

**Мониторинг электромагнитных параметров
космической погоды в ионосфере. Результаты
эксперимента «Обстановка (1 этап)» на Российском
сегменте МКС.**

***Климов С.И.(1), Корепанов В.Е.(2), Сегеди П.(3),
Моравский М.(4), Грушин В.А. (1), Новиков Д.И.(1),***

1-ИКИ РАН Россия

2-ЛЦ ИКИ НКАУ Украина

3- Университет Ётвёша Венгрия

4-ЦКИ ПАН Польша

- Основным результатом является то, что накоплен предварительный объём информации для проведения достоверных методических оценок.
-
- **1. Мониторинг электромагнитных излучений в диапазоне 0.01 – 23 кГц.**
- Данные в этом диапазоне частот получены комплексом приборов, называемым магнитно-волновым комплексом (МВК), расположенным на внешней поверхности служебного модуля Российского сегмента МКС (СМ РС МКС) и состоящим из:
 - комбинированных волновых зондов KB31 и KB32), являющихся датчиками (антеннами), расположенными на штангах;
 - процессора спектрального анализа ПСА.

- МВК в режиме «Мониторинг» (<http://elteflash.elte.hu/obstanovka/sas/monitor/>) осуществляет процедуру быстрого Фурье преобразования в диапазоне 0.01 – 23 кГц сигналов (динамический диапазон 120 дБ) электрического и магнитного полей от КВЗ1. В память прибора каждые 6 сек записываются спектры с частотным разрешением 40 Гц.

- Повторяемость характерных структур от орбиты к орбите рассматривается (рис. 1а,1б), как отражение геофизических процессов, связанных с изменением вдоль орбиты параметров различных областей ионосферы, так и процессов, связанных с изменением электромагнитной обстановки (ЭМО) в процессе работы систем МКС.

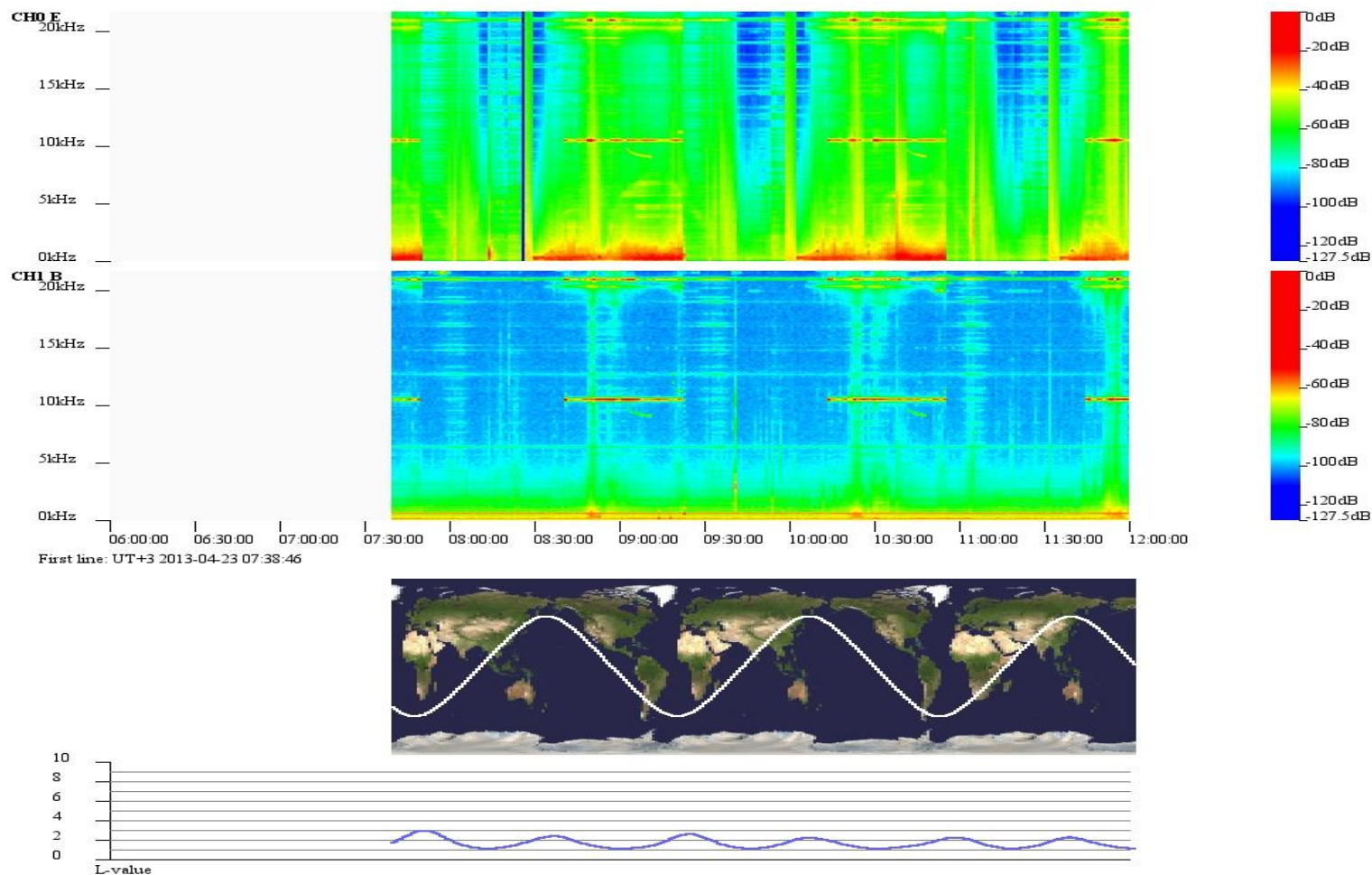


Рисунок 1а – Типичные примеры мониторинговых данных МВК в диапазоне 0,01 – 23 кГц:
2013-04-23_UT+3_07-38-46.

(верхняя, первая, панель – спектральная интенсивность электрического поля 0,01 – 23 кГц (КВ31);
вторая панель – спектральная интенсивность магнитного поля 0,01 – 23 кГц (КВ31);
третья панель – проекция орбиты МКС на земную поверхность;
четвертая, нижняя, панель – L параметр.

Длительность регистрации (ось X) ~ 6 часов. Цвет – интенсивность 120 dB)

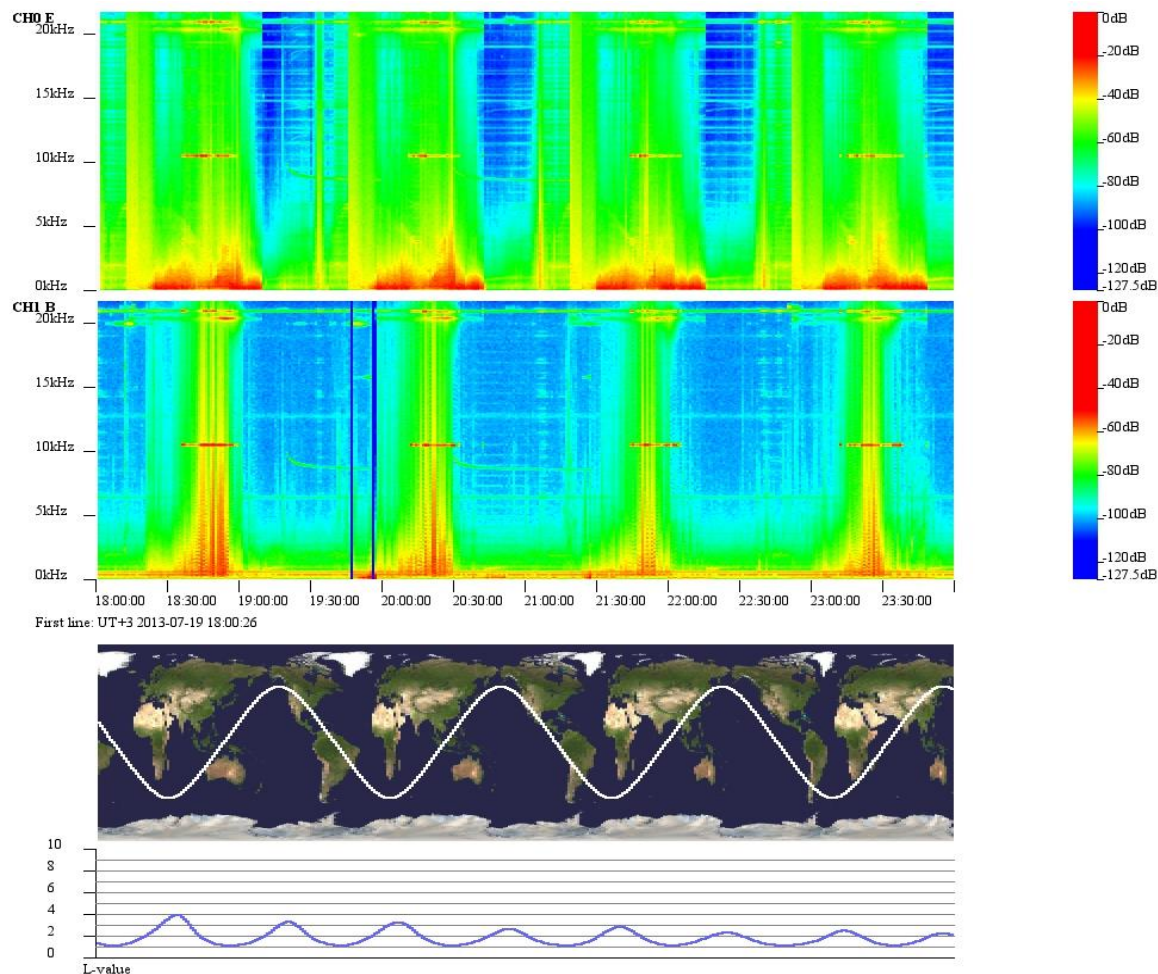


Рисунок 16 – Типичный пример мониторинговых данных МВК в диапазоне 0,01 – 23 кГц:
 2013-07-19_UT+3_18-00-26.
 (первая, панель –спектральная интенсивность электрического поля 0,01 – 23 кГц (КВ31);
 вторая панель – спектральная интенсивность магнитного поля 0,01 – 23 кГц (КВ31);
 третья панель – проекция орбиты МКС на земную поверхность;
 четвертая, нижняя, панель – L параметр.
 Длительность регистрации (ось X) ~ 6 часов. Цвет – интенсивность 120 dB)

- Периодически наблюдаются интенсивные узкополосные сигналы на **частотах ~ 21-23 кГц и ~ 10.5 кГц**. После проведения более точного определения спектра и частоты повторения этих сигналов можно будет достоверно подтвердить предположение, что их источниками являются **сигналы навигационных передатчиков**, расположенных в северном полушарии. Следует отметить, что существует ряд методик по изучению параметров ионосферы путём определения траекторий распространения сигналов передатчиков.

- Наличие широкополосных сигналов средней интенсивности (рис. 2), особенно по каналу электрического поля (E), возможно связано с наличием изменяющихся **потоков фотоэлектронов** на освещённых участках орбиты МКС. Эта гипотеза должна быть проверена после получения служебной информации об освещённости участков внешней поверхности МКС, в первую очередь солнечных панелей. В ряде случаев зарегистрированы излучения связанные с геофизическими процессами, происходящими в ионосфере и магнитосфере Земли. Здесь, наиболее чётко по магнитной компоненте (B), наблюдаются в приполярных областях ($L = 4 - 6$) **излучения** в диапазоне 5-15 кГц **типа хоров** и в более широком диапазоне 6-23 кГц.

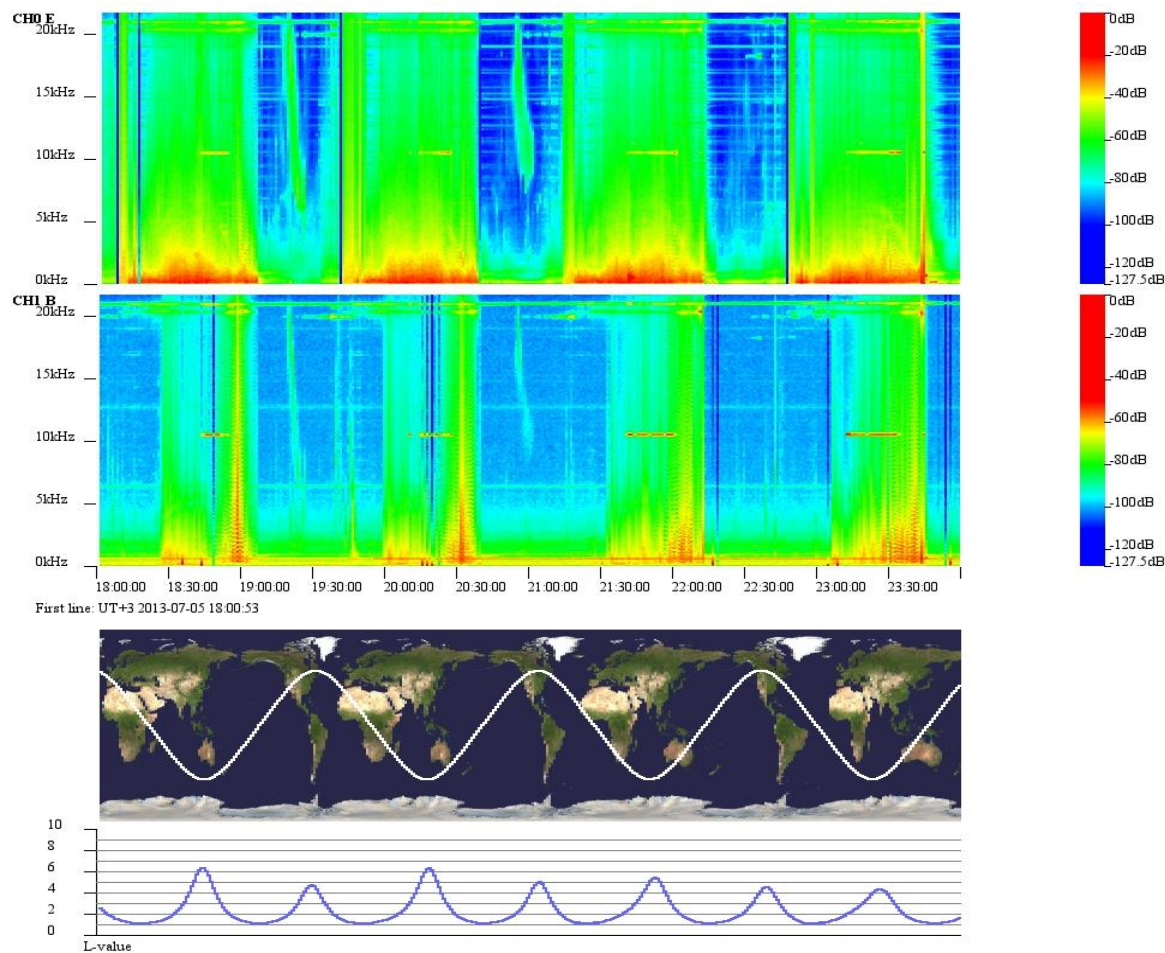
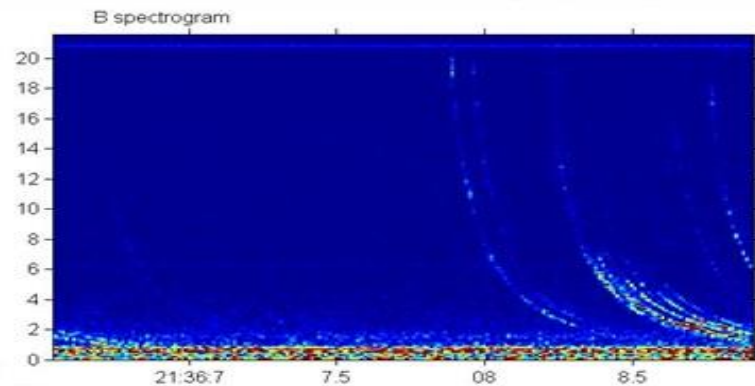


Рисунок 2. Пример регистрации МВК 2013-07-05_UT+3_18-00-53 излучений типа хорев

- **2 Регистрация свистящих атмосфериков (вистлеров)**
свидетельствует (рис. 3), как о возможности мониторинга ионосферных электромагнитных параметров космической погоды, так и достаточно чистой электромагнитной обстановки в диапазоне 0.01 – 23 кГц в месте расположения зонда KB31 на штанге. Атмосферики обладают слабым затуханием и могут распространяться на значительные расстояния. Их особенность связана с механизмом распространения сверхдлинных волн. Анализ свойств атмосфериков позволяет установить распределение концентрации электронов до высот в 20...30 тыс. км.

anovka 2013/07/14 21:36:06.539 UT (40N,115E) 05h:17



anovka 2013/07/14 21:46:06.545 UT (51N,167E) 08h:55

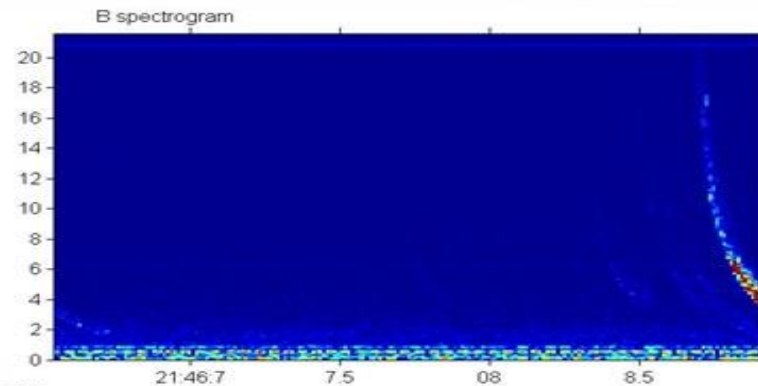


Рисунок 3. Примеры регистрации МВК свистящих атмосфериков в северном полушарии в утренние локальные времена

- **3. Излучения в области плазменной частоты** исследуются радиочастотным анализатором РЧА, расположенным снаружи СМ РС МКС и состоящим из:
 - - 3-х компонентной дипольной электрической антенны РЧА-АД и 3-х компонентной рамочной магнитной антенны РЧА-АМ расположенных на штанге;
 - - блока электроники.
- Динамический спектр электрической компоненты плазменных частот представлен на рисунке 4 и зарегистрирован на участке орбиты, показанном на рисунке 5, (Австралия – Тихий океан – Центральная Америка – Северная Атлантика). Спектры трех ортогональных электрических компонент представлены на рисунке 6

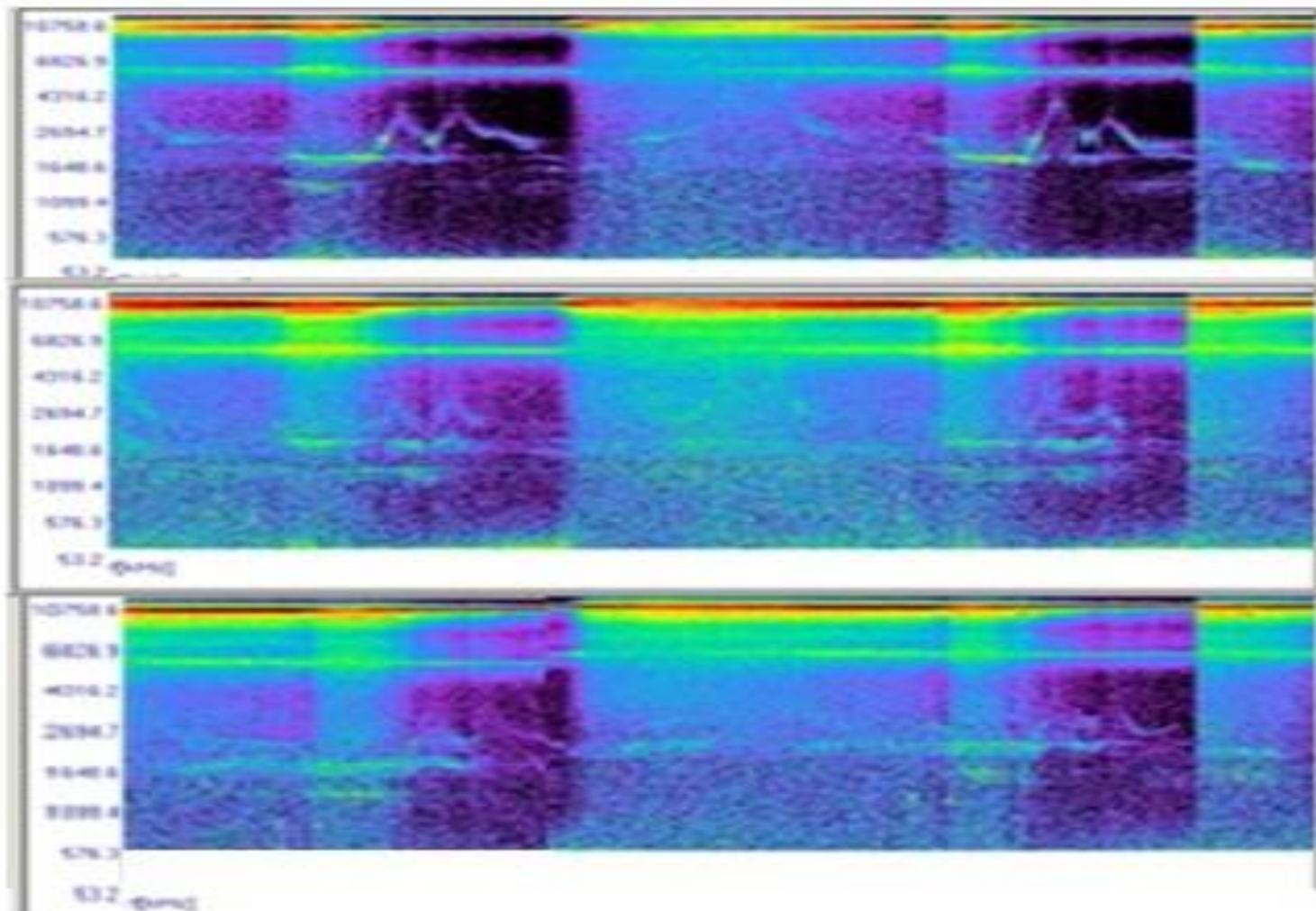


Рисунок 4. Данные РЧА от 02 октября 2013 г. (динамический спектр 0,5 - 11 МГц электрической компоненты на временном интервале 00:31:40 - 01:29:40 UT+4). Регистрация в диапазоне 0.1-15 МГц E_x , E_y , E_z компонент характерных плазменных частот.

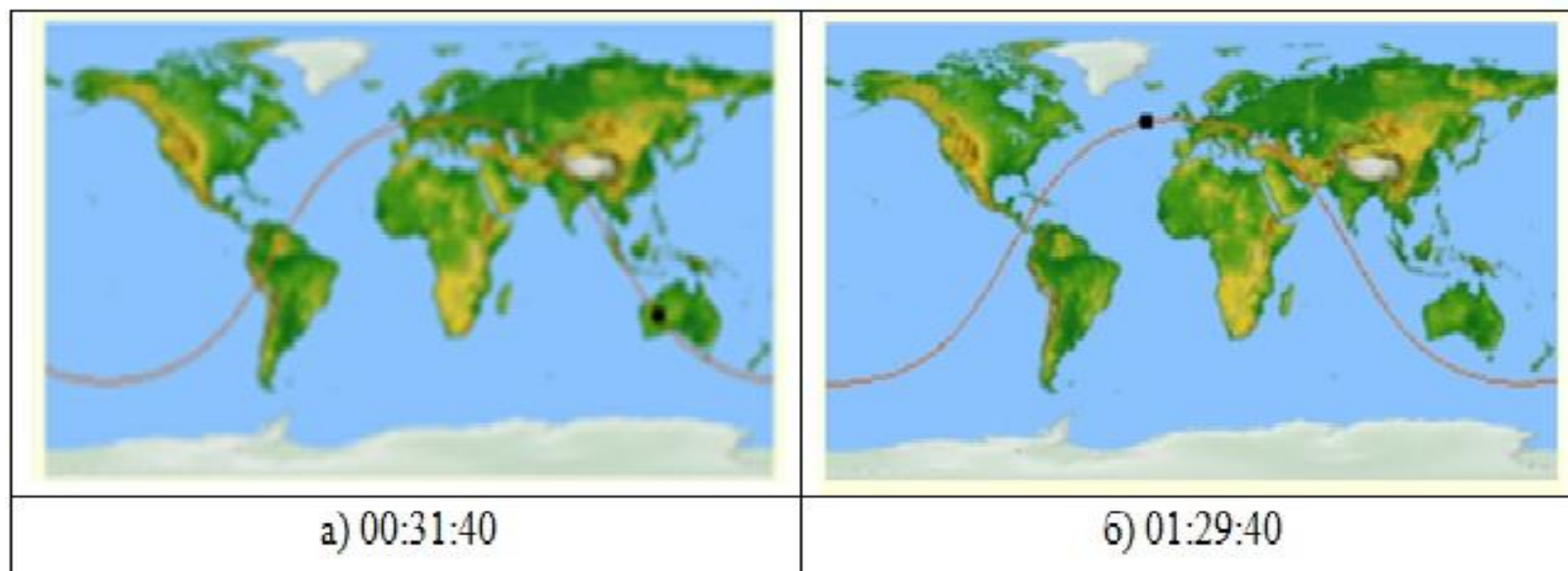


Рисунок 5. Участок орбиты МКС с данными РЧА от 02 октября 2013 г., представленным на рисунке 4 (чёрные квадраты – положение МКС: а) 00:31:40 UT+4, LT=08:42; б) 01:29:40 UT+4, LT=23:59).

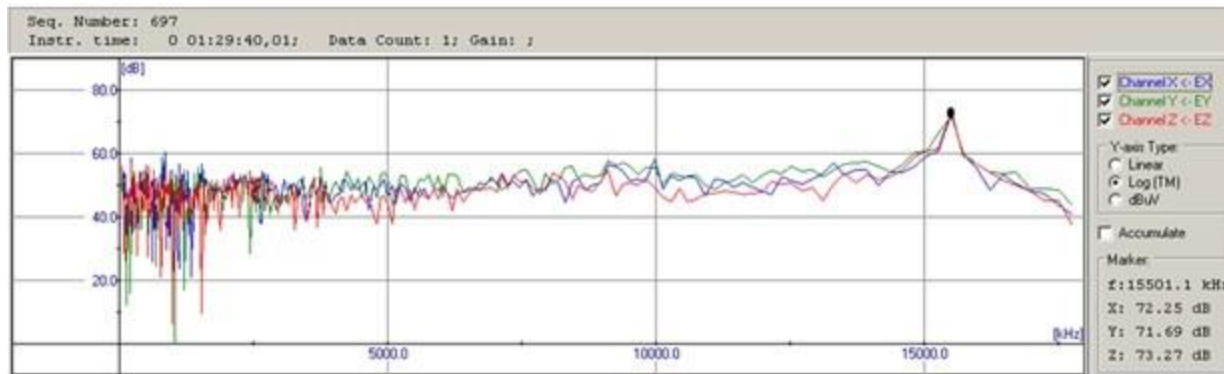
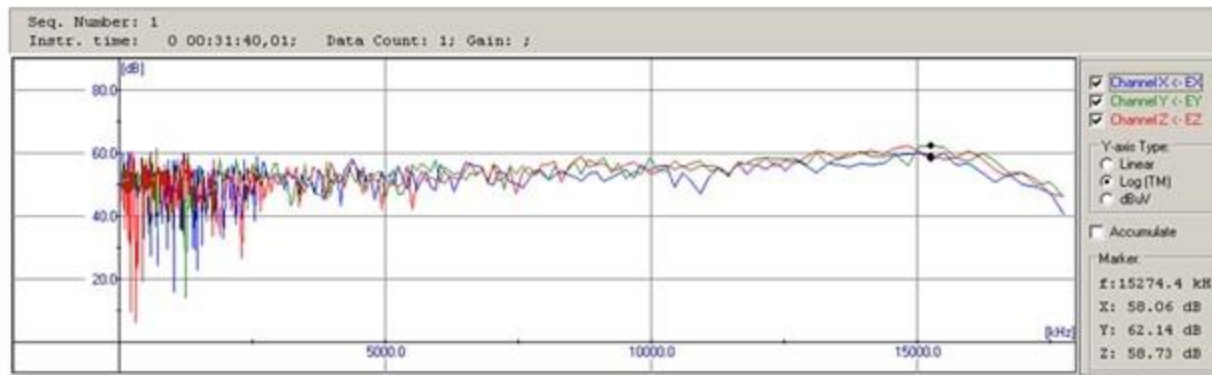


Рисунок 6. Спектры трех ортогональных электрических компонент РЧА в диапазоне 0,1 - 16 МГц (выборка 40 мс на временных интервалах: вверху – 00:31:40 UT+4, внизу – 01:29:40 UT+4)

- Наблюдаемое интенсивное излучение на частотах 2-5 МГц, близко к плазменной частоте, соответствующей концентрации ионосферной плазмы $\sim 10^5 \text{ см}^{-3}$. Наиболее резкие изменения этой частоты происходят при прохождении терминаторов (резкие изменения синего цвета на рис. 4), где естественно изменяется концентрации плазмы и соответственно плазменной частоты. Диспергирующие излучения на частотах $\sim 11 \text{ МГц}$ и $\sim 17 \text{ МГц}$ могут соответствовать нижнегибридным излучениям. Важным методическим фактором является то, что отсутствуют (рис. 4) узкополосные излучения, как правило, связанные с электромагнитными помехами от систем и аппаратуры МКС.

- **Заключение.**
- Важным научным и техническим эффектом от реализации космического эксперимента «Обстановка (1 этап)» является то, что надёжно показана возможность проведения на МКС мониторинга ионосферных электромагнитных параметров космической погоды. Это очень значимо, поскольку МКС позволяет проводить такой длительный мониторинг непосредственно в важном ионосферном слое F2.
- Участие в эксперименте международной кооперации (5 стран), вложившей значительные финансовые затраты в изготовление приборов ПВК, в экономическом плане позволило ИКИ РАН значительно сократить вкладываемые средства.
- Полученные положительные результаты КЭ «Обстановка (1 этап)» увеличивают заинтересованность международной кооперации в участии в последующих космических экспериментах, в частности, в следующем эксперименте – «Обстановка (2 этап)», включённом в Долгосрочную программу научно-прикладных исследований на Российском сегменте МКС.

Спасибо за внимание

Параметры Комбинированного Волнового Зонда:

– Канал преобразования индукции переменного магнитного поля. Коэффициент преобразования должен быть:

- в диапазоне частот (0,1...330) Гц – пропорционален частоте, с коэффициентом $0,3 \pm 0,1$ мВ/нТл·Гц, неравномерность АЧХ ± 3 дБ, не более;
- в диапазоне частот (330...30000) Гц – постоянный, не меньше 100 мВ/нТл, с неравномерностью АЧХ ± 3 дБ, не более;
- в диапазоне частот (300...400) Гц допускается неравномерность АЧХ до минус 6 дБ.

Уровень собственных шумов на частоте 1000 Гц должен быть не больше 0,1 пТл/ $\sqrt{\text{Гц}}$.

Комбинированный волновой зонд:

Канал преобразования плотности
электрического тока.

- » Коэффициент преобразования должен быть $1,00 \pm 0,05$ В/мкА.
- » Порог чувствительности по току на частоте 1,0 кГц должен быть не больше $1 \text{ пА/см}^2 \cdot \sqrt{\text{Гц}}$.

Параметры Комбинированного Волнового Зонда:

Канал преобразования электрического
потенциала.

--Коэффициент усиления должен быть
 $10,0 \pm 0,5$.

» Неравномерность АЧХ должна быть не
больше ± 3 дБ.

» Уровень собственных шумов на
частоте 1,0 кГц должен быть не больше
20 нВ/√Гц.