



Многофункциональный ЛЧМ ионозонд для мониторинга ионосферы

**Подлесный А.В., Брынько И.Г., Куркин В.И.
(ИСЗФ СО РАН),**

**Березовский В.А., Киселев А.М., Петухов Е.В.
(ФГУП ОНИИП)**

ИСЗФ СО РАН Иркутск 2013

Сигналы с Линейной Модуляцией Частоты (ЛЧМ)

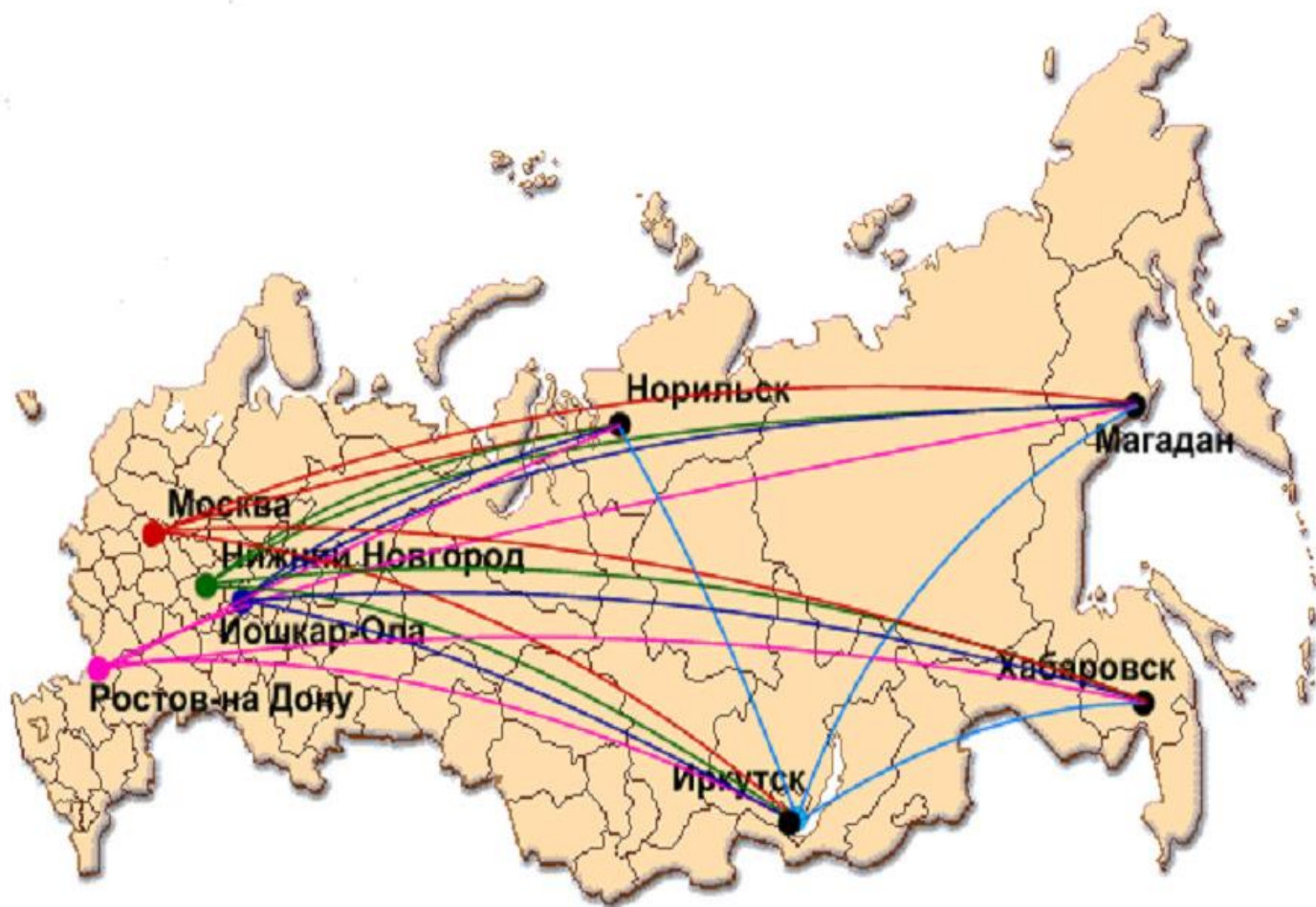
- + Плавное изменение частоты зондирования – непрерывная сетка зондирующих частот
- + Большая база – высокое отношение сигнал/шум при низких мощностях излучения
- + Высокая спектральная чистота сигнала

- Непрерывная работа передатчика – ограничение на мощность излучения и расстояние между антеннами приёмника и передатчика
- Сложность определения доплеровского сдвига частоты при зондировании

Мировой опыт

- Серийно выпускаемые ионозонды Barry Research (США)
- Серийно выпускаемые ионозонды KEL Aerospace (Австралия)
- Сеть ионозондов вертикального зондирования института NIST (Япония)
- Ионозонд вертикального зондирования Alpha-Wolf (Норвегия)

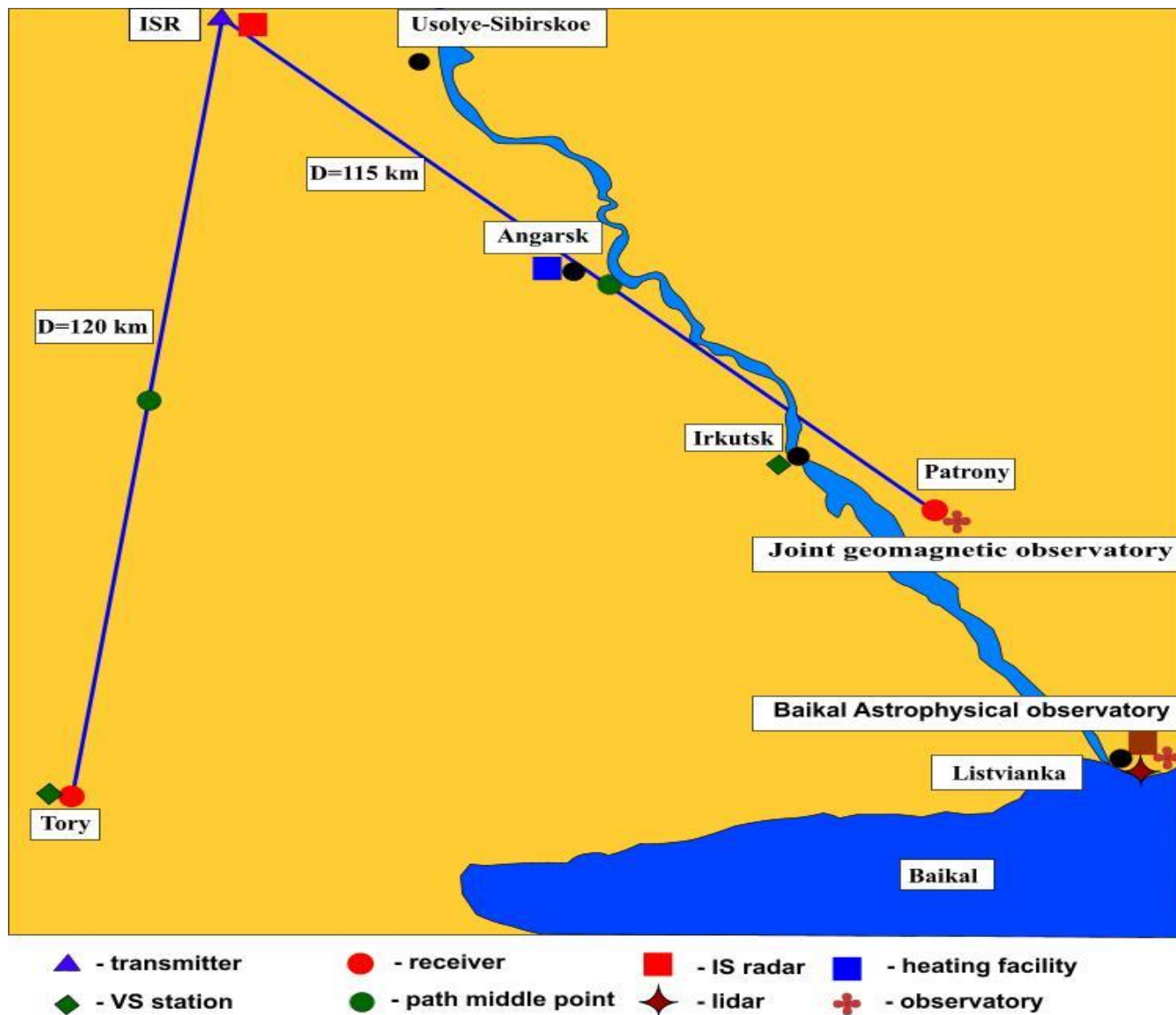
РОССИЙСКАЯ СЕТЬ КВ-РАДИОТРАСС НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ



Геометрия трасс ЛЧМ-зондирования



Расположение средств ионосферного мониторинга в районе г. Иркутска



Внешний вид усилителя мощности



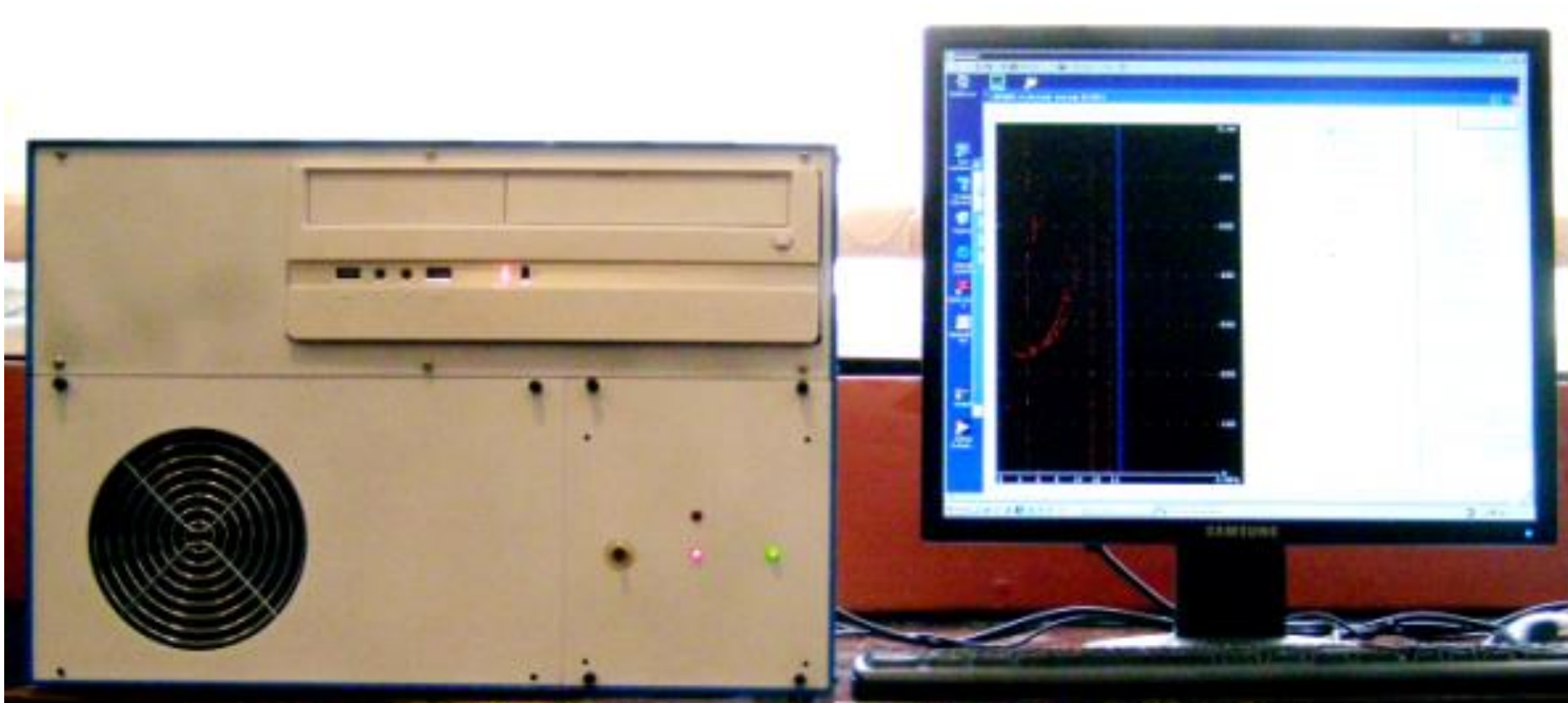
Основные технические характеристики

<i>Характеристика</i>	<i>Значение</i>
Типы сеансов:	излучение сигналов НЗ; прогнозирование по итогам НЗ; прогнозирование по итогам ВЗ; обнаружение станций НЗ
Тип модуляции	линейная частотная
Диапазон частот	от 2,0 до 30,0 МГц
Скорости изменения частоты:	50, 100, 500 кГц/с
Чувствительность, не более	1,0 мкВ
Динамический диапазон, не менее	80 дБ
Выходная мощность:	10, 20, 50 Вт
Источник синхронизации	СРС GPS/ГЛОНАСС
Точность синхронизации, не более	100 мкс

Характеристики ЛЧМ-ионозонда ИСЗФ СО РАН

Передатчик		Приёмник	
Диапазон рабочих частот	1-30 МГц	Диапазон рабочих частот	1-170 МГц
Скорость перестройки частоты	50-2000 кГц/с	Скорость перестройки частоты	0, 50-2000 КГц/с
Точность привязки к шкале мирового времени	Не хуже 1 мкс	Режимы работы	ВЗ, НЗ, ВНЗ, доплер
Максимальная мощность излучения	30 Вт	Ширина полосы пропускания	8-80 кГц
Динамический диапазон	62,7 Дб	Формат выходных данных	wav, dat, sbf
Шаг перестройки по частоте	1 Гц	Чувствительность в рабочем диапазоне	Не хуже 0,3 мкВ

Внешний вид ЛЧМ ионозонда ИСЗФ СО РАН

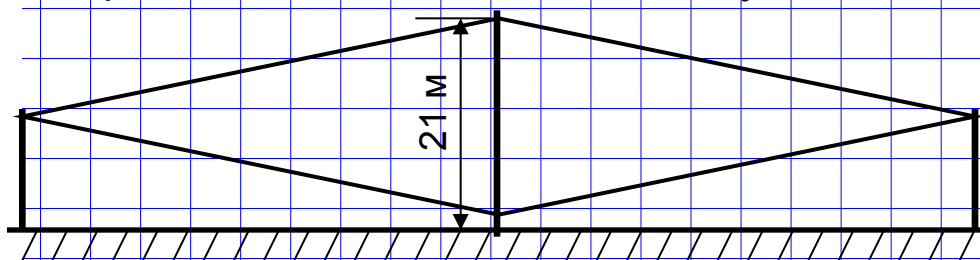


Ситуационная схема расположения антенн ЛЧМ ионозонда ИСЗФ СО РАН

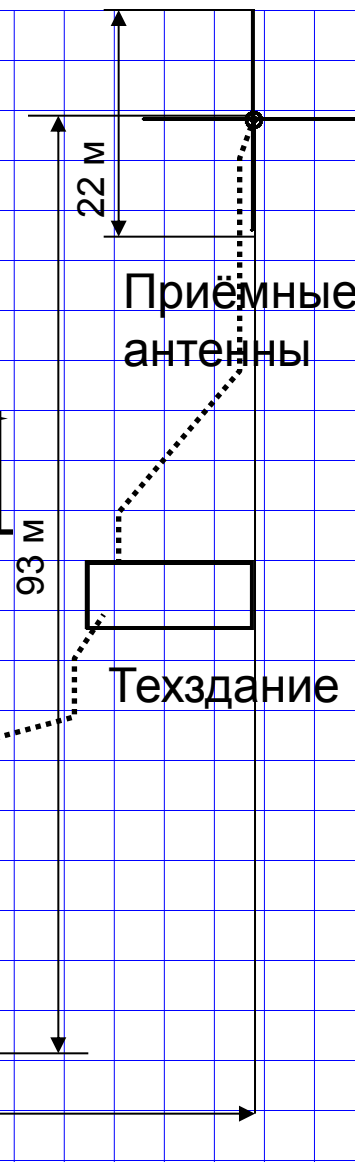
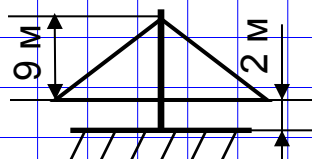
Цена деления
координатной сетки – 5 м

Общая площадь 1,5 Га

Передающая антенна вид сбоку



Приёмная антенна вид сбоку

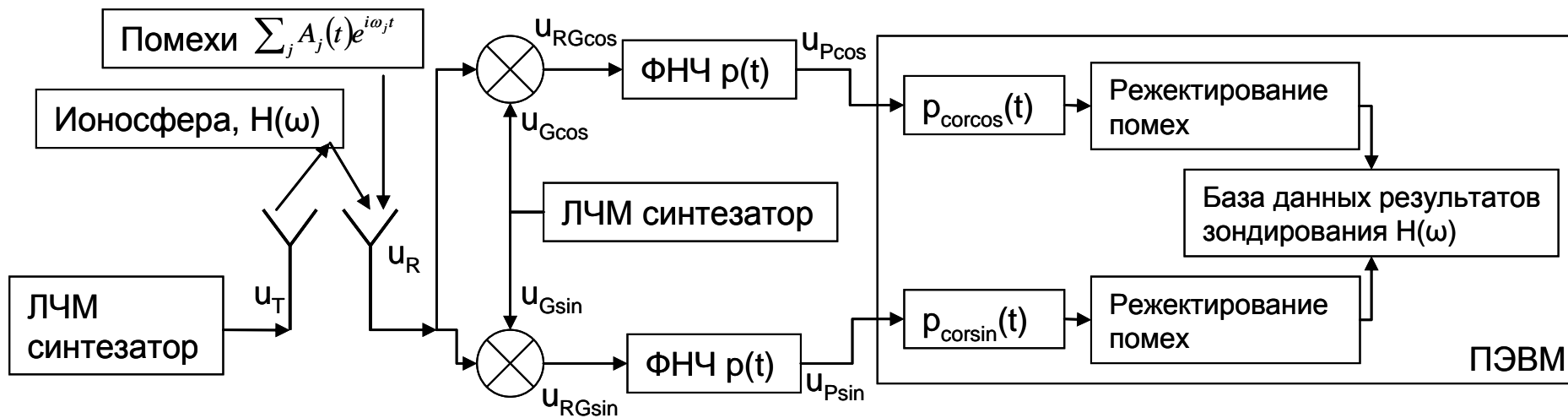


Передающая антенна

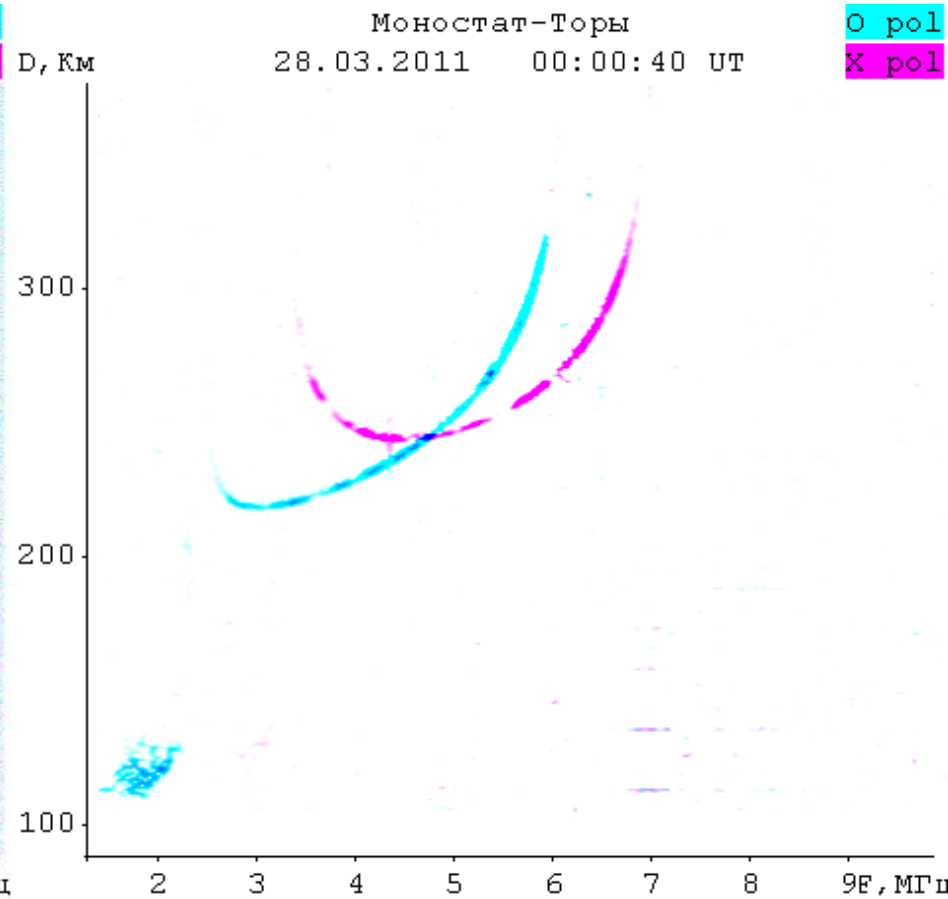
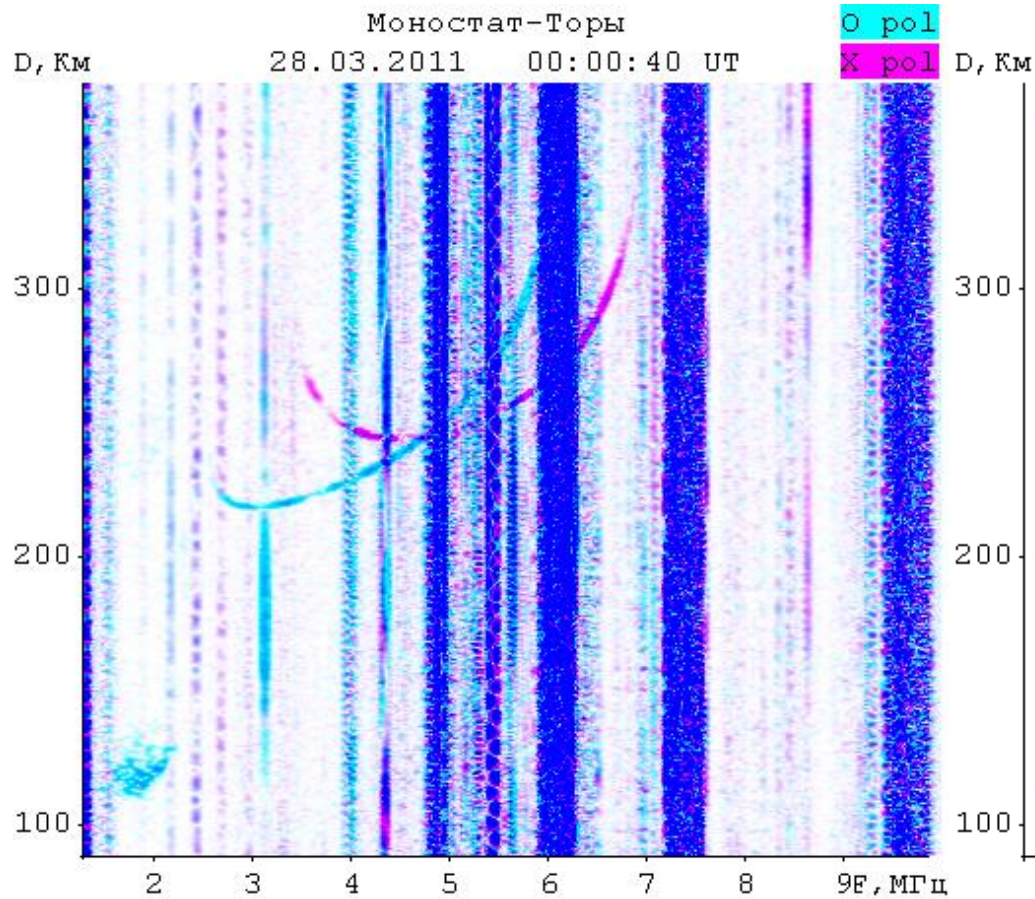
Ключевые особенности

- Мощность излучения – 8 Вт
- Получение ионограммы за 5 секунд
- Параллельная работа в режимах вертикального, слабонаклонного, наклонного и возвратно-наклонного зондирования
- Возможность работы в непрерывном режиме
- Более 3 лет работы в режиме мониторинга
- Аппаратное разделение поляризаций
- Промышленный образец, прошедший госприёмку и имеющий комплект документации

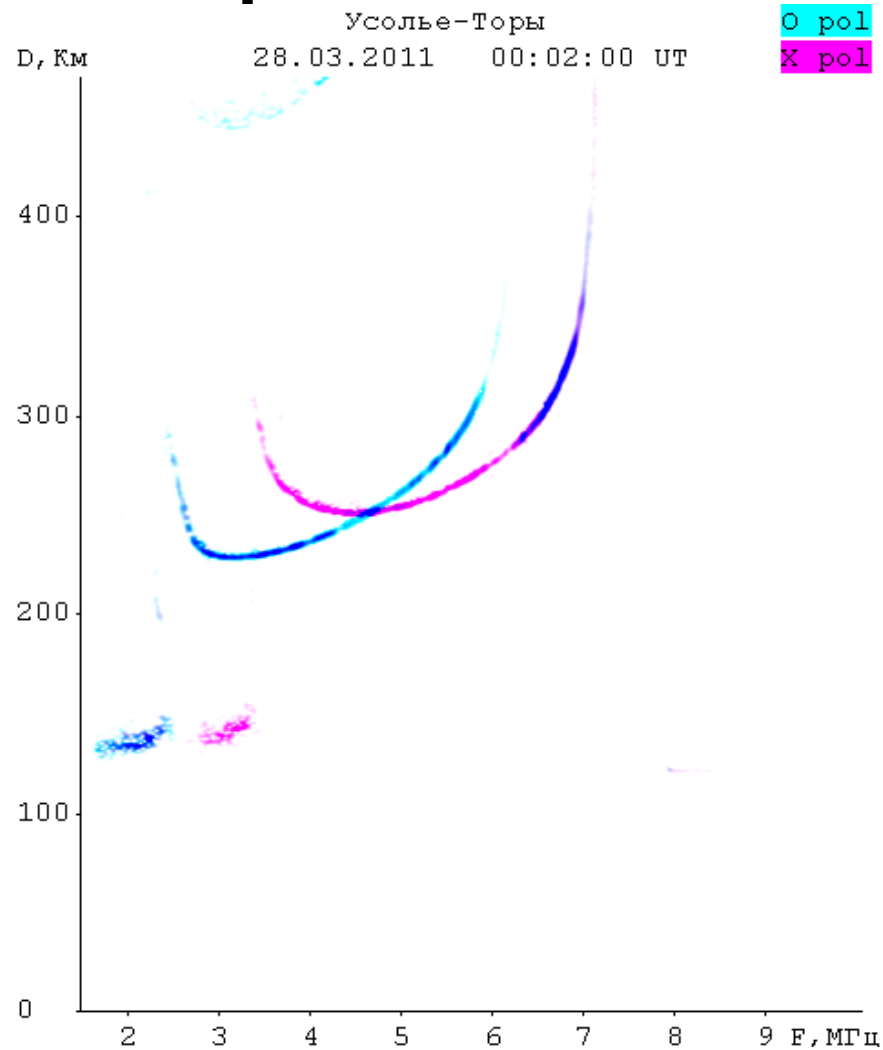
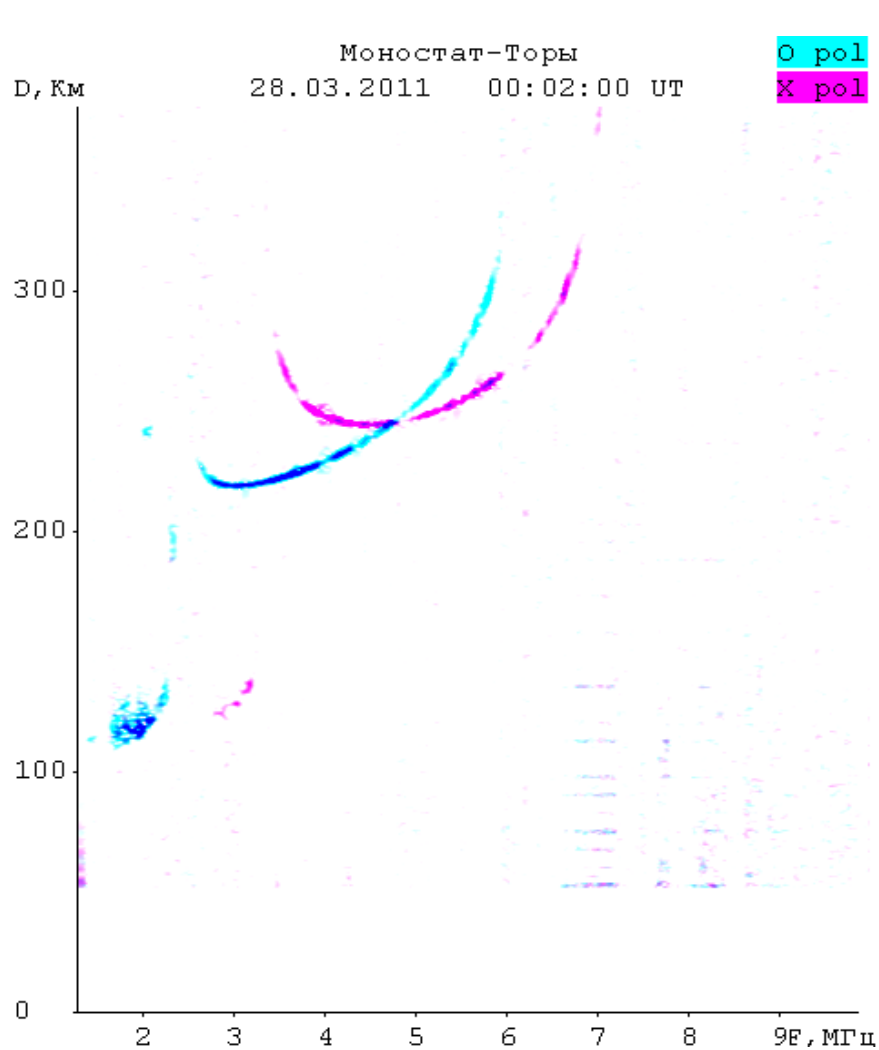
Блок-схема распространения и обработки ЛЧМ - сигналов, реализованная в ЛЧМ ионозонде, разработанном в ИСЗФ СО РАН



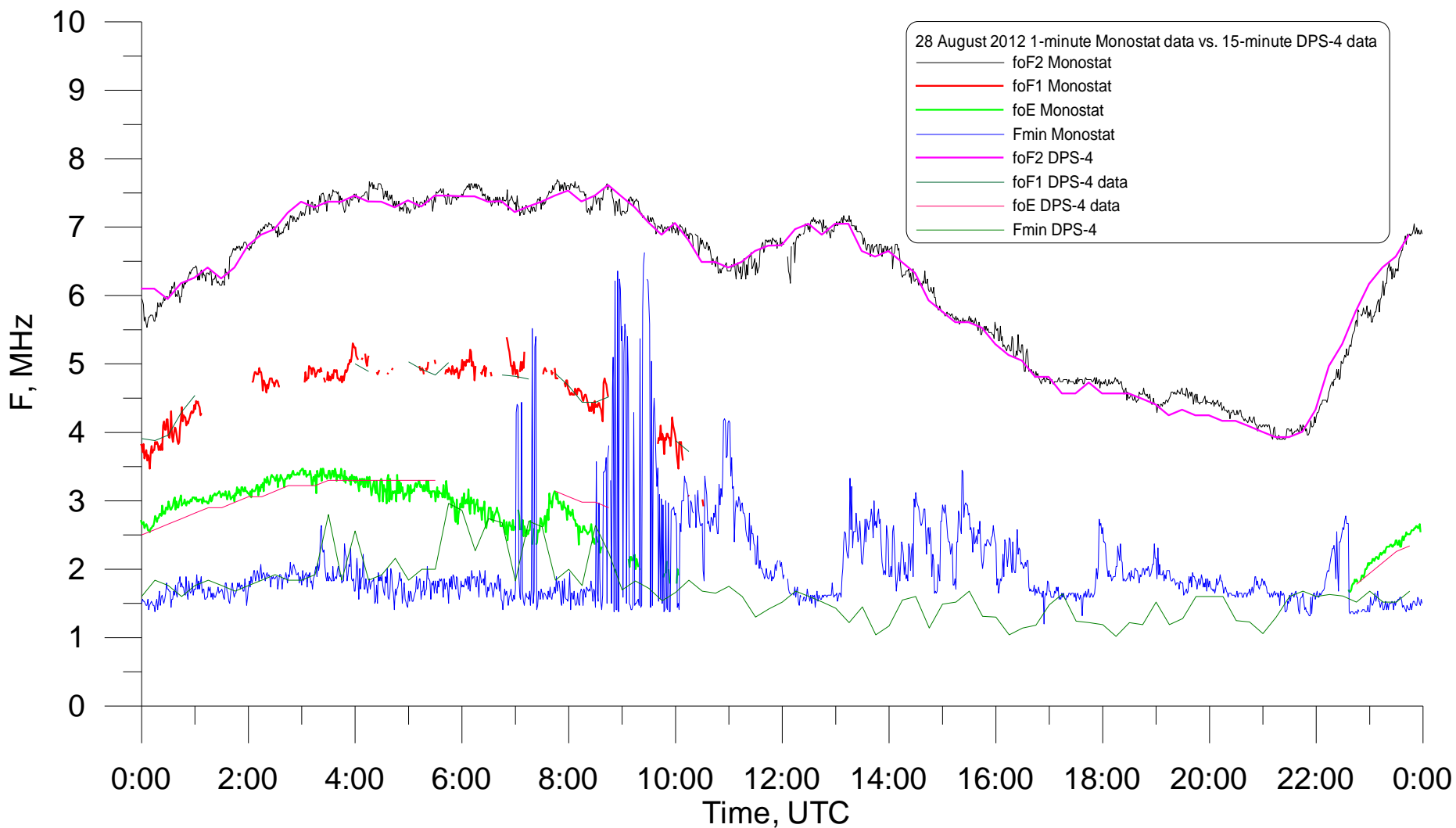
Результат работы системы очистки ионограмм



Результат параллельной работы в вертикальном и слабонаклонном режимах



Результаты сравнения с DPS-4 в Иркутске



Заключение

ЛЧМ ионозонд вертикального зондирования имеет минимальную излучаемую мощность среди ионозондов.

ЛЧМ ионозонд является инструментом нового поколения, позволяющим получать высококачественные данные вертикального зондирования не теряя при этом преимуществ использования ЛЧМ-сигналов

Также имеет возможность работы на высоких скоростях перестройки для обеспечения возможности исследования быстротекущих процессов в ионосфере. Данный ионозонд может стать основой для создания сети ионосферного мониторинга и прогноза состояния каналов связи на территории России.

Спасибо за внимание

Связь основных параметров работы ЛЧМ-зонда

$$f_p = \frac{2r\beta}{c} \Rightarrow r = \frac{f_p c}{2\beta}$$

$$\Delta f_p = \frac{1}{\Delta T} = \frac{f_d}{N_{\text{БПФ}}} \Rightarrow \Delta r = \frac{f_d c}{2\beta N_{\text{БПФ}}}$$