



Исходные данные и предложения по моделированию ВГПС и его воздействия на ионосферу.

**Ю.В. Поклад, Б.Г. Гаврилов, В.М. Ермак,
Ю.И. Зецер, И.А. Ряховский, В.А. Рыбаков.**

**Институт динамики геосфер РАН
Москва, 2017**



Основные понятия

Главный критерий корректности численного моделирования – сопоставление с имеющимися экспериментальными данными по измерению КОНКРЕТНЫХ физических величин.

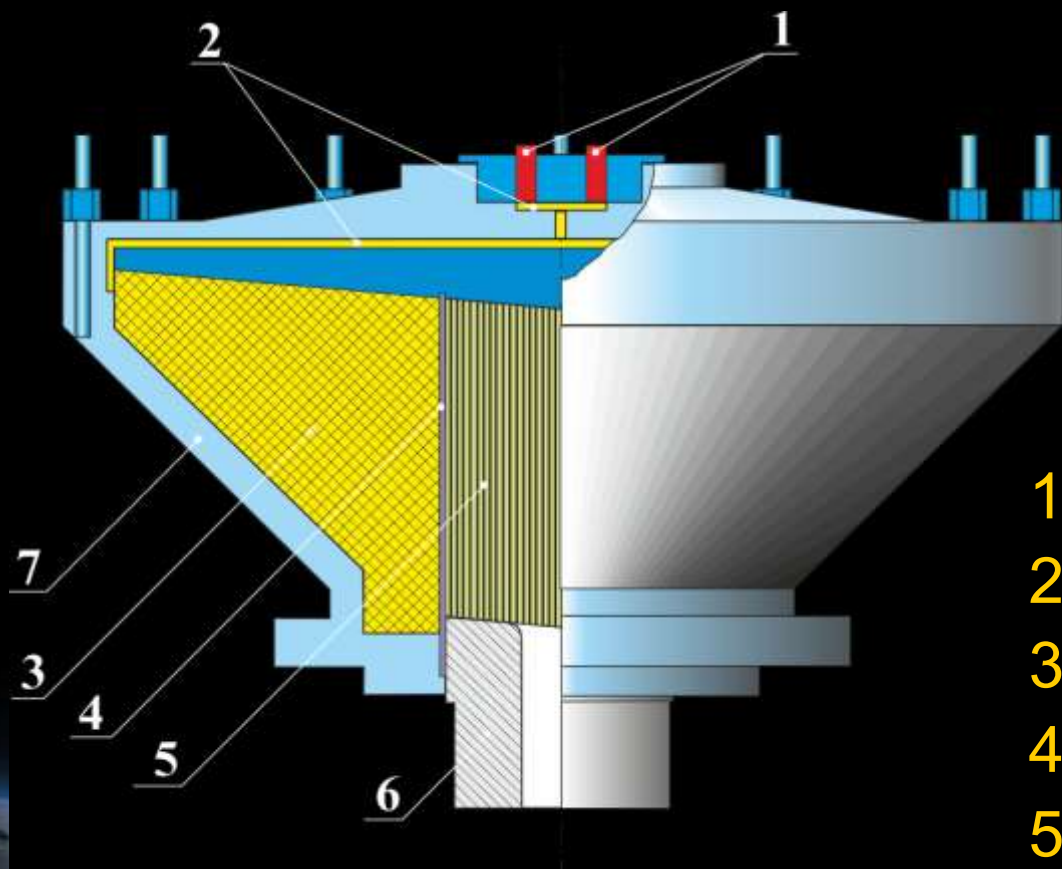
3 зоны измерений

- **«Начальные параметры» – 5-50 см от ВГПС. Наземные эксперименты при давлении 10^{-2} мм рт. ст.**
- **«Ближняя зона» - бортовые измерения в космических экспериментах. Высота 150, 280 и 360 км. Расстояние от генератора 120-1500 м.**
- **«Дальняя зона» – наземные измерения и спутник MSX**





«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи



- 1 - детонаторы;
- 2 – листовое ВВ;
- 3 – основной заряд ВВ;
- 4 – контейнер;
- 5 – пористое вещество;
- 6 – выходная втулка;
- 7 – корпус.





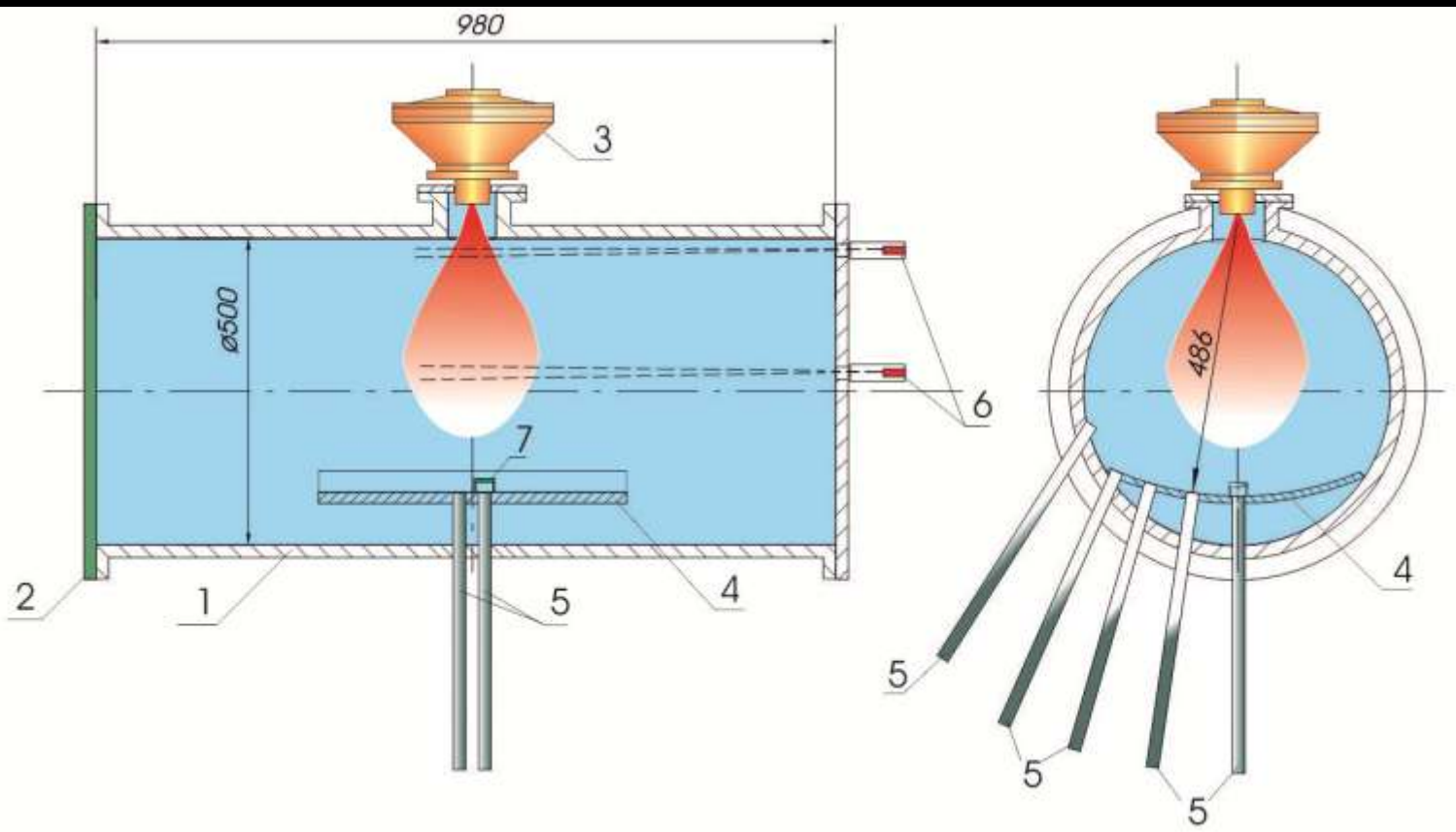
«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи

Взрыв ВГПС в воздухе





«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи



$$\rho = \frac{P}{V(V+D)}$$

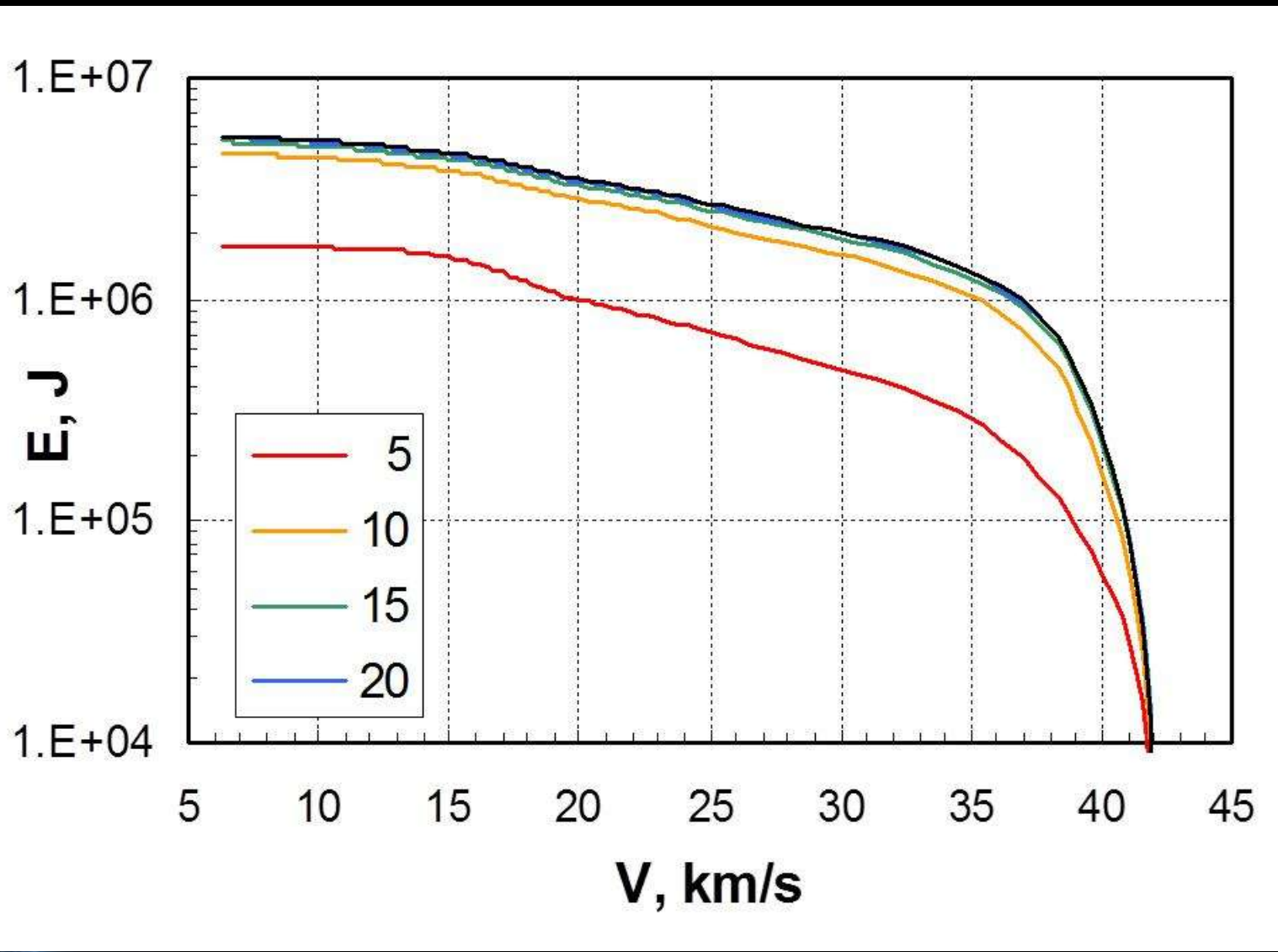
- 1 - вакуумная камера;
- 2 - стеклянное окно;
- 3 - взрывной генератор;
- 4 - преграда;
- 5 - пьезоэлектрические датчики давления;
- 6 - фотодиод и пироэлектрические приемники излучения;
- 7 - дополнительная преграда.





«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи

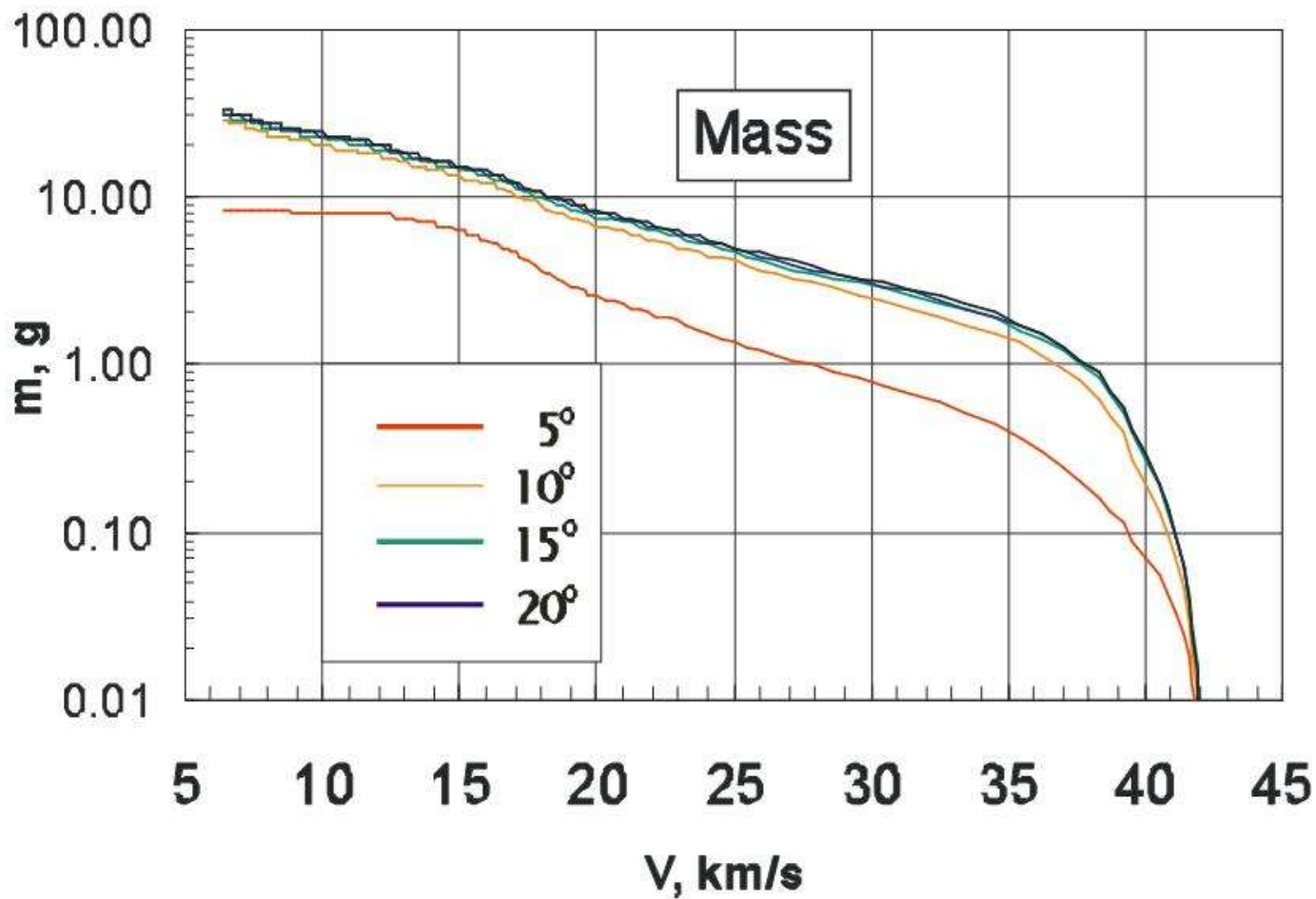
Энергия струи





«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи

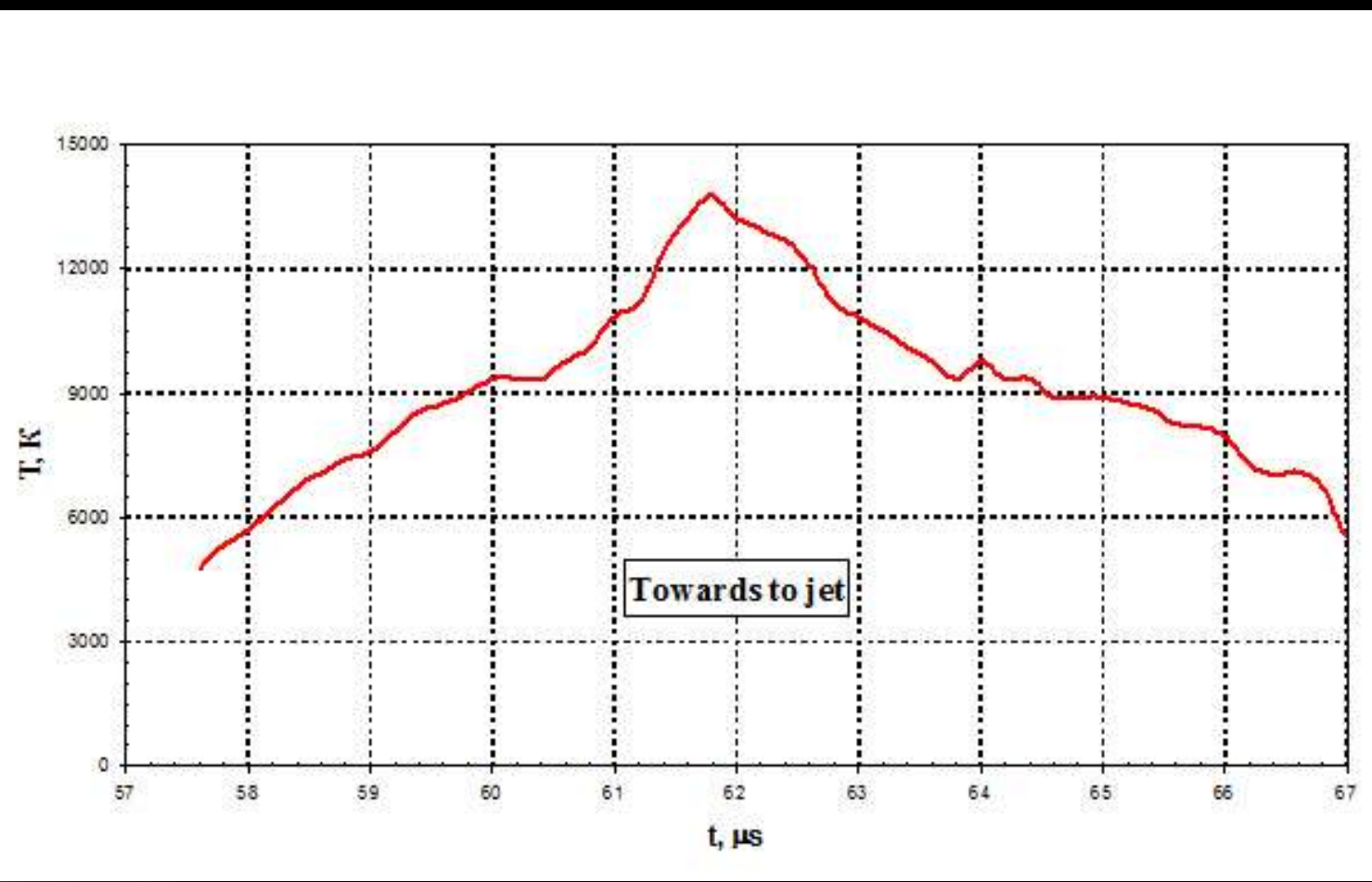
Масса струи





«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи

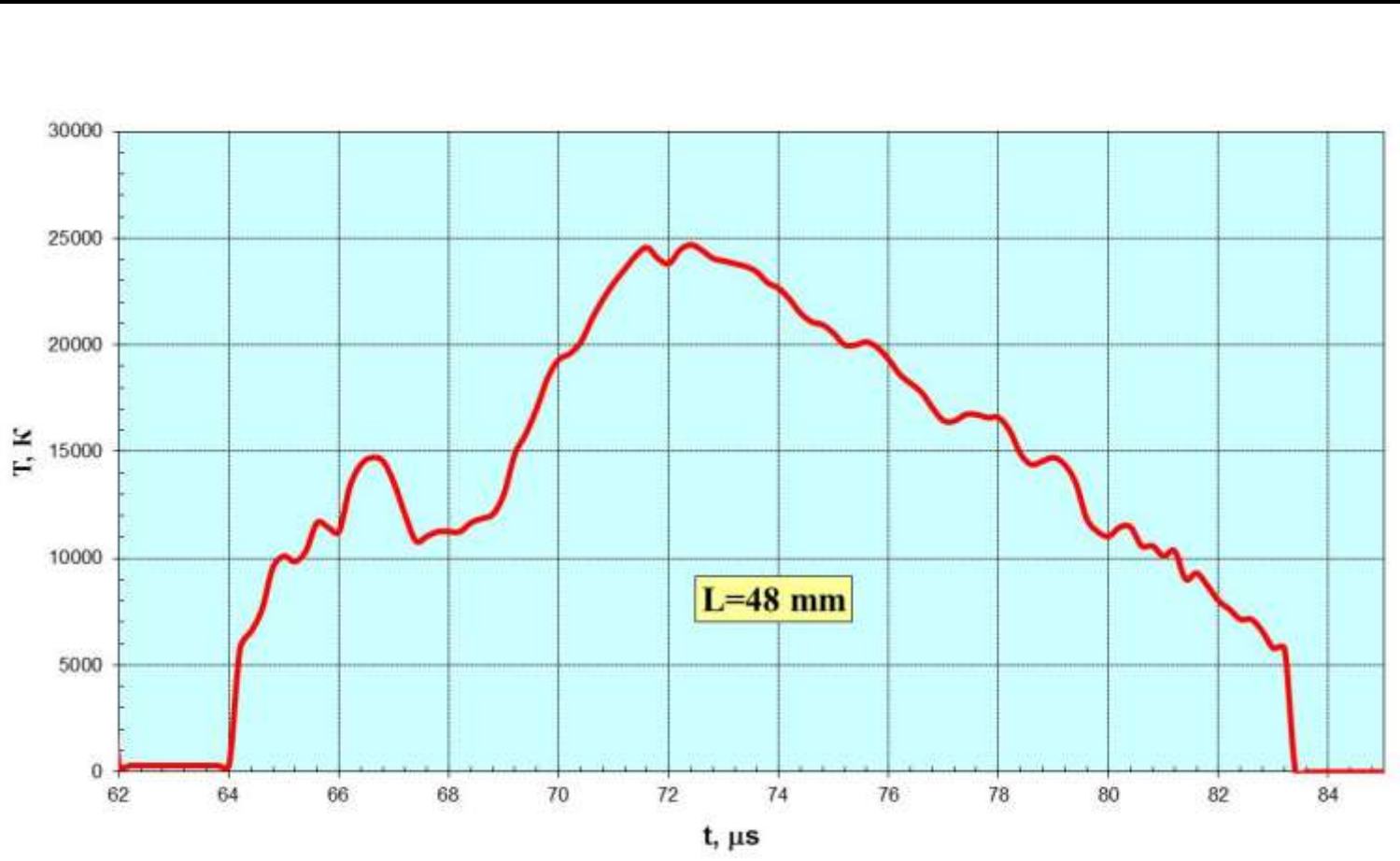
Яркостная температура с торца струи





«Начальные параметры» Конструкция ВГПС и параметры струи

Яркостная температура сбоку струи





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты

Список экспериментов

Эксперимент	Высота, км	Расстояние до ИМ	Примечание
Kumulus	140-150	100-150 м	Разные генераторы (0.2-1.5 МДж, до 60 км/с), исходных данных мало.
Fluxus 1 и 2	140	130 м	1997 г. Бортовые и наземные измерения, спутник MSX. ВГПС-300, 3 МДж, 7-42 км/с, 15 г.
North Star 1	360	169 м, 463 м, 1011 м.	1999 г. Бортовые и наземные измерения, спутник MSX. ВГПС-420, 6 МДж, 7-42 км/с, 15 г. Инжекция в искусственную атмосферу.
North Star 2	280	529 м, 1579 м.	1999 г. Бортовые и наземные измерения, спутник MSX. ВГПС-400, 6 МДж, 7-42 км/с, 15 г.





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты

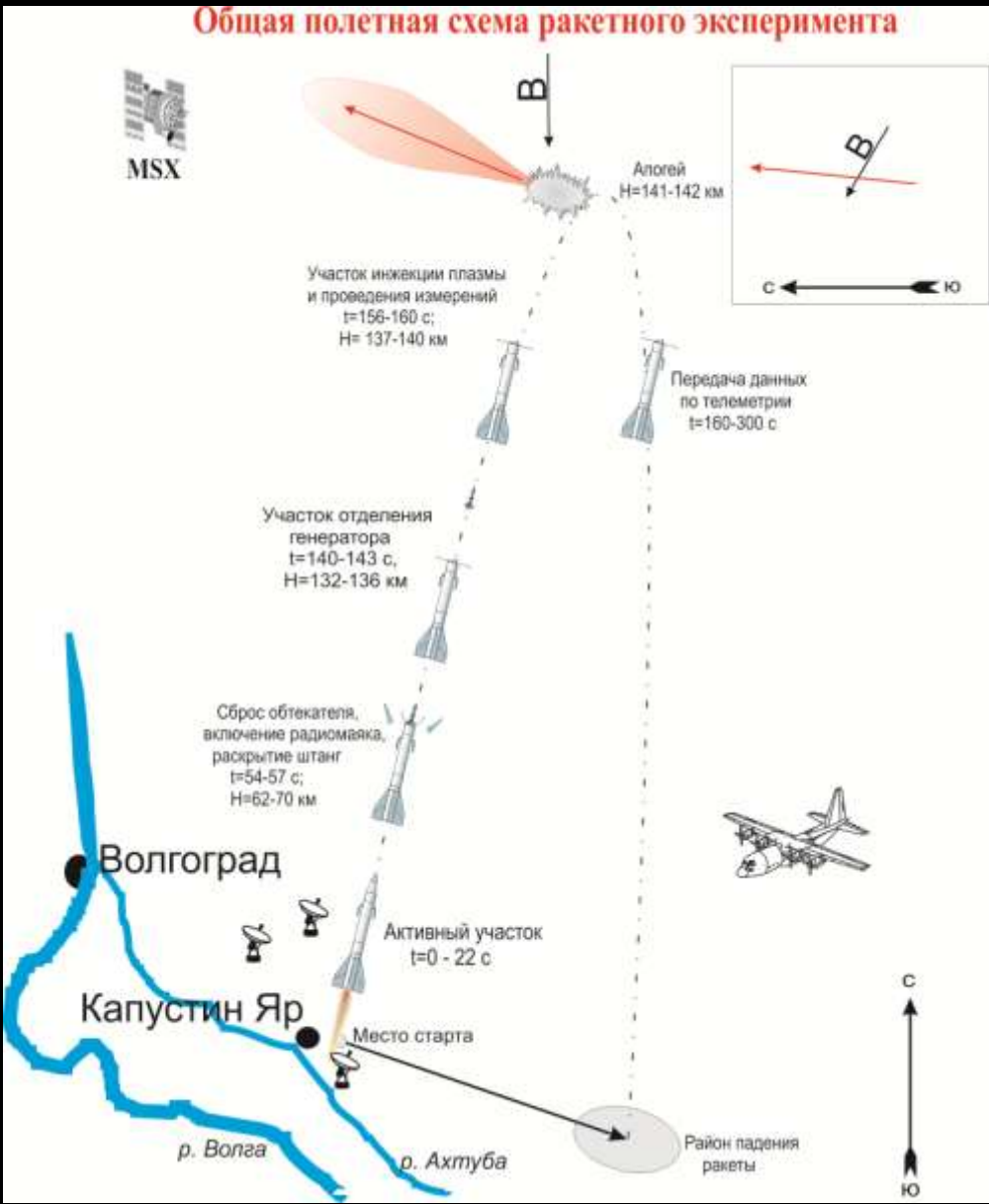
FLUXUS

Инжекция под углом к **B**

Измерения в 3-х точках:

1. Бортовой комплекс – 130 м, на оси струи. Оптическое излучение, магнитные и электрические поля, зонд Ленгмюра, детектор высокоэнергетических электронов.
2. Наземные измерения. Оптическое излучение, фото и видеосъемка, магнитное поле.
3. Спутник MSX, ~2800 км. Оптические измерения в широком спектральном диапазоне: 110 нм – 24 мкм.

Общая полетная схема ракетного эксперимента





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты FLUXUS – бортовые измерения

Дистанция – 130 м, по оси струи.

Оптические измерения.

Частота опроса 25 кГц.

2 фотодиода (синий 0.4-0.57 мкм, красный 1.2-1.65 мкм).

2 пироприемника

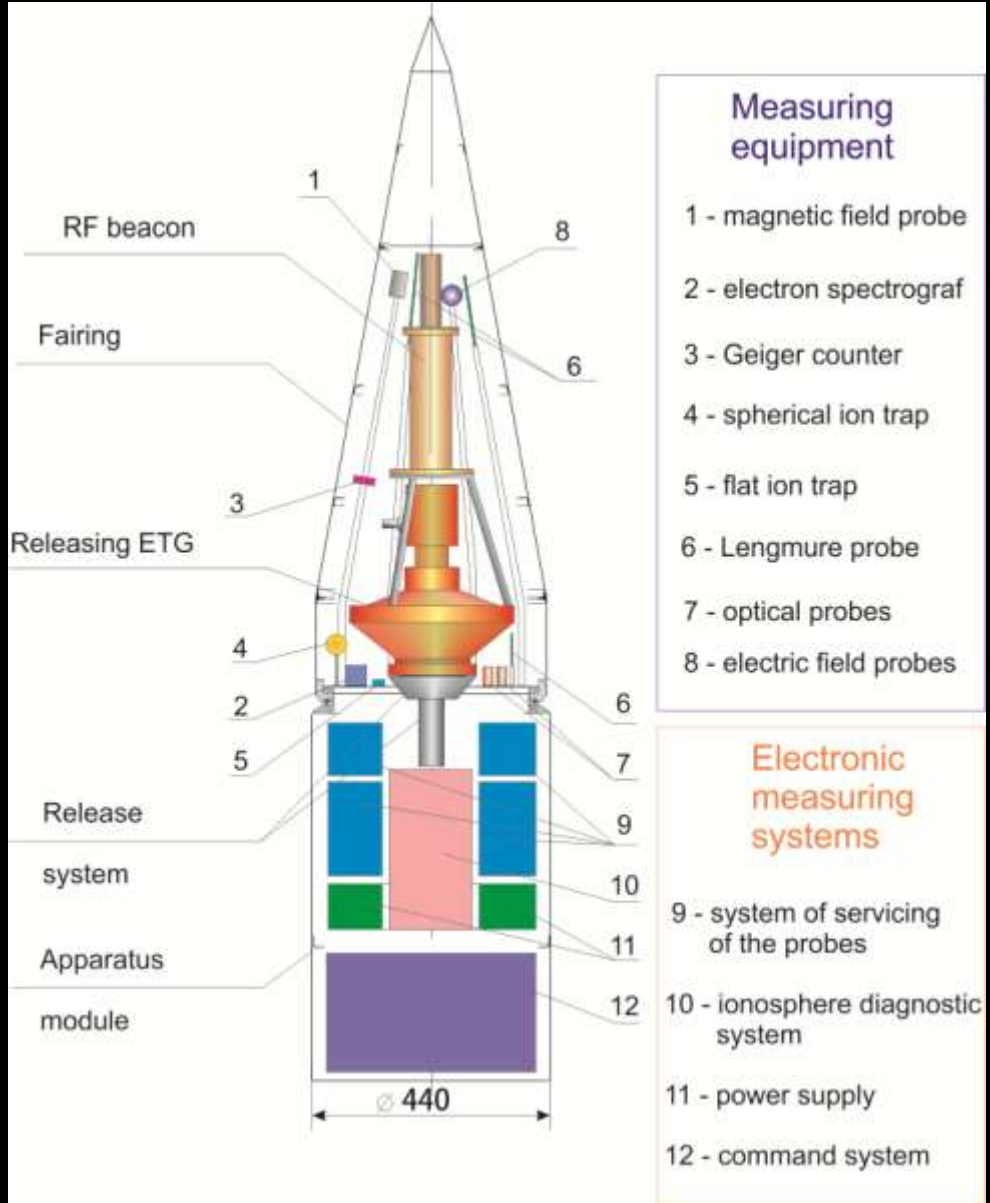
- открытый 0.1-4 мкм + кинетическая энергия потока

- за кварцевым окном 0.2-4 мкм

Магнитометр – 3 компоненты **В**

Зонд Ленгмюра – концентрация ионов до 10^9 см^{-3} .

Вариация электрического поля и высокоэнергетичных электронов, ионная ловушка – ИПГ, есть отчет (?).





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты FLUXUS – измерения MSX ИК

Дистанция – 2800 км.

Оптические измерения.

ИК

4 диапазона:

A – 6.03-10.91 мкм

C – 11.1-13.4 мкм

D – 13.5-16.0 мкм

E – 18.1-26 мкм

Частота кадров 2 Гц.

Данные только в виде «бумажной копии»

Table 1. SPIRIT III detector designations, wavelength coverages, and sensitivities.

Detector designation	Range (μm)	Noise equivalent signal radiance ($\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$)	Vertical FOV ^a as viewed on the limb (km)	Minimum tangent height before saturation (km)
<i>SPIRIT III Interferometer</i>				
20B	17.2–28.0	10^{-12}	14	53
3B	2.6–4.9	5×10^{-10}	6.7	<0
8B	5.8–8.9	5×10^{-11}	14	23
Open	4.0–28.0	$5 \times 10^{-9} - 5 \times 10^{-12}$	6.7	52
12B	10.6–13.0	10^{-9}	4	<0
Prewhitened	2.5–24.0	$5 \times 10^{-9} - 5 \times 10^{-12}$	6.7	39
<i>SPIRIT III Radiometer</i>				
A	6.03–10.91	4×10^{-11}		
B ₁	4.21–4.36	2×10^{-10}		
B ₂	4.20–4.45	2×10^{-10}		
C	11.1–13.4	2×10^{-11}		
D	13.5–16.0	1.5×10^{-11}		
E	18.1–26.0	2×10^{-11}		

^aField of view.



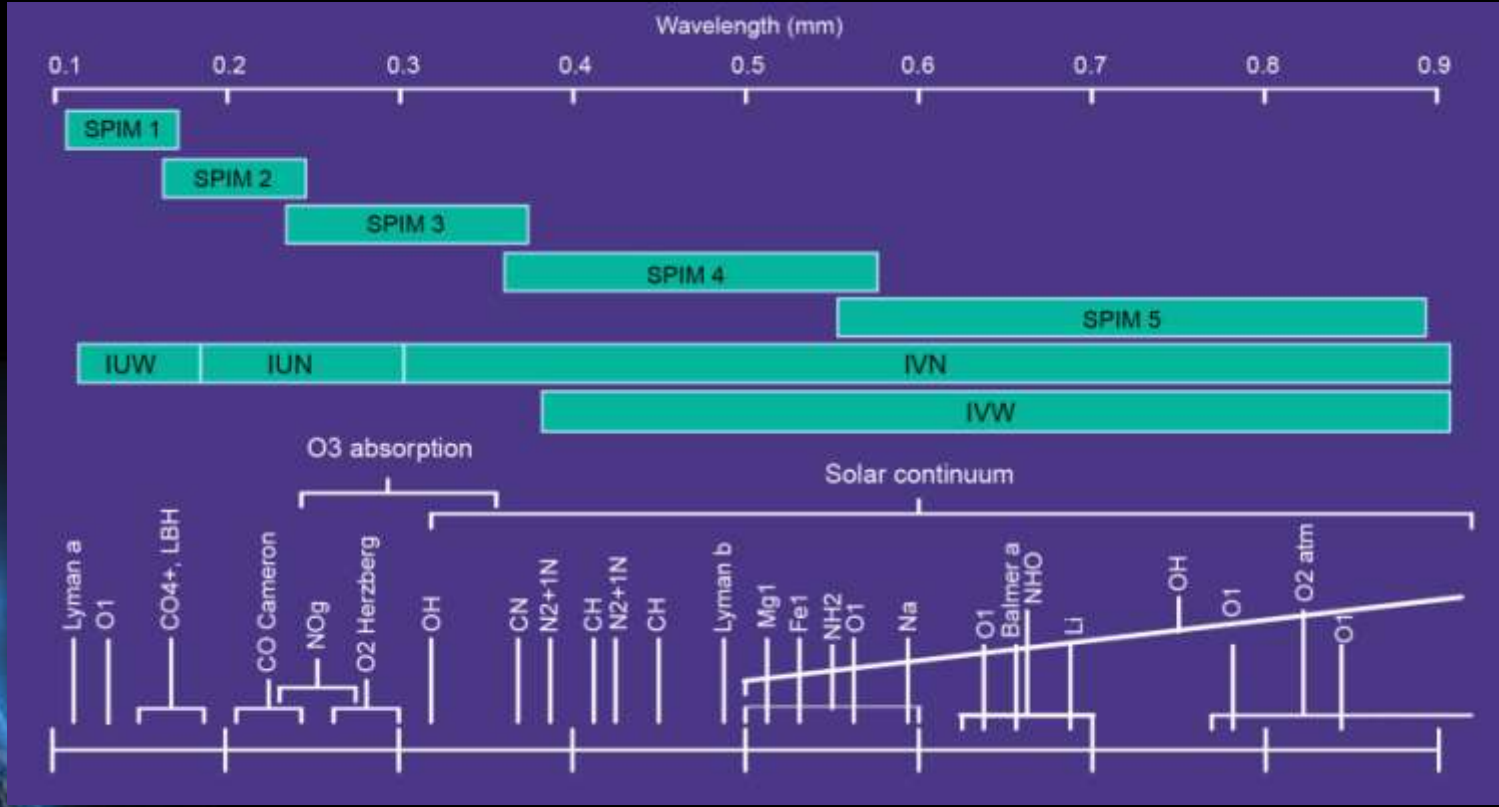


«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты FLUXUS – измерения MSX УФ и видимый

Дистанция – 2800 км.

Частота кадров 2 Гц.
Есть первичные данные
«в цифре»

9 каналов: 4 камеры и 5 спектрографов
ПЗС матрицы с усилителями яркости
Все каналы одинаковы, кроме фотокатодов
Мгновенный динамический диапазон 10^3





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты FLUXUS – измерения MSX УФ и видимый

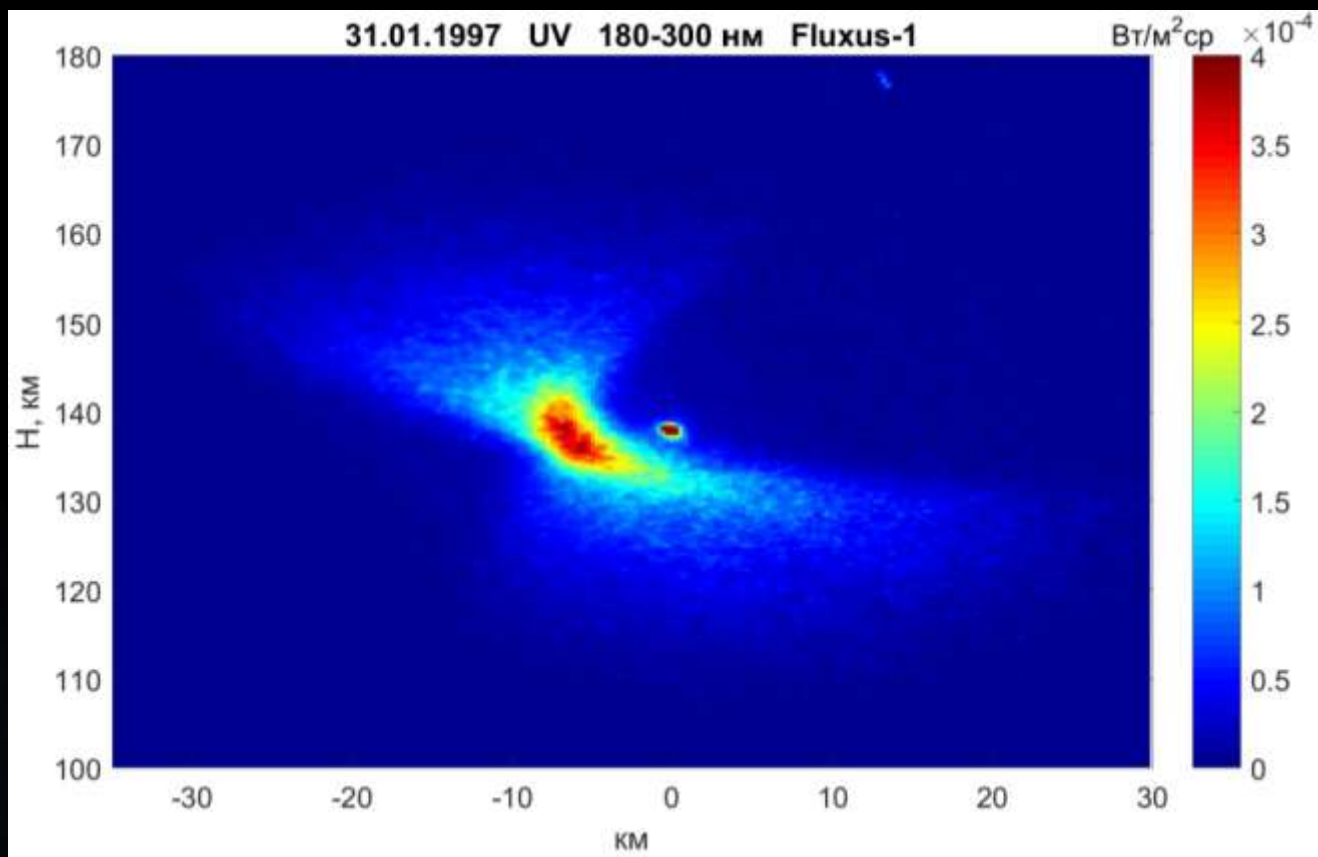
**9 каналов: 4 камеры и 5 спектрографов
ПЗС матрицы с усилителями яркости**

Дистанция – 2800 км.

Частота кадров 2 Гц.

Есть первичные данные «в цифре»

Только 1 кадр, следующий уже «пустой»





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты FLUXUS – измерения MSX УФ и видимый

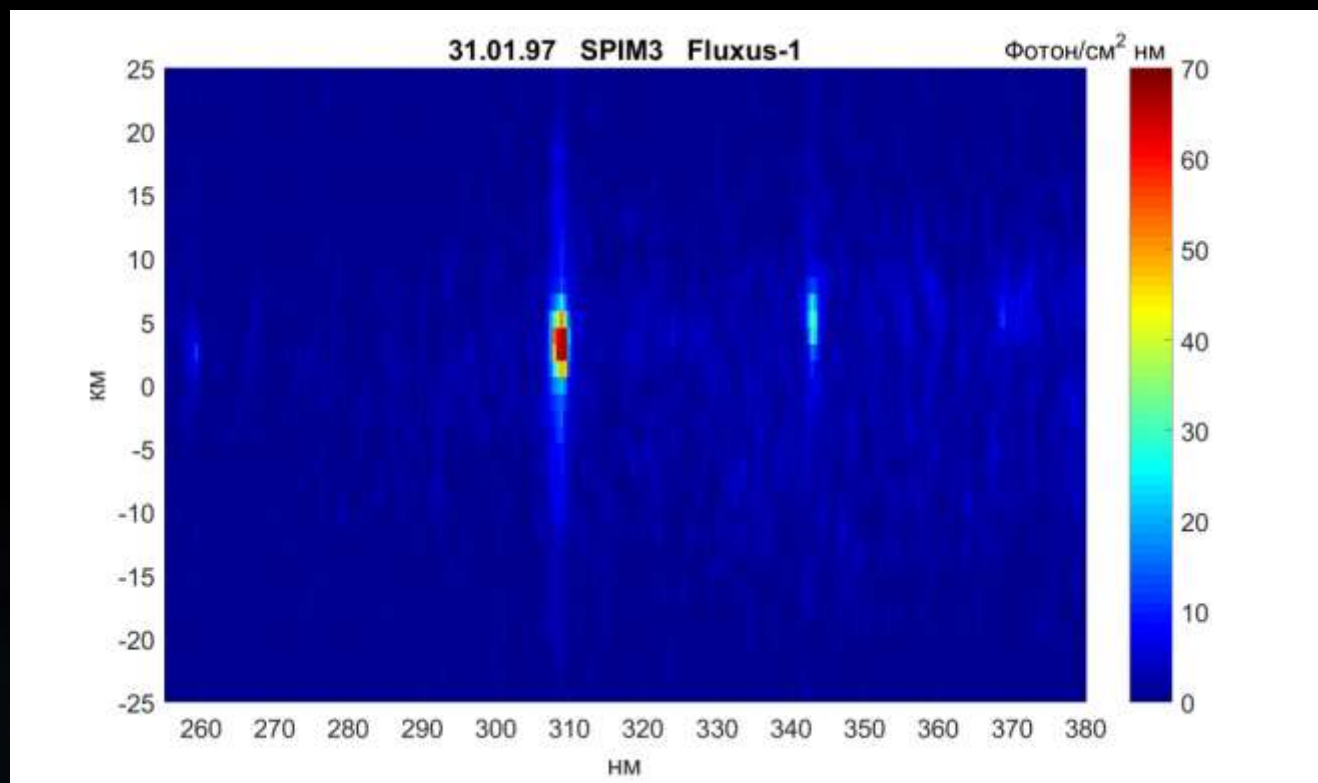
**9 каналов: 4 камеры и 5 спектрографов
ПЗС матрицы с усилителями яркости**

Дистанция – 2800 км.

Частота кадров 2 Гц.

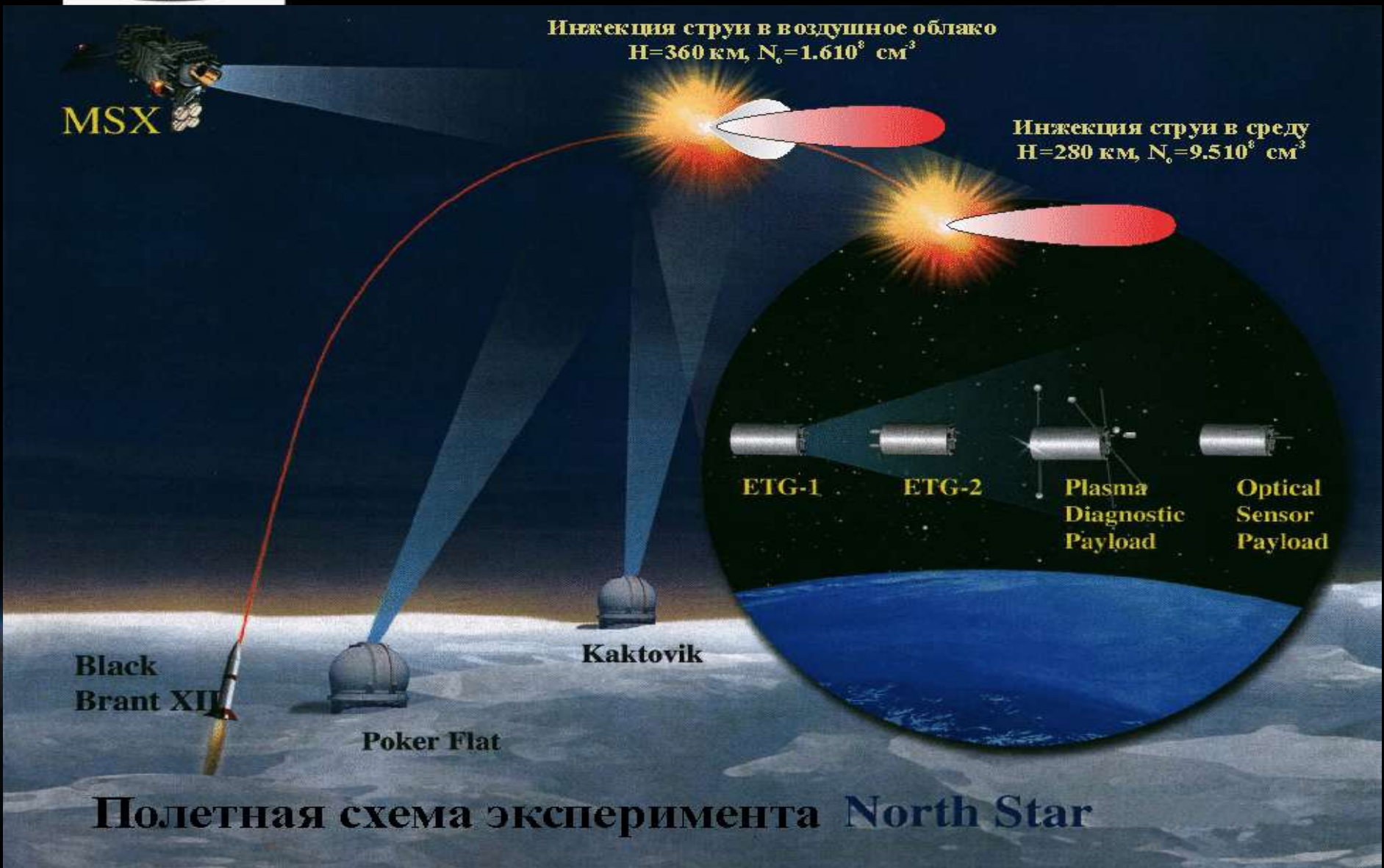
Есть первичные данные «в цифре»

Только 1 кадр, следующий уже «пустой»





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты North Star





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты

North Star

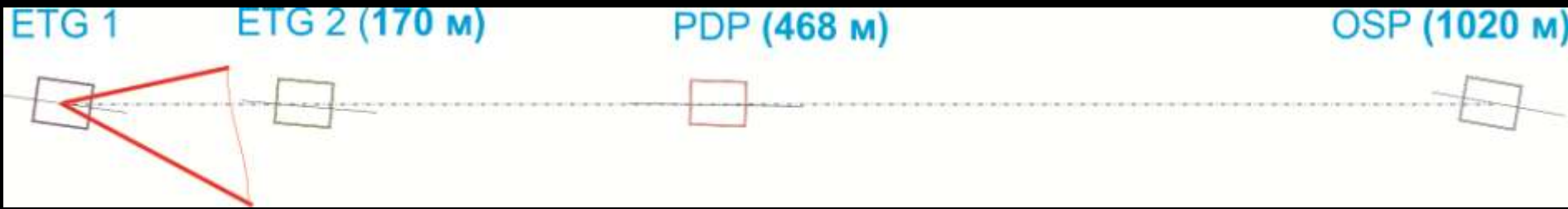
Наземные измерения

Датчик	Хар-ки	Частота, Гц	Примечание
ТВ камера	Видимый	60	Общая картина свечения, Poker Флэт
Скоростная камера	Видимый	1000	С усилителем яркости, Кактовик
Магнитометр		1/60	
Камера полного неба		30	





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты North Star



ETG-2

Датчик	Хар-ки	Частота, кГц	Примечание
Пиро-1	Открытый	100	
Ленгмюр		100	
Магнитометр		100	
Фотометр	380-420 нм	40	
	290-350 нм	40	



«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты North Star 1, PDP

Датчик	Хар-ки	Частота, кГц	Примечание
Пиро-1	Открытый	50	Смотрит назад
Пиро-2	0.2-4 мкм	50	
Пиро-3	0.11-8 мкм	10	
Ленгмюр		50	
Магнитометр		50	
Фотометр	380-420 нм	50	Смотрит назад Смотрит назад
	290-350 нм	10	
	380-420 нм	10	
	290-350 нм	10	
Детектор частиц			
Электроны	3-200 эВ	150 Гц	
Ионы	2-2000 эВ	150 Гц	
Е поле	0-12МГц		Волновые формы и спектры





«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты North Star 1, OSP

Датчик	Хар-ки	Частота, кГц	Примечание
Спектрограф	190-410 нм 385-773 нм	0.19 0.19	$\pm 10^\circ$, разрешение 2-4 нм
Ленгмюр		0.78	
Магнитометр		0.78	
Фотометр	360-420 нм 234-274 нм 301-326 нм 290-350 нм 330-370 нм 380-420 нм 700-800 нм 400-1000 нм	6.25 50 50 6.25 6.25 50 50 6.25	Al I Al I Rydberg Al I Solar blind UV Al I Al I Near IR Visible
Радиометр	1.539-1.686 мкм 2.55-3.02 мкм 2.682-2.742 мкм 4.14-4.41 мкм 2.95-3.60 мкм 7.3-9.3 мкм	6.25 6.25 6.25 6.25 0.78 0.78	$\pm 22^\circ$



«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты

3 ВЫСОТЫ:

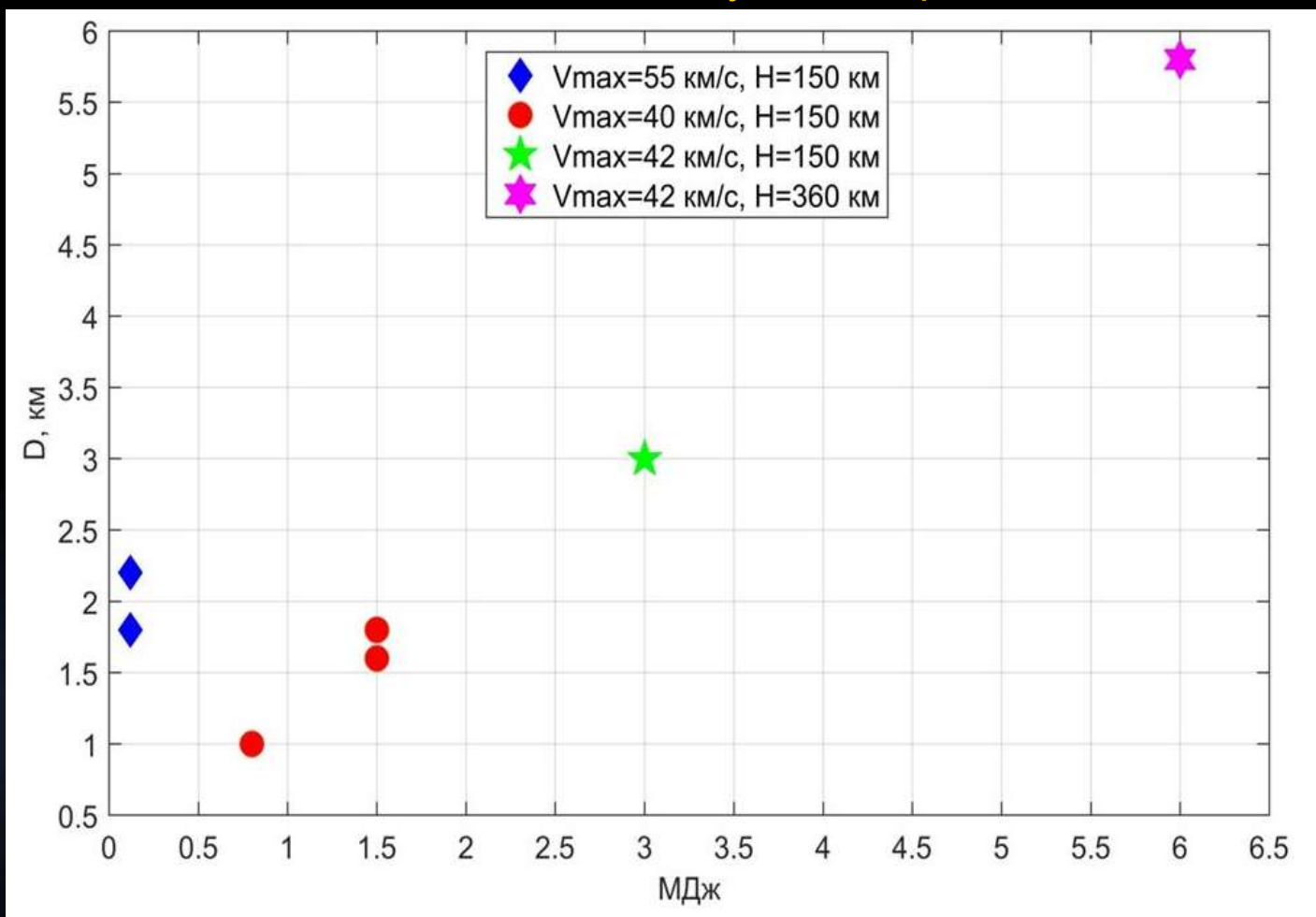
140-150 км

280 км

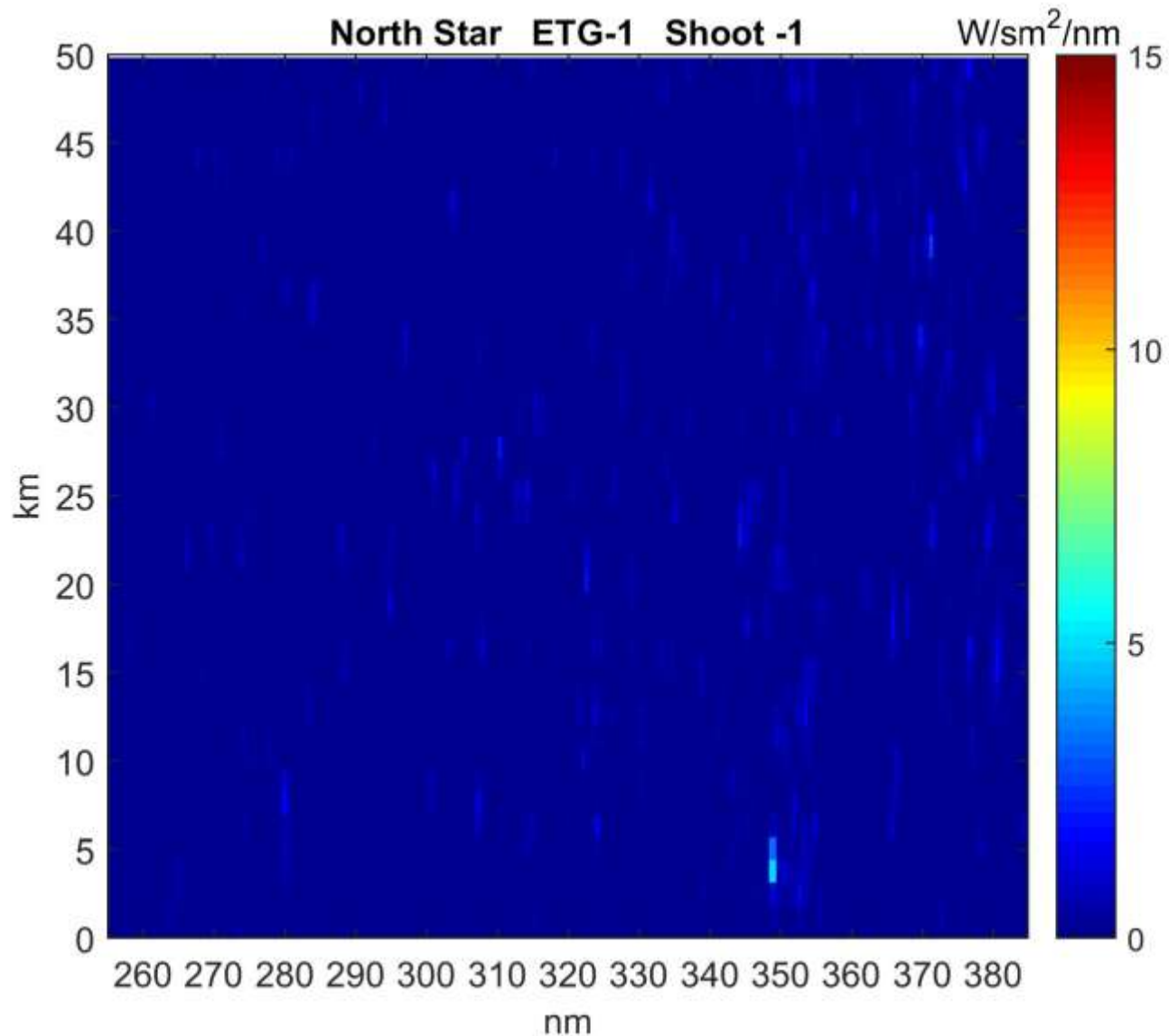
360 км – инъекция в облако экв. высоте 150 км, радиус 100 м.

Влияние максимальной скорости

Видимый диапазон, секундные времена



«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты North Star 1, MSX SPIM-3



«Ближняя зона» и «Дальняя зона» Космические эксперименты North Star 2, MSX SPIM-3

