

Помехи и методы борьбы с ними в обсерваториях комплекса «Квазар-КВО»

А.А.Царук, С. А. Гренков,
Г.Н. Ильин

ИПА РАН

Всероссийская радиоастрономическая конференция
22-26 сентября 2014 г.
Пушино

План доклада

Контроль помеховой обстановки

Источники помех

**Взаимодействие с радиочастотными
службами**

Аппаратно-программная селекция помех

Приёмные устройства ИПА РАН

Длина волны, (см)	Диапазон	Диапазон входных частот, (ГГц)	Частота гетеродина, (ГГц)	Диапазон выходных частот, (МГц)	Ширина полосы выходных частот, (МГц)
18-21	L	1,38-1,72	1,26	120-460	340
13	S	2,15-2,50	2,02	130-480	350
6	C	4,60-5,10	4,50	100-600	500
3,5	X	8,18-9,08	8,08	100-1000	900
1,35	K	22,02-22,52	21,92	100-600	500

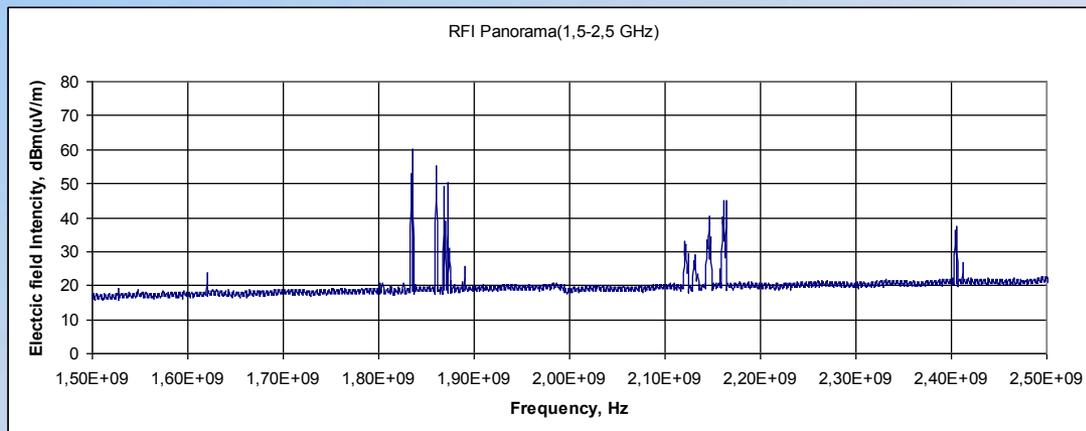
Контроль помеховой обстановки

- Измерения в широком диапазоне частот
- Измерения на промежуточной частоте

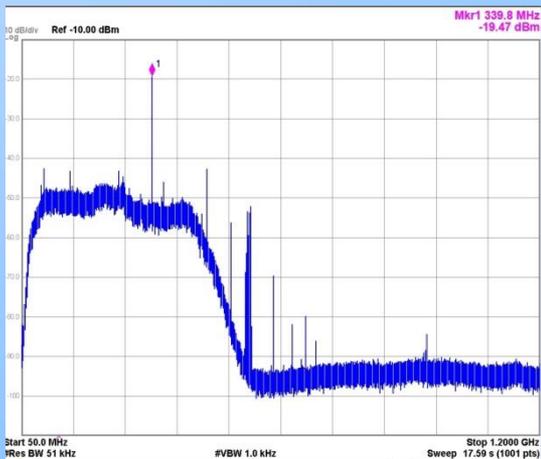
Измерения помех в широком диапазоне частот



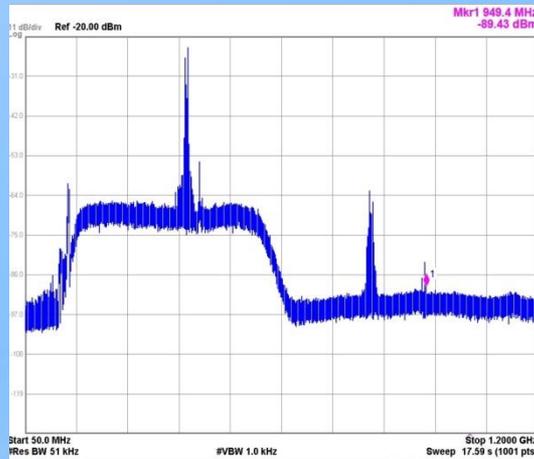
$$U_{\Pi_{dB\mu V/m}} = 20\log\left(\frac{(1\mu V)^2}{50\Omega}\right) + P_{m_{dBm}} - G_{amp_{dB}} + 20\log\left(\frac{9,73 \cdot f_{Гц}}{c\sqrt{G_a}}\right)$$



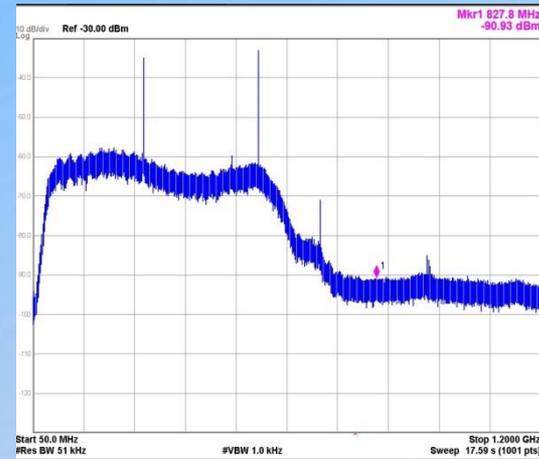
Измерения на промежуточной частоте



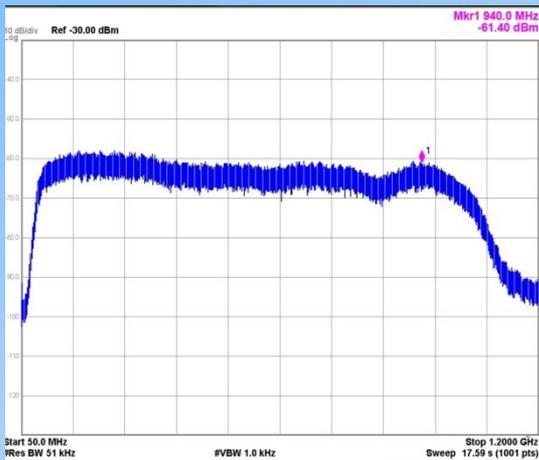
L



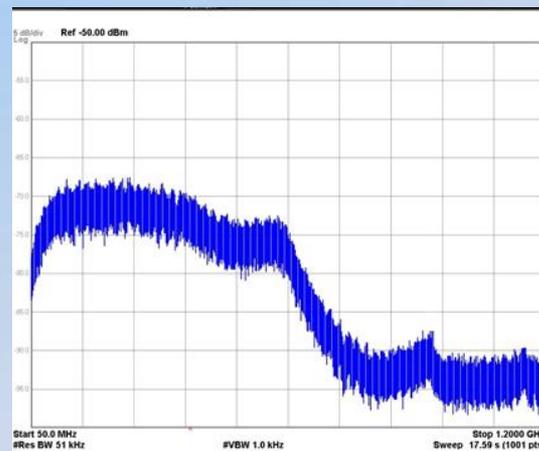
S



C



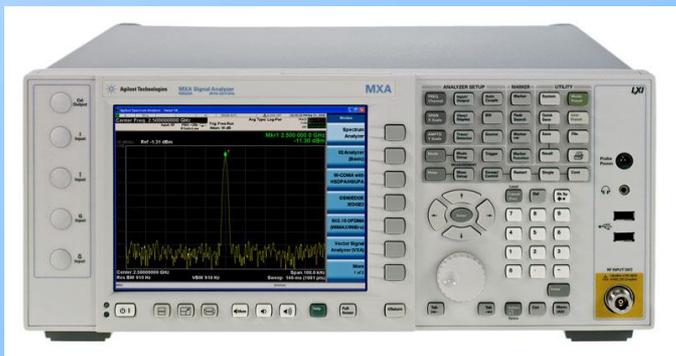
X



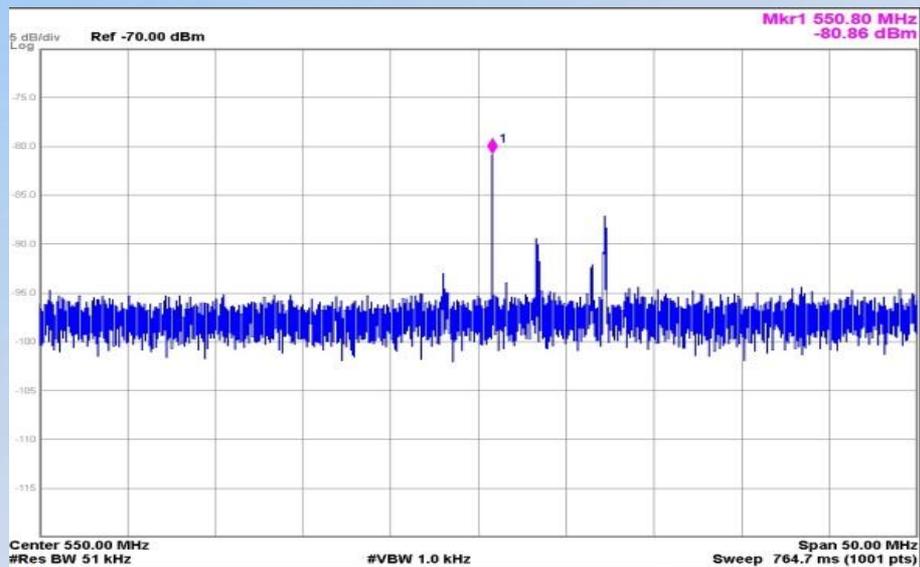
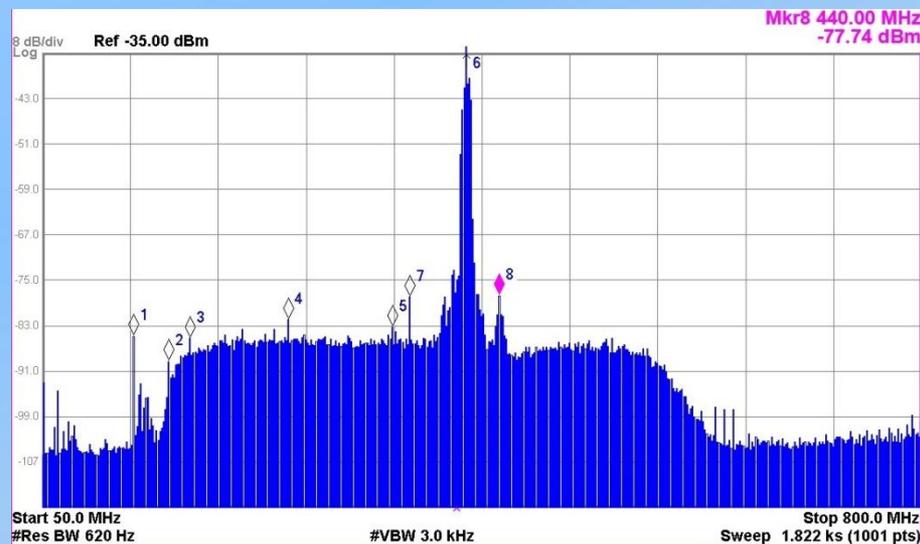
K

Измерения на промежуточной частоте

Agilent N9020



Диапазон частот	10 Гц-3.6 ГГц	
Полоса пропускания	1 Гц-3 МГц	
Полоса видеофильтра	1 Гц-3 МГц	
Средний уровень собственных шумов	100 Гц	-110 dBm
	1 кГц	-120 dBm
	$9 \text{ кГц} < f \leq 1 \text{ МГц}$	-130 dBm
	$1 \text{ МГц} < f \leq 10 \text{ МГц}$	-153 dBm
	$10 \text{ МГц} < f \leq 2.1 \text{ ГГц}$	-154 dBm
	$2.1 \text{ ГГц} < f \leq 3.6 \text{ ГГц}$	-152 dBm

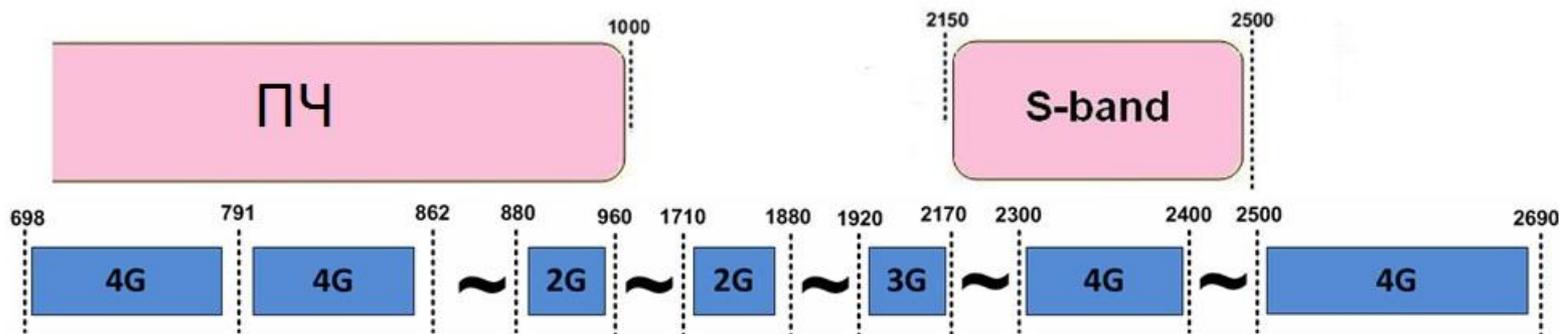


Источники помех

Диапазон	Источник помех	Частота помехи, МГц	Уровень над шумами, дБ	Примечание
L	Радионавигационные службы (ГЛОНАСС L1, GPS L1)	1598,0625-1608,75 1575,42	25-30	
	Мобильные операторы (GSM)	1710-1720	25	зависит от азимута
S	Мобильные операторы (UMTS)	2134-2139	1-5	установлен фильтр
	Бытовые приборы, СВЧ-печи(Светлое)	2400-2500	15	В направлении курорта
	Другие объекты (Зеленчукская)	2280, 2418, 2475	5-15	
C	Внутренние помехи от гетеродинов	4800, 4900	30	
	DORIS (Бадары)	407,2	10	
X	нет			
K	нет			

Источники помех

Полосы радиочастот и принципы внедрения стандарта LTE в Российской Федерации (в соответствии с решением Государственной комиссии по радиочастотам от 08.09.2011г. № 11-12-02)



1. Дополнительный радиочастотный ресурс для победителей конкурса в диапазоне 791-862 МГц в соответствии с решениями на международном уровне.

1. Выделение частотного ресурса стандарта LTE.

2. Проведение конкурсов для четырех операторов.

3. Конверсия и перевод действующих сетей связи за счет средств победителей конкурса.

1. Действующие сети второго (GSM) и третьего (UMTS) поколений.
2. Исследования для внедрения стандарта LTE.

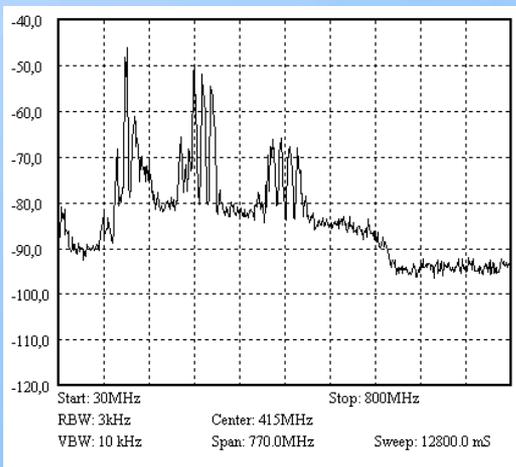
1. Выделение частотного ресурса стандарта LTE для ОАО «Основа-Телеком» и ОАО «Ростелеком».

1. Выделение частотного ресурса технологии LTE для ООО «Скартел».

2. Конверсия и перевод действующих сетей связи за счет средств победителей конкурса в диапазоне 791-862 МГц.

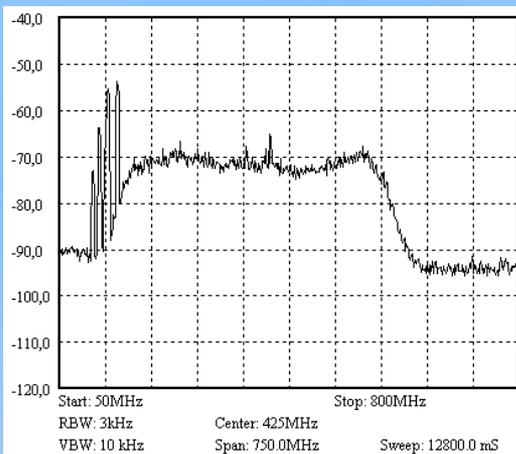
3. Перераспределение частотного ресурса в г. Москве для внедрения технологии LTE операторами «Скартел», «МегаФон», «МТС».

Взаимодействие с радиочастотными службами



**Письмо в
радиочастотный
центр
федерального
округа о
помеховом
воздействии**

проведение
радиочастотным
центром
контрольных
измерений ЭМС
вблизи
обсерватории



**Предписание
нарушителю
ЭМС о
выключении
или снижении
мощности
радиопомех**

**Установка
источника
помехового
воздействия на
приёмную
аппаратуру
радиотелескопа**

Взаимодействие с радиочастотными службами на примере обсерватории «Светлое»

L- диапазон приёмных устройств (1380-1720 МГц)

Радиочастотный центр Северо-Западного федерального округа принял решение о запрете работы базовых станций оператора TELE2 в диапазоне частот 1710-1720 МГц, поскольку они создают помехи работе радиотелескопа РТ-32-01 комплекса «Квazar-КВО»

МегаФон			Теле2			Билайн			МТС		
№ КАНАЛА	Частота Передачи Downlink	Частота Приема Uplink	№ КАНАЛА	Частота Передачи Downlink	Частота Приема Uplink	№ КАНАЛА	Частота Передачи Downlink	Частота Приема Uplink	№ КАНАЛА	Частота Передачи Downlink	Частота Приема Uplink
1	935.2	890.2	512	1805.2	1710.2	636	1830	1735	760	1854.8	1759.8
2	935.4	890.4	513	1805.4	1710.4	637	1830.2	1735.2	761	1855	1760
3	935.6	890.6	514	1805.6	1710.6	638	1830.4	1735.4	762	1855.2	1760.2
4	935.8	890.8	515	1805.8	1710.8	639	1830.6	1735.6	763	1855.4	1760.4
5	936	891	516	1806	1711	640	1830.8	1735.8	764	1855.6	1760.6
6	936.2	891.2	517	1806.2	1711.2	641	1831	1736	765	1855.8	1760.8
7	936.4	891.4	518	1806.4	1711.4	642	1831.2	1736.2	766	1856	1761
8	936.6	891.6	519	1806.6	1711.6	643	1831.4	1736.4	767	1856.2	1761.2
9	936.8	891.8	520	1806.8	1711.8	644	1831.6	1736.6	768	1856.4	1761.4
10	937	892	521	1807	1712	645	1831.8	1736.8	769	1856.6	1761.6
11	937.2	892.2	522	1807.2	1712.2	646	1832	1737	770	1856.8	1761.8
12	937.4	892.4	523	1807.4	1712.4	647	1832.2	1737.2	771	1857	1762
13	937.6	892.6	524	1807.6	1712.6	648	1832.4	1737.4	772	1857.2	1762.2
14	937.8	892.8	525	1807.8	1712.8	649	1832.6	1737.6	773	1857.4	1762.4
15	938	893	526	1808	1713	650	1832.8	1737.8	774	1857.6	1762.6
16	938.2	893.2	527	1808.2	1713.2	651	1833	1738	775	1857.8	1762.8
17	938.4	893.4	528	1808.4	1713.4	652	1833.2	1738.2	776	1858	1763
18	938.6	893.6	529	1808.6	1713.6	653	1833.4	1738.4	777	1858.2	1763.2
19	938.8	893.8	530	1808.8	1713.8	654	1833.6	1738.6	778	1858.4	1763.4
20	939	894	531	1809	1714	655	1833.8	1738.8	779	1858.6	1763.6
21	939.2	894.2	532	1809.2	1714.2	656	1834	1739	780	1858.8	1763.8
22	939.4	894.4	533	1809.4	1714.4	657	1834.2	1739.2	781	1859	1764
23	939.6	894.6	534	1809.6	1714.6	658	1834.4	1739.4	782	1859.2	1764.2
24	939.8	894.8	535	1809.8	1714.8	659	1834.6	1739.6	783	1859.4	1764.4
25	940	895	536	1810	1715	660	1834.8	1739.8	784	1859.6	1764.6
26	940.2	895.2	537	1810.2	1715.2	661	1835	1740	785	1859.8	1764.8
27	940.4	895.4	538	1810.4	1715.4	662	1835.2	1740.2	786	1860	1765
28	940.6	895.6	539	1810.6	1715.6	663	1835.4	1740.4	787	1860.2	1765.2
29	940.8	895.8	540	1810.8	1715.8	664	1835.6	1740.6	788	1860.4	1765.4
30	941	896	541	1811	1716	665	1835.8	1740.8	789	1860.6	1765.6
31	941.2	896.2	542	1811.2	1716.2	666	1836	1741	790	1860.8	1765.8
32	941.4	896.4	543	1811.4	1716.4	667	1836.2	1741.2	791	1861	1766
33	941.6	896.6	544	1811.6	1716.6	668	1836.4	1741.4	792	1861.2	1766.2
34	941.8	896.8	545	1811.8	1716.8	669	1836.6	1741.6	793	1861.4	1766.4
35	942	897	546	1812	1717	670	1836.8	1741.8	794	1861.6	1766.6
36	942.2	897.2	547	1812.2	1717.2	671	1837	1742	795	1861.8	1766.8
37	942.4	897.4	548	1812.4	1717.4	672	1837.2	1742.2	796	1862	1767
38	942.6	897.6	549	1812.6	1717.6	673	1837.4	1742.4	797	1862.2	1767.2
39	942.8	897.8	550	1812.8	1717.8	674	1837.6	1742.6	798	1862.4	1767.4
40	943	898	551	1813	1718	675	1837.8	1742.8	799	1862.6	1767.6
41	943.2	898.2	552	1813.2	1718.2	676	1838	1743	800	1862.8	1767.8
42	943.4	898.4	553	1813.4	1718.4	677	1838.2	1743.2	801	1863	1768
43	943.6	898.6	554	1813.6	1718.6	678	1838.4	1743.4	802	1863.2	1768.2
44	943.8	898.8	555	1813.8	1718.8	679	1838.6	1743.6	803	1863.4	1768.4
45	944	899	556	1814	1719	680	1838.8	1743.8	804	1863.6	1768.6
46	944.2	899.2	557	1814.2	1719.2	681	1839	1744	805	1863.8	1768.8
47	944.4	899.4	558	1814.4	1719.4	682	1839.2	1744.2	806	1864	1769
48	944.6	899.6	559	1814.6	1719.6	683	1839.4	1744.4	807	1864.2	1769.2
49	944.8	899.8	560	1814.8	1719.8	684	1839.6	1744.6	808	1864.4	1769.4
50	945	900	561	1815	1720	685	1839.8	1744.8	809	1864.6	1769.6
51	945.2	900.2	562	1815.2	1720.2	686	1840	1745	810	1864.8	1769.8
52	945.4	900.4	563	1815.4	1720.4	687	1840.2	1745.2	811	1865	1770
53	945.6	900.6	564	1815.6	1720.6	688	1840.4	1745.4	812	1865.2	1770.2
54	945.8	900.8	565	1815.8	1720.8	689	1840.6	1745.6	813	1865.4	1770.4
55	946	901	566	1816	1721	690	1840.8	1745.8	814	1865.6	1770.6
56	946.2	901.2	567	1816.2	1721.2	691	1841	1746	815	1865.8	1770.8
57	946.4	901.4	568	1816.4	1721.4	692	1841.2	1746.2	816	1866	1771
58	946.6	901.6	569	1816.6	1721.6	693	1841.4	1746.4	817	1866.2	1771.2
59	946.8	901.8	570	1816.8	1721.8	694	1841.6	1746.6	818	1866.4	1771.4
60	947	902	571	1817	1722	695	1841.8	1746.8	819	1866.6	1771.6
61	947.2	902.2	572	1817.2	1722.2	696	1842	1747	820	1866.8	1771.8
62	947.4	902.4	573	1817.4	1722.4	697	1842.2	1747.2	821	1867	1772
63	947.6	902.6	574	1817.6	1722.6	698	1842.4	1747.4	822	1867.2	1772.2
64	947.8	902.8	575	1817.8	1722.8	699	1842.6	1747.6	823	1867.4	1772.4
65	948	903	576	1818	1723	700	1842.8	1747.8	824	1867.6	1772.6

Спектральная-селекция помех

В ИПА РАН для проведения радиометрических наблюдений в условиях воздействия радиопомех разработана спектрально-селективная система регистрации. Она состоит из широкополосного модуля вычисления спектров и специализированного программного обеспечения.

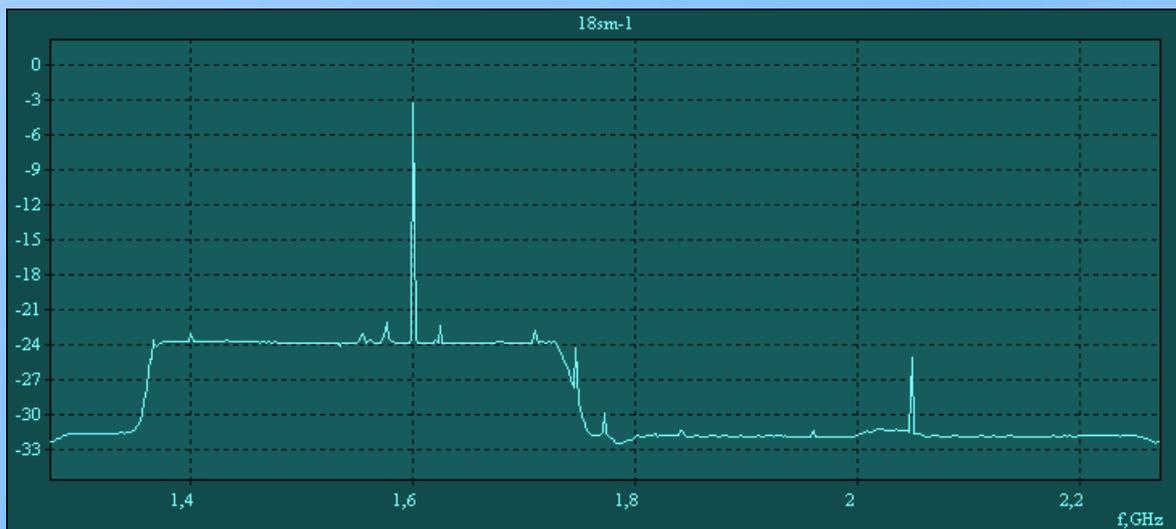
Модуль вычисления спектров построен с использованием ультраскоростного АЦП (частота 2048 МГц, разрядность 10), демультимплексора и ПЛИС с конфигурацией, позволяющей вычислять, накапливать и передавать в устройство управления усредненные спектры.

Функции спектрально-селективной системы регистрации:

- измерения параметров приемно-усилительного тракта
- радиометрические наблюдения
- спектральные наблюдения
- **регистрация и чистка радиопомех**

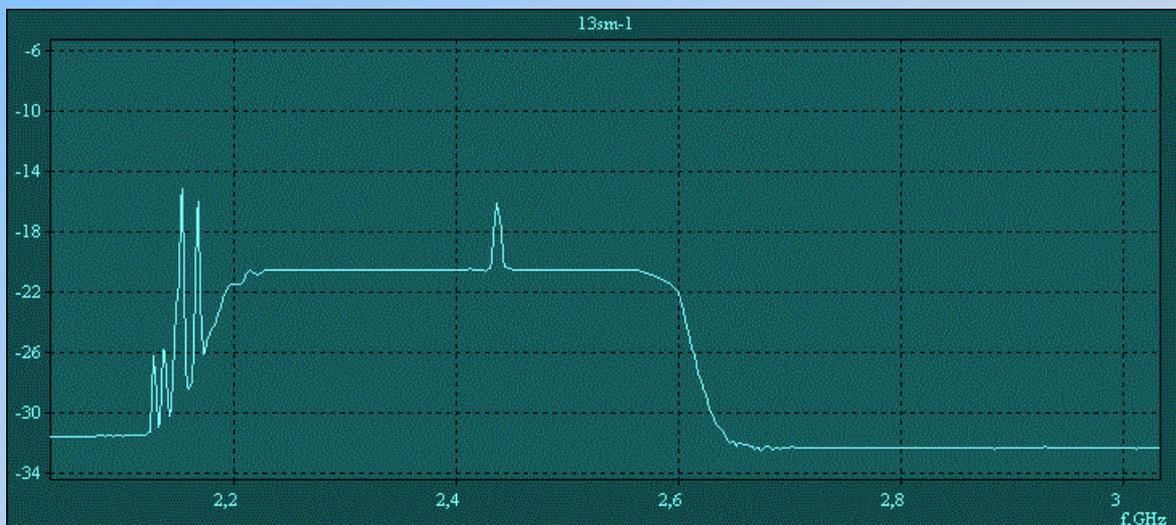


Вычисление спектра анализируемого сигнала на спектрально-селективной системе регистрации



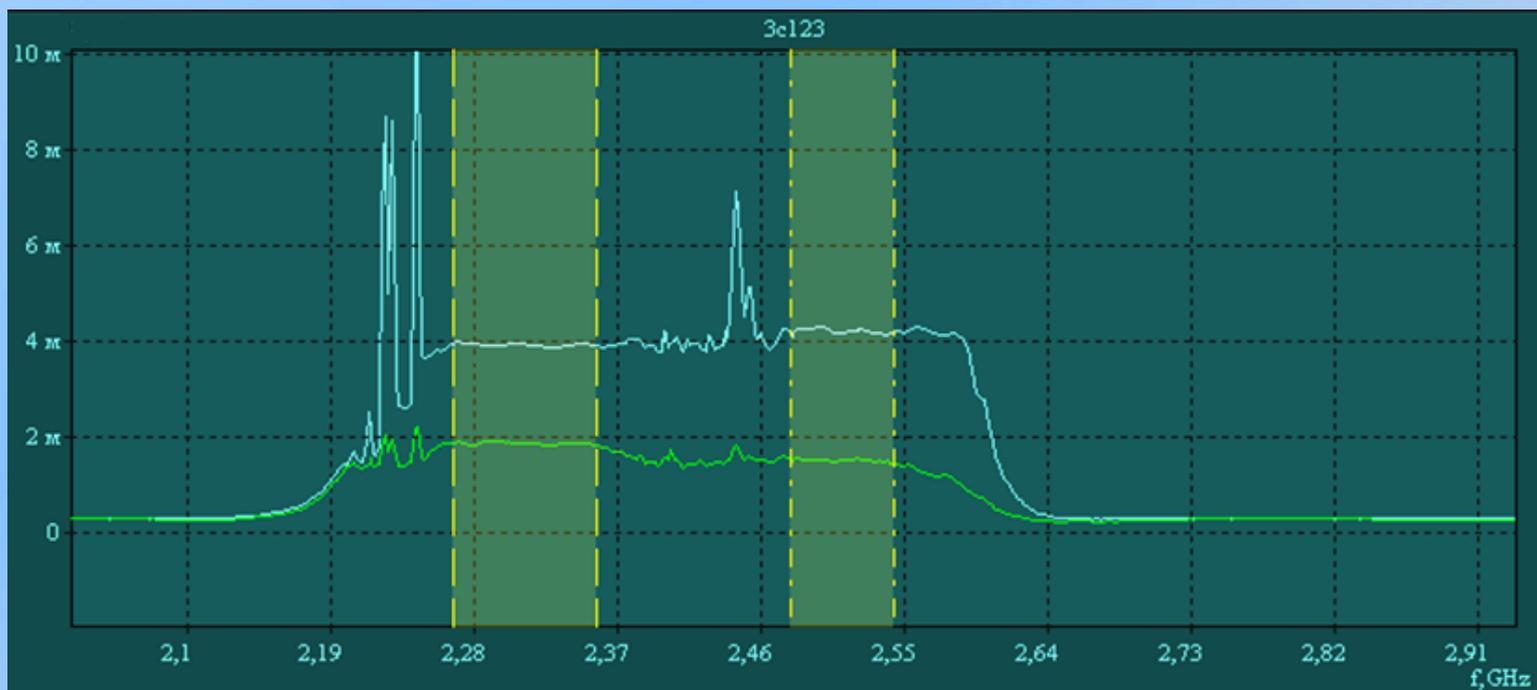
L-band

$\Delta f = 1\text{GHz}$

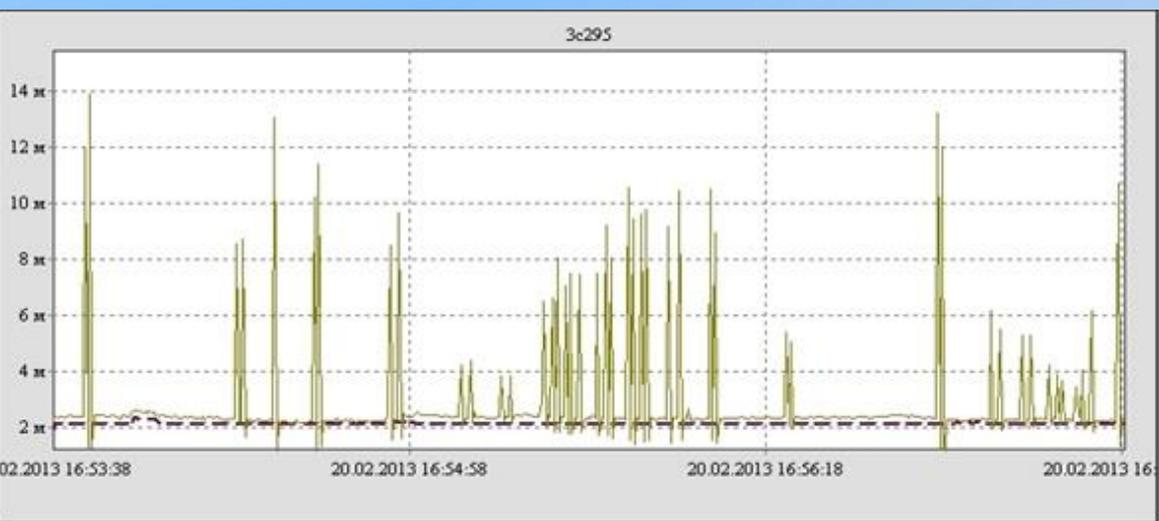
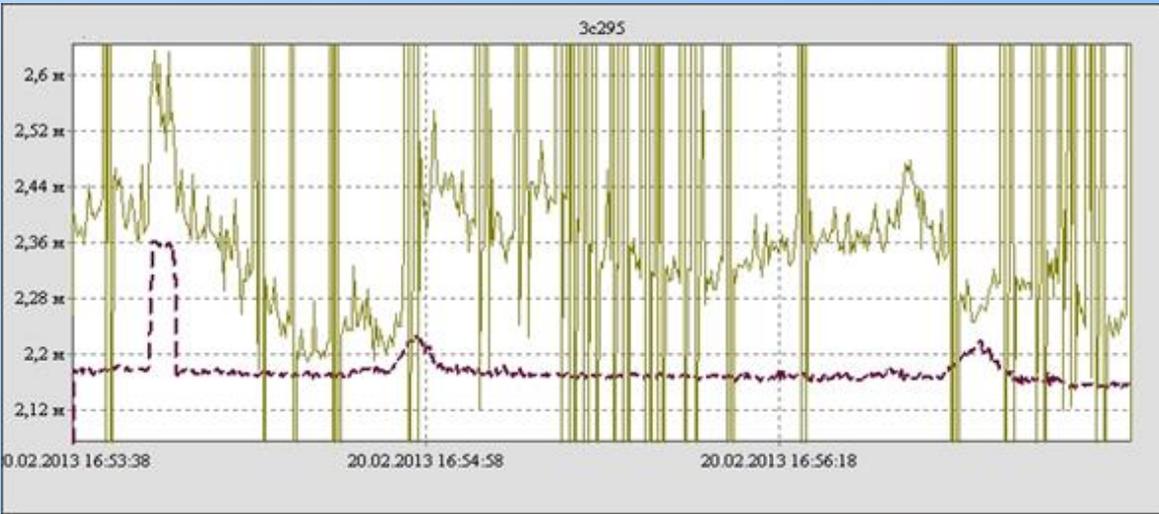


S-band

Программная селекция помех



Результат программной селекции помех



Источник	3c295
Дата и время наблюдения	20.02.2013 16:55
Диапазон	S
Азимут и угол места	25.9; 27.1
Плотность потока, Ян	13.9
T, К	1.944
Δf , МГц (без помех)	28
Время интегрирования, с	0.5

Заключение

В настоящее время ИПА РАН располагает двумя наиболее эффективными методами защиты от помех на радиотелескопах комплекса «Квазар-КВО»:

- **Организационный:** *осуществляется взаимодействие с региональными службами по контролю ЭМС среди пользователей радиочастотного спектра*
- **Аппаратно-программный :** *селекция помех выполняется на разработанной системе регистрации.*

Спасибо за внимание !