

УДК521.81, 523.9, 523.31–853

**ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ  
1 АВГУСТА 2008 ГОДА (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)**

<sup>1</sup>Р.Р. Латыпов, <sup>1</sup>А.Д. Акчурин, <sup>2</sup>О.И. Бернгардт, <sup>1</sup>В.В. Бочкарев,  
<sup>1</sup>А.М. Дрешер, <sup>2</sup>А.И. Орлов, <sup>1</sup>И.Р. Петрова

**VARIATIONS OF IONOSPHERIC PARAMETERS DURING SOLAR ECLIPSE ON 8 AUGUST, 2008  
(PRELIMINARY RESULTS)**

<sup>1</sup>R.R. Latypov, <sup>1</sup>A.D. Akchurin, <sup>2</sup>O.I. Berngardt, <sup>1</sup>V.V. Bochkarev,  
<sup>1</sup>A.M. Dresher, <sup>2</sup>A.I. Orlov, <sup>1</sup>I.R. Petrova

В работе представлены результаты измерений, которые проводились в Казанском государственном университете на доплеровском фазоугломерном комплексе «Спектр», приемной системе ЛЧМ-сигнала, ионозонде «Циклон» во время проведения совместного (КГУ, ИСЗФ) эксперимента с 27 июля по 8 августа 2008 г. Измерения проводились на КВ-радиотрассах различной ориентации (в том числе и во время солнечного затмения 2006 г.). Для доплеровского зондирования использовались радиотрассы Усолье–Казань, Норильск–Казань, Магадан–Казань (частоты 10999, 12333 кГц).

Preliminary results of cooperative experiment (KSU, ISZF) are presented in this report. The experiment was carried out from 27.07.08 to 08.08.08 during the full solar eclipse. Measurement tools of the Kazan state university (complex “Spectr”, “Cyclon”, CHIRP receiver) were used. The measurements were made on SW radio paths of various orientations (including the period of the solar eclipse of 2006). For Doppler sounding we used radio paths Ussolye–Kazan, Norilsk–Kazan, Magadan–Kazan (frequencies of 10999, 12333 kHz).

Во время полного солнечного затмения, произошедшего 1 августа 2008 г., совместно с ИСЗФ был проведен эксперимент по наклонному зондированию ионосферы импульсными и ЛЧМ-сигналами. Эксперимент проводился с 27 июля до 8 августа 2008 г. Использовались передатчики в Усолье, Норильске и Магадане на частотах 10999 и 12333 кГц в дневное время суток с разнесением времени работы передатчиков, а на частотах 7433, 8333 кГц – в ночное время. Также в это время работала казанская ионосферная станция «Циклон», работа производилась в минутном режиме.

Максимальная фаза затмения в Казани составила 0.69, в Иркутске 0.87. Тень затмения по территории России двигалась начиная с полуострова Ямал по направлению к Новосибирску. Взаимное расположение использованных радиотрасс и пути затмения представлены на рис. 1.

На рис. 2 представлены вариации максимальной применимой частоты в день затмения а также в предыдущий и последующие дни. Результаты представлены для радиотрассы Усолье–Казань в режиме наклонного ЛЧМ-зондирования. Вертикальными линиями отмечены моменты наступления максимальной фазы затмения в Казани и Иркутске. Отклонения максимально применимой частоты от среднего хода составили 24 %.

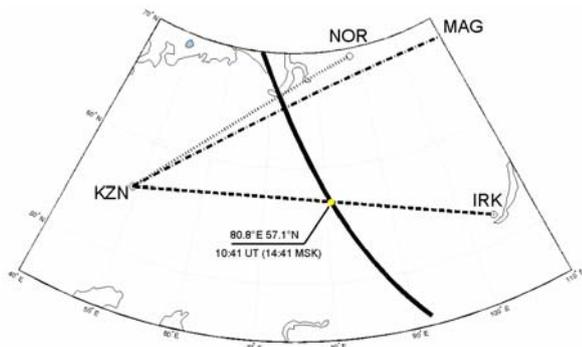


Рис.1. Взаимное расположение используемых радиотрасс и пути затмения.

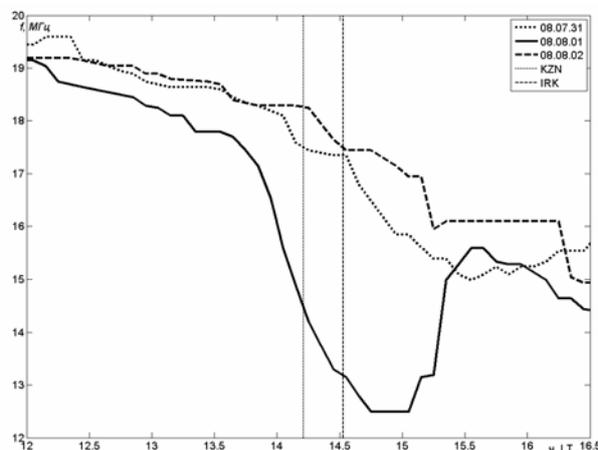


Рис. 2 Вариации МПЧ на радиотрассе Усолье–Казань для 31 июля и 1, 2 августа 2008 г.

Полученные результаты, в целом, согласуются с данными, полученными от станции вертикального зондирования «Циклон». Вариации критических частот на день затмения представлены на рис. 3, а. Активность спорадического слоя E затруднила наблюдения, поэтому на рисунке приведены критические частоты слоев, которые наблюдались на протяжении всего времени затмения. На рис. 3, б сравниваются критические частоты  $f_0F1$  и  $f_0F2$  в день затмения и предыдущий день. Относительное изменение критической частоты  $f_0F2$  составило 29 % и согласуется с оценками других авторов [1].

Также проводилось доплеровское зондирование на частотах 10999 кГц и 12333 кГц: излучались радиоимпульсы длительностью 1 мин с интервалом для каждой станции 6 мин. Доплеровские спектрограммы сигнала наклонного зондирования представлены на рис. 4. На каждой из частот регистрировались радиоимпульсы длительностью 1 мин с интервалом 1 мин для поочередно работающих станций Магадан, Усолье, Норильск.

Как видно из рис. 4, соотношение сигнал/шум для частоты 10999 кГц выше, чем для частоты 12333 кГц.

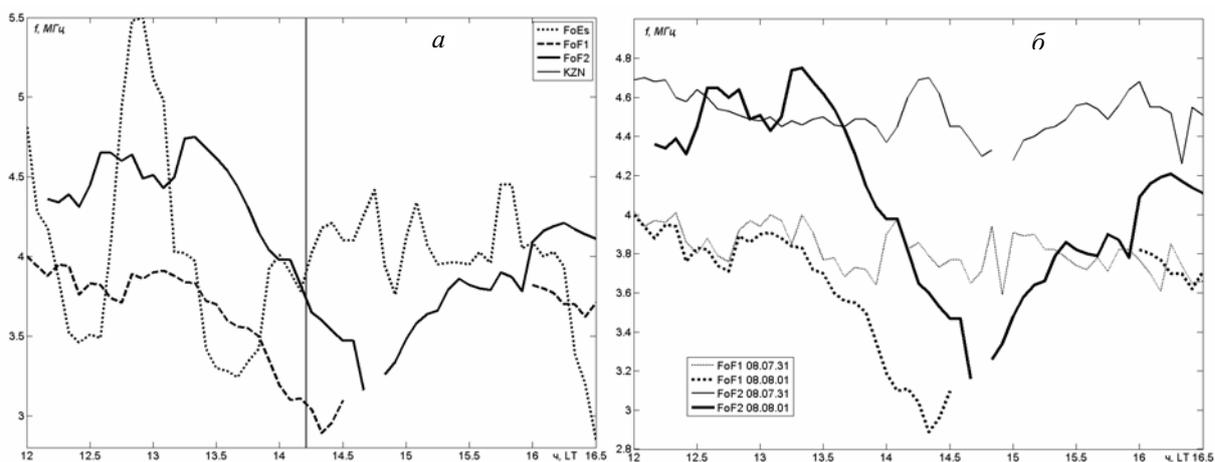


Рис. 3. Вариации критических частот  $f_0E_s$ ,  $f_0F_2$ ,  $f_0F_1$  на день затмения – а;  $f_0F_2$ ,  $f_0F_1$  – б. Для сравнения приведены данные предшествующего дня.

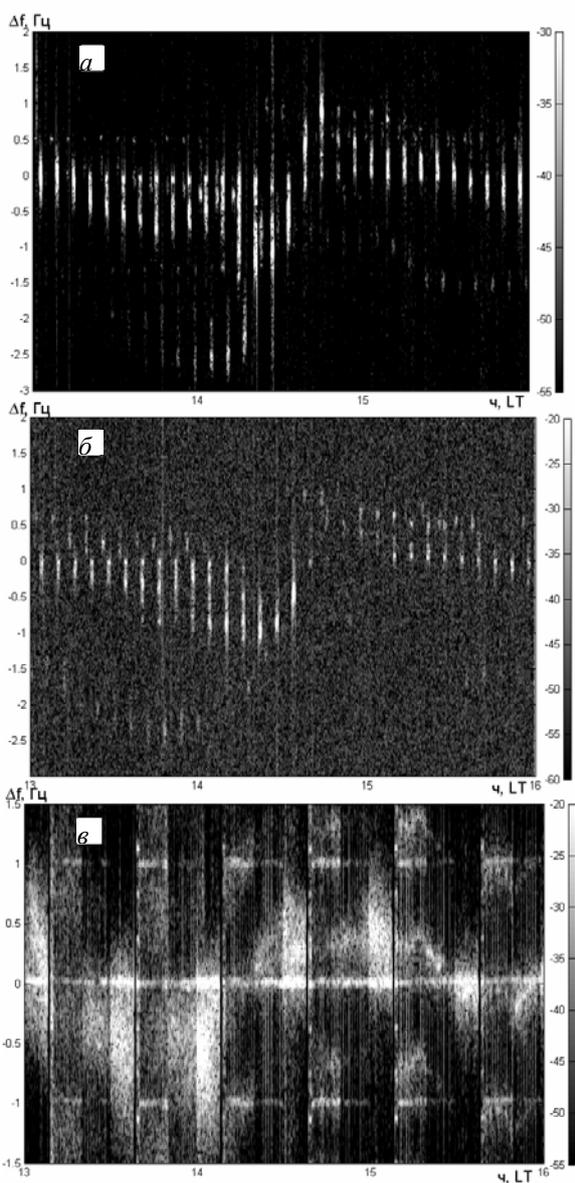


Рис. 4. Вариации доплеровского сдвига на частоте 10999 кГц – а, 12333 кГц – б, 49996 кГц – в во время солнечного затмения 1 августа 2008 г.

Также хорошо заметно, что мощность сигнала станции Усолье значительно выше, чем у передатчиков в Норильске и Магадане. На рис. 4, в приведены вариации доплеровского сдвига для станции РВМ 4996 кГц (Москва), наблюдаются две компоненты: первая, связанная с отраженной компонентой; вторая, связанная с рассеянной компонентой. Основное воздействие наблюдается на вторую компоненту и проявляется в изменении ее среднего доплеровского сдвига и спектральной полуширины. Дальнейшая обработка позволила выделить участки сигнала, принадлежащие к каждому из передатчиков. На рис. 5, а представлены вариации доплеровского сдвига для станции Усолье (10999 кГц), на рис. 5, б – станции Магадан для той же частоты.

Как видно из рис. 5, вариации доплеровского сдвига

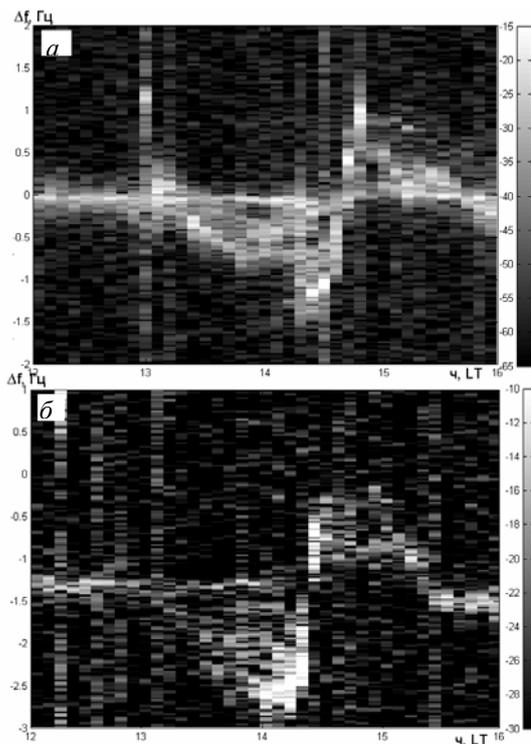


Рис. 5. Вариации доплеровского сдвига на частоте 10999 кГц: а – Усолье, б – Магадан.

имеют одинаковый характер и соответствуют ранее наблюдаемым во время солнечного затмения 2006 г. [2]. Следует отметить, что наступление максимальной фазы изменения фазового пути волны для двух радиотрасс сдвинуто во времени на 16 мин. Это связано с геометрией радиотрасс, так как пятно затмения пересекает радиотрассу Магадан–Казань на 15–20 мин раньше. Максимальный размах вариаций доплеровского сдвига для радиотрассы Иркутск–Казань составил 3 Гц, для радиотрассы Магадан–Казань – 2.9 Гц.

#### **Заключение**

В работе представлены предварительные результаты обработки данных, полученных в ходе совместного эксперимента ИСЗФ и КГУ. Уменьшение максимально применимой частоты на радиотрассе Усолье–Казань составило 24 %. Уменьшение критической частоты слоя F2 над Казанью составило 29 %. Размах вариаций доплеровского сдвига составил 3 Гц для радиотрассы Иркутск–Казань и 2.9 Гц для радиотрассы Магадан–Казань, относительный сдвиг фазы максимального отклонения 16 мин. Полученные данные требуют дальнейшего сопоставления с модельными расчетами.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ковалев А.А., Колесник А.Г., Колесник С.А. и др. Ионосферные эффекты солнечных затмений на средних широтах // Геомагн. и аэрон. 2009. Т. 49. № 4. С. 500–506.
2. Теплов В.Ю., Бочкарев В.В., Латыпов Р.Р. и др. Исследования волновых процессов в ионосфере по результатам мониторинга 2005–2006 гг. на доплеровском фазоугломерном комплексе «Спектр» // Труды Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике. Иркутск. 2006. С. 88–93.

<sup>1</sup>Казанский государственный университет, Казань

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск