

ОСОБЕННОСТИ РАСПЫЛЕНИЯ КРЕМНИЕВЫХ НАНОСФЕР ИОНАМИ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ НИЗКОЙ ЭНЕРГИИ



Сычева А.А.*, Воронина Е.Н. *,†

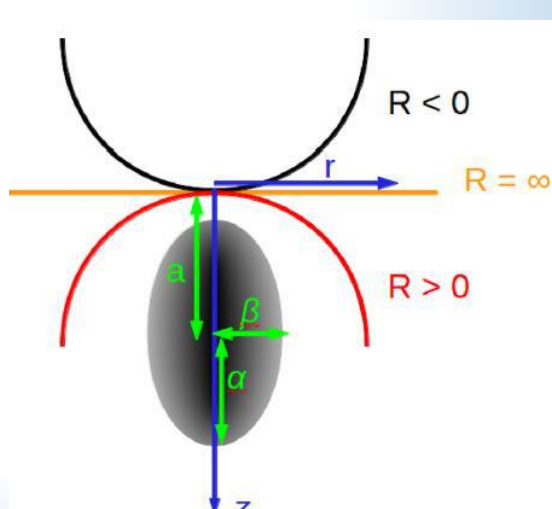
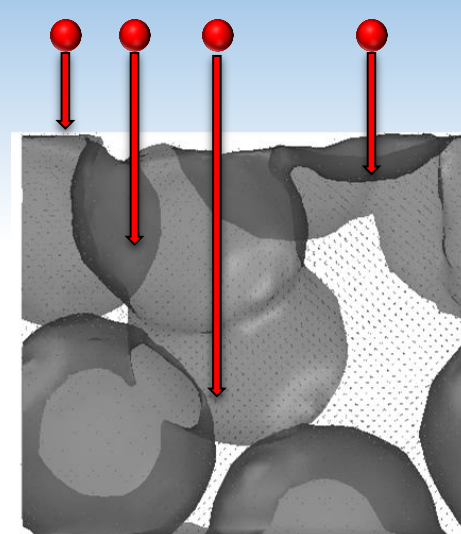
*НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобелева МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
†Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия



При воздействии ионов на поверхность, обладающую сложным рельефом, процесс ее физического распыления может заметно отличаться от случая плоской мишени. Для наноразмерных объектов интенсивность распыления в существенной степени зависит от кривизны их поверхности.

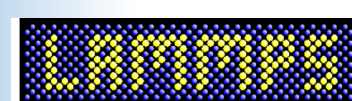
В области низких энергий ионов нарушаются приближения модели Зигмунда:

- нет линейной связи между коэффициентом распыления и энергией, передаваемой налетающей частицей атомам мишени
- пространственное распределение переданной энергии зависит от параметров ионов и материала мишени

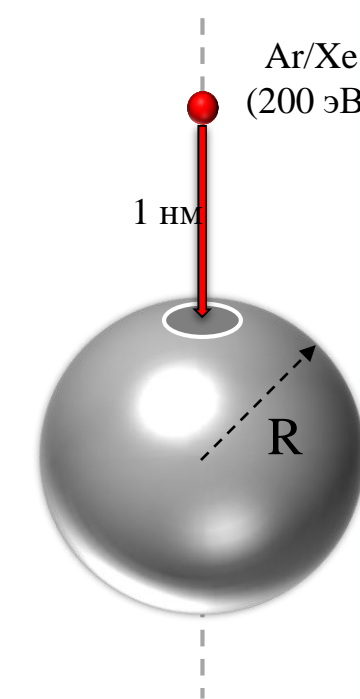


Методика моделирования

Выполнено моделирование методом молекулярной динамики воздействия ионов Ar и Xe (200 эВ) на кремниевые наносферы;



- Наночастицы имеют кристаллическую структуру;
- $R=2.0 - 6.0$ нм;
- Потенциалы взаимодействия: Stillinger-Weber (Si-Si); Firsov-Moliere (Ar/Xe-Si);
- Временной шаг 0.1 фс;
- Исходная температура мишеней 300 К;
- Моделирование без накопления повреждений.

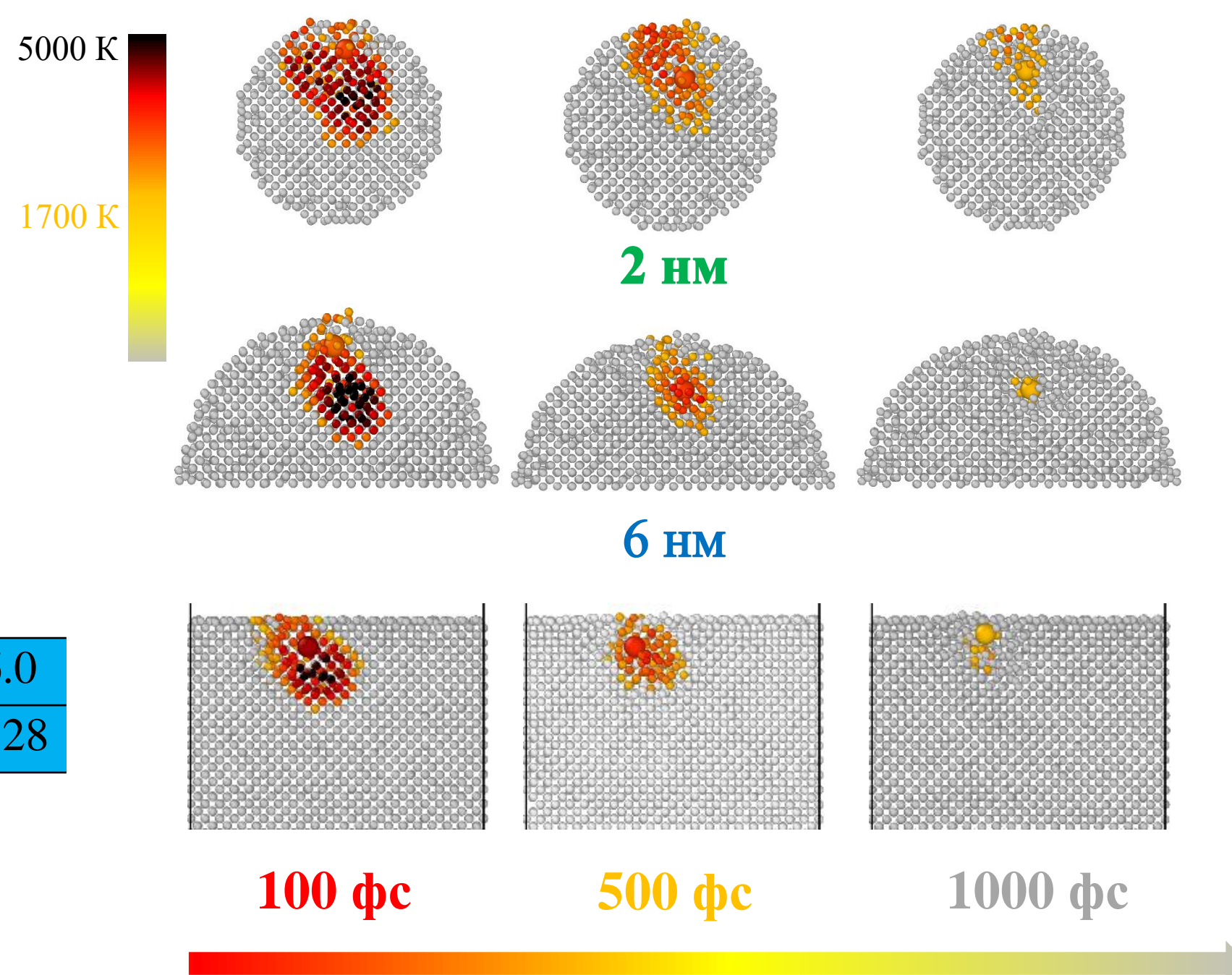


ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ ПОВЕРХНОСТИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАСПЫЛЕНИЯ

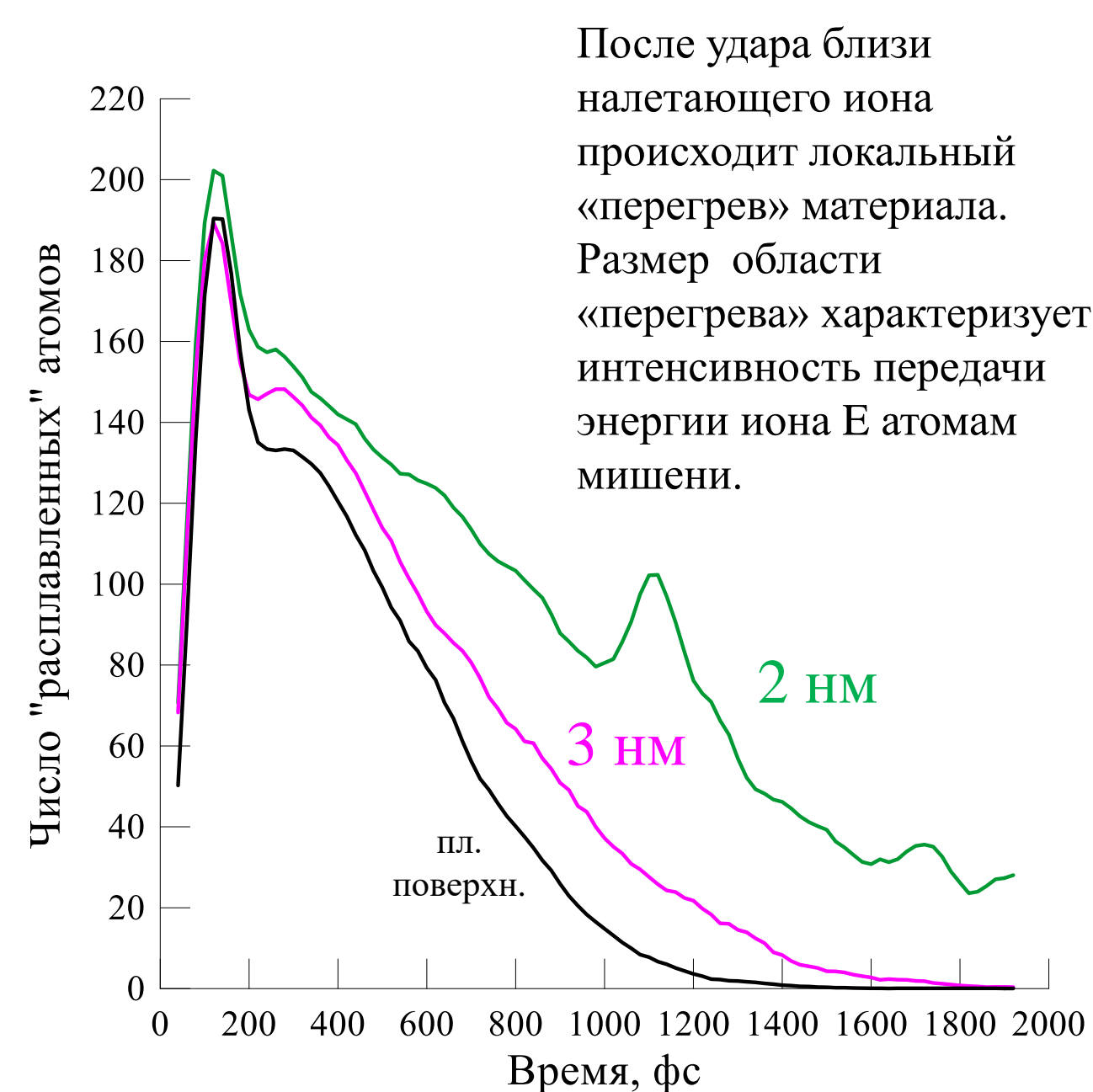
Ar 200 эВ

Распыление наносфер происходит интенсивнее по сравнению со случаем плоской поверхности ($\gamma=0.2$).

При одинаковых условиях воздействия с уменьшением радиуса наносферы происходит увеличение ее коэффициента распыления γ .



R, нм	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0
γ	0.71	0.68	0.65	0.60	0.28



После удара близки налетающего иона происходит локальный «перегрев» материала. Размер области «перегрева» характеризует интенсивность передачи энергии иона E атомам мишени.

ВЛИЯНИЕ МАССЫ ИОНА НА ПРОЦЕСС ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МИШЕНЬЮ

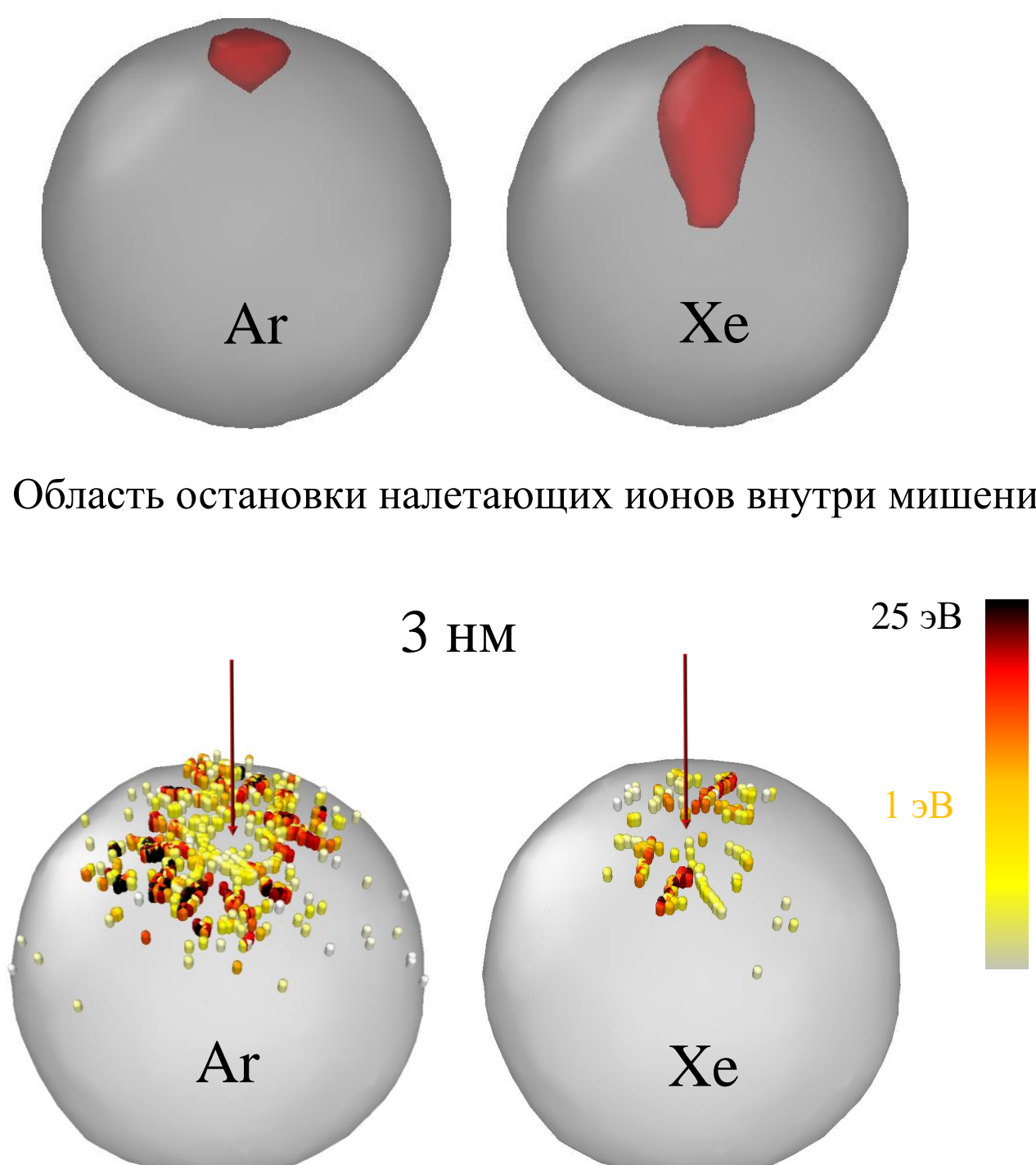
Ar/Xe 200 эВ

$$\gamma = \frac{E_{\text{dep}}}{E} = \frac{4mM_{\text{ion}}}{(M_{\text{ion}} + m)^2}$$

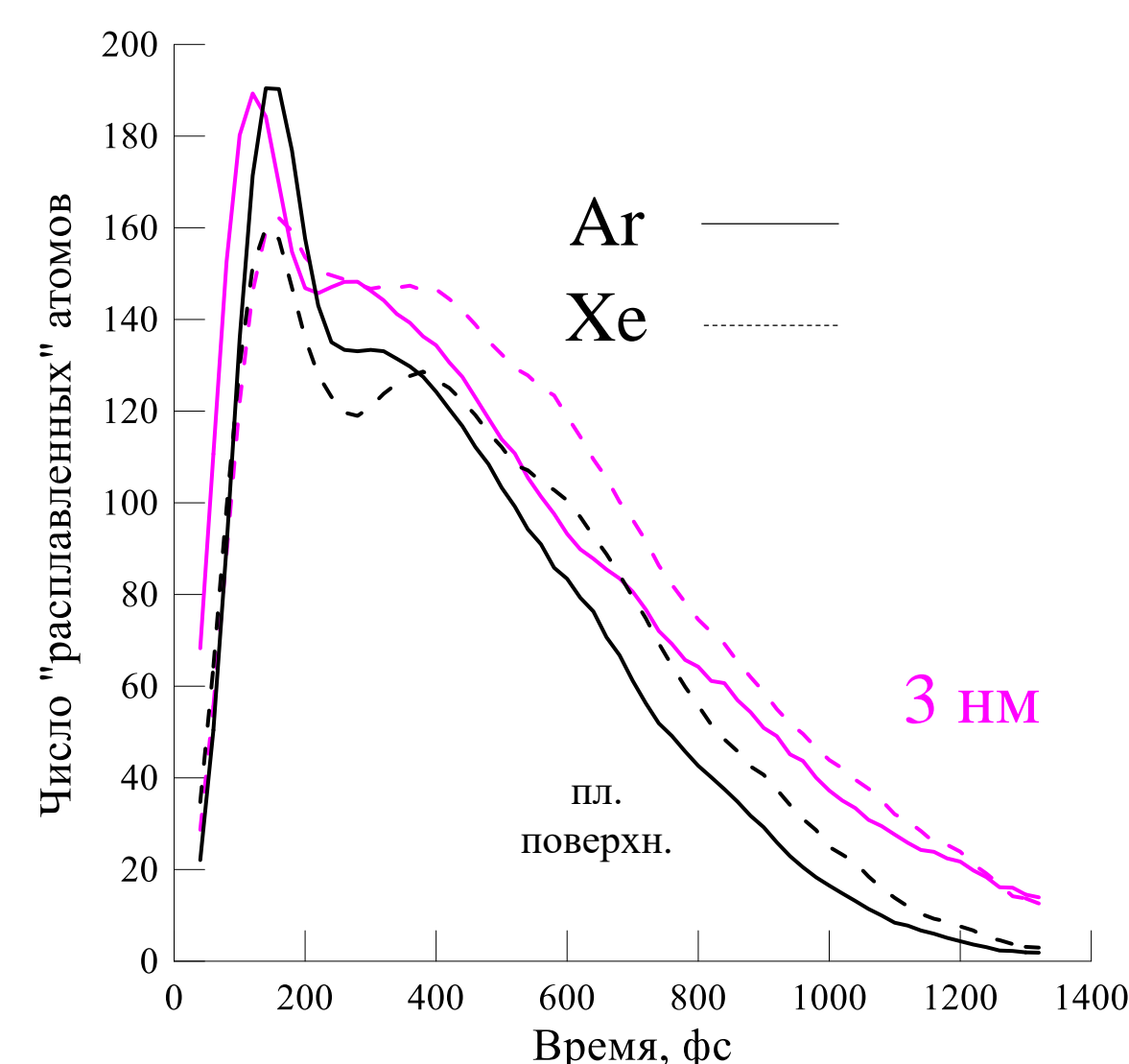
Воздействие ионов Ar приводит к наиболее эффективной передаче энергии атомам мишени ($\gamma \sim 0.97$).

Тяжелые ионы Xe теряют значительно меньше энергии при соударениях ($\gamma \sim 0.58$) и проникают в мишень глубже, чем ионы Ar, создавая большое число дефектов в ее материале вдоль траектории своего движения.

Скорость большинства атомов мишени, смещенных под действием иона Xe, в основном направлена вниз – к центру наносферы, что существенно снижает вероятность их распыления.



Исходное положение атомов Si, распыленных с наносферы в результате воздействия ионов



При воздействии иона Xe происходит образование более обширной области «перегрева» материала, которая сохраняется в течение более длительного промежутка времени.