

## Радиолокатор бокового обзора для экологического мониторинга из космоса

Ю.А. Палатов<sup>2</sup>, А.М. Антохин<sup>2</sup>, С.А. Втюрин<sup>1</sup>, В.И. Казанцев<sup>3</sup>, Н.А.Князев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН,  
117997 Москва, Профсоюзная 84/32, ИКИ РАН*

*E-mail: nknyazev@iki.rssi.ru*

<sup>2</sup> *ФГУ «27 Научный Центр МО РФ»  
105005 Москва, Бригадирский пер., 13, ФГУ «27 НЦ МО РФ»*

<sup>3</sup> *МГТУ им. Н.Э. Баумана  
105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Сообщается о возможности создания радиолокатора бокового обзора (РЛ БО) миллиметрового диапазона длин волн в интересах проведения аэрокосмического мониторинга загрязнений окружающей среды физиологически активных веществ (ФАВ) в диапазонах 3- 4 мм. Описывается структурная схема РЛ БО и конструкторские решения приемно-передающего тракта. Структурная схема обеспечивает зондирования атмосферы в двух режимах: активном и пассивном (радиометрическом). Приводятся основные технические характеристики РЛ БО.

**Ключевые слова:** Радиолокация, экология, мониторинг, загрязнения, дистанционное зондирование.

### Введение

Миллиметровый диапазон длин волн 3-4 и 8 мм привлекает внимание специалистов экологического мониторинга тем, что удельная эффективная площадь рассеяния (ЭПР) является максимально возможной для облаков газо-аэрозольных загрязнений атмосферы, а также тем данные участки спектра располагаются в окнах прозрачности атмосферы. Это обеспечивает максимально возможные чувствительность и дальность обнаружения облаков ФАВ (физиологически активных веществ) Разработка технического облика РЛ БО в настоящее время весьма актуальна, учитывая, что практически отсутствуют публикации о создании такого типа устройств, пригодных для размещения на универсальной космической платформе (УКП).

Радиолокатор предназначен для наблюдения в диапазоне миллиметровых волн за метеорологическими объектами истилающей поверхностью Земли, в том числе и за аэрозольно- газовыми облаками промышленных выбросов от потенциально опасных объектов: АЭС, химических предприятия и т.п.

### Основные тактико-технические характеристики

Основные тактико-технические характеристики (ТТХ) радиолокатора приведены в таблице 1, а его структурная схема приведена на рисунке 1.

Радиолокатор состоит из радиопередающего устройства (СВЧ- генератора), радиоприемного устройства, антенного переключателя, генератора синхроимпульсов, синтезатора частот, сканирующего антенного устройства и бортового компьютера.

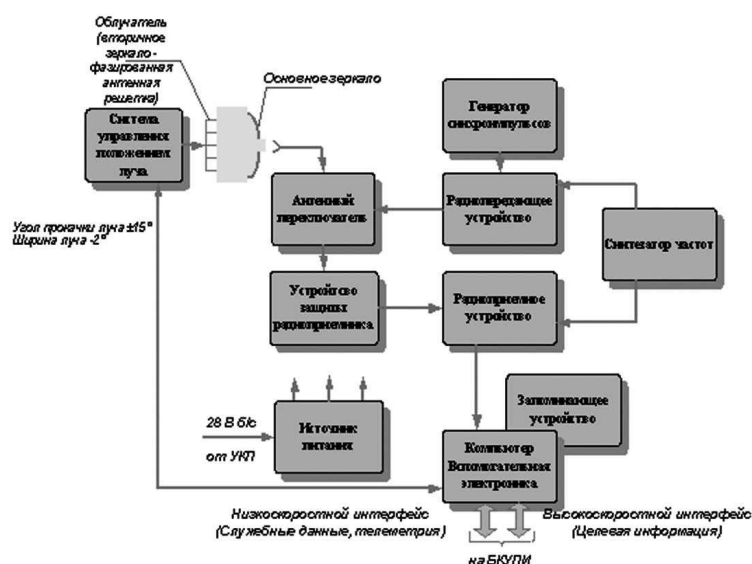


Рис. 1. Структурная схема РЛБО

Принцип работы каждого из блоков хорошо известен и в пояснениях не нуждается

Таблица 1. Основные ТТХ радиолокатора

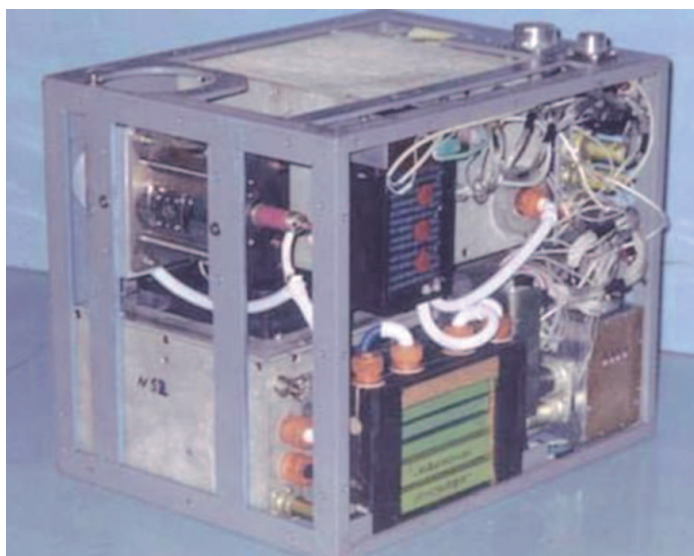
Параметр	Значение
Высота орбиты	500 км
Полоса обзора	300 км
Рабочая длина волны	3,2 мм
Режим работы	импульсный, возможно пакетно-импульсный
Стабильность частоты	не хуже $10^{-6}$
Длительность импульсов	0,1 – 0,5 мкс
Мощность в импульсе	не менее 4- 5 кВт
Средняя мощность	до 10 Вт
Диаметр основного зеркала	до 1,5 м
Полоса пропускания по промежуточной частоте	12,5 МГц
Динамический диапазон приемника	40 дБ
Антенна с синтезированной апертурой	120-160 элементов
Потребляемая мощность	500- 1000 Вт
Полоса пропускания приемника, ПЭ,	МГц 10
Предельная чувствительность приемника, $P_{пред}$ , дБВт - Динамический диапазон приемника с логарифмической характеристикой 70 дБ	120
Масса аппаратуры	35 кг
Габаритные размеры	450x300x350

ТТХ и блок-схема радиолокатора обеспечивают получение текущего значения датчиков углов по азимуту и углу места, точность определения координат: угловых направлений краев аномалий  $\pm 0,3^\circ$ , дальности  $\pm 100$  м. Суммарный вес радиолокатора не превышает 55 кг, а размеры антенны- 510 мм.

Следует остановиться на относительно большой мощности радиолокатора, мощность в импульсе не менее 4- 5 кВт. Компоновка магнетронного импульсного передатчика с полностью твердотельными высоковольтными источником питания и модулятором приведена на рис. 2 и 3.



*Рис. 2. Общий вид магнетронного генератора*



*Рис. 3. Компоновка высоковольтного источника питания*

Антенна с использованием зеркала параболического отражателя 3-х мм диапазона. Зеркало имеет диаметр – 510 мм и имеет следующие характеристики: Коэффициент усиления по суммарному каналу: составляет 58дБ, обеспечивая ширину диаграммы направленности ДН равную 0,21 град, уровень 1-го бокового лепестка -17...-18дБ; коэффициент усиления по разностному (азимутальному) каналу 55 дБ, глубину нулевого провала- 28дБ, крутизна пеленгационной характеристики 13 дБ/ угл. мин. Антенна имеет следующие параметры: Фрагмент ФАР  $\lambda = 3,2\text{мм}$  (94 ГГц); Ширина диаграммы направленности ДН - 40 дб (по уровню 3дБ).

- Фазовращатели- ферритовые, с памятью; количество фазовращателей в фрагменте- 151 шт.
- Дифференциальный фазовый сдвиг 0-3600; Фазовый дискрет - 450.
- Время переключения - 10 мкс.
- Сектор сканирования - 150.
- Потери в одном фазовращателе (отражательный режим)- до 3дБ.

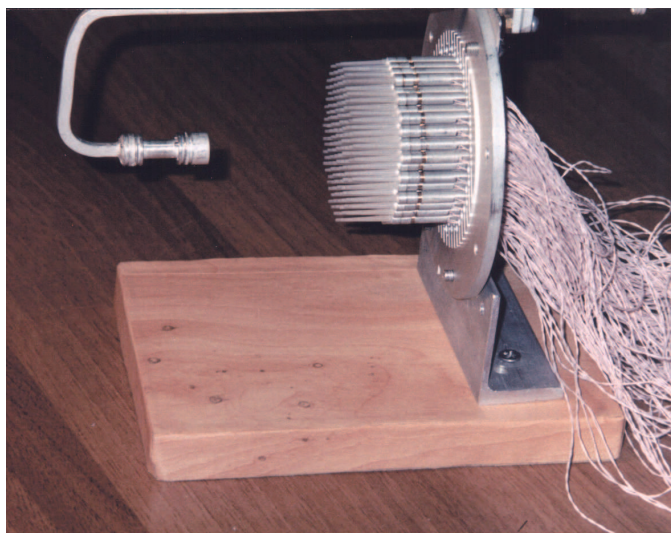


Рис. 4. Фрагмент ФАР

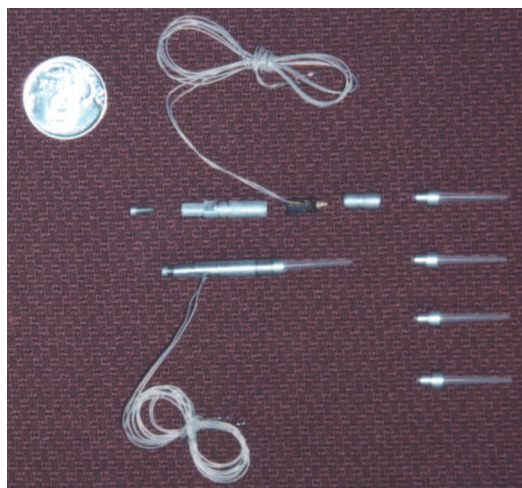


Рис. 5. Фазовращатель ферритовый

Радиолокационный приемник типовой и представляет когерентный супергетеродин с рабочей длиной волны  $\lambda = 3,2\text{мм}$ , промежуточной частотой  $f = 94 \pm 0,5$  ГГц при коэффициенте шума не более 10дБ.

Общая масса приемника не более 5 кг, Объем до  $5\text{дм}^3$ .

- Рабочая частота, ГГц  $94 \pm 0,5$
- Ширина ДН антенны, фД, град  $0,46$
- Предельная чувствительность приемника,  $R_{\text{ПРЕД}}$ , дБВт - 120
- Полоса пропускания приемника, ПЭ, МГц 10
- Динамический диапазон приемника с логарифмической характеристикой 70 дБ.

### Конструктивные решения

Вся аппаратура РЛБО использует только твердотельные активные приборы (за исключением КВЧ генератора), в том числе и в высоковольтном источнике питания и в импульсном модуляторе. Высоковольтный источник питания выполнен по схеме с преобразованием частоты напряжения первичной питающей сети с помощью резонансного инвер-

тора. Преобразованная частота лежит вблизи 100 кГц, что позволит в несколько раз уменьшить массу и габариты радиопередающего устройства. Степень проработки РЛБО, изготовлены и апробированы отдельные основные узлы, передатчик с блоком питания, приемник с антенной системой.

### **Заключение**

Разработан технический облик радиолокатора бокового обзора РЛ БО для размещения на универсальной космической платформе УКП. РЛ БО работает в 3-х миллиметровом диапазоне длин волн в импульсном режиме с мощностью передатчика до 4- 5 кВт.

## **Side-looking radar for environmental monitoring from space**

**Yu.A. Palatov<sup>2</sup>, A.M. Antohin<sup>2</sup>, S.A. Vtyurin<sup>1</sup>, V.I. Kazancev<sup>3</sup>, N.A. Knyazev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Space Research Institute RAS  
117997 Moscow, 84/32 Profsoyuznaya str.  
E-mails: nknyazev@iki.rssi.ru*

<sup>2</sup> *FGU "27 Research Center of Ministry of Defense of RF"*

<sup>3</sup> *Moscow State Technical University n.a. N.E. Bauman (MSTU)*

Reported the possibility of creating side-scan radar millimeter-wave band in purpose of aerospace environmental monitoring of physiologically active substances (PAM) in the range of 3 - 4 mm. The block diagram of side-looking radar and constructive solutions to the receiving and transmitting tract are described. The structural configuration provides sensing of the atmosphere in two modes: active and passive (radiometer). Presented the basic technical characteristics of side-looking radar.

**Keywords:** Radar, ecology, monitoring, pollution, remote sensing.