

**Биологические эффекты солнечной активности,  
Междисциплинарный семинар,  
ИТЭБ РАН, 8 апреля 2004 г., Пущино-на-Оке.**

**С.В. Авакян**

**Биологические эффекты солнечной  
активности и ридберговские  
состояния**

**Освещаемые вопросы:**

- 1) Как, кем и когда будет наконец налажен постоянный Космический патруль коротковолновой активности Солнца - наиболее геоэффективного параметра солнечной активности?**
- 2) Каковы механизмы солнечно-биосферных связей?**

# 1. Аппаратура Космического патруля ионизирующего излучения Солнца

**ГОИ им. С.И. ВАВИЛОВА**

*Лаборатория Аэрокосмической физической оптики:*

**Авакян С.В., Андреев Е.П., Афанасьев И.М., Богданов В.Г., Борткевич В.С. Быстров А.С.,  
Веселов Д.П., Воронин Н.А., Ефремов А.И., Иванов А.П., Лебединская М.Л., Леонов Н.Б.,  
Леханов Е.Ф., Прибыловский И.М., Сазонов Г.В., Серова А.Е., Тимофеев Н.Н.**

*Лаборатория дифракционных решеток:* **Савушкин А.В., Яковлев Э.А.**

*Лаборатория импульсной фотометрии:* **Кувалдин Э.В., Корнилов В.Н.**

*Лаборатория источников света:* **Шишацкая Л.П.**

**ОАО "ВНИИТРАНСМАШ": Астафуров П.М., Федосеев С.В., Хаханов Ю.А.**

**Санкт-Петербургский государственный университет: Савинов Е.П.**

**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН: Баранова Л.А.**

## 2. Микроволновое излучение Ридберговских состояний - новый фактор физики солнечно-земных связей.

## Главные научные консультанты

**Данилов Алексей Дмитриевич**, профессор,  
Институт прикладной геофизики

**Иванов-Холодный Гор Семенович**, профессор,  
Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн  
РАН

**Коваленок Владимир Васильевич**, летчик-космонавт, профессор,  
президент Федерации космонавтики России

**Савиных Виктор Петрович**, летчик-космонавт, профессор,  
ректор Московского института геодезии и картографии,  
член Межведомственного совета по развитию  
оптического приборостроения

## **Иностранные коллабораторы проектов Международного научно-технического центра по Космическому солнечному патрулю**

### **Dr. Gerhard Schmidtke,**

Fraunhofer Institute of Physical Measurement Techniques (IPM), Германия  
(проекты #385, 385B, 1523, 2500)

### **Dr. Norbert Pailer,**

Daimler Craysler AEROSPACE, Dornier Satellite System GmbH, Германия  
(проекты #385, 385B, 1523)

### **Dr. Jean-Pierre Delaboudiniere,**

Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS), Universite Paris XI, ORSAY, Cedex,  
Франция (проекты #385, 385B)

### **Dr. A.D. Aylward,**

Atmospheric Physics Laboratory, Dept. of Physics and Astronomy, University  
College London, Великобритания (проекты #1523, 2500)

### **Dr. Frank Scholze,**

PTB Laboratory at BESSY Physikalisch-Technische Bundesanstalt,  
Германия (проект #2500)

### **Dr. Alain Hilgers,**

ESTEC/ESA Noordwijk, Netherlands (проект #2500)

### **Dr. Uk-Won Nam,**

Korea Astronomy Observatory, Республика Корея (проект #1523)

## Резолюции в поддержку проекта Космический Солнечный Патруль

- **Международный комитет по космическим исследованиям (КОСПАР), 1996**
- **Международный радиосоюз (УРСИ), 1996**
- **Международная ассоциация по геомагнетизму и аэрономии (МАГА), 1999**
- **Международный симпозиум по Программе термосферных, ионосферных и геосферных исследований (TIGER), 1999**
- **КНТС Росавиакосмоса и Российской Академии Наук, (секции № 2 и 9.2), 2000**

# Области использования данных Космического Солнечного Патруля

- Радиосвязь
- Радионавигация, радиолокация
- Космическая техника, пилотируемая космонавтика
- Метеорология:
  - грозовая активность
  - глобальные климатические изменения
- Гелиобиология
  - медицина (кризисные явления, эпидемиология, профпатология)
  - сельское хозяйство (прогноз урожаев и активности вредителей)
- Сейсмология
- Социология

## Цель и ожидаемые результаты

Целью Космического солнечного патруля является создание впервые в мире системы постоянного контроля вариаций потока ионизирующего излучения Солнца. Это излучение короче 134 нм полностью поглощается в верхней атмосфере Земли и, поэтому может исследоваться только с борта ракет и космических аппаратов.

**В настоящее время в мире такой патруль в наиболее важном для науки, техники и практики диапазоне солнечного спектра отсутствует. Это обстоятельство связано исключительно с техническими и методологическими трудностями проведения измерений и калибровок в данной области спектра на космических аппаратах.**

Создание патруля позволит на новой научной основе рассмотреть роль солнечных событий в метеорологии, ионосферной и космической погоде, в сбоях работы и торможении космических аппаратов, медицинских, а возможно и в социальных проблемах, в возникновении сейсмических катастроф (землетрясений).

Итак, создание Космического солнечного патруля явится коренным скачком в современной науке.

Ценность конечного результата проекта - данных о "дыхании" Солнца, носит общечеловеческий масштаб.



## **Задачи “Космического солнечного патруля”**

- 1. Постоянный долговременный контроль за солнечной активностью и излучением солнечных вспышек в коротковолновом диапазоне.**
- 2. Выявление роли солнечных вспышек в возмущении околоземной космической среды - КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ**
- 3. Предсказание катаклизмов на Земле.**

## **Технические характеристики и состав оптико-электронной аппаратуры Космического Солнечного Патруля :**

1. Радиометр Космического Солнечного Патруля для абсолютных измерений в области 0,14 – 157 нм с 20 фильтрами: фольгами, пленками и кристаллами.
2. Спектрометр крайнего УФ-излучения (КУФ) нормального падения Космического Солнечного Патруля для регистрации спектра Солнца и его вариаций в области 16 – 230 нм (шестиканальный).
3. Спектрометр рентгеновско-ультрафиолетовый (РУФ) скользящего падения Космического Солнечного Патруля для регистрации спектра Солнца и его вариаций в области длин волн 1,8 – 198 нм (четырёхканальный).

### **Уникальные разработки ГОИ, включенные в аппаратуру:**

- Открытый вторично-электронный умножитель (ВЭУ) с "солнечно-слепым" фотокатодом из окиси бериллия.
- Дифракционная нарезная решетка ГОИ – 600 штрихов/мм с переменным шагом, радиус кривизны – 28080 мм, покрытие – золото.
- Дифракционная нарезная решетка ГОИ – 3600 штрихов/мм, радиус кривизны – 250 мм, покрытие – золото.

# **Результаты и планы работ по проекту "Космический Солнечный Патруль"**

**Сейчас вся аппаратура создана и испытана в вакуумных камерах ГОИ и ESTEC (Радиометр).**

**В рамках нового проекта МНТЦ # 2500 будет проведена абсолютная калибровка всей аппаратуры КСП на синхротронном источнике излучения.**

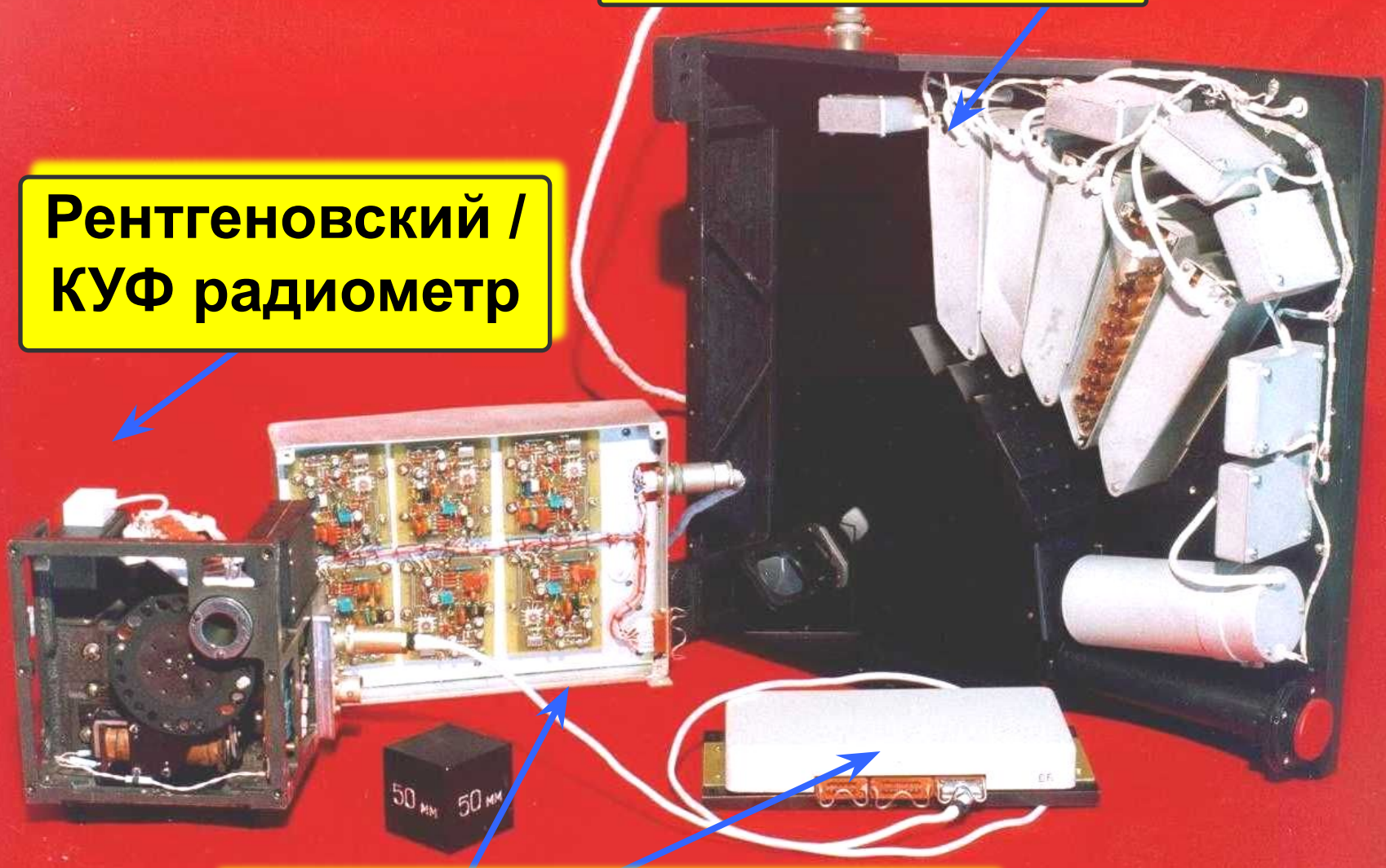
**Аппаратура запланирована к постановке на Российский модуль Международной космической станции (Радиометр и КУФ-спектрометр) для опытной эксплуатации через ОАО РКК "Энергия" им. С.П. Королева.**

**Для постоянного мониторинга в непрерывном режиме Космический патруль (Радиометр и РУФ-спектрометр) планируется к установке на ИСЗ с солнечносинхронной орбитой.**

**КУФ спектрометр**

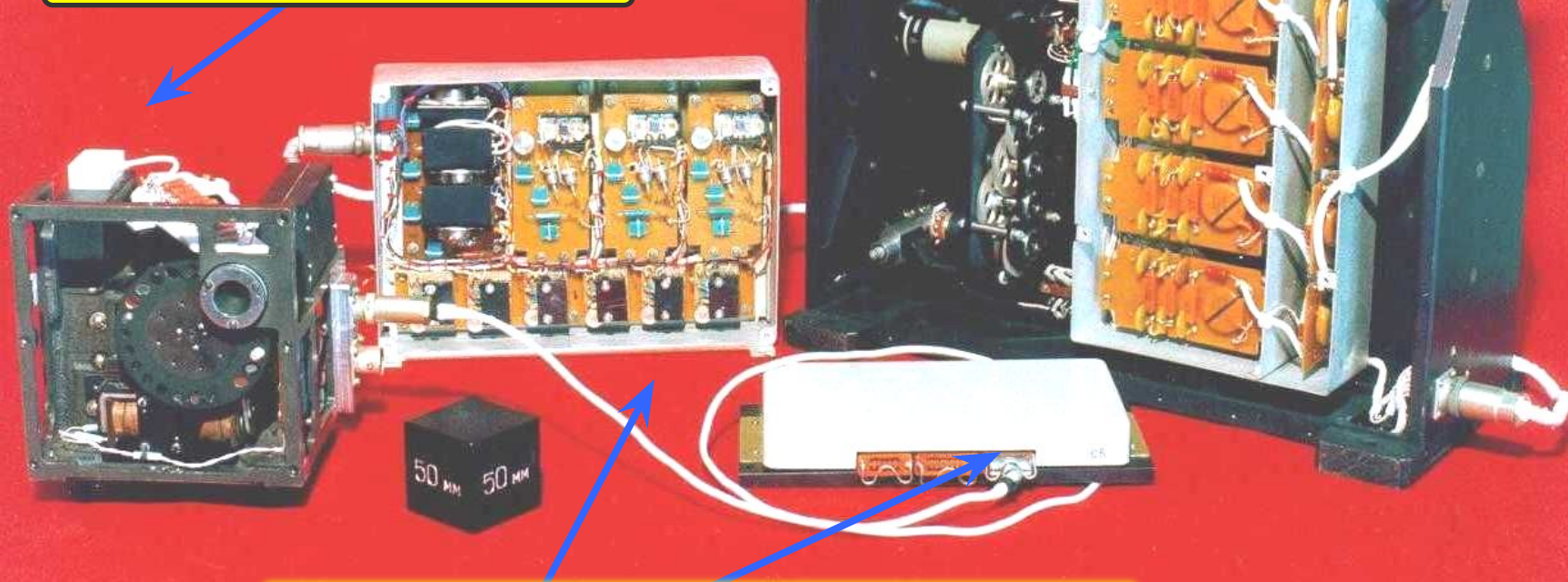
**Рентгеновский /  
КУФ радиометр**

**Радиотехнические блоки**



# КУФ спектрометр

Рентгеновский /  
КУФ радиометр



Радиотехнические блоки

**Рентгеновский спектрометр**

**Рентгеновский /  
КУФ радиометр**

250 мм

**Радиотехнический блок радиометра**



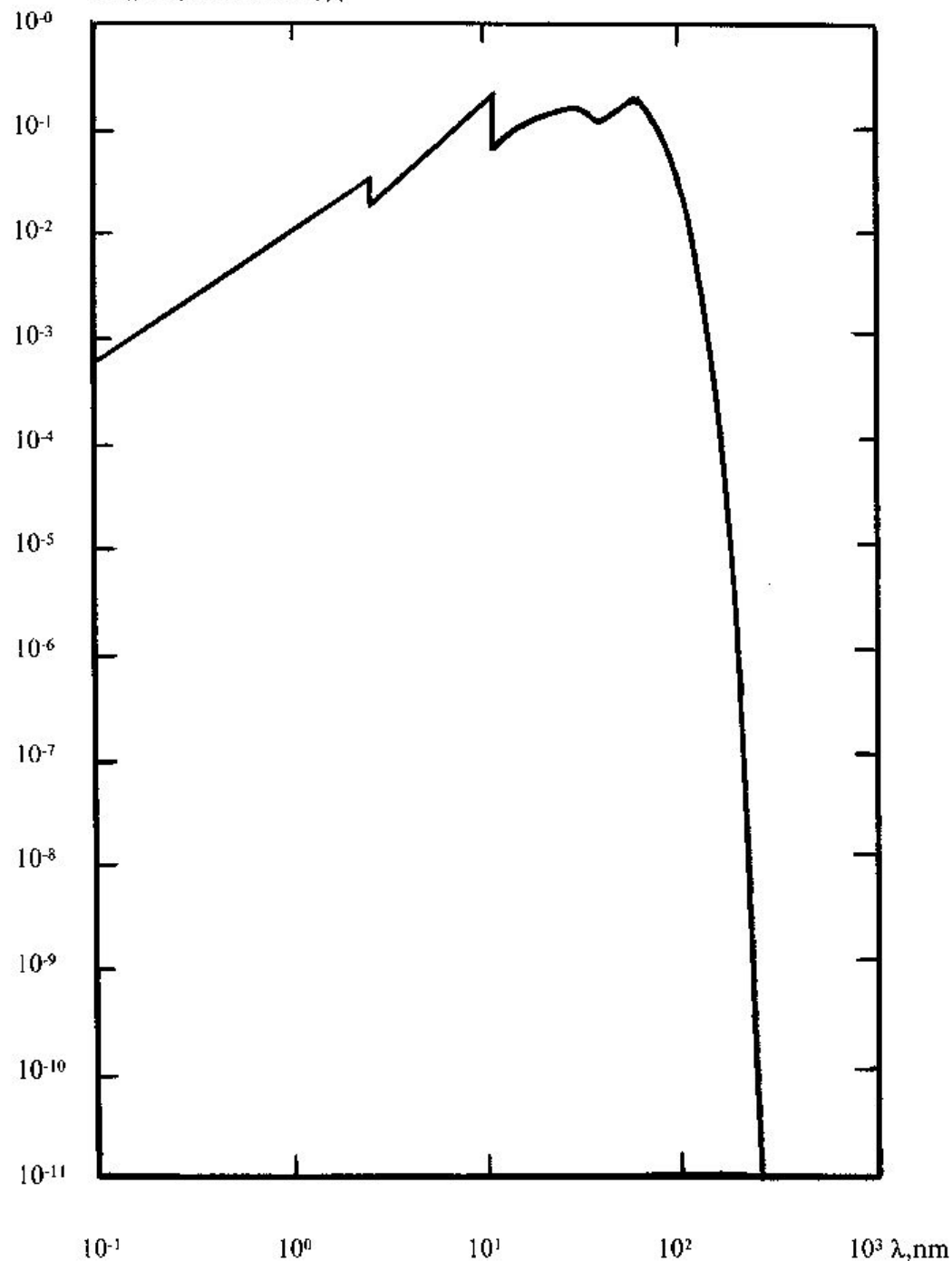
**Рентгеновский спектрометр**

**Рентгеновский /  
КУФ радиометр**

**Радиотехнический блок радиометра**



Квантовый выход



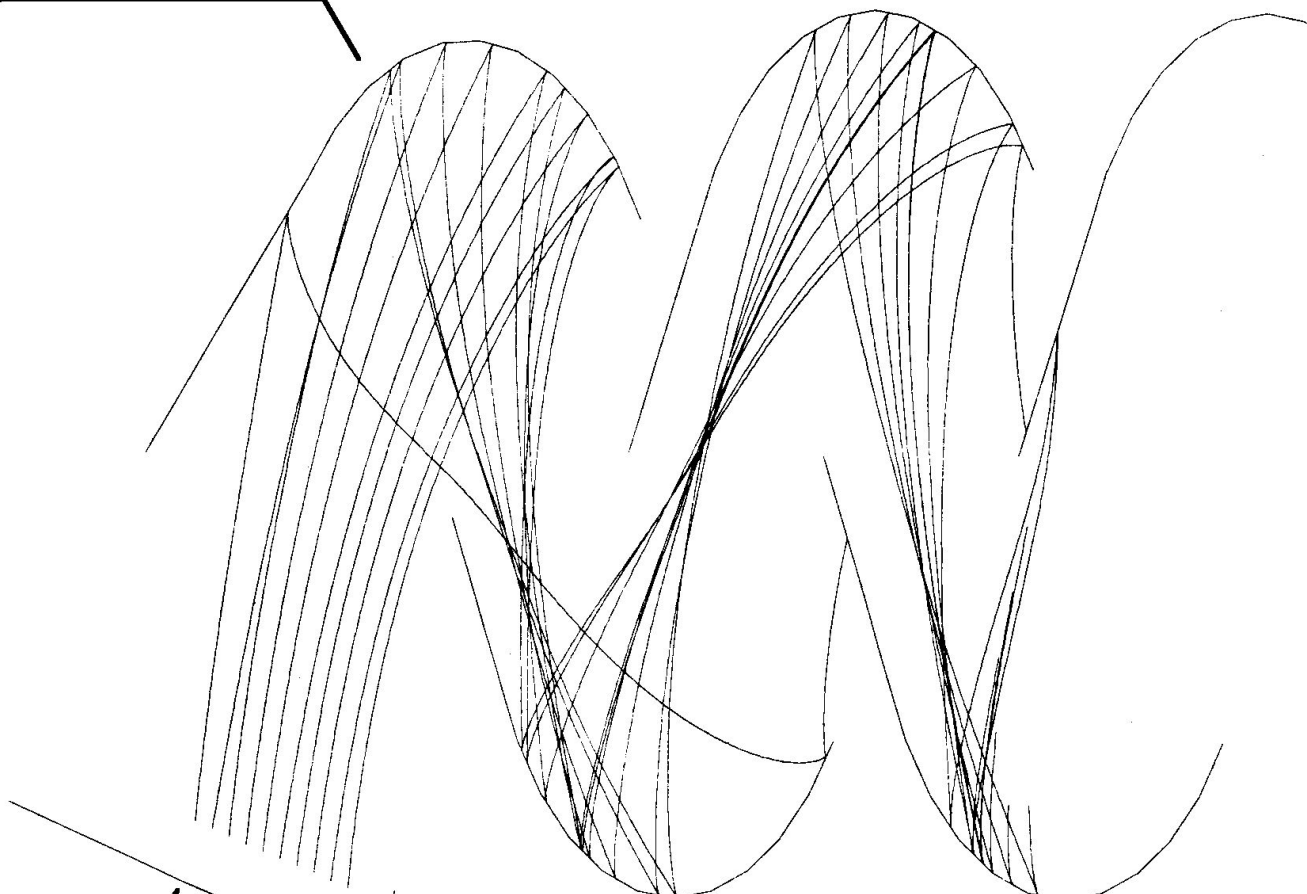
**Спектральное  
распределение  
квантового выхода  
фотоэлектронов  
для фотокатода  
*BeO* открытого  
вторично-  
электронного  
умножителя**



первый динод

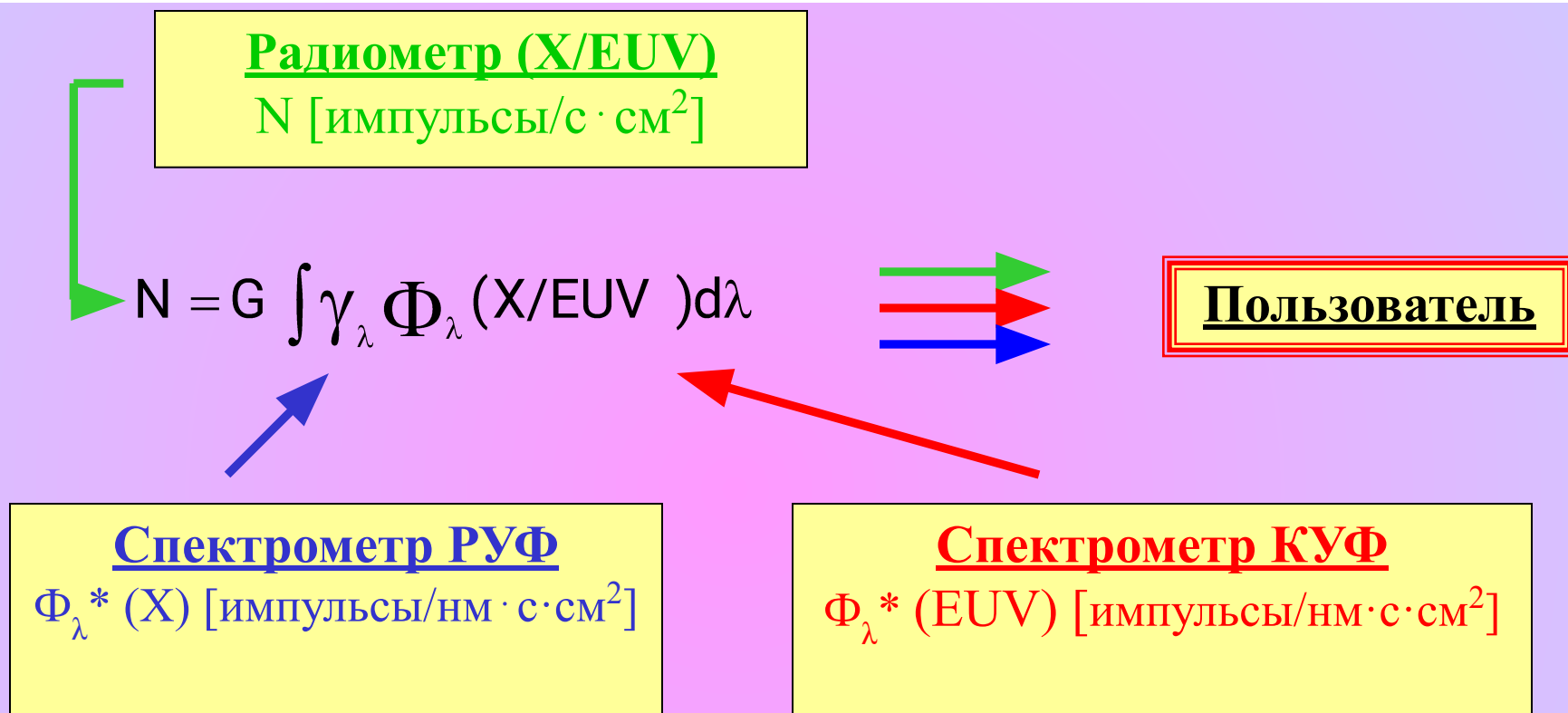
фотокатод

второй динод



Результаты расчета электронных траекторий в динодной системе вторично-электронного умножителя открытого типа при оптимальной конструкции динодов

# Схема получения абсолютной величины потока рентгеновского и крайнего УФ-излучения Солнца в Космическом солнечном патруле.



$N$  – показание Радиометра [импульсы/с · см<sup>2</sup>]

$\Phi_{\lambda}^*$  – текущая относительная спектральная функция

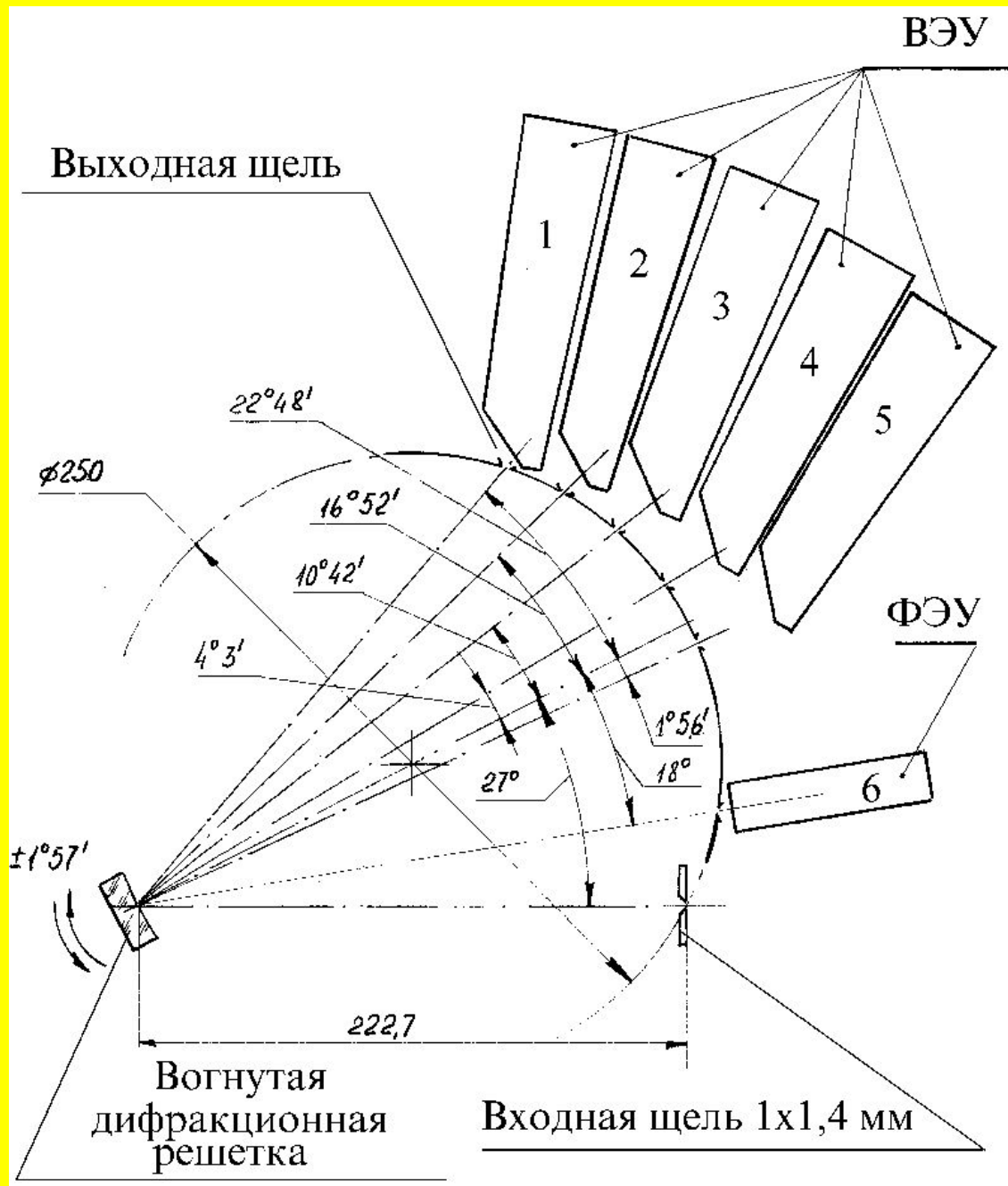
$\Phi_{\lambda}$  – абсолютный поток рентгеновского и крайнего  
УФ излучения Солнца [кванты/нм · с · см<sup>2</sup>]

$G$  – геометрический фактор

$\gamma_{\lambda}$  – чувствительность аппаратуры

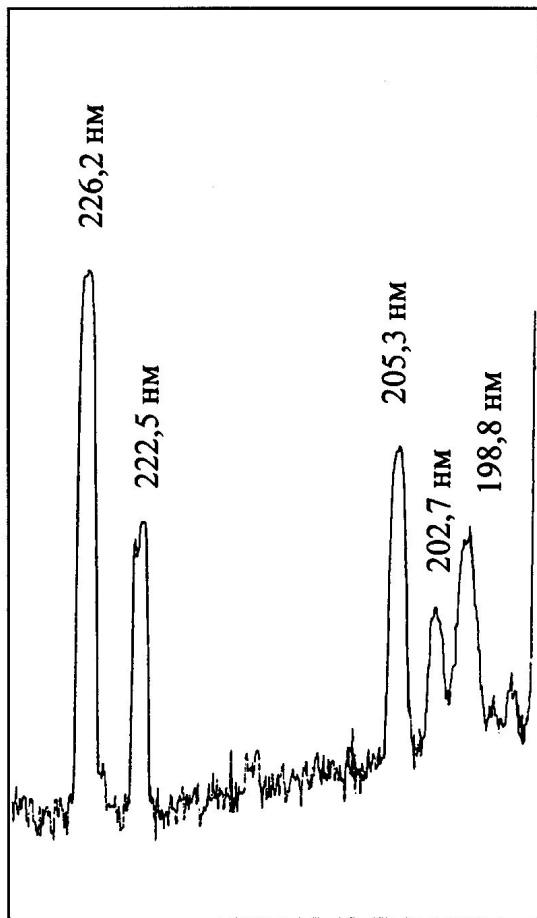
# Фильтры Радиометра Космического Солнечного Патруля

№ позиций	Материал	Диапазон длин волн, нм	Толщина, мкм	Размер, мм
1	–	– 55	–	–
2	–	калибровка Fe <sup>55</sup>	–	–
3	–	калибровка Fe	–	–
4	–	тестирование радио сигнала	–	–
5	Al– пленка	тестирование нулевого уровня 17–50	0.1	Ø 0.2
6	Cu– пленка	0.14–0.25	17	4×6
7	Se– фольга	20–90	0.1	Ø 0.2
8	Tl– пленка	0.25–0.43	18	4×6
9	Sn– фольга	105–135	500	Ø 0.03
10	CaF <sub>2</sub> – кристалл	123–135	500	Ø 0.03
11	Be– кристалл	11–20	0.35	Ø 0.2
12	Tl– пленка	2.75–3.55	2	Ø 0.3
13	Sn– фольга	31–70	0.2	Ø 0.2
14	C– пленка	4.4–7	1.3	Ø 0.2
15	Tl– пленка	70–103	0.2	Ø 0.2
16	Be– пленка	0.3–1.8	28	4×6
17	Mg– фольга	22–60	0.2	Ø 0.2
18	Mg– пленка	1.0– 2.0	10	2×6
19	SiO <sub>2</sub> – фольга	>157	500	Ø 0.2
20	Sn– кристалл	52–80	0.2	Ø 0.2
21	Al– пленка	0.8–1.4	9	2×6
22	Sn– фольга	105–135	500	Ø 0.03
23	кристалл CaF <sub>2</sub> –кристалл	123–135	500	Ø 0.03
24	B– пленка	6.6–12	0.7	Ø 0.2

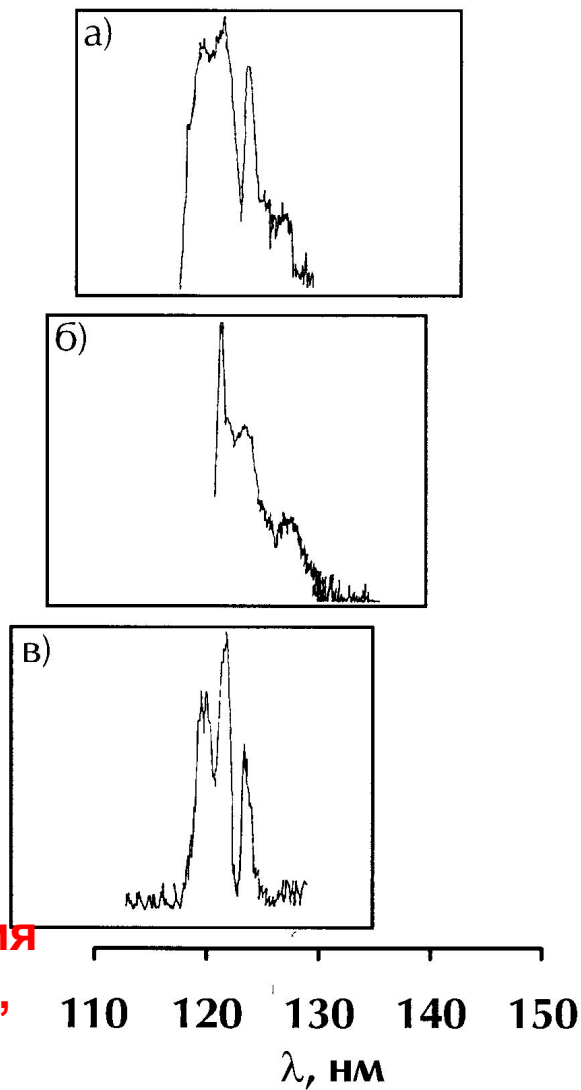


## Оптическая схема Спектрометра крайнего УФ-излучения Космического Солнечного Патруля

1. 16 - 34 нм,
2. 28 - 63 нм,
3. 57 - 92 нм,
4. 89 - 124 нм,
5. 118 - 153 нм,
6. 195 - 230 нм.

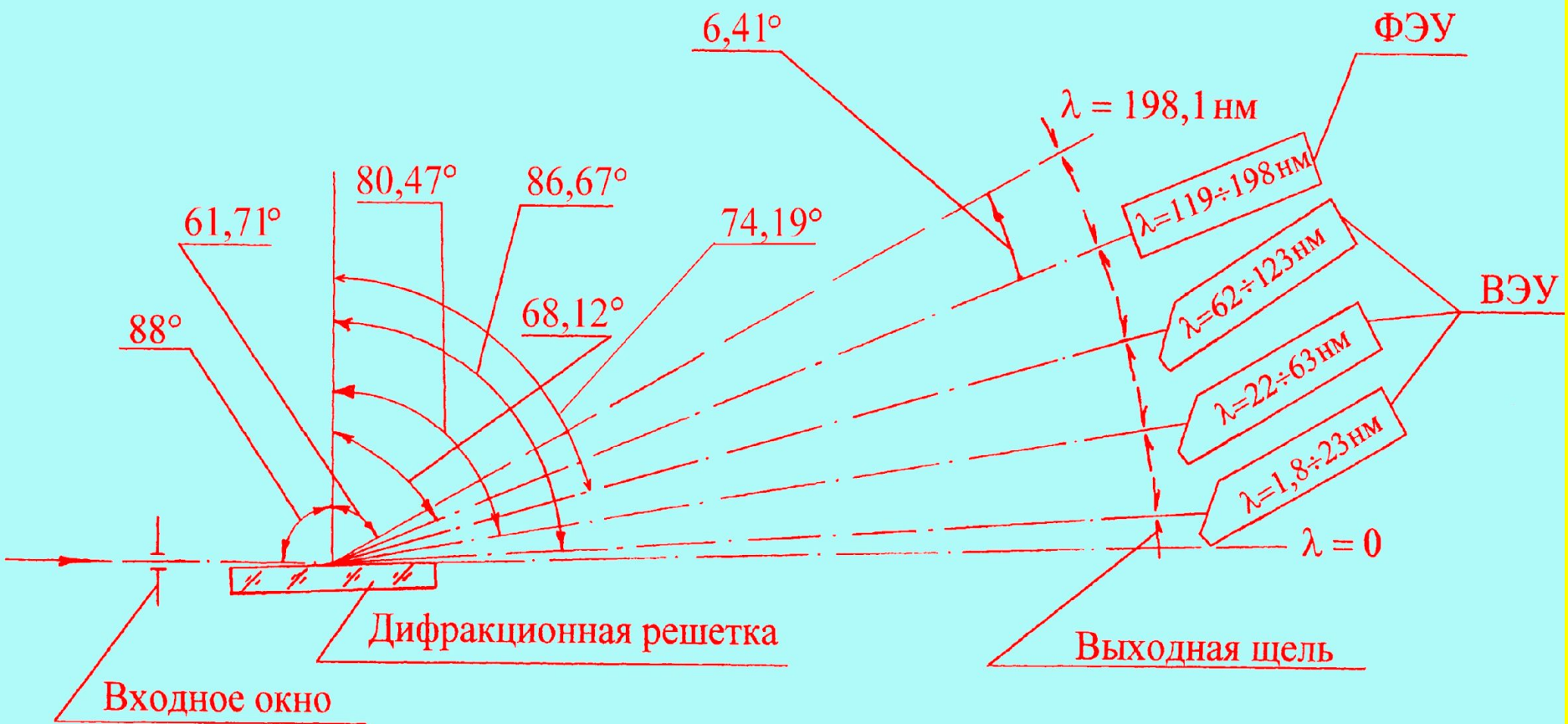


Калибровочный спектр излучения ртутно-гелиевой лампы ДРГС-12, полученный на воздушном (шестом) канале

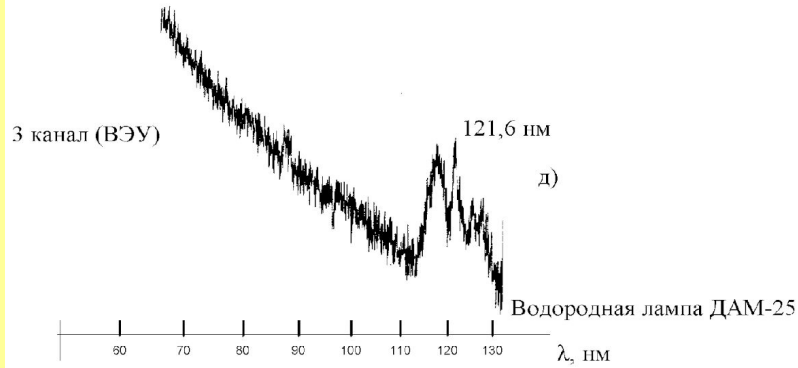
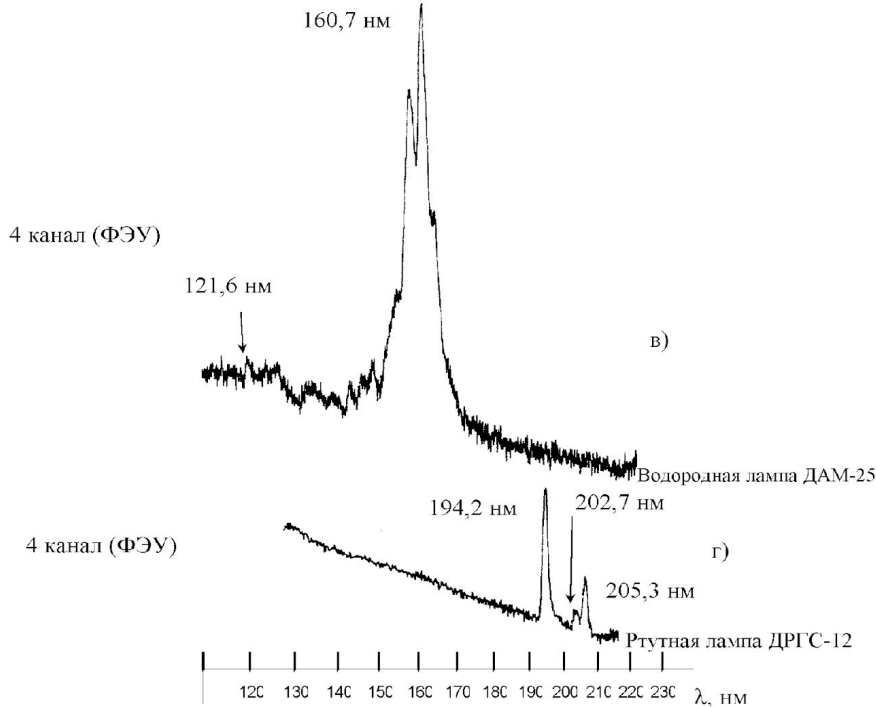
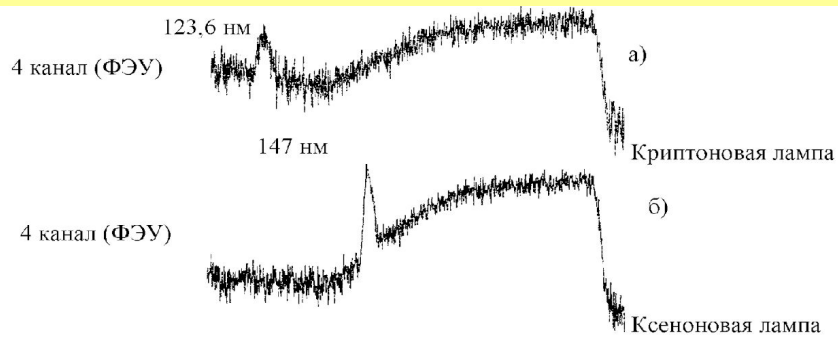


Спектры, полученные на КУФ-спектрометре Космического солнечного патруля (4 и 5 каналы) в вакуумной камере  
а) спектр дейтериевой лампы на 4 канале;  
б) на 5 канале  
в) на 4 канале (между окном камеры и окном лампы воздушный промежуток 10 мм);

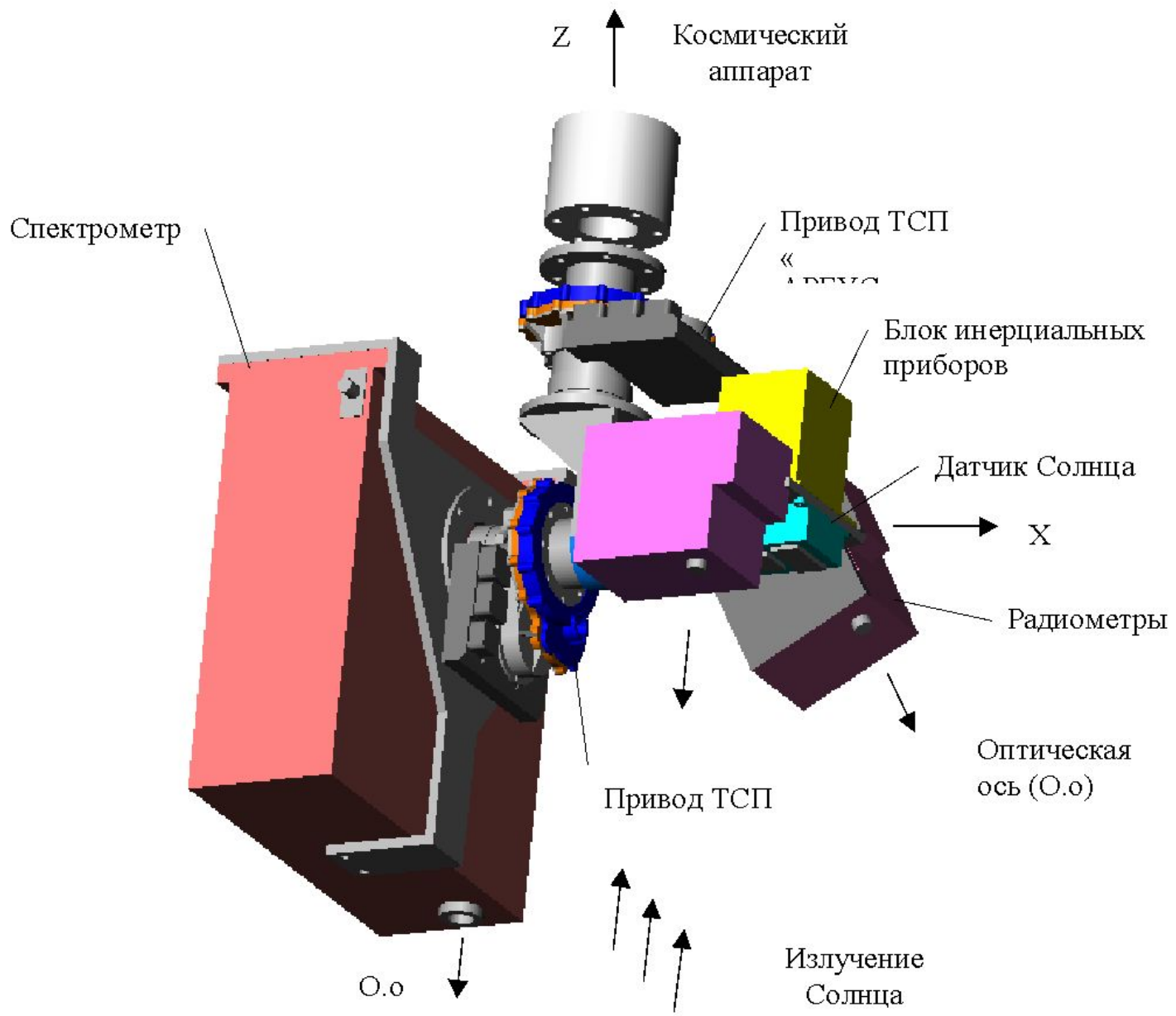
Спектры, полученные на КУФ-спектрометре Космического солнечного патруля (4 и 5 каналы) в вакуумной камере



**Оптическая схема рентгеновско-ультрафиолетового спектрометра Космического Солнечного Патруля**



**Спектры,  
полученные на  
Рентгеновском  
спектрометре  
Космического  
солнечного патруля  
(3 и 4 каналы) в  
вакуумной камере**



Вариант расположения научных приборов Космического солнечного патруля на солнечно-ориентированной платформе



# Национальное превосходство России в проекте ГОИ “Космический солнечный патруль”

- Создана космическая оптико-электронная аппаратура для измерения ионизирующего излучения Солнца, **не имеющая мировых аналогов.**
- Предложена и реализована методология измерения ионизирующего излучения в космосе, **не имеющая мировых аналогов.**
- Воссоздана технология изготовления наиболее эффективных “солнечно-слепых” приемников ионизирующего излучения для диапазона спектра, короче 125 нм, – вторично-электронных умножителей открытого типа, **не имеющих мировых аналогов.**
- Начато создание синхротронного канала абсолютной калибровки аппаратуры для мягкого рентгеновского и крайнего УФ излучения, по широте спектрального диапазона **не имеющего мировых аналогов.**

# Биологические эффекты солнечной активности и ридберговские состояния.

**Солнце**

**Солнечная активность - вспышки**

**Геомагнитосфера**

**Геомагнитная активность - магнитные бури**

**Усиленный поток УФ и рентгена**

**Высыпающиеся корпускулы**

**Ионизация в ионосфере**

**Фотоэлектроны и вторичные электроны + Оже-электроны – ГОИ, 1974**

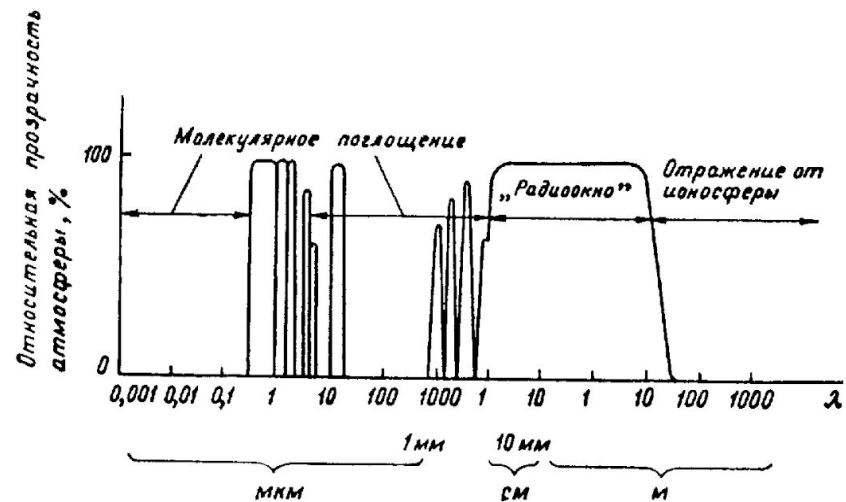
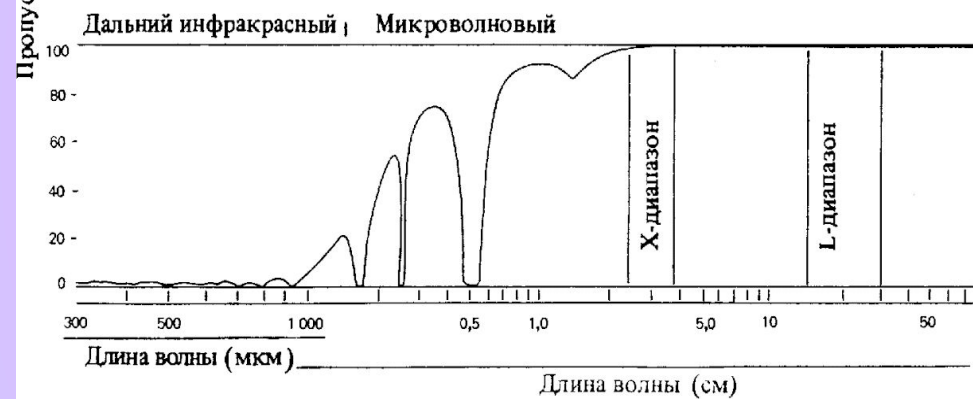
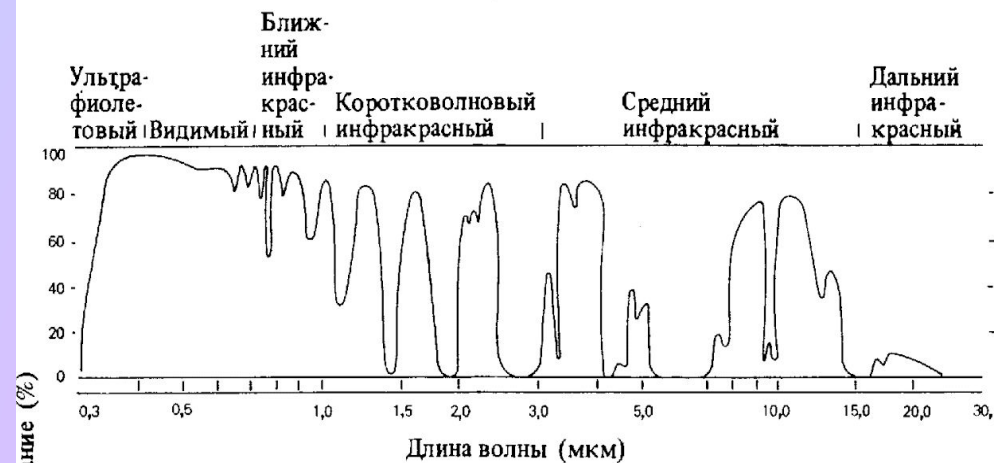
**Ридберговское возбуждение атомов и молекул – ГОИ, 1994**

**Микроволновое монохроматическое излучение: мм, см, дм – НИРФИ, 1973**

**Агент X, Чижевский, 1936**

**Резонансная реакция живых систем – Девятков, 1965, Frohlich, 1968**

**"Неблагоприятные" для больных дни**



**Прозрачность атмосферы во всем диапазоне электромагнитного спектра.**

# Некоторые проблемы для будущих исследований:

## Ионосферная плазма

- уточнение пропускания земной атмосферы для микроволнового ионосферного излучения и истинных спектральных распределений ридберговских верхнеатмосферных эмиссий во всех окнах прозрачности;
- моделирование временного и пространственного модулирования микроволнового излучения ионосферы при прохождении акустико-гравитационных и инфразвуковых волн в верхней атмосфере;
- модельные теоретические и экспериментальные исследования формирования ридберговского излучения в плазме атмосферных газов;

# Некоторые проблемы для будущих исследований:

## Биофизика и медицина

- уточнение порогов восприятия характеристических острорезонансных микроволновых ридберговских излучений здоровых и больных людей;
- исследования в области эффектов каналирования в передаче управляющих сигналов электромагнитным излучением внутрь живых организмов.