

## НАБЛЮДЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ПО ДАННЫМ ПРОХОЖДЕНИЯ РАДИОВОЛН НА НАКЛОННЫХ ТРАССАХ

Кравец Р.О.

Радиоастрономический институт НАНУ

Одесса, Украина

krro@yandex.ru

**ABSTRACT.** We propose ionosphere disturbances registration method, which is based on the radio broadcasting signals observations. The essence of the method is that during the strong ionosphere disturbances, the radio stations signal power is greatly decreased. The advantage of the method, compare to other existing methods, is that it allow more quickly get information about ionosphere disturbances.

Основным инструментом изучения ионосферы в настоящее время является мировая сеть ионосферных станций (ионозондов). Данные, получаемые ионозондами, достаточно обширны и позволяют получить детальную картину состояния ионосферы Земли в реальном масштабе времени. Эти данные представляют большой интерес для различных служб, использующих радиосвязь, так как ионосфера оказывает значительное влияние на распространение радиоволн. Наиболее важными параметрами ионосферы являются значения критических частот различных ее слоев, и, в частности, критическая частота слоя F2. Эти частоты получают непосредственно по ионограммам как максимальные частоты, отраженные соответствующими слоями (рис.1)[1,2].

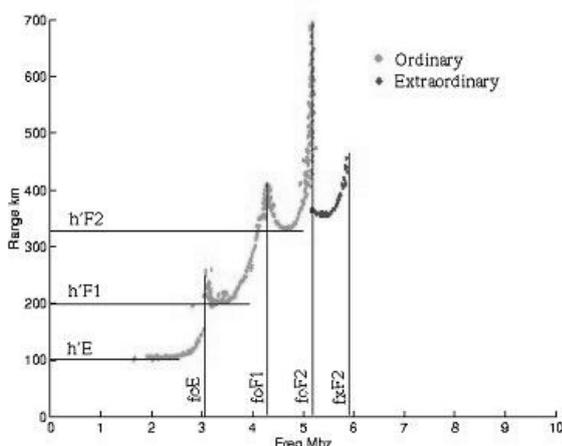


Рисунок 1. Критические частоты слоев ионосферы

Период получения ионограмм на большинстве ионозондов составляет 15 минут, что вполне достаточно для оперативного контроля ионосферных параметров. Однако, в случаях быстрых возмущений могут потребоваться более частые измерения. Практика показывает, что ионосферные возмущения могут возникать в течение нескольких минут и даже в течение нескольких секунд. Например, на следующих ионограммах (рис.2,3) видно, что даже в относительно спокойный период, состояние ионосферы за 15 минут изменяется довольно сильно. Поэтому задача более оперативного контроля состояния ионосферы достаточно актуальна.

На рис 4,5 приведены ионограммы в период сильных возмущений в ионосфере – 29 мая и 4 июня 2011 г.

Кроме ионозондов, существует ряд средств, которые, в принципе, решают эту задачу. Это, прежде всего, риометры, позволяющие довольно оперативно контролировать состояние ионосферы. Это также системы наклонного зондирования и ряд других средств. Существуют также космические средства – спутники, предназначенные для контроля потоков частиц и излучений идущих от Солнца. Однако данные, получаемые всеми этими службами не всегда достаточно оперативны и в полной мере доступны.

В связи с этим, предлагается методика, позволяющая достаточно оперативно регистрировать различные ионосферные возмущения. Данная методика основана на наблюдениях мощности сигналов радиовещательных станций и предназначена, в основном, для контроля состояния ионосферы при проведении радиоастрономических наблюдений, в частности, в дециметровом диапазоне радиоволн. Поскольку методика измерения мощности радиосигналов в радиоастрономии развита достаточно хорошо, то предлагаемая методика контроля состояния ионосферы полностью с ней согласуется.

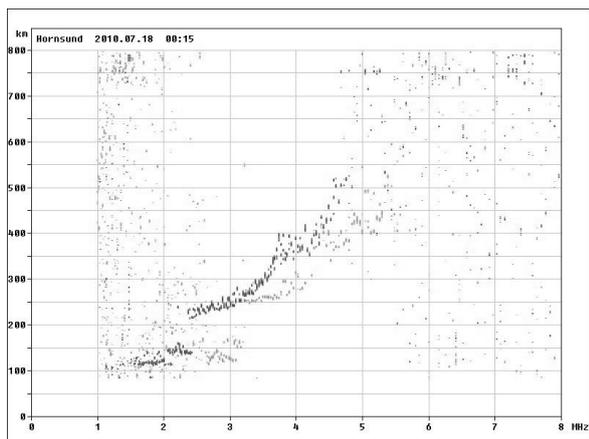


Рисунок 2. Ионограмма 18.07.2010,0.15.

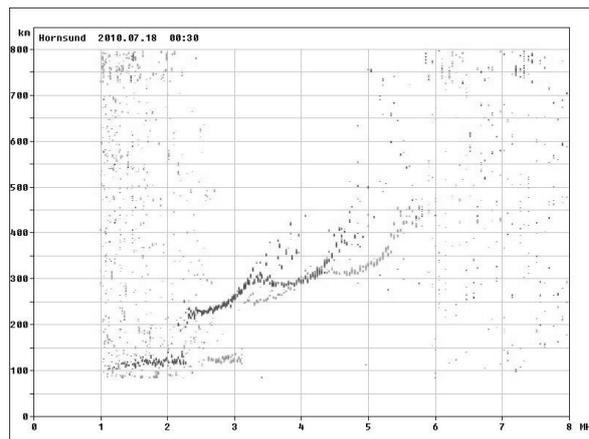


Рисунок 3. Ионограмма 18.07.2010,0.30

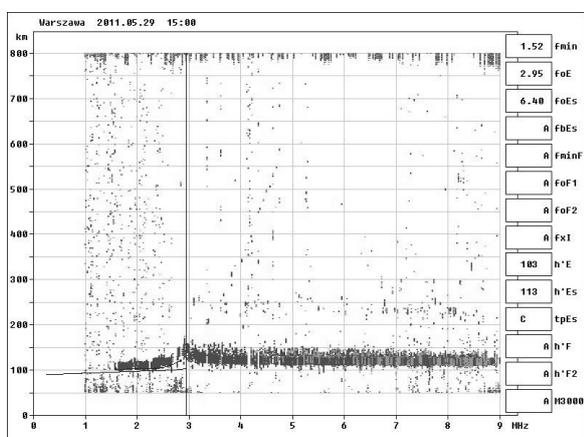


Рисунок 4. Ионограмма 29.05.2011, 14.30

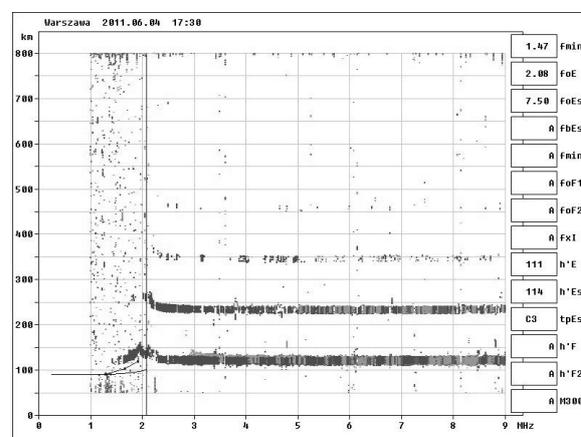


Рисунок 5. Ионограмма 4.06.2011, 17.30

Сущность предлагаемой методики заключается в том, что при возмущениях в ионосфере, ее отражающий слой в той или иной степени разрушается, и сигналы радиостанций, отраженные этим слоем, существенно уменьшаются. Регистрация этих изменений и позволяет судить о наличии или отсутствии возмущений в ионосфере. Трассы прохождения радиоволн при этом получаются наклонными, что в принципе, соответствует схеме наклонного зондирования.

Сигналы радиовещательных станций используются для изучения ионосферы достаточно давно [3,4]. Недостатки, возникающие при этом, связаны, в основном, с тем, что радиовещательные станции работают по определенной программе – включаются и выключаются в определенное время, переключают мощность, используют синхронные передатчики и т.д. Кроме того, в результате многолучевости, могут возникать фединги (уменьшения мощности принимаемого сигнала из-за противофазного сложения различных лучей).

В связи с этим, предлагается регистрировать некоторую интегральную мощность нескольких одновременно работающих радиостанций. При этом, зависимость от расписания работы какой-либо одной станции существенно уменьшается. Так, например, если регистрируется суммарная мощность пяти одновременно работающих радиостанций, то включение или выключение какой-либо одной станции изменит общую мощность всего лишь на 20%. В тоже время, ионосферное возмущение может изменить регистрируемую мощность в несколько раз.

На рис.6,7 приведены спектры диапазонов радиовещательных станций 11 и 15 МГц полученные в реальном масштабе времени. Из рисунков видно, что количество одновременно работающих станций достаточно велико, и имеется возможность выбора необходимого их числа для регистрации.

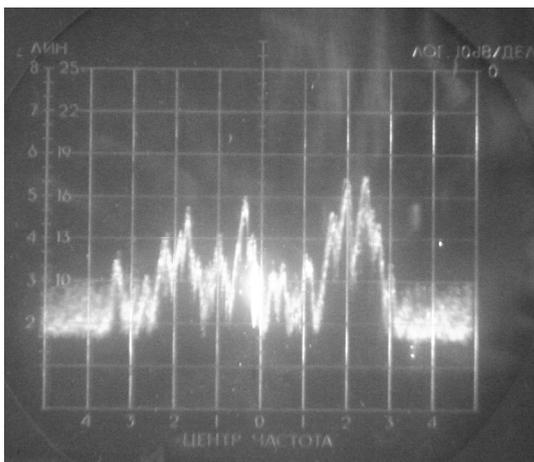


Рисунок 6. Сигналы радиовещательных станций в диапазоне 11 МГц.

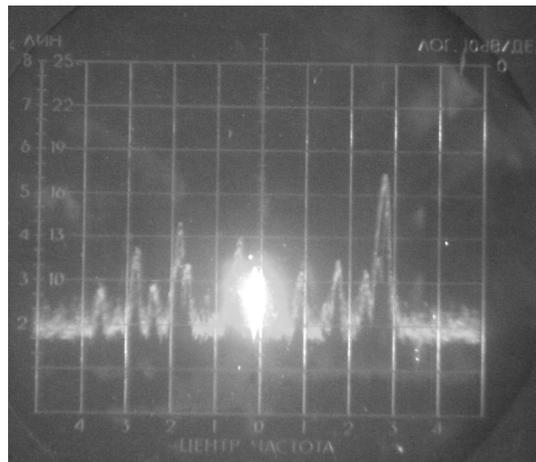


Рисунок 7. Сигналы радиовещательных станций в диапазоне 15 МГц.

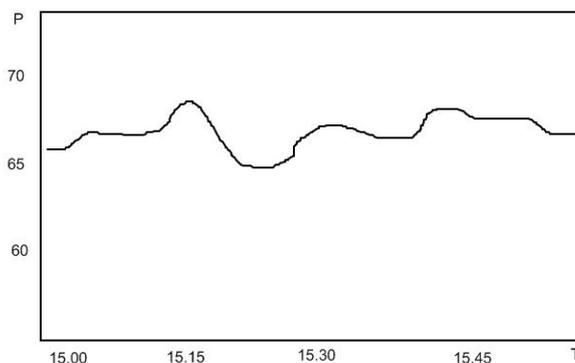


Рисунок 8. Суммарная мощность шести станций на частоте 15 МГц.

Кроме того, регистрация суммарной мощности нескольких соседних по частоте радиостанций может упростить регистрирующую аппаратуру, так как вместо традиционных узкополосных фильтров, используемых при приеме несущих частот отдельных станций возможно использование стандартных широкополосных фильтров используемых в радиовещательных приемниках. В некоторых случаях, однако, может оказаться более эффективным суммирование мощностей сигналов станций, не расположенных рядом по частоте. Тогда понадобятся многоканальные либо быстроперестраиваемые приемные устройства.

Одним из вариантов данной методики является одновременная фиксация мощности каждой из выбранных радиостанций. Такой вариант, хотя и более сложен в реализации, является более гибким и эффективным.

На рис. 8 показан пример записи суммарной мощности шести станций на частоте 15 МГц в течение

часа. Так как запись проводилась в период отсутствия ионосферных возмущений, то существенных колебаний мощности не наблюдается.

#### Литература

1. DIAS: European Digital Upper Atmosphere Server. <http://www.iono.noa.gr/dias>.
2. Belehaki, A., Lj. R. Cander, B. Zolesi, J. Bremer, C. Jurén, I. Stanislawski, D. Dialetis and M. Hatzopoulos, DIAS Project: The establishment of a European digital upper atmosphere server“, J. Atmos. Sol-Terr. Phys., 67(12), pp. 1092-1099, 2005.
3. Керблей Т.С., Ковалевская Е.М. О траектории коротких радиоволн в ионосфере. М., Наука, 1974.
4. Гуревич А.В., Цедилина Е.Е. Рассеяние радиоволн в ионосферных волновых каналах. Известия вузов, Радиофизика, 1976, т.19, с.43.