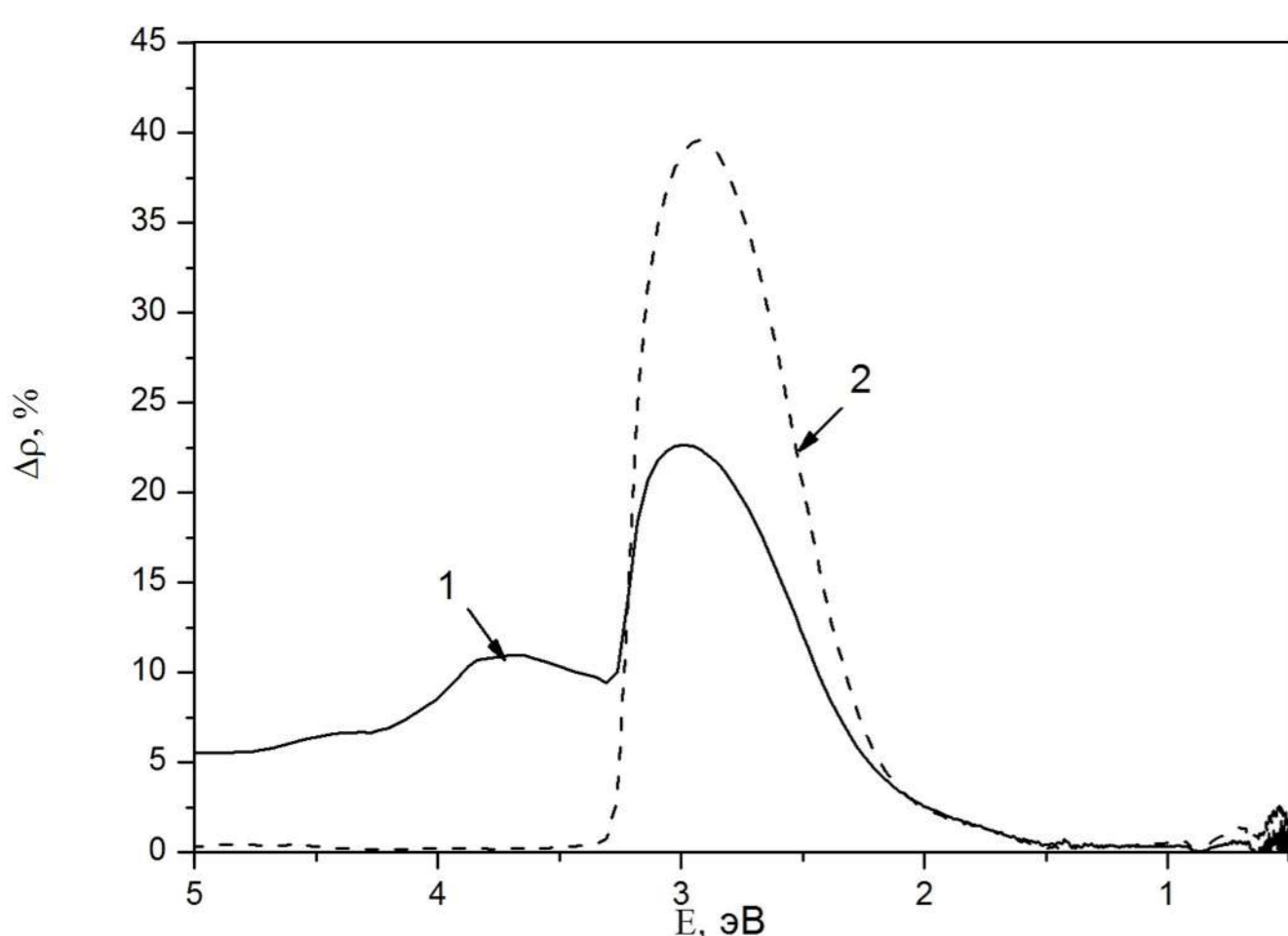


SEM (А) и ТЕМ (Б) изображение двухслойных полых частиц ZnO/SiO_2

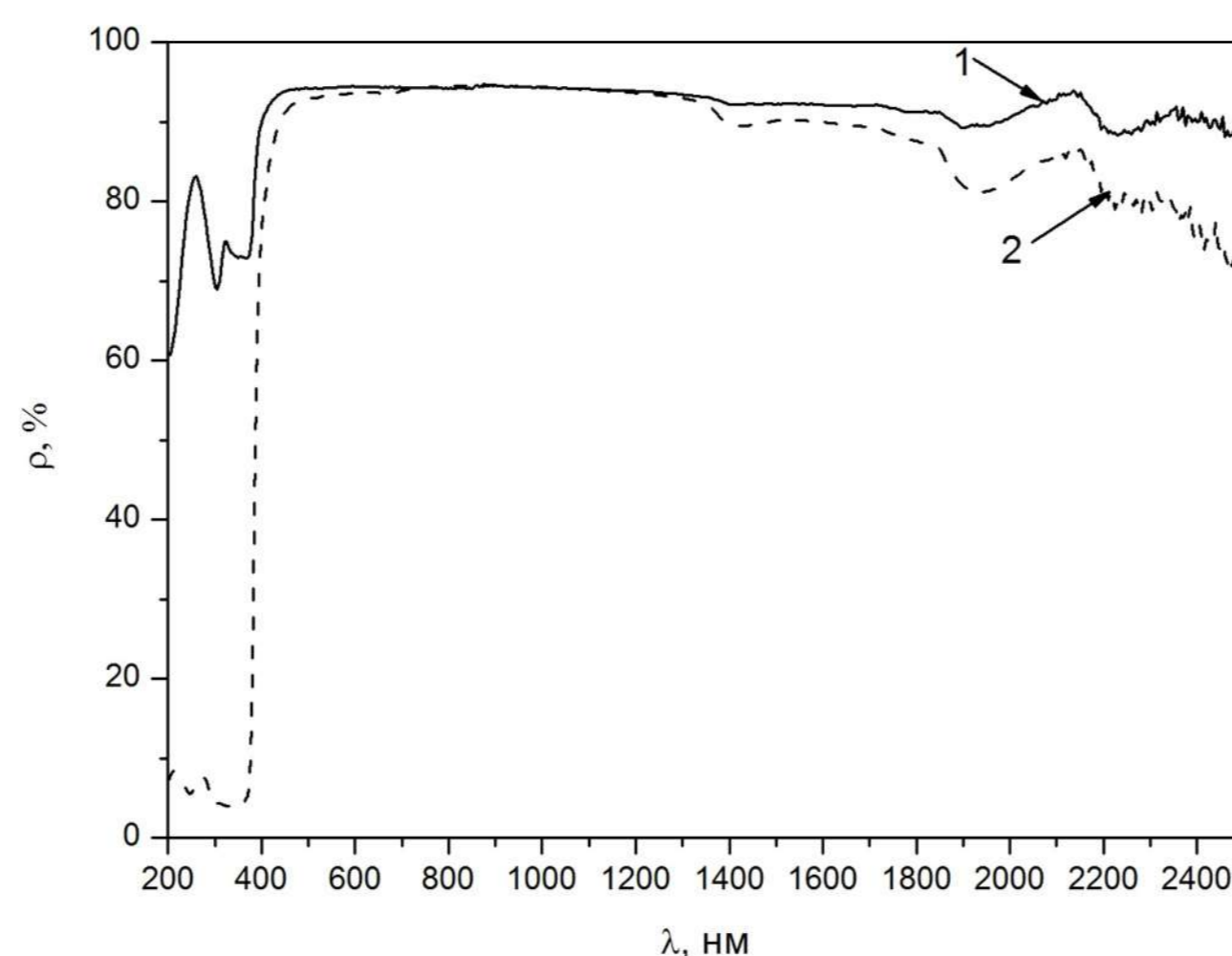


ЭДС (А) и РФ (Б) анализ двухслойных полых частиц ZnO/SiO_2

Спектры диффузного отражения получали на сканирующем двухлучевом спектрофотометре с двойным монохроматором Perkin Elmer Lambda 950 шагом 5 нм/с в диапазоне 250–2500 нм.

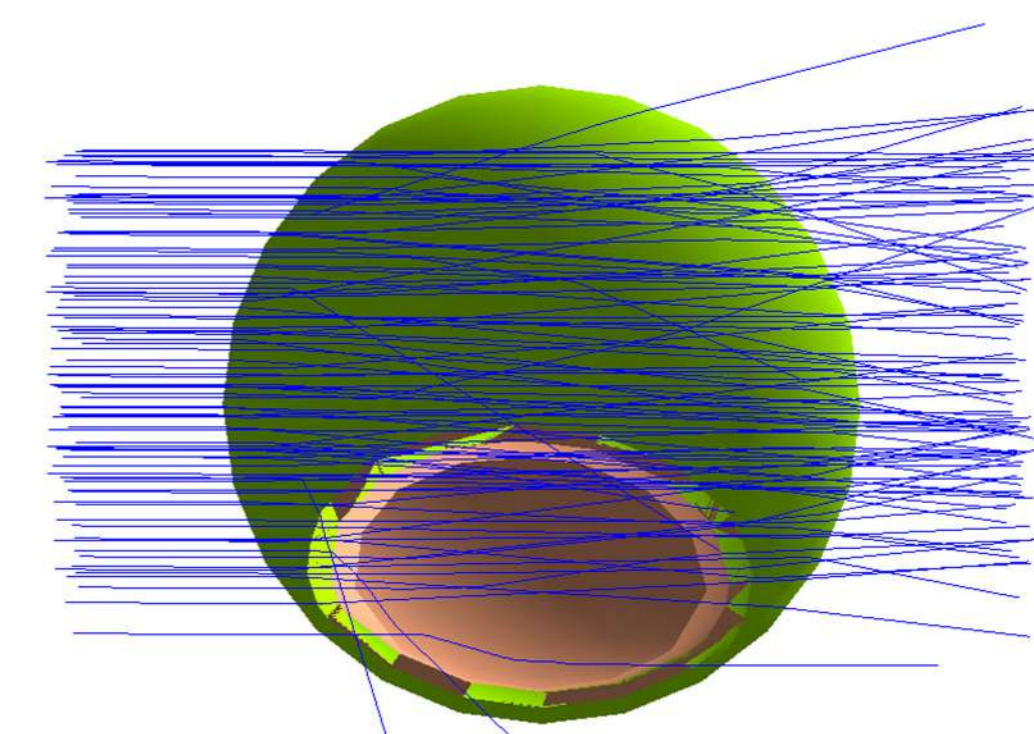


Спектры наведенного поглощения двухслойных полых частиц ZnO/SiO_2 (1) и микрочастиц ZnO (2) после облучения протонами с энергией 100 кэВ, флюенсом $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

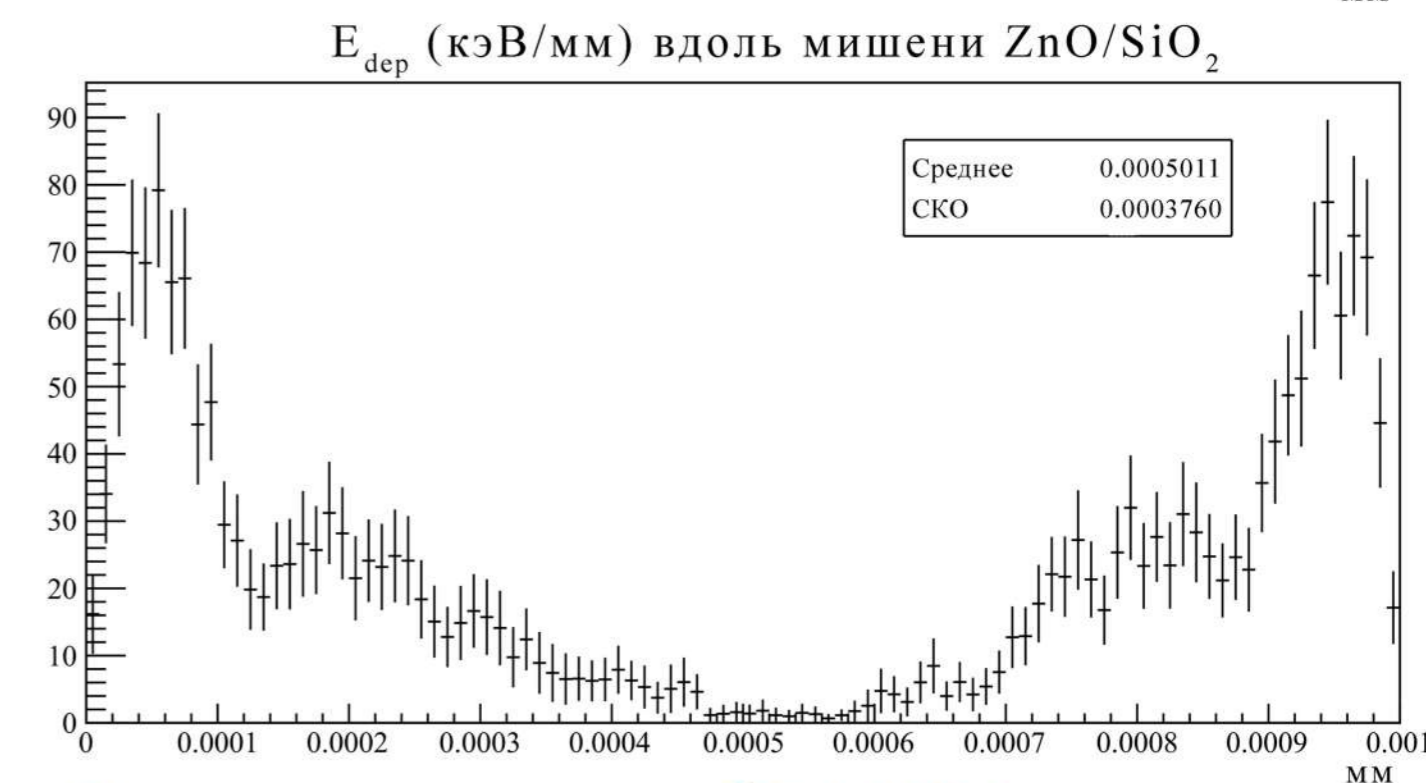
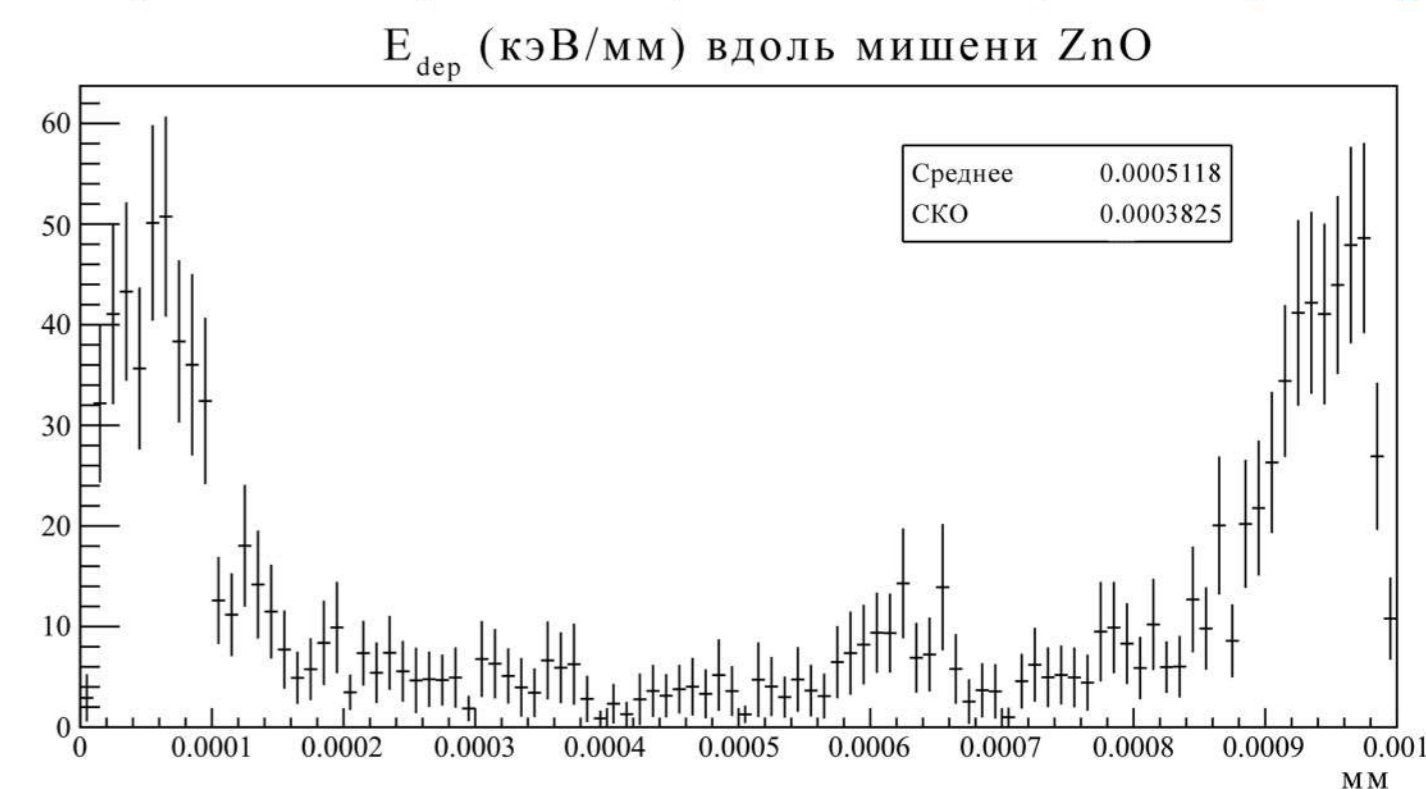


Спектры диффузного отражения двухслойных полых частиц ZnO/SiO_2 (1) и микрочастиц ZnO (2)

Облучение осуществляли протонами с энергией 100 кэВ, (флюенс $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$), плотностью потока $1 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ в вакууме 5×10^5 Па. Интегральный коэффициент поглощения рассчитывали в соответствии со стандартами ASTM (E490-00a и E903-96).



Моделирования в GEANT4, прохождения пучка первых 100 протонов через двухслойную полую частицу ZnO/SiO_2



Моделирования в GEANT4, отношения количества поглощенной энергии относительно толщины мишеней

Заключение:

Из полученных спектров $\Delta\rho_\lambda$ следует, что при воздействии протонами с энергией 100 кэВ флюенсом $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$ интенсивность полос наведенного поглощения в полых частицах ZnO/SiO_2 меньше, чем в объемных частицах ZnO , а расчет изменений значений α_λ показал увеличение радиационной стойкости порошков ZnO/SiO_2 по сравнению с порошками ZnO на 26 %. Показано, что преимущественно частицы двухслойной полых частицы ZnO/SiO_2 имеют наибольшее значение поглощенной энергии, превышающие аналогичное значение для полых частицы ZnO в 1.9 раз. Эффект увеличения радиационной стойкости полых частиц ZnO/SiO_2 может быть обусловлен: высокой удельной поверхностью частиц, которая является стоком радиационных дефектов; наличием защитного аморфного слоя SiO_2 на поверхности микросфер ZnO , которые приводят к уменьшению концентрации центров поглощения в ZnO , обуславливающих поглощение в видимом диапазоне спектра.