

ИОНОЗОНД "ПАРУС-А": ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**¹Гивишвили Г.В., ¹Крашенинников И.В. ¹Лещенко Л.Н.
²Власов Ю.М., ²Кузьмин А.В.**

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН)

*²Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи,
(НИИДАР) "Радикон"*



Базовые требования к современному ионозонду:

Современный сетевой ионозонд вертикального радиозондирования ионосферы, должен выполнять, как минимум, следующие базовые функции:

- а) обеспечивать достаточно высокое соотношение сигнал/шум (разрешение) в широком диапазоне частот зондирования, как правило, от 1 до 20 МГц;
- б) иметь систему обработки и хранения ионограмм ВЗ, в том числе, и модуль автоматической оценки основных ионосферных параметров и высотного распределения электронной плотности – $Ne(h)$ -профиля;
- в) иметь возможность пересылки в реальном времени данных в центр их сбора, с целью использования, в частности, в расчетах оперативного прогноза прохождения радиоволн через ионосферу Земли.



Технические параметры:

Общая архитектура:

- классический ионозонд
- применяемые виды сигнала: простой импульс, ФКМ

РПДУ:

- ламповый, твердотельный
- максимальная мощность ~ 12 кВт (рабочая ~ 75% от максимальной)
- отдельные либо совмещенная антенны

РПУ (цифровое):

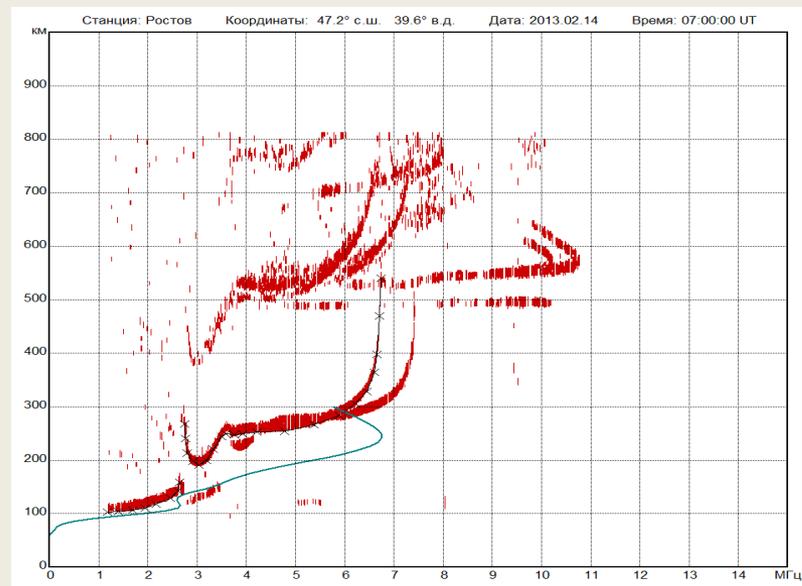
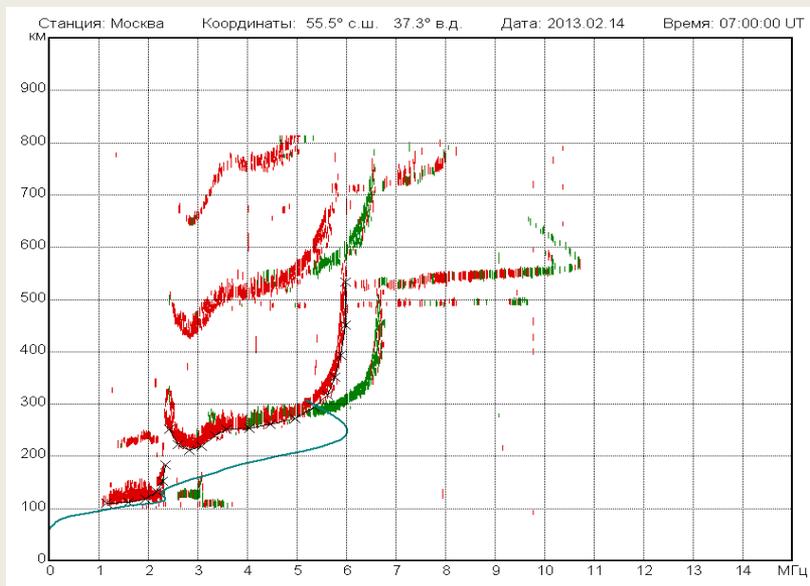
- | | | |
|-----------------------------|---|---------------|
| - число приемных каналов | - | 4 |
| - диапазон рабочих частот | - | 1 – 20 МГц |
| - уровень собственных шумов | - | - 185 дБВт/Гц |
| - неидентичность каналов | - | 1° по фазе |
| - динамический диапазон | - | 110 дБ |
| - погрешность синхронизации | - | 1 мксек |

СУ:

- | | | |
|----------------------------|---|--------------|
| - разрешение по высоте | - | 1,5 км |
| - число частотных каналов | - | 1000 |
| - число градаций амплитуды | - | не менее 255 |



Ионограммы ВЗ: синхронизация станций



Ионограммы ВЗ 14.02.2013 07:00 UT с одновременной взаимной регистрацией ионограмм НЗ – станции Москва и Ростов-на-Дону.

Особенности:

- поляризационный прием на ст. Москва
- высокая степень синхронизации – совпадение групповых путей (мод 1Er)
- иллюстрация принципа взаимности по геометрооптическим параметрам – МПЧ 1F2, но не по амплитуде

Ионограммы ВЗ: автоматическая обработка

AutoScala – основные этапы анализа ионограммы ВЗ:

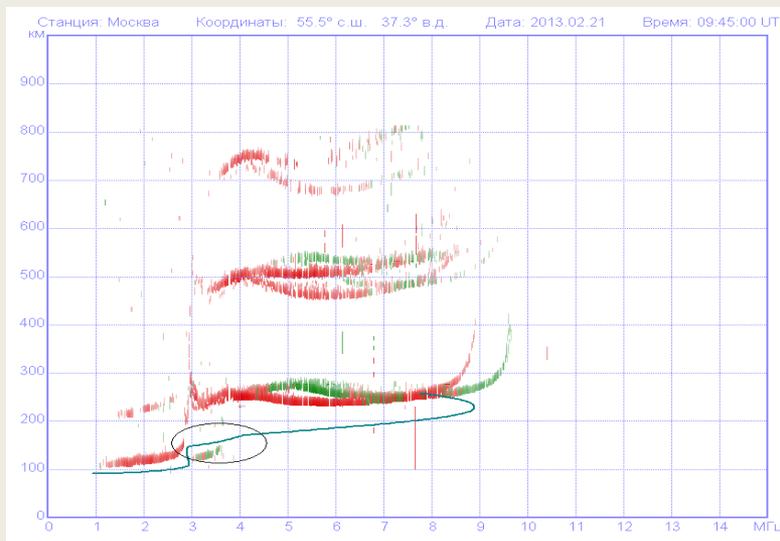
1. обнаружение и предварительная (общая) оценка ионограммы;
2. выделение и масштабирование следа отражения от слоя Es
3. распознавание и оценка качества следа отражения от слоя F2
4. определение $foF2$ и M3000F2
5. определение параметров максимума слоя F1 (если он присутствует)
6. восстановление $Ne(h)$ -профиля

Особенности:

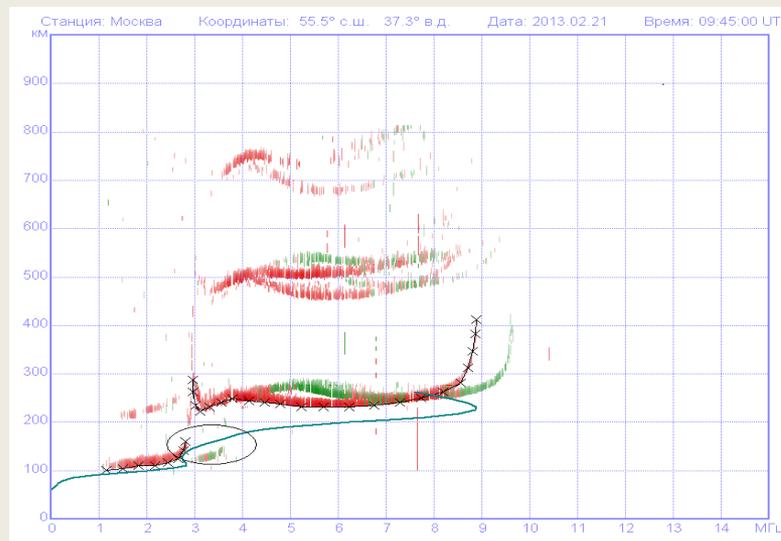
Распознавание образа ионограммы ограничивается областью следов отражений от слоя F2 и максимумом слоя F1, остальное – модельное представление



Ионограммы ВЗ: автоматическая и академическая обработка



AutoScala



Академическая (ручная) обработка

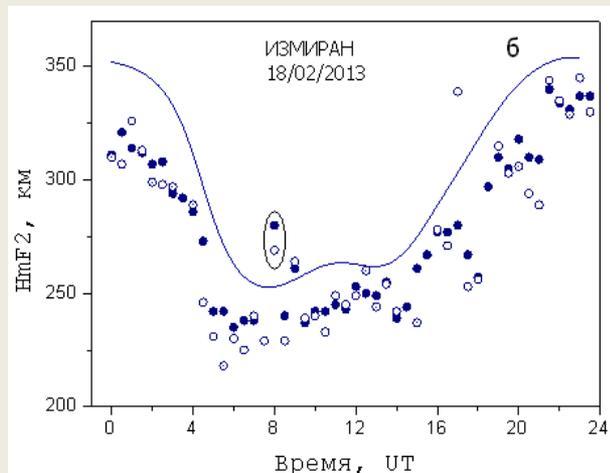
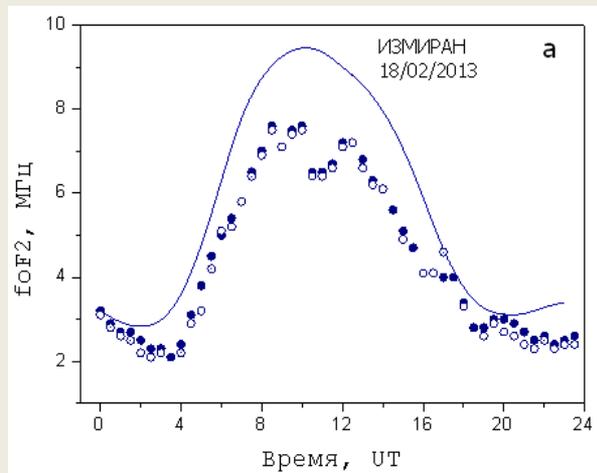
Ионограмма ВЗ 21.02.2013 09:45 UT

Особенности:

Различие в электронной плотности на высотах области F1, но практически нет расхождения в оценках максимума слоя F2 в условиях слабовыраженного слоя F1



Обработка ионограмм ВЗ: сопоставление $foF2$ и $hmF2$



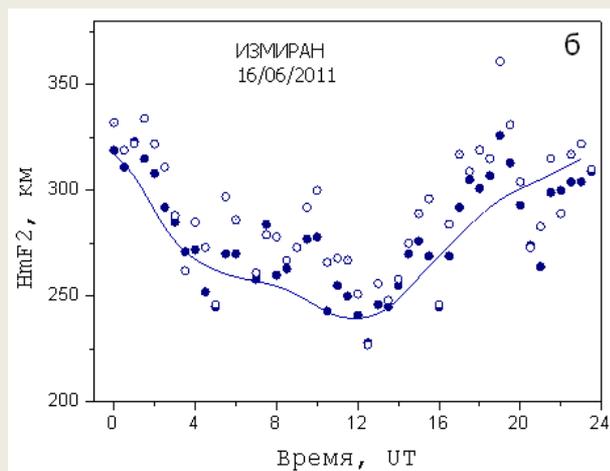
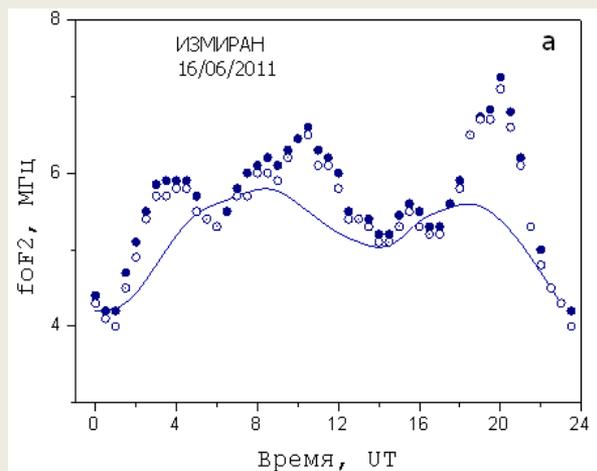
Зимний сезон

$foF2$

Дисперсия
~ 0,15 МГц

$hmF2$

Отклонение
~ -2,5 км
Дисперсия
~ 13 км



Летний сезон

$foF2$

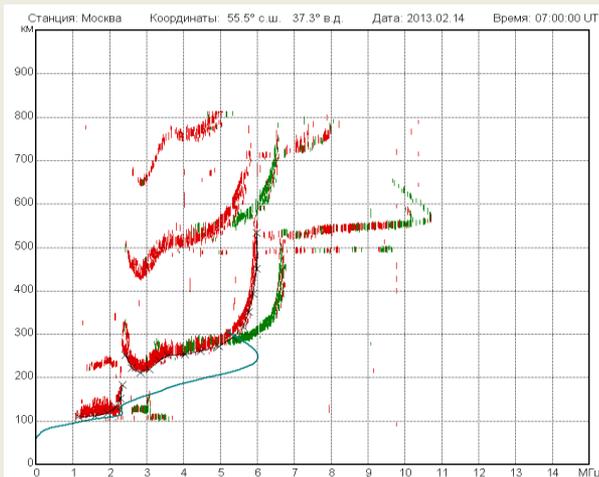
Дисперсия
~ 0,15 МГц

$hmF2$

Отклонение
~ 11 км
Дисперсия
~ 13 км



Приложения: оперативное прогнозирование прохождения радиоволн



Р/трасса: Ростов-на-Дону – Москва(ИЗМИРАН) (~ 930 км)

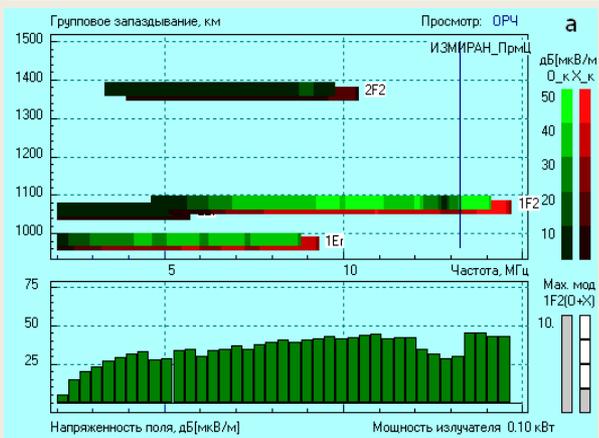
Данные: среднемесячные значения R12 и F10.7

текущие значения потока F10.7

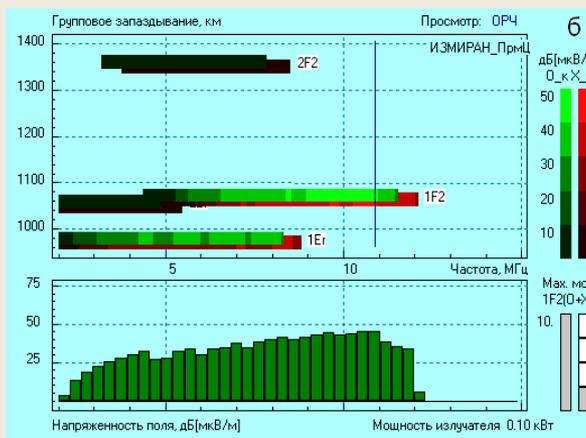
3-х часовые значения $foF2$ и $hmF2$

Результат: МПЧ 1F2 14.8 => 12.0

Относительная погрешность 35% => 10%



Медианное распределение



Адаптированное распределение



Ионозонд "Парус-А": перспективы развития

Развитие в техническом и программном аспектах:

- измерение вариаций поглощения в нижней части ионосферы, с возможностью анализа высотной зависимости эффективной частоты соударений электронов
- совершенствование модуля автоматизированной обработки, на основе распознавания следов ионограмм в области F1 и использования более обоснованной методики восстановления $Ne(h)$ - профиля
- триангуляционные измерения, т.е. формирование "карты неба" – локализации на небесной сфере видимых направлений приходящих лучей



Спасибо за внимание.

