



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

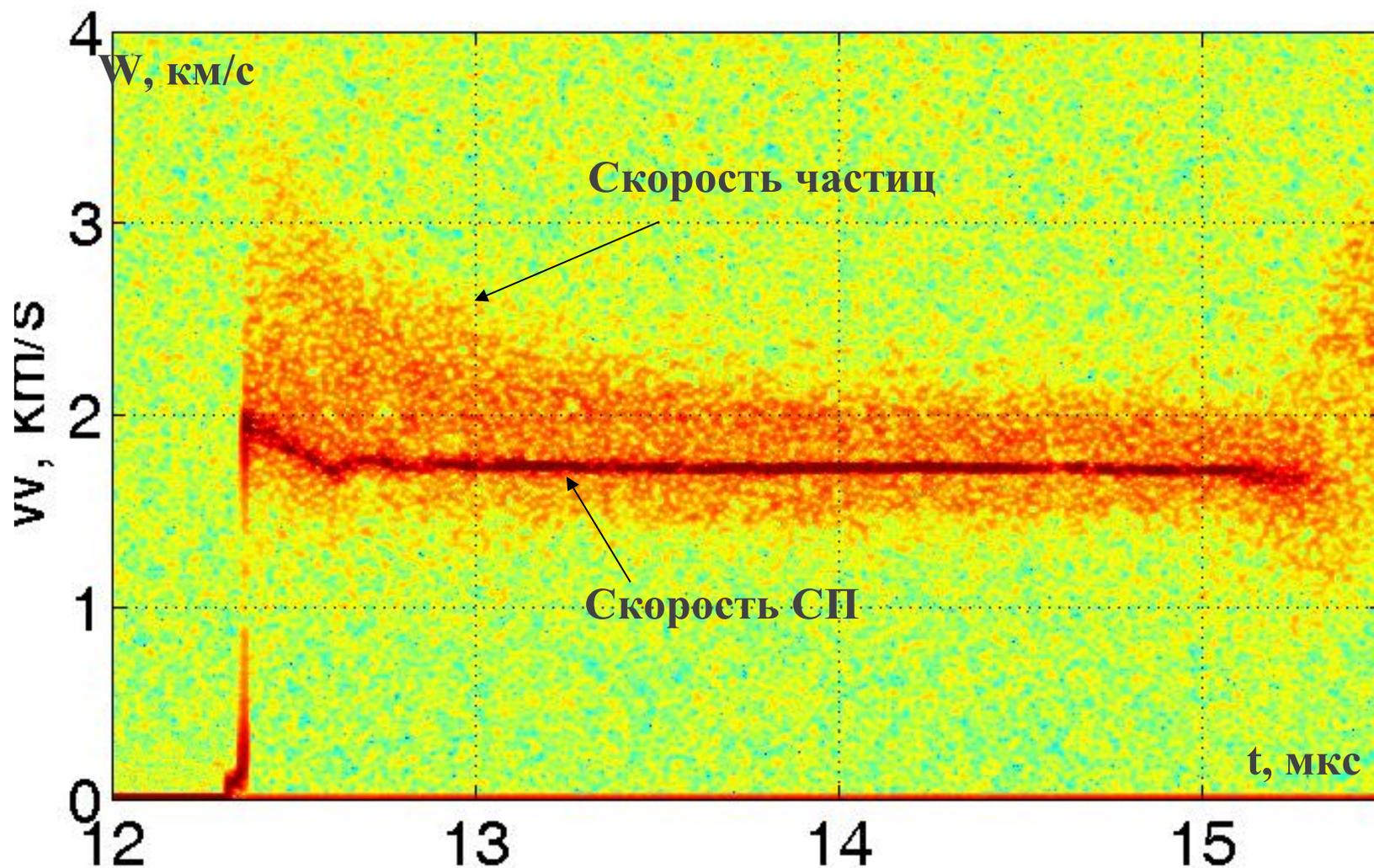
Определение порога регистрации минимальной удельной массы частиц при исследовании ударноволнового пыления поверхности материалов методом лазерного гетеродин-интерферометра. Регистрация эффекта многократного сдвига частоты доплеровского сигнала

*А.В. Федоров, А.Л. Михайлов, С.А. Финюшин,
Д.А. Калашников, Е.А. Чудаков, Е.И. Бутусов, И.С. Гнутов*

Метод исследования

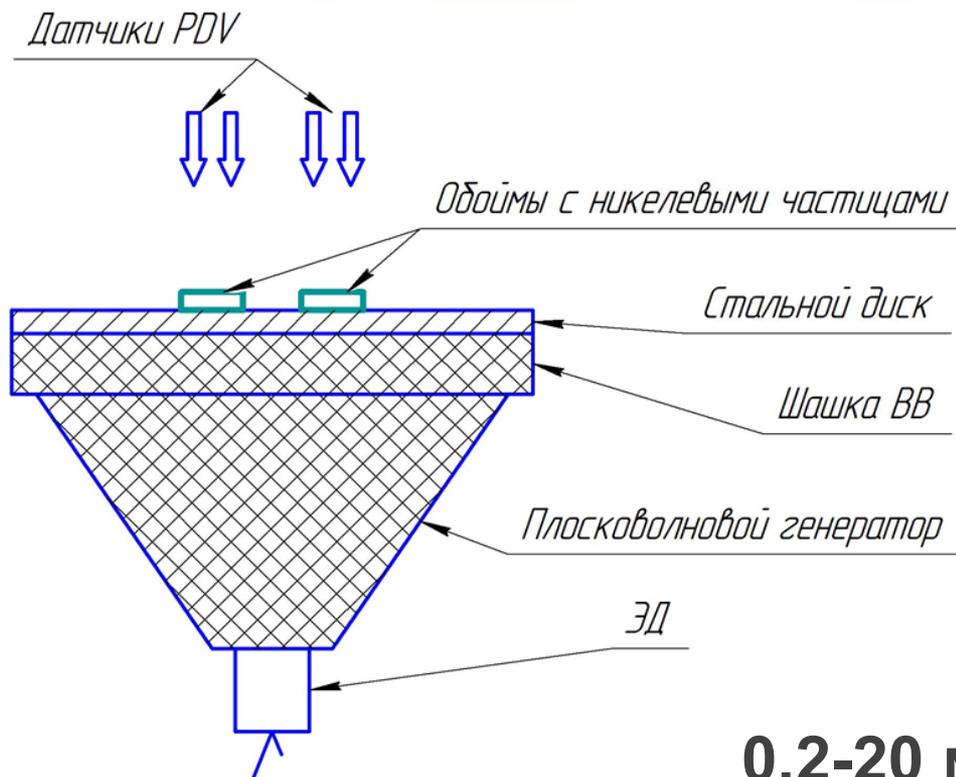
- Гетеродин-интерферометр позволяет регистрировать спектр скоростей частиц, оценивать их размер по закону торможения в газе, с использованием индикаторных фольг – определять их удельную массу. Однако данная методика имеет и ряд особенностей, требующих детального анализа. Важно знать: как глубоко проникает зондирующее излучение в пылевой поток, как интерпретировать появление на спектрограммах треков скорости, каковы минимальные значения удельной массы частиц, при которых метод эффективно регистрирует дисперсию скорости пылевого облака

Регистрация спектра скоростей частиц



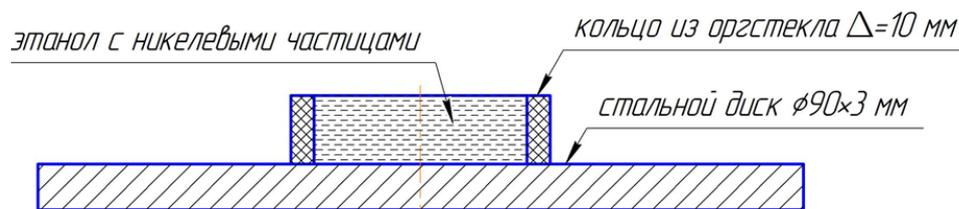
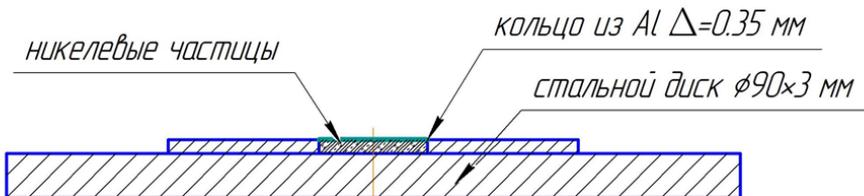
Постановка экспериментов

Никелевые частицы
размер ≤ 3 мкм
насыпная плотность
1,35 г/см³



50 мг/см²

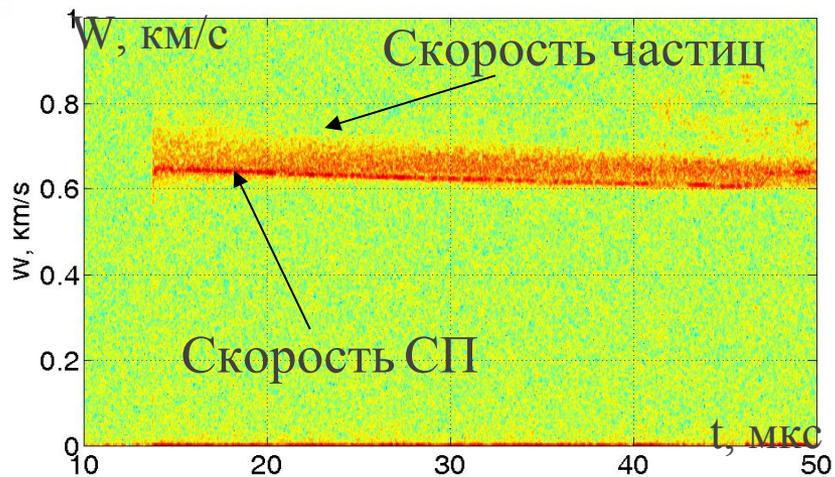
0,2-20 мг/см²



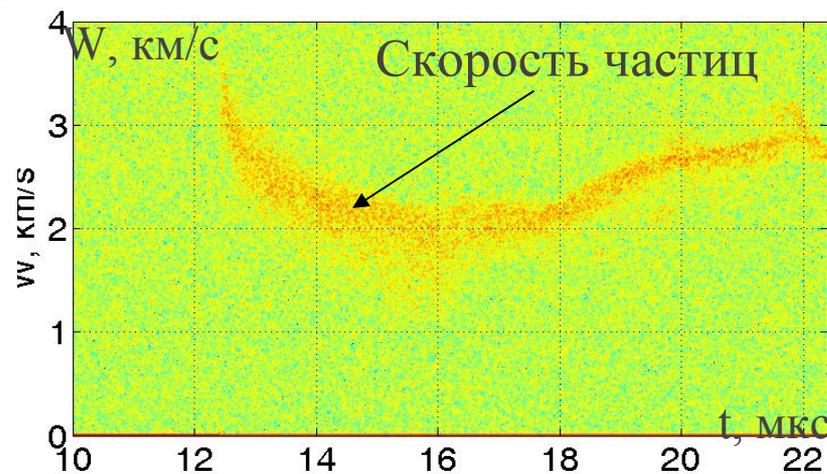
Результаты экспериментов

Опыт №	$M_{уд}$, мг/см ²	$W_{фп}^{max}$, м/с	$W_{сп}$, км/с	P, ГПа	d, мкм
1	50	0,82	0,65	10,8	3,5
2	20	4,15	1,85	38,4	1,1
3	10	3,05	1,45	28,1	0,5
4	2	4,15	1,85	38,4	1,1
5	2	4,15	1,85	38,4	1,1
6	1	3,65	1,73	35,2	0,9
7	0,5	1,05	1,05	18,9	-
8	0,2	1,05	1,05	18,9	-

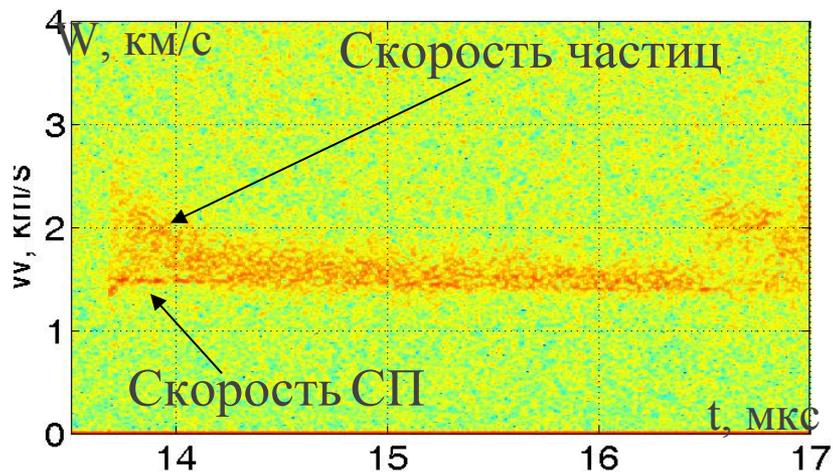
Экспериментальные спектрограммы



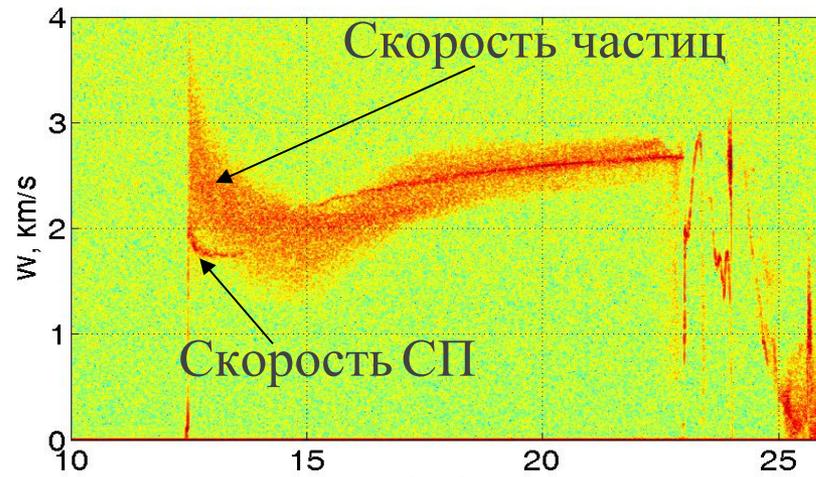
50 мг/см²



20 мг/см²

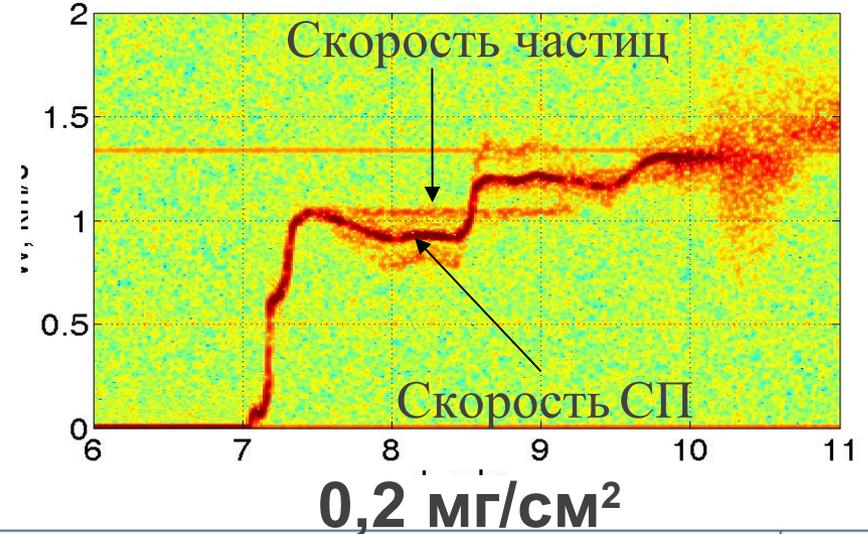
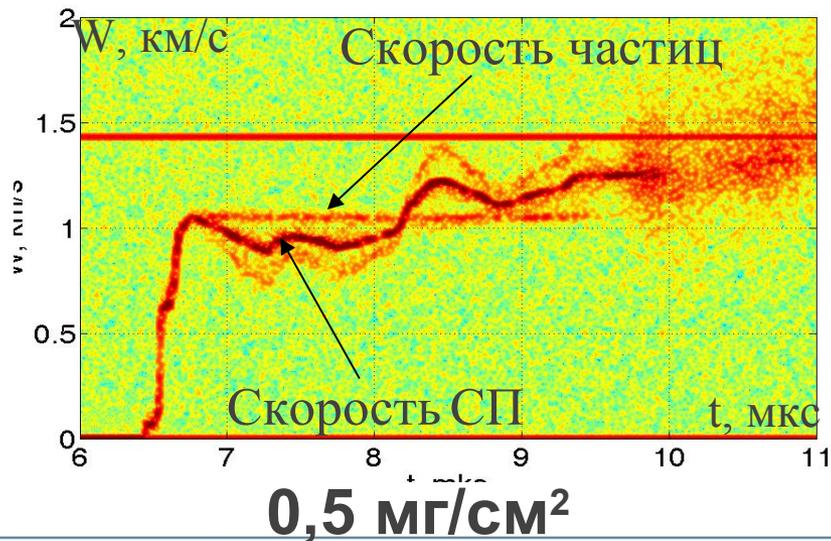
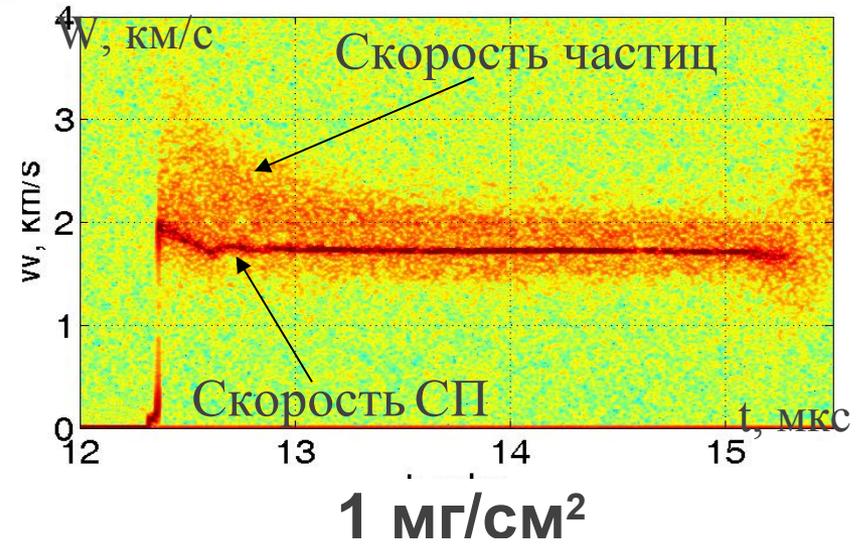
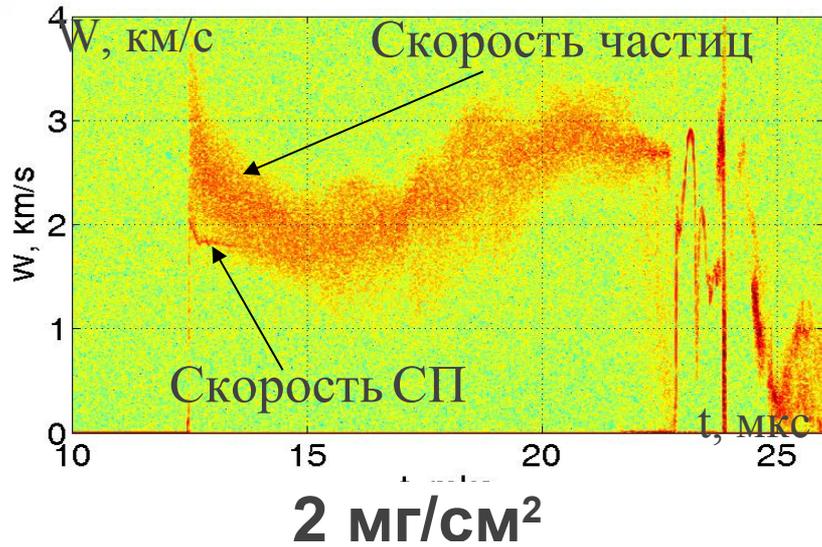


10 мг/см²

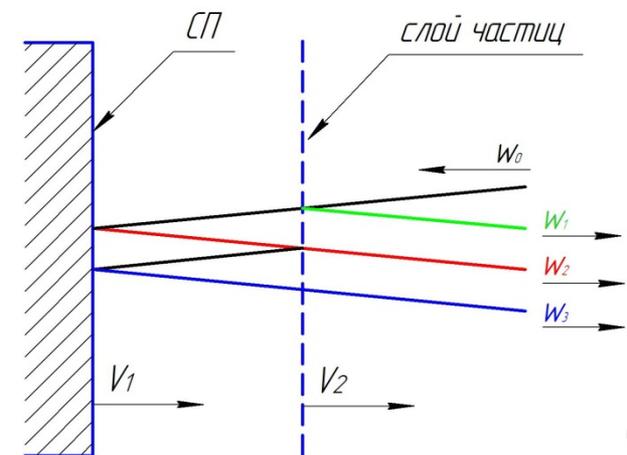
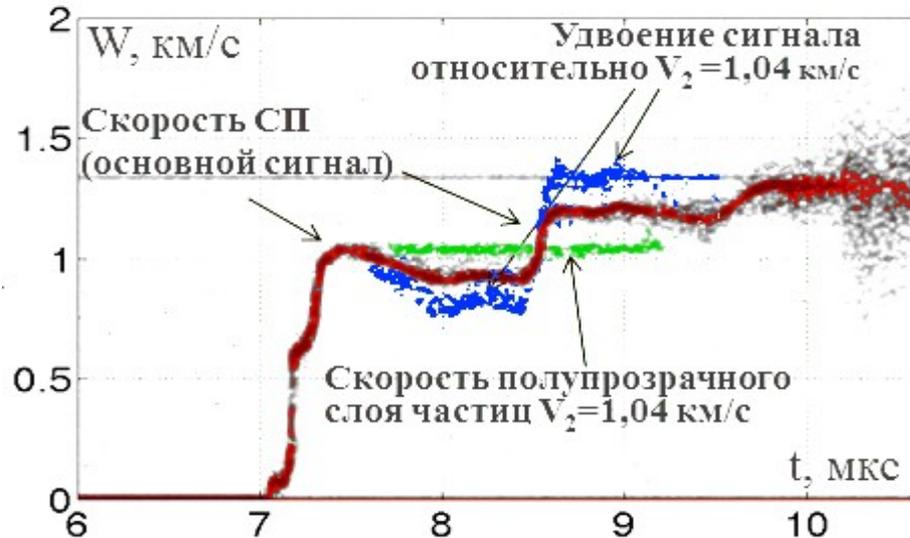
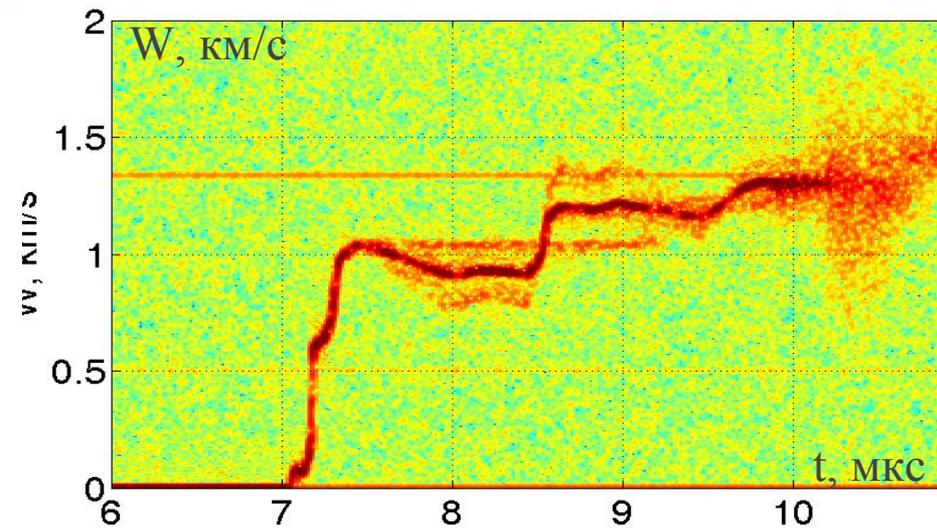


2 мг/см²

Экспериментальные спектрограммы



Эффект многократного отражения

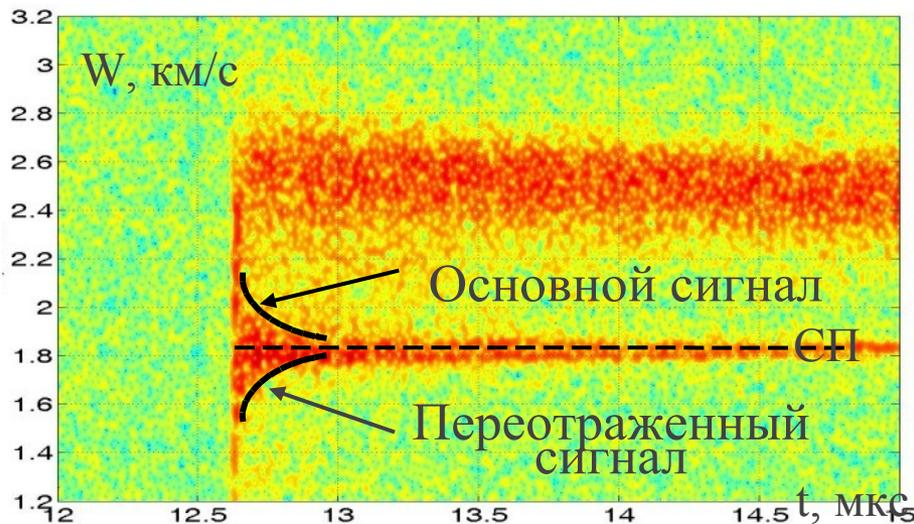


$$\omega_1 = 2 \frac{V_1}{c} \omega_0$$

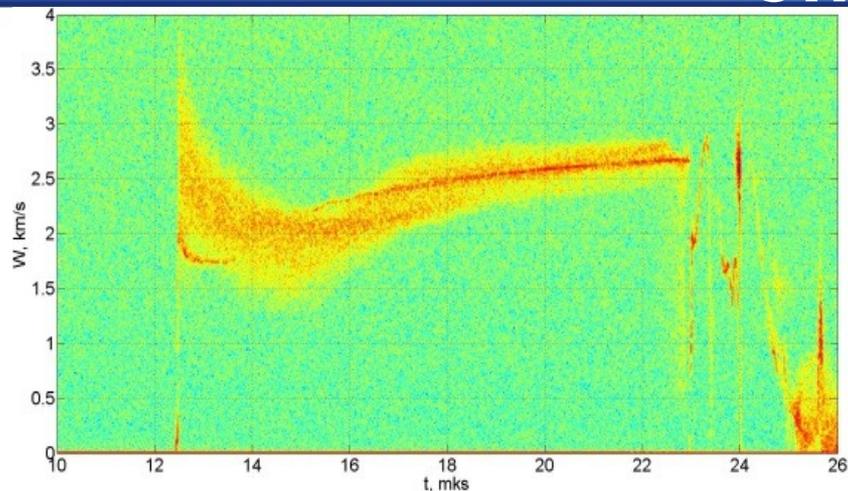
$$\omega_2 = 2 \frac{V_2}{c} \omega_0$$

$$\omega_3 = 4 \frac{V_1}{c} \omega_0 - 2 \frac{V_2}{c} \omega_0$$

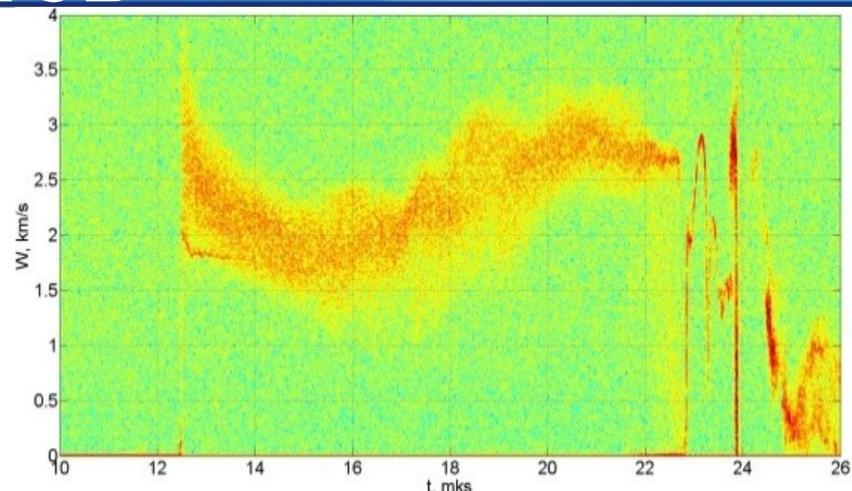
Доплеровские частотные сдвиги



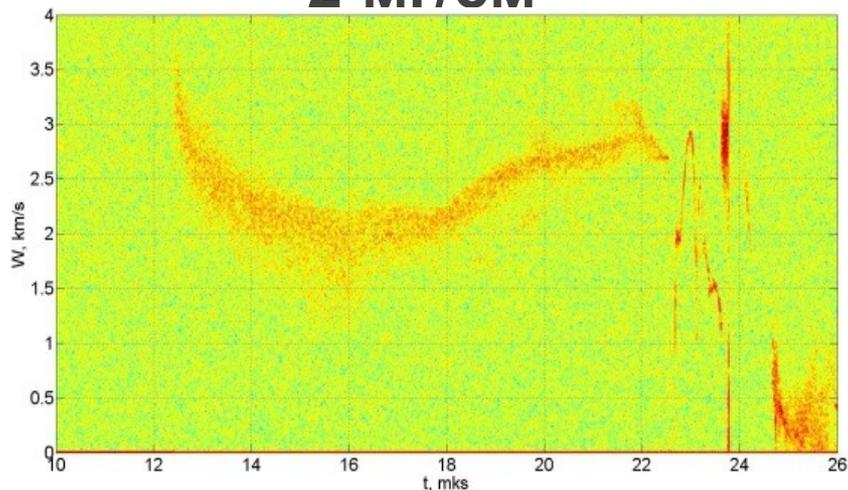
Яркость спектрограмм для разных опытов



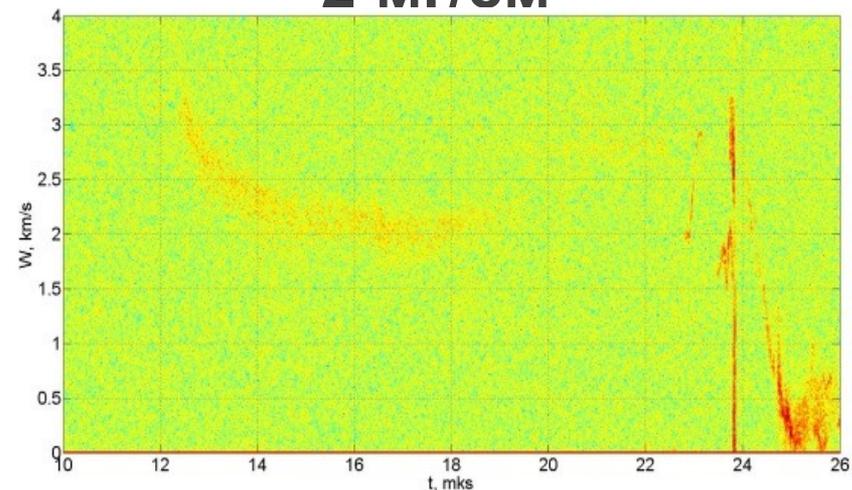
2 мг/см²



2 мг/см²



20 мг/см²



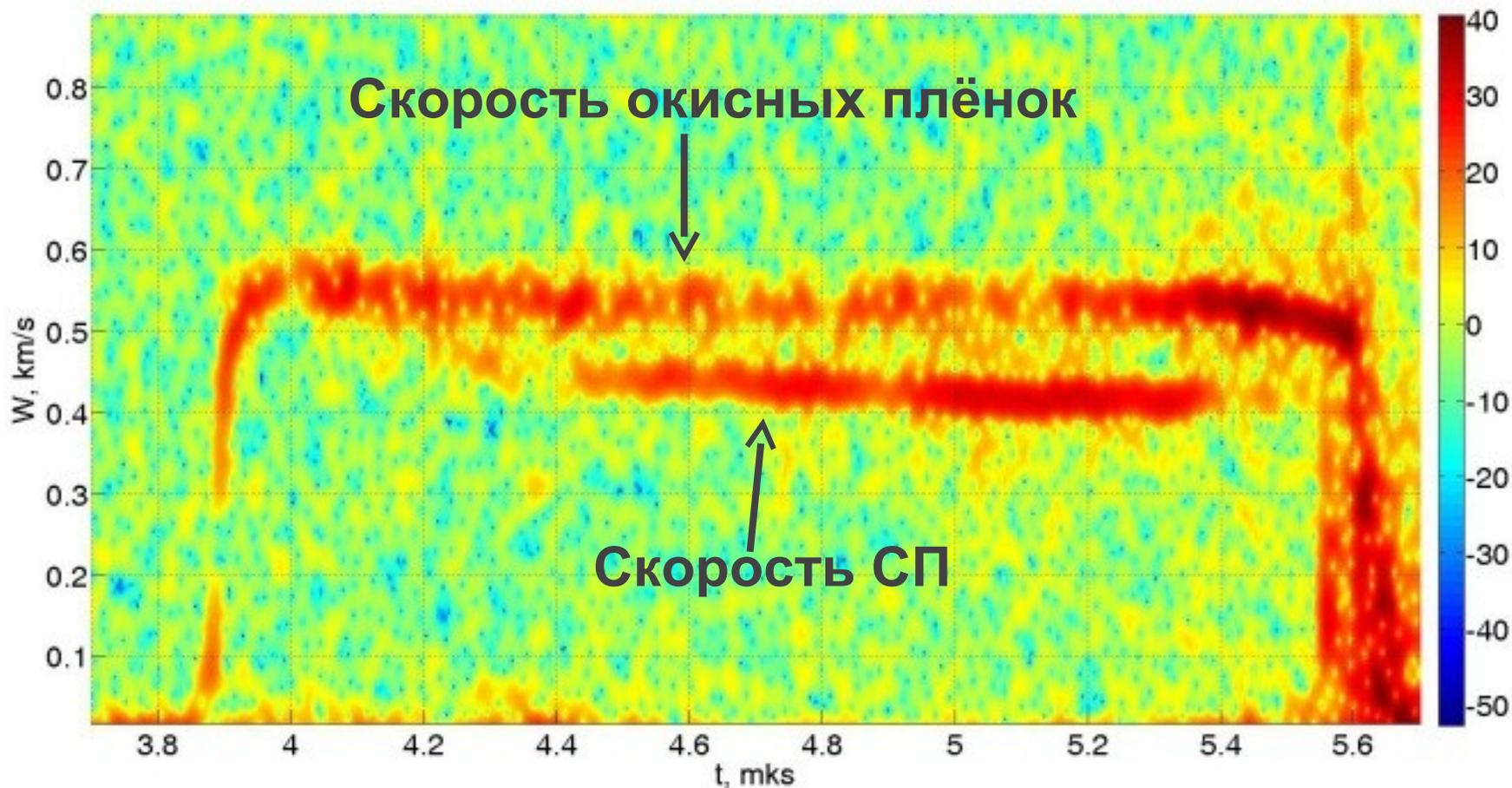
20 мг/см²

Заключение

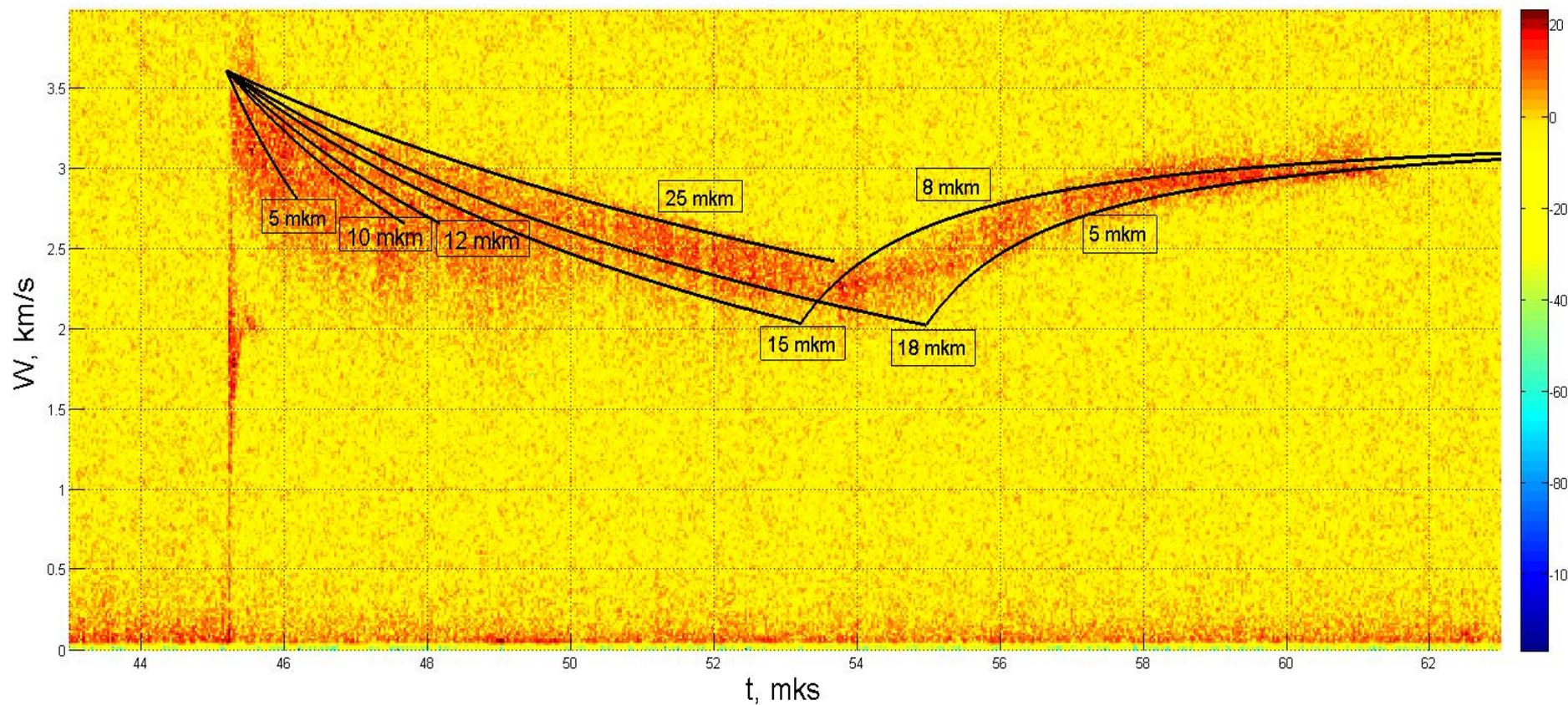
- Проведены эксперименты по определению минимальных значений удельной массы частиц, при которых скорость их движения регистрируется методом PDV
- Показано, что метод PDV надёжно регистрирует поток частиц с удельной массой $\geq 0,2$ мг/см²
- Зарегистрирован эффект трёхкратного сдвига частоты лазерного излучения, который приводит к удвоению доплеровского сигнала скорости СП относительно скорости полупрозрачного слоя частиц

Спасибо за внимание

Регистрация скорости тонкой оксидной плёнки природного урана



Определение размера частиц



Определение размера частиц при их торможении в газе

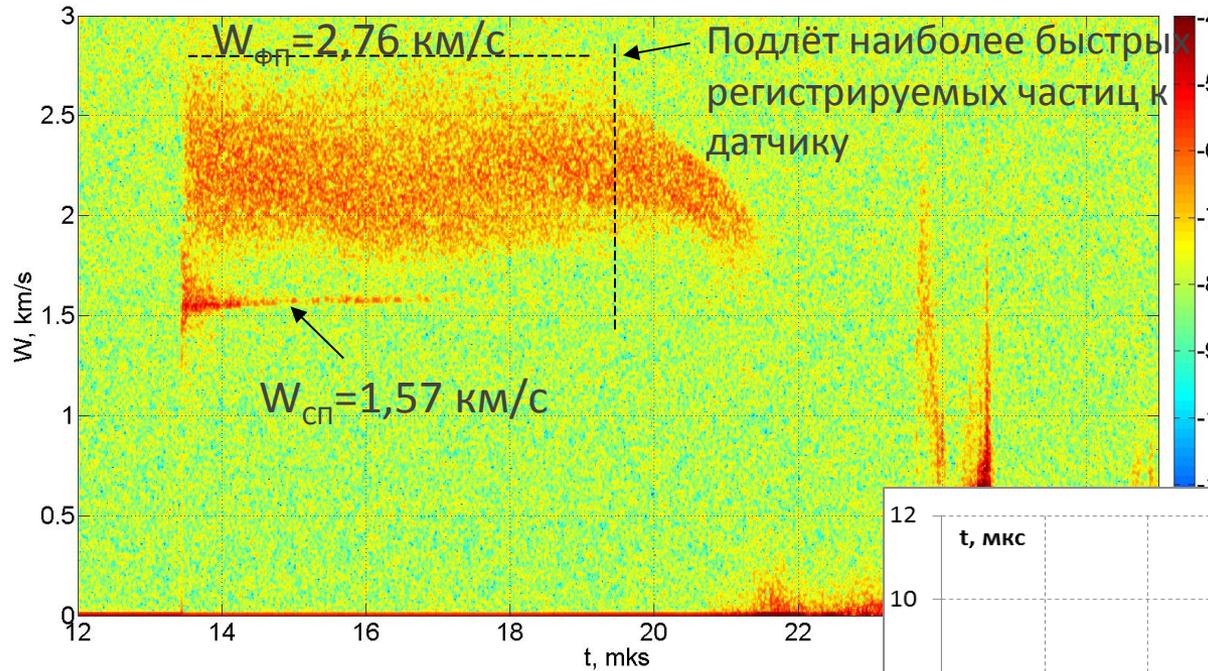
Закон торможения частиц в газе имеет следующий вид:

$$f_D = ma = m \frac{dU}{dt} = \frac{1}{2} C_D \rho_1 S_m U(t)^2$$

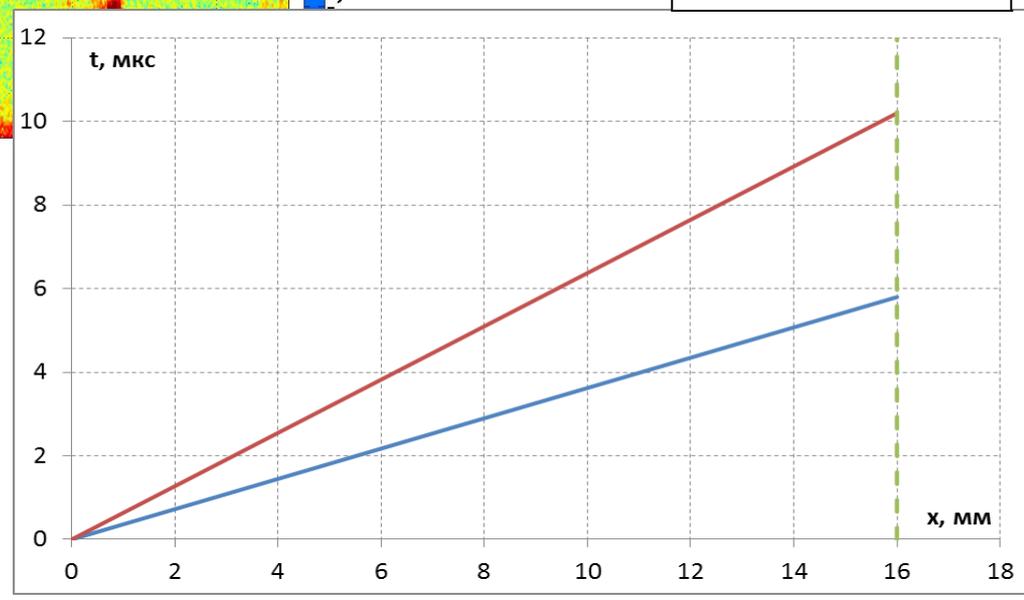
$$W(t) = \frac{1}{\frac{k}{d} t + \frac{1}{W_0}}$$

$$k = \frac{3}{4} \frac{C_D \rho_1}{\rho_0}$$

Определение толщины потока

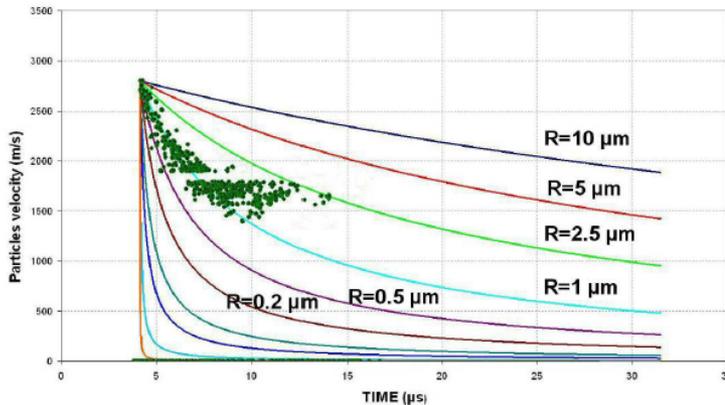
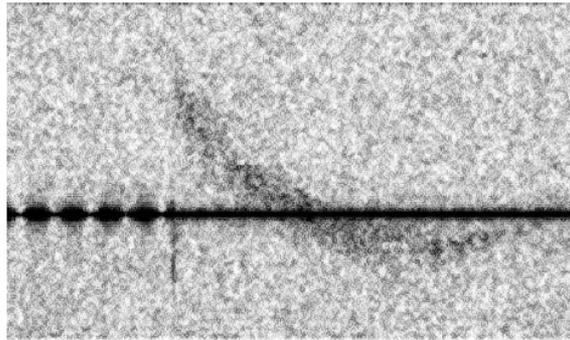


База измерения
16 мм



Определение размера частиц

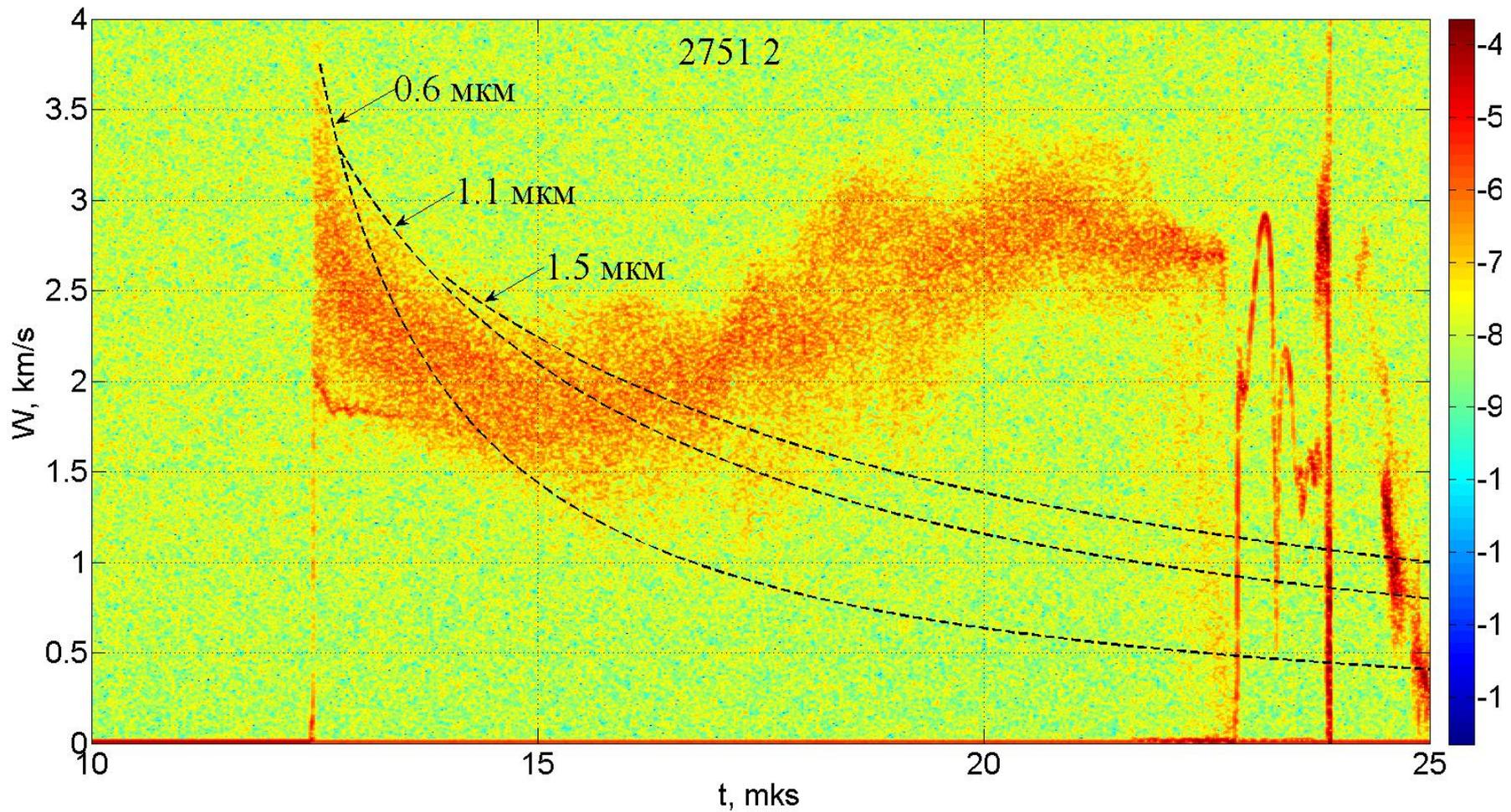
GUN EXPERIMENT ON TIN : PARTICLE SIZE



- No vacuum (air atmospheric pressure)
- Model with only drag force : braking
- $C_d = 0.45$
- Size range : 0.4 to 5 μm
- Better model : with ablation

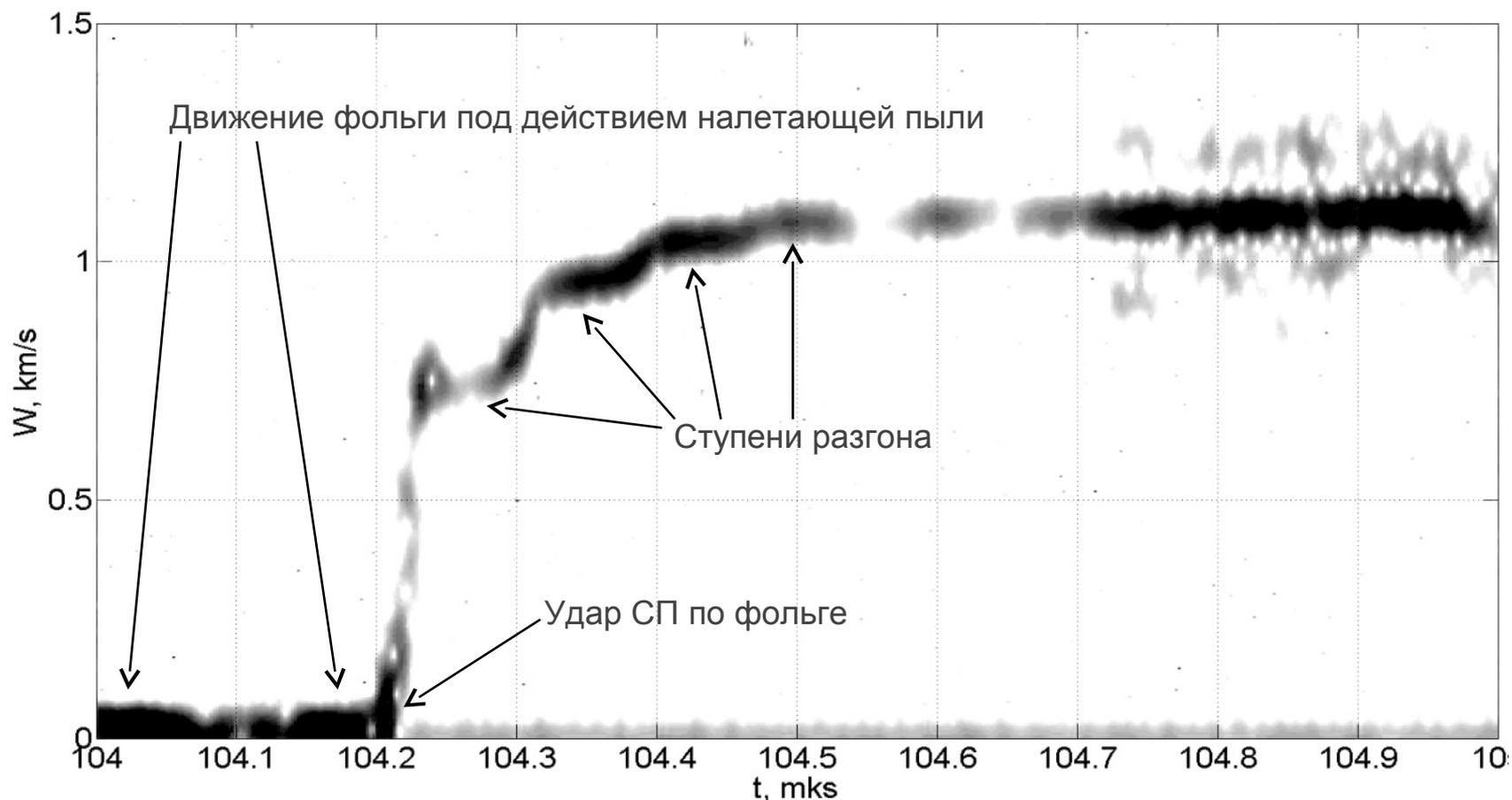
33/50

Размер частиц



Регистрация удельной массы

$P=18$ ГПа (тverd.) $R_a \sim 3,2$ мкм, $\lambda \sim 60$ мкм



Фронтальный датчик, закрытый танталовой фольгой 200 мкм

Регистрация треков

