

П.С. Крюков¹
В.Т. Поляков²

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ
И ПРОЦЕССОВ В ЕЕ ОТРАЖАЮЩИХ
СЛОЯХ ПО ДАННЫМ ПРИЕМА СИГНАЛА
БИЕНИЙ НЕСУЩИХ ВЕЩАТЕЛЬНЫХ
КВ-СТАНЦИЙ**

В статье рассмотрены характерные особенности доплеровских спектров сигналов биений между несущими мощных радиовещательных станций КВ-диапазона. Сделана попытка выявить их связь с естественными ионосферными возмущениями.

Ключевые слова: ионосфера, биения, доплеровский эффект, КВ.

В [1; 2] описан метод получения спектрограмм ионосферных сигналов на простой и портативной установке, содержащей только антенну, приемник и персональный компьютер (ноутбук). Программа Spectran осуществляет преобразование Фурье сигнала несущей радиостанции, преобразованного приемником в область низких (звуковых) частот. Разработана также методика выделения сигнала биений между колебаниями несущих соседних по частоте станций [2] без использования стабильных гетеродинов в приемнике или местных эталонов частоты.

Собственно, интересные спектрограммы мы начали получать сразу же после доклада [1] на прошлогодней конференции. Первое, что бросается в глаза, это значительное уширение спектра монохроматического сигнала, отраженного от ионосферы. Вот примеры характерных записей.

24 мая 2013. Перед заходом Солнца в Москве найдены сигналы соседних по частоте, но дальних станций на сравнительно низкочастот-

¹ Аспирант НОУ ВПО «Российский новый университет».

² Кандидат технических наук, профессор НОУ ВПО «Российский новый университет».

P.S. Kryukov
V.T. Polyakov

**ANALYSIS OF STATE OF THE
IONOSPHERE AND PROCESSES IN THE
REFLECTING LAYERS BY THE DATA
OF RECEPTION OF THE BEAT SIGNAL
BETWEEN THE CARRIERS OF HF
BROADCASTING STATIONS**

The article describes the characteristics of the Doppler spectra of the beat signals between carriers of powerful HF band broadcasting stations. There are some attempts to identify their relationship with the natural ionospheric disturbances.

Keywords: ionosphere, beats, Doppler effect, SW.

ном радиовещательном диапазоне 41 м. Таковые обнаружились на 7275 и 7280 кГц (рис. 1). Приемник, включенный в режиме АМ, был настроен посередине между несущими станций на 7277 кГц. По вертикали отложена частота биений в герцах, по горизонтали – время. Длительность записи 30 минут (рис. 2).



Рис. 1. Карта расположения вещающих станций

Развал сигнала на три составляющие в середине снимка довольно точно совпал с заходом Солнца в Москве в 22:05. После фиксации этого кадра произошло нечто труднообъяснимое: частота сигнала биений «прыгнула» на 6 Гц вверх! Скорее всего, корейцы или вьетнамцы подстроили передатчик или включили запасной.

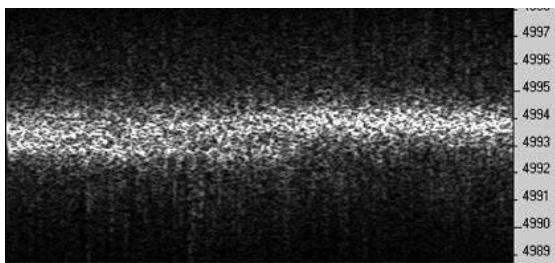


Рис. 2. Спектрограмма биений 7277 кГц 24.05.13. Начало 21:50, конец 22:20. Время заката в Москве. Метки минутные. 7275 – KBS World Radio, 250kW, 7280 – Voice of Vietnam, Hanoy, 100kW. Расстояние до обеих станций около 6700 км

После перестройки Спектрана запись была продолжена (рис. 3). Виден все больший «развал» спектра сигнала – все большее его уширение. В 23:00 корейцы прекратили работу, и сигнал пропал, что видно на последней минуте записи.

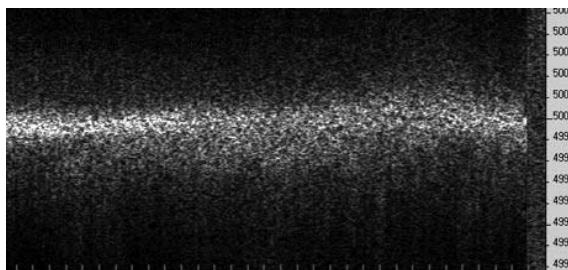


Рис. 3. Спектрограмма биения 7277 кГц 24.05.13. Конец записи в 23:00 с выключением KBS World Radio. После заката в Москве. Метки минутные. Развал сигнала – переход на ночное распространение

26 мая 2013. Решили повторить эксперимент. Но обстановка в эфире была уже другая: на частоте 7275 кГц работал 250-киловаттный передатчик из Мадрида – Radio Exterior de España – REE, и корейцев (KBS) «из-под него» совершенно не было слышно, тогда как Voice of Vietnam на 7280 создавал уверенные биения с REE на 7275 кГц.

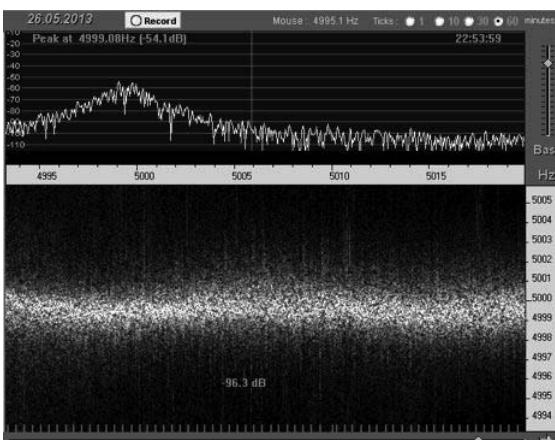


Рис. 4. Спектрограмма биения 7277 кГц, 26.05.13

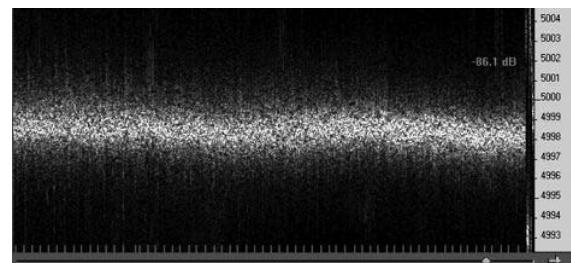


Рис. 5. Спектрограмма биения 7277 кГц 26.05.13. Продолжение

Второй снимок (рис. 5) – продолжение первого (рис. 4), причем со значительным «нахлестом», что видно по сбою минутных меток примерно в 22:30. Не обращайте внимания на цифры –96,3 и –86,1 дБ – они относятся к тому месту, рядом с цифрами, где стоял курсор, это уровень шума и помех. В 23:19 случайно сбили частотную шкалу Спектрана и прекратили запись.

Что характерно для этих снимков? Во-первых, ясно видны «ионосферные волны» с периодом порядка 30 минут. Это, по-видимому, гравитационные волны, «гуляющие» по верхней атмосфере, подобно водяным валам на поверхности океана. Здесь эти волны изменяют профиль электронной концентрации по высоте, вызывая доплеровские сдвиги частоты сигнала. Во-вторых, большое, до 2-х герц, уширение спектра сигнала.

27 мая 2013. Ионограмма в Москве (от ИЗМИРАН) за 22:00 мск (рис. 6). Видим очень сильный слой Es (горизонтальные линии), дающий четырехкратные отражения, и слой F (двойные наклонные линии), дающий двойные отражения. Жду необычного, и оно не заставило себя ждать. Если еще вчера мы назвали уширение спектра в 2 Гц большим, то сегодня оно было гигантским!

На частоте 7278 кГц (настройка приемника) ситуация изменилась: Мадрид не работал, и соревновались два «дальневосточных гиганта» –

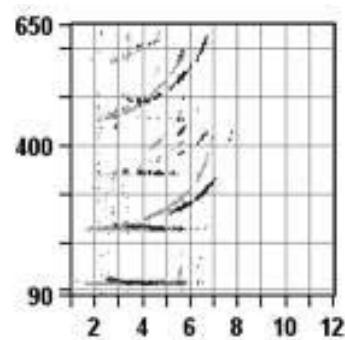


Рис. 6. Ионограмма в Москве 27.05.13

KBS и Voice of Vietnam. Первый – на ломаном английском, второй – на французском. Их было слышно, то одного, то другого, а то и обоих вместе, в зависимости от частых и глубоких селективных федингов. Китай на 7265 еще не включился, да он и не попадал в полосу приемника, так что спутать станции было никак невозможно.

В 22:30 была сделана четырехминутная запись спектра (рис. 7). Она похожа на прежние, если бы не одно но. Предыдущие записи сделаны с разрешением 0,042 Гц в полосе чуть более 10 Гц, а эта – с разрешением 0,34 Гц в полосе 100 Гц! Спектр размыт в полосу более 15 Гц, а всплески – еще шире.

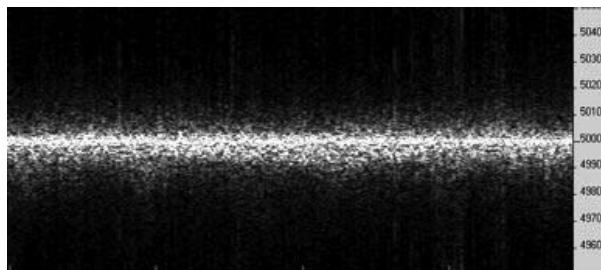


Рис. 7. Спектрограмма с разрешением 0,34 Гц

Для сравнения, к этому кадру справа приведена шестиминутная запись того же сигнала с разрешением 0,042 Гц (рис. 8). Спектр заполняет практически всю шкалу.

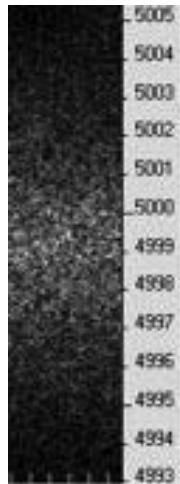


Рис. 8. Спектрограмма с разрешением 0,042 Гц

В 23:00 KBS прекратила работу и сигнал пропал. Перестроился на 7210, где работала другая корейская станция Voice of Korea (KCBS), расположенная значительно севернее, у самой границы. Мощность – 200 кВт. Опорой служило Радио России, вещающее из Талдома, менее 100 км к северу от Москвы. Сигнал записывался сначала

с разрешением 0,34, затем 0,042 Гц (рис. 9). В 23:52 запись была прекращена. Уширение спектра здесь также велико.

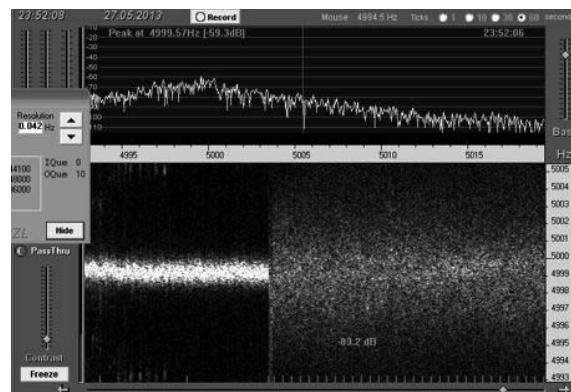


Рис. 9. Спектрограмма 7210 кГц

28 мая 2013. Диапазон 16 м. 13:00 мск. Найдено три соседних по частоте станции, все на дневной стороне Земли (рис. 10):

- 17870 BBC, Dari, Saudi Arabia, 250 kW;
- 17875 All India Radio, Bengaluru, 500 kW;
- 17880 Radio Farda, Lampertheim, 50 kW.



Рис. 10. Карта расположения станций

Последнюю станцию слышно хуже всех, хоть она и в Европе (нижний след). Параметры записи стандартные: частота выборок 11025 Гц, разрешение 0,042 Гц. Приемник настроен на 17875 кГц (рис. 11).

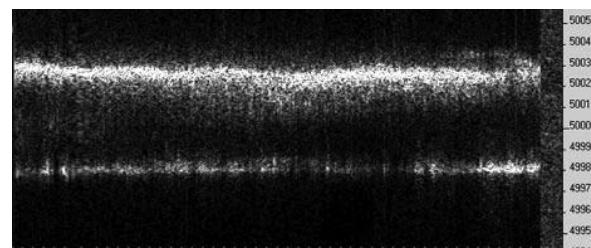


Рис. 11. Спектрограмма 17875 кГц

Метки минутные, конец записи в 13:00 в связи с выключением «опоры» – All India Radio (рис. 12). Для проверки этого факта обратились к [3] и перестроили Спектран на частоту выборок 22050, разрешение 0,084 Гц, чтобы «дотянуться» до частоты биений 10 кГц. Эксперимент оказался вполне успешным, и характер записи подобен верхнему следу на первой спектрограмме, хоть и с меньшим разрешением.



Рис. 12. Карта расположения вещающих станций в 13:00

После 14:00 эфирная обстановка на выбранных частотах радикально переменилась, и работали уже такие станции (рис. 13):

- 17870 BBC 250кВт 300° Nakhon Sawan 15N03 100E03;
- 17880 R.FARDA 250кВт 299° Iranawila 07N30 079E47.

Биения между их несущими – 10 кГц, спектральное разрешение – 0,082 Гц. Кадр снят в 15:00 мск, продолжительность кадра – 48 минут.



Рис. 13. Карта расположения вещающих станций в 14:00

Здесь (рис. 14) хорошо видно постепенное образование второго трека, к концу кадра на 2 Гц ниже основного, что подтверждает и «мо-

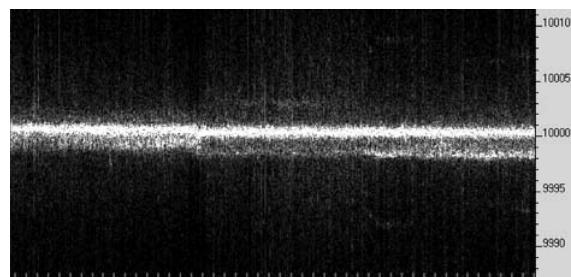


Рис. 14. Спектрограмма 17875 кГц, биения на 10 кГц

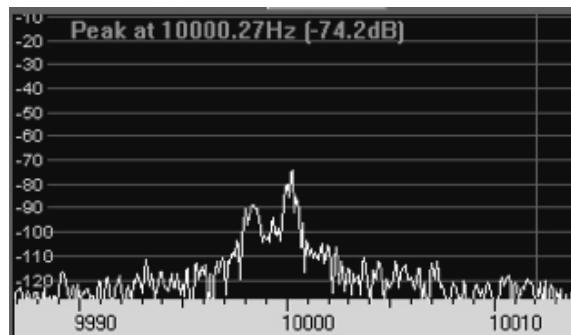


Рис. 15. Осциллограмма биения 17875 кГц

ментальный» спектр (рис. 15), зафиксированный Спектраном в момент фиксации кадра в 15:00.

Причины этого явления пока не совсем ясны, возможно, оно связано с многолучевым распространением сигнала.

Литература

1. Крюков П.С., Поляков В.Т. Попытка создания портативной приемной КВ-установки для доплеровских ионосферных исследований // Цивилизация знаний : труды XIV Международной конференции, г. Москва, 26–27 апреля 2013 г. – М. : РосНОУ, 2013.
2. Поляков В.Т. Доплеровские ионосферные наблюдения [Электронный ресурс] // CQ-QRP 2013. – № 43. – URL: <http://qrp.ru/files/literature/category/15-cqqrp?download=290%3Acq-qrp-43> (дата обращения 03.05.2014)
3. Short-wave frequency shedule : справочник по коротковолновым вещательным станциям [Электронный ресурс] // URL: <http://www.short-wave.info/>