

**КОНЦЕНТРАЦИЯ И СКОРОСТЬ ДРЕЙФА ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ
НАД ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫМ РАЙОНОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
CONCENTRATION AND DRIFT VELOCITY OF IONOSPHERIC PLASMA
OVER FAR EAST REGION OF EARTHQUAKES**

Т.В. Гайворонская

Институт Земного Магнетизма, Ионосферы и Распространения Радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), gansk@izmiran.ru

The local irregularities of ionospheric plasma, which have place in the time of earthquakes, are ordinary connected with the increase of atmospheric conductivity and the penetration of seismic electric field at the altitude of ionosphere. The instruments on satellite Atmosphere Explorer-C allow to measure in situ the concentration, the temperature and the transversal component of plasma drift velocity. The comparison of data, received on orbits of satellite over seismic active region, shows the modification of profile of plasma concentration and the appearance of disturbed drift component with values up to 170 m/s, it confirms the existence of additional electric field at ionosphere.

Над районами сейсмической активности часто отмечают изменение концентрации ионосферной плазмы в максимуме слоя F2. В том числе, некоторые ионосферные аномалии изучались в работах [1-5]. Локальные неоднородности во время землетрясений связывают со сложными процессами, происходящими на границе земной коры и атмосферы, которые приводят к изменению атмосферной проводимости и появлению квазистатических электрических полей, проникающих на высоты ионосферы [6-7]. На спутнике Atmosphere Explorer-C вдоль орбит *in situ* измерялись динамические параметры, позволяющие оценить происходящие изменения, в частности, иногда регистрировалась величина скорости дрейфа плазмы и связанного с ней электрического поля.

В Тихоокеанском районе Курильских, Командорских и Лисьих островов 6-9 февраля 1974 г. произошел ряд землетрясений, в том числе пять из них с магнитудой от $M=5.0$ до $M=6.6$. В это время орбиты 603 и 604 спутника Atmosphere Explorer-C проходили над сейсмоактивным районом, причем наименьшее расстояние по долготе от витка 603 до эпицентра одного из землетрясений было всего около 100 км. На рассматриваемых орбитах 601-606 измерялись концентрация плазмы, ионная температура и поперечная компонента скорости дрейфа. Регистрация параметров ионосферной плазмы осуществлялась установленной на борту спутника аппаратурой, в том числе цилиндрическим электростатическим зондом (Cylindrical Electrostatic Probe) и анализатором тормозящего потенциала (Retarding Potential Analyzer/ Drift Meter). Спутник имел наклонение плоскости орбиты к земному экватору 68.1° и двигался по эллиптической орбите на высотах 300-170 км с севера на юг.

На Рис.1 показано изменение профиля концентрации плазмы в зависимости от высоты. По сравнению с контрольным витком 601 на витках 603 и 604, проходящих над районом землетрясений, концентрация электронов в верхней части слоя F2 и в его максимуме возрастает, а сам профиль заметно деформирован и отличается от своего обычного вида. На Рис.2 показаны вариации скорости дрейфа плазмы. Измеряемая составляющая дрейфа лежит в плоскости поперечной направлению движения спутника. Значительные вариации скорости дрейфа на соседних витках нередко находятся в противофазе, а отклонения значений составляют до 120-170 м/с, что соответствует электрическим полям до 6-8 мВ/м. Отрезком линии справа на Рис.2 отмечен диапазон широт, в котором произошли землетрясения.

Для того чтобы в целом представить изменение ионосферных характеристик были сделаны расчеты коэффициентов корреляции данных на соседних витках. Возможный диапазон изменения коэффициентов корреляции от -1 до +1. В Таблице указаны результаты вычислений для концентрации плазмы, температуры положительных ионов и скорости дрейфа плазмы между парами витков с 601 по 606. Вообще говоря, корреляция данных на витках спутника довольно высока, для электронной концентрации 0.8-0.9, для температуры 0.7-0.8, для электродинамического дрейфа 0.6-0.8, однако как видно из Таблицы, она заметно нарушается на орбитах, проходящих над районом землетрясений. Для данных по скорости дрейфа коэффициент корреляции не только уменьшается, но даже меняет знак, что указывает на вариации в противоположных направлениях, т.е. на изменение в противофазе.

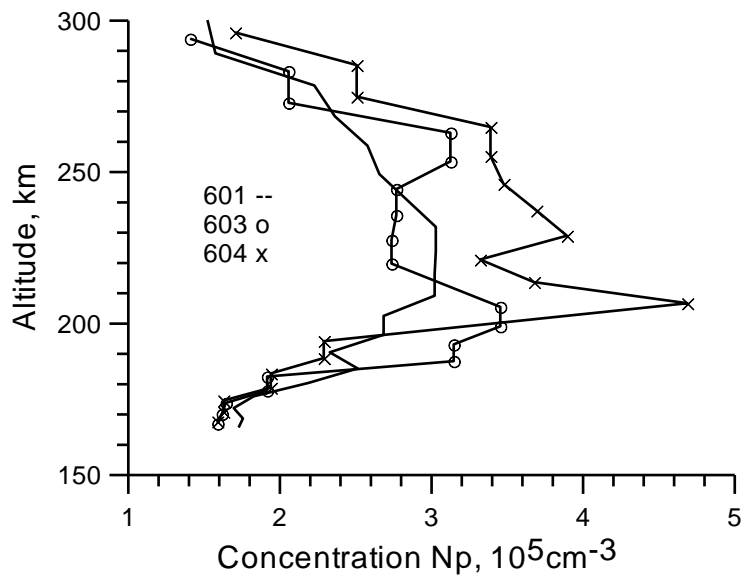


Рис.1 Профили концентрации плазмы на витках 603 и 604 над районом землетрясений и на витке 601 над спокойным районом.

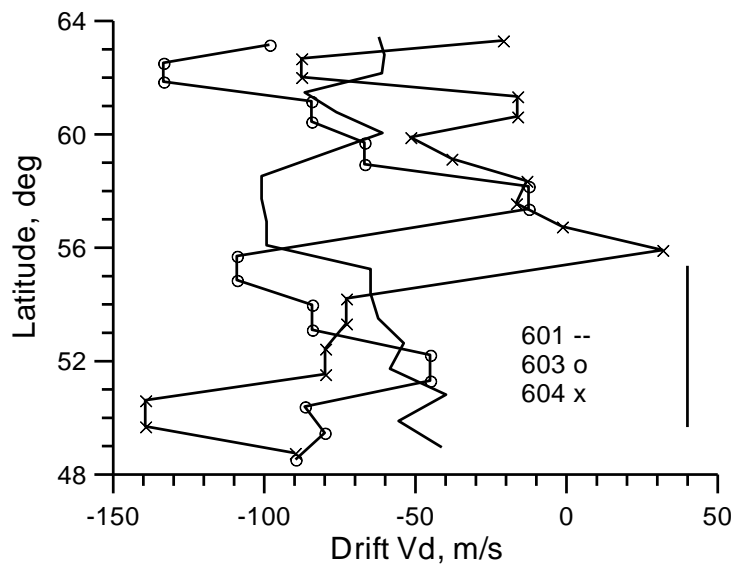


Рис.2 Вариации скорости дрейфа плазмы на витках 603 и 604 над районом сейсмической активности и на витке 601 вне этого района.

Вычисление коэффициентов корреляции проводилось по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1,n} (x_i^{(m)} - c^{(m)})(x_i^{(m+1)} - c^{(m+1)})}{n(d^{(m)}d^{(m+1)})^{1/2}},$$

где c - среднее значение рассматриваемого параметра, $c = \sum_{i=1,n} x_i / n$, d - его дисперсия, $d^2 = \sum_{i=1,n} (x_i - c)^2 / n$, n - число регистраций параметра вдоль орбиты, m - номер орбиты.

Таблица. Коэффициенты корреляции концентрации плазмы N_p , температуры ионов T_i и скорости дрейфа плазмы V_d на соседних витках спутника.

Номера орбит	Коэффициенты корреляции		
	$K(N_p)$	$K(T_i)$	$K(V_d)$
601-602	0.930	0.779	+0.312
602-603	0.939	0.510	-0.377
603-604	0.891	0.313	-0.055
604-605	0.794	0.412	+0.615
605-606	0.852	0.804	+0.848

Таким образом, анализ ионосферных параметров, полученных аппаратурой на борту спутника Atmosphere Explorer-C, показал заметную модификацию профилей концентрации плазмы и появление возмущенной составляющей дрейфа во время землетрясений, что свидетельствует о дополнительных электрических полях в ионосфере. Появление локальных неоднородностей подтверждается также сравнением данных на соседних витках спутника, которое выявило значительное нарушение корреляции между ними.

Литература

1. Гайворонская Т.В. Некоторые ионосферные предвестники готовящихся землетрясений. Физика Земли, 1996, N9, с.38-42.
2. Гайворонская Т.В., Пулинец С.А. Анализ изменчивости слоя F2 в районах сейсмической активности. Препринт N2 (1145), М. ИЗМИРАН, 2002, 20 с.
3. Гайворонская Т.В. Ионосферные вариации в сейсмоактивных районах. Физика Земли, 2005, N3, с.56-60.
4. Gaivoronskaya T.V., Zelenova T.I. Effect of the seismic activity on the F2 layer critical frequencies. Journ. Atmosph. Terrest. Phys., 1991, V.53, N6/7, p.649-652.
5. Gaivoronskaya T.V. Comparative analysis of ionospheric variations before strong earthquakes. Proceedings of the 7-th International Conference "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, 2008, p.437-439.
6. Kim V.P., Hegai V.V. On possible changes in the midlatitude upper ionosphere before strong earthquakes, Journ. Earthq. Predict. Res., 1997, V.6, p.275-280.
7. Pulinets S.A., Boyarchuk K.A., Khegai V.V. et al. Quasielectrostatic model of atmosphere-thermosphere-ionosphere-coupling. Adv. Space Res., 2000, V26, p.1209-1217.