



Двумерная томография ионосферы на Камчатке: первые результаты

*Романов А.А., Трусев С.В., Аджалова А.В.,
Бобровский С.А. Романов А.А.*

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«РОССИЙСКАЯ КОРПОРАЦИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

Москва, 2011

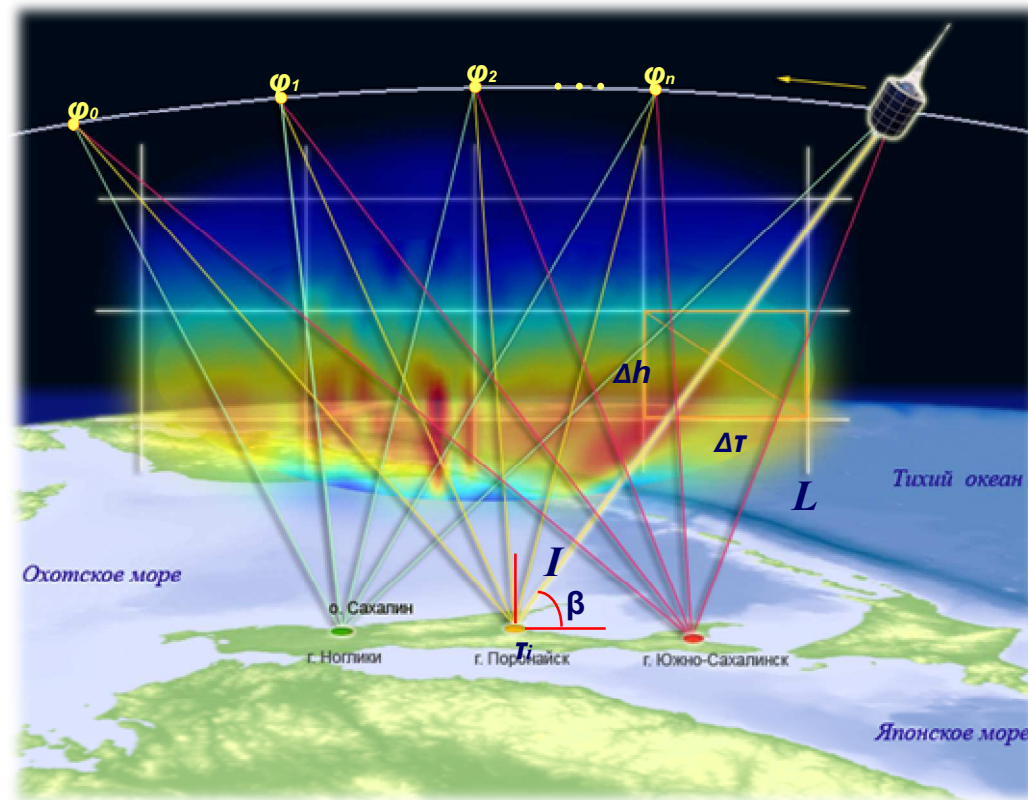




Традиционный подход к двумерной томографии ионосферы



Одним из наиболее эффективными способом определения электронной концентрации в ионосфере на всем диапазоне высот является томография с использованием сигналов низкоорбитальных спутников (150 и 400 МГц)





Постановка задачи



С 2006 г. функционирует сеть томографических приемников на о. Сахалин.

В 2011 г. была установлена и введена в экспериментальную эксплуатацию сеть приемников томографии ионосферы на Камчатке.

Основные задачи:

- отработка технических и программных решений, которые будут использованы при развертывании подсистемы двумерной радиотомографии ионосферы Росгидромета;
- создание базы данных вариаций электронной концентрации в ионосфере региона в т.ч. для последующего выявления неоднородностей, связанных с сейсмической активностью.



Приемный программно-аппаратный комплекс для томографии ионосферы второго поколения, версия 2.



Номиналы принимаемых частот: 150, 400МГц.

Возможность приема: номинал ± 300 ppm

Сегодня может принимать сигналы следующих спутников

COSMOS-2414, и т.п. (5)

FORMOSAT-3 FM1..6 (6)

RADCAL (1)

DMSP-F15 (1)

Всего 13

Синхронизация времени: по сети Интернет (NTP, HTTP)

Расчет расписания сеансов: TLE + SGP4

Интерфейс для передачи данных: Ethernet (HTTP)

ОС управляющей ЭВМ: Linux OpenSuSe 11.1

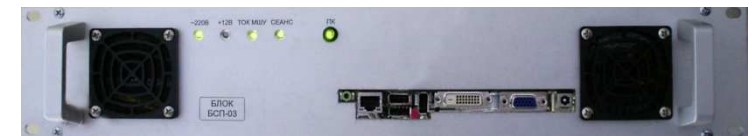
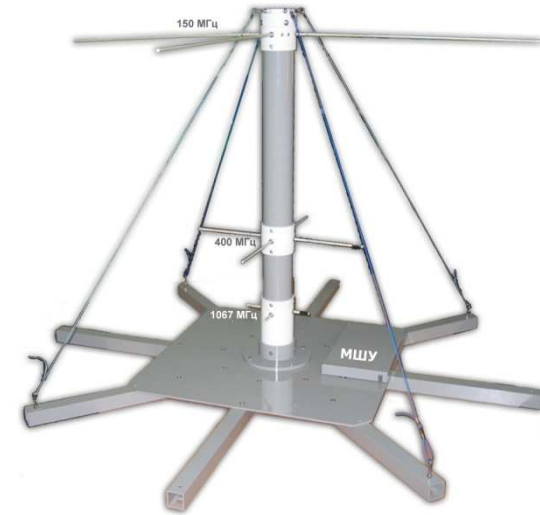
Интерфейс управления: веб-интерфейс

Вес приемного устройства: 11 кг

Приемное устройство, ЭВМ и ИБП

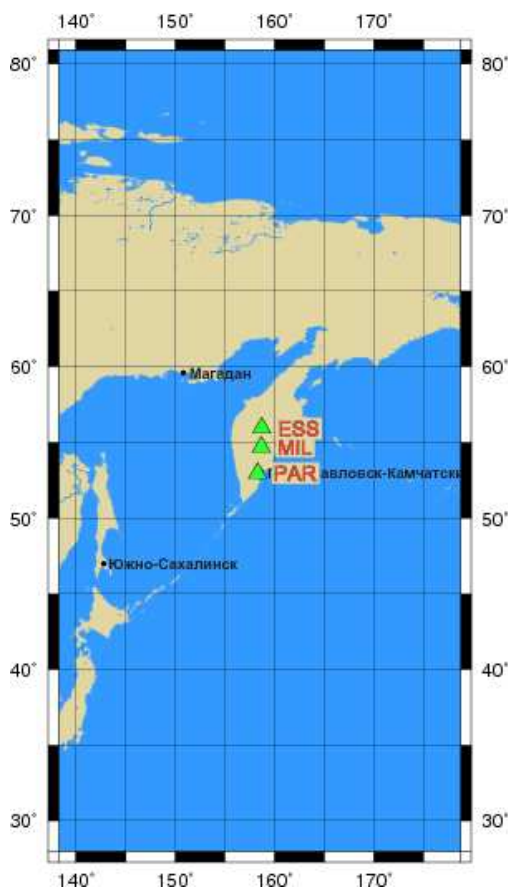
выполнены в едином корпусе

Аккумулятора встроенного ИБП хватает на 50 минут работы





Примененные решения по организации обмена данными и удаленного управления



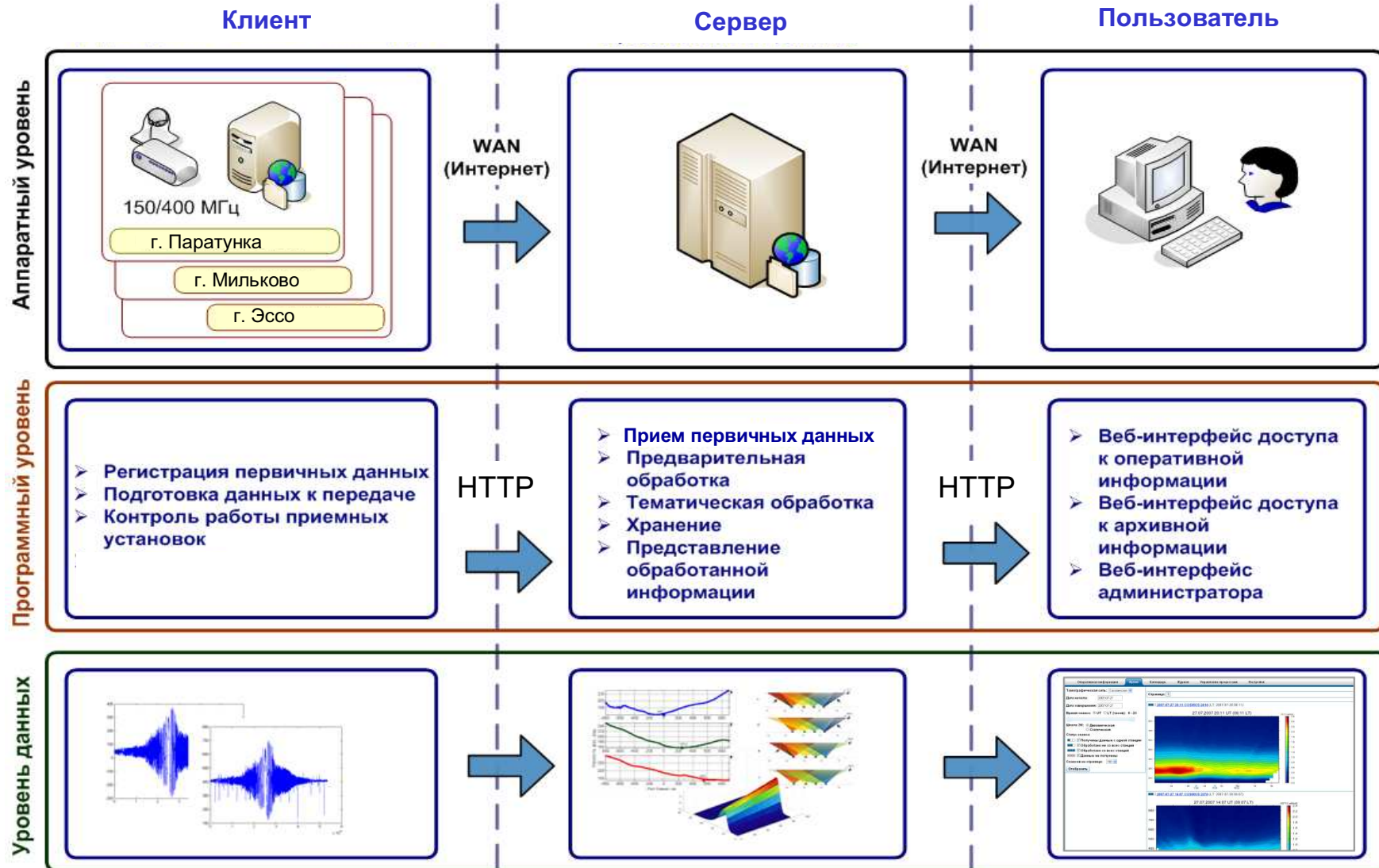
Приемные комплексы в г. Мильково и п. Эссо подключены к сети Интернет посредством GPRS(EDGE)-модема Teleofis-201RX.

Это позволило свободно выбирать место для размещения оборудования в пределах намеченных населенных пунктов.

Двусторонняя связь с приемными комплексами реализована на основе виртуальной частной сети (ПО OpenVPN).



Реализация информационной технологии двумерной томографии ионосферы





Фрагменты веб-интерфейса технологии двумерной томографии ионосферы



а

Информационная технология двумерной радиотомографии ионосферы

UTC: 2011-04-22 06:34:21

Оперативная информация Архив Календарь Журнал Управление процессами Настройки

Время сеанса Спутник Статус

2011-04-22 14:10	COSMOS 2407	---
2011-04-22 12:14	COSMOS 2403	---
2011-04-22 10:43	RADICAL	---
2011-04-22 08:47	COSMOS 2429	---
2011-04-22 06:50	COSMOS 2454	---
2011-04-22 06:30	COSMOS 2414	---
2011-04-22 04:05	COSMOS 2454	8000
2011-04-22 02:20	COSMOS 2407	---
2011-04-22 01:20	COSMOS 2403	---
2011-04-22 00:12	RADICAL	---
2011-04-21 23:35	COSMOS 2403	---
2011-04-21 22:59	COSMOS 2429	---
2011-04-21 18:58	DMSP F15	---
2011-04-21 18:05	COSMOS 2454	---

Томографическая сеть: Сваловская

Спутник: COSMOS 2407

Время: 2011-04-21 15:28

Статус: Обработано не со всех станций

Данные: 30, 2524

Распределение электронной концентрации 10730

Карта пролета COSMOS 2407

NOG: Изображение отсутствует

POR: Разность фаз, Амплитуда

YSK: Разность фаз, Амплитуда

Статус сеанса: ■ - сеанс ожидается, ■ - сеанс окончен

Статус сеанса: ■ - Сеанс ожидается, ■ - Получены данные с одной станции, ■ - Обработано не со всех станций, ■ - Обработано со всех станций, 8000 - Данные не получены

б

Оперативная информация Архив Календарь Журнал Управление процессами Настройки

Томографическая сеть: Сваловская

Дата начала: 2007-07-27

Дата завершения: 2007-07-27

Время сеанса: UT LT (часы): 0 : 23

Шкала ЭК: Динамическая Статическая

Статус сеанса: Получены данные с одной станции Обработано не со всех станций Обработано со всех станций Данные не получены

Сеансов на странице: 100

Страница: 1

27.07.2007 20:11 UT (06:11 LT)

27.07.2007 14:07 UT (00:07 LT)

в

Оперативная информация Архив Календарь Журнал Управление процессами Настройки

Спутники Томографические сети

По умолчанию: Сваловская

Томографическая сеть: Сваловская

Название	Широта	Долгота	Высота (м)	Провод	Задание
ONA	53° 0'	142° 34'	48	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
NOG	51° 79'	143° 13'	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
POR	49° 2'	143° 08'	28	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
YSK	49° 38'	142° 73'	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

в

Оперативная информация Архив Календарь Журнал Управление процессами Настройки

Томографическая сеть: Сваловская

Год: 2008

Январь 2008, Февраль 2008, Март 2008, Апрель 2008, Май 2008, Июнь 2008, Июль 2008, Август 2008

д

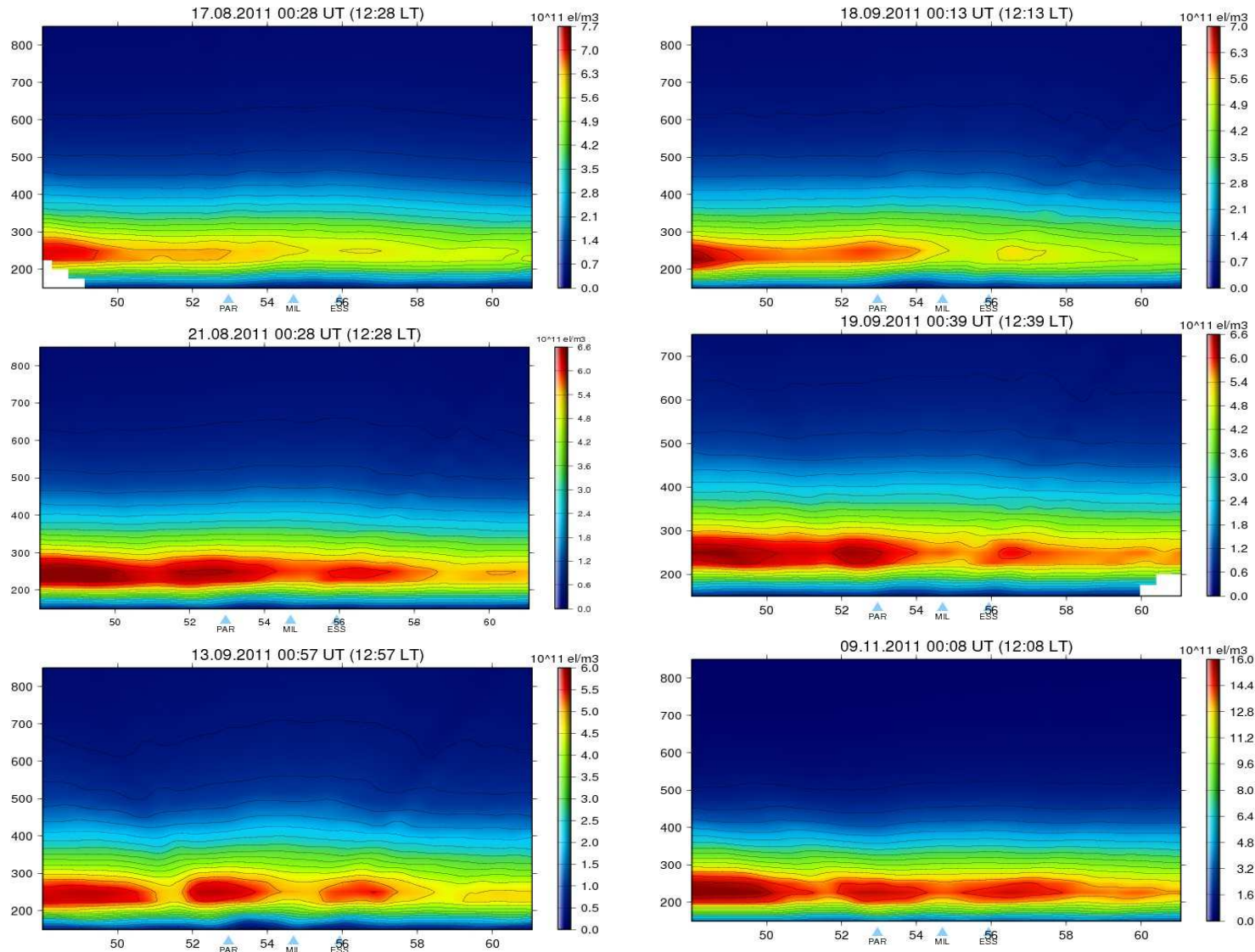
Оперативная информация Архив Календарь Журнал Управление процессами Настройки

Спутники Томографические сети

Название	Короткое название	f1 (МГц)	f2 (МГц)	f3 (МГц)	Статус	Провод
01 COSMOS 2414	C414	149.97	399.92	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
02 COSMOS 2454	C454	149.94	399.94	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
03 COSMOS 2403	C403	149.94	399.94	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
04 COSMOS 2429	C429	150.00	400.00	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
05 COSMOS 2407	C407	149.97	399.92	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
06 RADICAL	RADC	150.012	400.032	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
07 DMSP F15	DF15	150.012	400.032	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
08 OSCAR 32	O532	149.988	399.989	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
09 OSCAR 23	O523	149.988	399.989	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Регулярные неоднородности ионосферы

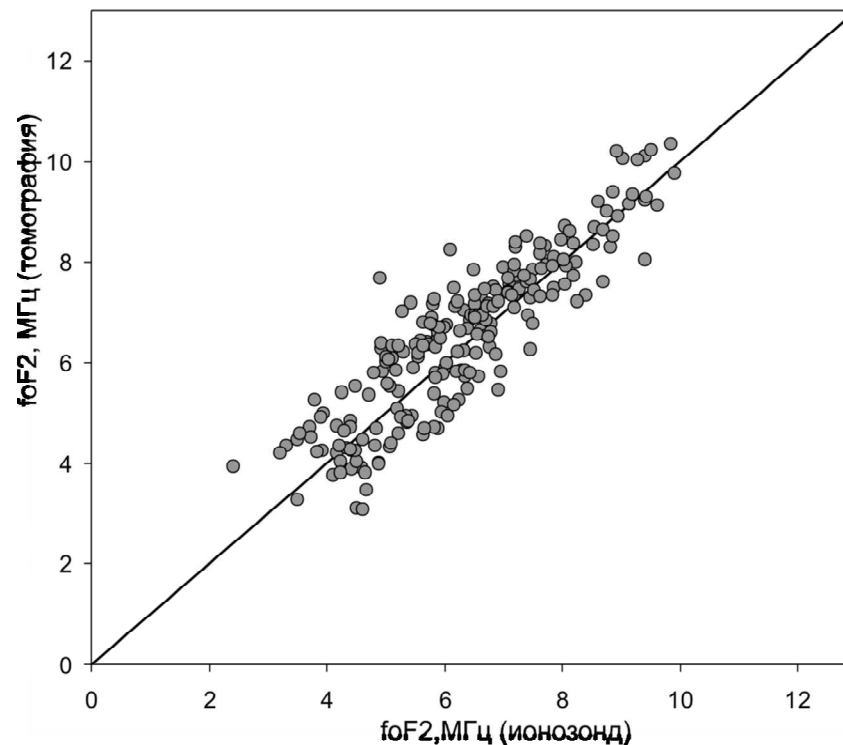




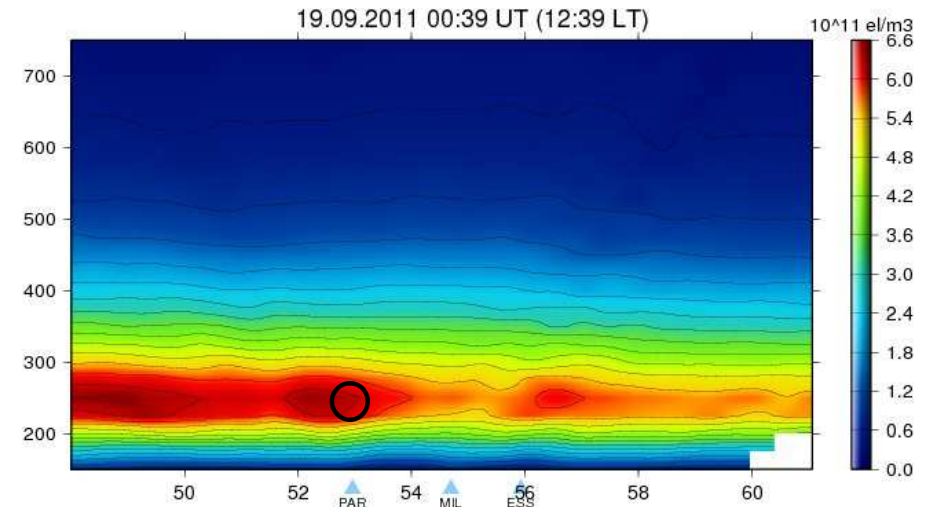
Верификация измерений



Сопоставление определений критической частоты f_o слоя F2



Место сопоставляемых измерений на томограмме



Сопоставлялись значения полученные над п. Паратунка, с помощью томографии и вертикального зондирования (ионозонд ИКИР ДВО РАН) с разницей не более 30 минут.

Коэффициент корреляции двух рядов измерений 0.89
Средняя невязка 0.63 МГц.



Заключение



Введена в тестовую эксплуатацию сеть томографии ионосферы на Камчатке.

Информация, получаемая в полностью автоматическом режиме в результате тематической обработки данных хорошо согласуется с измерениям ионозонда.

Примененные решения по использованию средств беспроводной передачи данных продемонстрировали их пригодность для решения задачи обмена информацией и удаленного управления приемными установками. Данный опыт используется при развертывании первой очереди сети низкоорбитальной томографии ионосферы Росгидромета в 2011 г.

С начала августа получено порядка 700 томограмм.

В настоящее время томограммы ионосферы, получаемые с камчатской сети томографии ионосферы доступны для ознакомления в сети Интернет по адресу <http://tomo.ionospace.ru>.



Спасибо за внимание !

**Анна Аджалова,
ОАО «Российские космические системы»,
Tel: +7(495)6739934**

