

ДИАГНОСТИКА СЛОЯ D ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ РИОМЕТРОВ

А. Н. Зайцев, А. С. Амиантов (ИЗМИРАН, Троицк)

Измерение поглощения космического радиоизлучения в слое D ионосферы служит надежным способом определения ионизации в этом слое, а непрерывная регистрация поглощения обеспечивает изучение динамики слоя D во время возмущений ионосферы. Для регистрации поглощения служит риометр (Relative Ionosphere Opacity Meter) – радиотехнический прибор, в основе своей схемы представляющий радиотелескоп, работающий на одной частоте. Оптимальная частота регистрации – 30 МГц, что определяется свойствами ионосферы. Более 50 лет риометрия служит стандартным методом мониторинга состояния ионосферы. За последние годы риометрические наблюдения достигли нового уровня благодаря внедрению техники сканирующего (scanning) и отображающего (imaging) риометров, см. сайт Университета Ланкастер <http://www.dcs.lancs.ac.uk/iono/iris/> и сайт Университета штата Мериленд http://www.polar.umd.edu/rio_info.html. Впервые отображающий риометр был установлен на станции Южный Полус в 1987 году, и в настоящее время в мире насчитывается более 10 таких установок. Наиболее совершенная установка имеется на Аляске в составе нагревного стенда HAARP: <http://www.haarp.alaska.edu/haarp/index.html>. В своей основе отображающий риометр повторяет обычный, за исключением сложной антенной системы, имеющей структуру фазированной решетки. Каждый луч такой решетки фактически формирует элемент изображения (image), которое воспроизводит распределение ионизации в области поглощения D слоя ионосферы. Понятно, что регистрация и обработка данных ведется цифровым способом с применением современных компьютеров. Цифровой выход риометра позволяет иметь данные с разрешением по времени до 1 сек, что обеспечивает высокую точность регистрации с шагом в 1 минуту, а за счет большого антенного поля возрастает точность измерений поглощения по амплитуде. Антенное поле состоит из 49, 64 или 128 элементов, что позволяет получить изображение, на котором удастся выделить структурные элементы размером в доли градуса, т.е. с линейными размерами в 2-3 км, приведенных к высоте 90 км при общем размере кадра 200 на 200 км.

Более 20 лет назад нами в ИЗМИРАН был повторен, а затем и усовершенствован риометр по схеме Х.Чиверса. Наша разработка была передана в ПГИ, ААНИИ, ИКФИА и повторена более чем в 50 экземплярах. После появления в 1987 году отображающего риометра, мы провели в ИЗМИРАН макетирование подобного устройства с антенной системой на основе матрицы Батлера. Экспедиционные испытания установки были выполнены нами в 1989-1991 гг. в варианте, урезанном до одного сегмента

системы, т.е. в формате сканирующего риометра. В поселке Сабетта (исправленная геомагнитная широта 66,5 град.) на полуострове Ямал нами была построена экспериментальная установка сканирующего риометра, которая показала свою высокую разрешающую способность и высокую надежность. Антенная система была сконструирована из обычного медного канатика и представляла собой 8 фазированных диполей с подвеской на деревянных столбах, для которых использовался плавник, в большом количестве имеющийся на побережье Обской губы. Обработка экспериментальных данных показала возможность выявления тонкой структуры слоя D ионосферы в моменты развития суббуриевых явлений.

На рис.1 приведен пример регистрации суббури за 13 августа 1990 года на установке в пос. Сабетта. Видно, что выявляются достаточно мелкомасштабные детали области поглощения, хорошо видно смещение области по меридиану и динамика ее развития по фазам суббури. Сопоставление с данными магнитометра показало тесную корреляцию в динамике суббурь по обоим приборам, а также позволило детализировать смещение центра электроструи во время суббури.

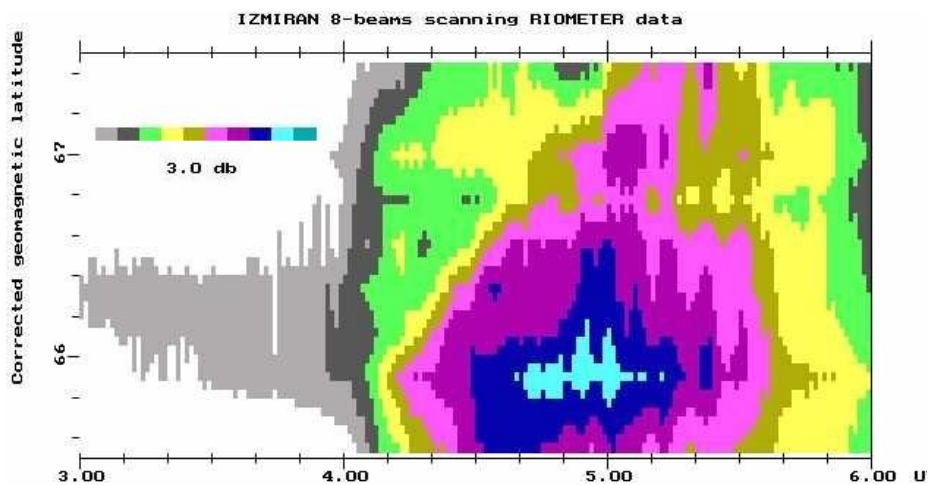


Рис. 1. Пример регистрации на установке сканирующего риометра в пос. Сабетта на полуострове Ямал, 13 августа 1990 года. Вверху слева приведена шкала интенсивности поглощения в 3 дб, шкала времени по UT, ось ординат в долях геомагнитной широты. Максимальное поглощение наблюдалось в интервале 04:40-05:05 UT, причем зона поглощения находилась южнее пункта наблюдений. Вся область поглощения захватила значительную часть зоны полярных сияний. Очевидно, что для детального пространственно-временного изучения динамики поглощения нужно добавить вдоль меридиана еще две-три точки наблюдений.

Из рассмотрения этого примера видно, что использование сканирующих и отображающих риометров позволяет наблюдать за изменениями поглощения в слое D ионосферы вне зависимости от сезона и времени суток. Тем самым мы можем оценивать динамику развития суббури методом, независимым от условий наблюдений (день-ночь, сезон года и т.д.). С другой стороны, непосредственное сравнение наземных данных риометров со структурами полярных сияний, наблюдаемых с помощью УФ-сканеров на спутниках, дает шанс точно привязать область высыпания к тем областям слоя D ионосферы, где в эти моменты развиваются активные элементы полярной суббури.

В настоящее время мониторинг космической среды начинается с наблюдений за состоянием ионосферы. Наличие цифровых ионозондов, магнитометров и риометров позволяет организовать наблюдения и обработку данных почти в реальном времени, и таким образом обеспечить высокую эффективность службы магнитно-ионосферных прогнозов. Новые риометрические схемы – отображающий и сканирующий риометры - дают возможность выявлять тонкие эффекты в динамике слоя D вплоть до обнаружения вариаций малой амплитуды, которые могут развиваться в ионосфере над сейсмоопасными районами, вулканами, ядерными объектами или другими источниками активного воздействия на окружающую среду. Очевидно, что использование цифровых ионозондов, риометров и магнитометров становится необходимым элементом современной службы магнитно-ионосферных прогнозов.