

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
КОМИССИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

# ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

ТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
ПО ФИЗИКЕ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Москва 10-16 июня 1965 г.

---

К.И.Грингауз, Ш.Ш.Долгинов, В.В.Безруких, Е.Г.Ерошенко,  
Л.Н.Жузгов, Л.С.Мусатов, Э.К.Соломатина, У.В.Фастовский.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОДНОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И  
ПОТОКОВ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ВНУТРИ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ,  
ПРОВЕДЕННЫХ НА СПУТНИКЕ "ЭЛЕКТРОН-2".



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
Москва 1965

4585  
Принято в печать

*Б. И. Грингауз, Ш. Ш. Долгинов, В. В. Безруких,  
Е. Г. Ерошенко, Л. П. Жузов, Л. С. Мусатов,  
Э. Б. Соломакина, У. В. Фастовский*

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ОДНОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПОТОКОВ  
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ВНУТРИ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ,  
ПРОВЕДЕННЫХ НА СПУТНИКЕ «ЭЛЕКТРОН-2»**

Спутник «Электрон-2» был выведен 30.I 1964 г. на орбиту с апогеем  $11,6 R_z$  (от центра Земли) под углом к плоскости экватора  $61^\circ$ . Положение орбиты спутника в эклиптической системе координат представлено на рис. 1 в следующем докладе в трех проекциях и для трех периодов полета (см. стр. 343 I — 31.I — 1.II 1964 г.; II — 28—29.III 1964 г.; III — 5, 6.V 1964 г.). Ось  $X$  направлена на Солнце, ось  $Z$  — на северный полюс эклиптики.

В состав научной аппаратуры, установленной на спутнике «Электрон-2», входили, наряду с другими приборами, ловушка заряженных частиц и магнитометры.

Трехэлектродная ловушка была подобна ловушкам заряженных частиц, устанавливавшимся с 1959 г. на советских космических ракетах [1]; потенциал ее внешней сетки был равен потенциалу корпуса спутника. В связи с этим ловушка могла регистрировать положительные ионы всех энергий, превышающих потенциал спутника относительно окружающей среды, создававшие положительный ток в цепи коллектора ловушки, и потоки электронов с энергиями выше  $100 \text{ эв}$  (выше потенциала внутренней сетки), создававшие отрицательные токи в той же цепи. Кроме того, ловушка регистрировала фотоэлектроны с внутренней сетки также в виде отрицательных токов в цепи коллектора. Таким образом, если суммарный ток в цепи коллектора был положительным, то это однозначно соответствовало регистрации потоков положительных ионов.

Магнитометр, показания которого использованы в настоящей публикации, представлял собой трехкомпонентный прибор с ортогональными феррозондовыми датчиками с диапазоном измерения  $\pm 120 \gamma$  ( $1 \gamma = 10^{-5} \text{ э}$ ) по каждой компоненте. Порог чувствительности магнитометра по каждой

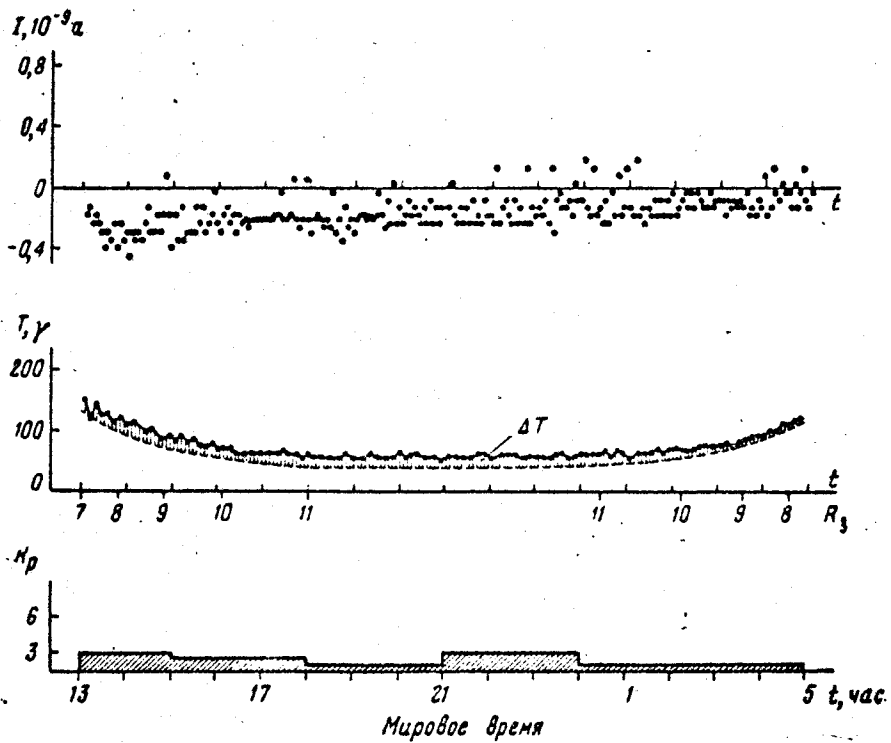


Рис. 1

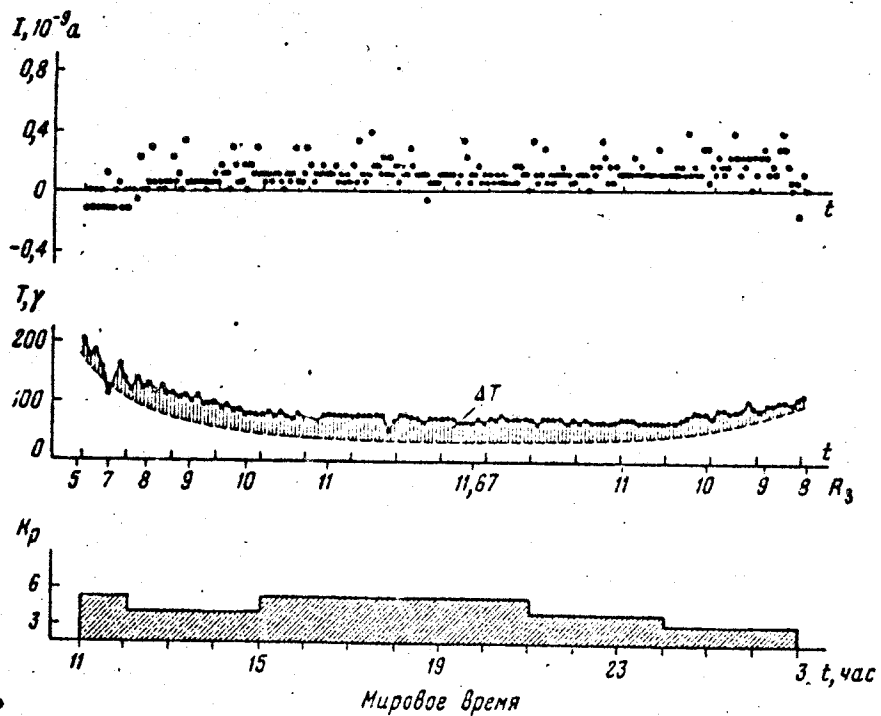


Рис. 2

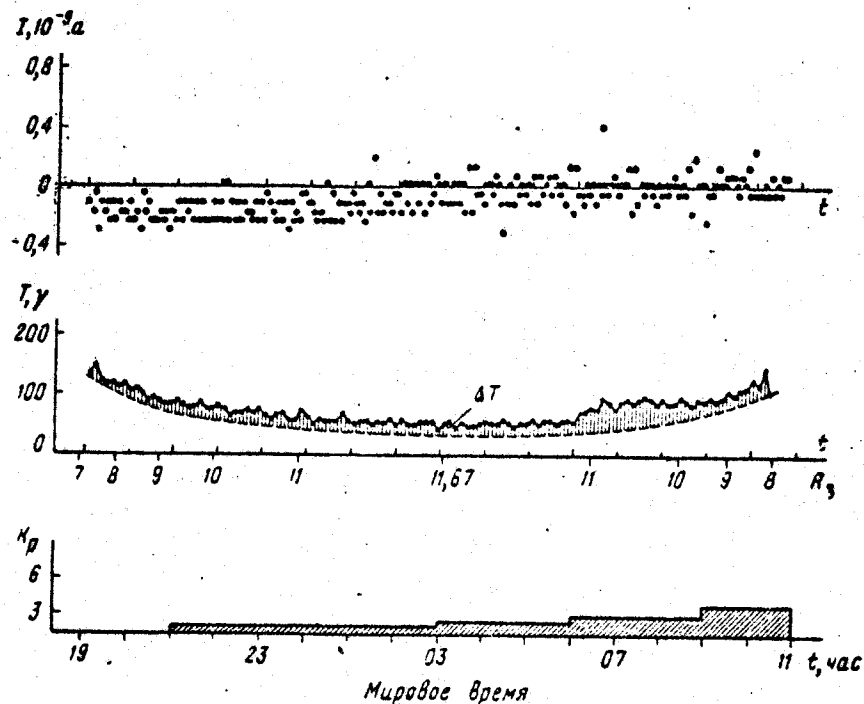


Рис. 3

компоненте составлял 2  $\gamma$ . Благодаря вращению контейнера имелась возможность определять и контролировать поправку к абсолютному нулю поля с точностью до 3  $\gamma$ . Постоянство чувствительности аппаратуры проверялось ежечасной калибровкой каналов магнитометров в полете [2].

В настоящем сообщении приводятся результаты сопоставления данных ряда измерений, проведенных при помощи ловушки заряженных частиц и магнитометра на «Электроне-2», а также  $K_p$ -индексов, характеризующих возмущенность геомагнитного поля по данным одновременных измерений наземных магнитных обсерваторий. Это сопоставление свидетельствует о существовании корреляции между изменениями магнитной активности на поверхности Земли и изменениями интенсивности геомагнитного поля и потоков положительных ионов на больших удалениях от Земли внутри ее магнитосферы в начальный период полета спутника и отсутствия корреляции в дальнейшем, вплоть до конца полета.

Характер корреляции иллюстрируется данными, полученными в магнитно-спокойные сутки (30—31.I 1964 г.; рис. 1), магнитно-возмущенные сутки (31.I—1.II 1964 г.; рис. 2) и в период, когда имел место переход магнитно-спокойного состояния в магнитно-возмущенное состояние (11—12.II 1964 г.; рис. 3) на расстояниях 6—11,6  $R_z$  при удалениях и приближениях к Земле. Географические широты, соответствующие проекциям на Землю этих участков орбиты, лежат в пределах от  $24^\circ S$  до  $60^\circ S$ . Диапазон изменений долгот на рассматриваемых участках орбит составляет  $\sim 160^\circ$ . Из рассмотрения результатов, представленных на рис. 1—3, можно заключить следующее.

1. В магнитно-спокойные сутки 30—31.I 1964 г. ( $K_p < 3$ ) зарегистрированы главным образом отрицательные токи (с весьма малым числом положительных значений), соответствующие малым величинам потоков положительных ионов. Магнитометром при этом зарегистрировано достаточно регулярное по величине поле, превышающее теоретическое значе-

ние на величину  $\Delta T \sim 20 \gamma$ , мало меняющееся на всем рассматриваемом участке орбиты.  $\Delta T$  в районе апогея составляет около 40% от расчетного поля, определенного как поле эксцентричного диполя. Регулярный характер магнитограмм свидетельствует о том, что орбита «Электрона-2» расположена полностью внутри магнитосферы.

2. В магнитно-возмущенный день ( $3 \leq K_p \leq 5$ ) на рассматриваемом участке орбиты зарегистрированы только положительные токи в цепи коллектора ловушки, достигающие величины  $4 \cdot 10^{-10} \text{ а}$ . Такие токи могут быть вызваны потоками ионов, превышающими величиной  $2 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$  (что по порядку величины соответствует потокам солнечной плазмы вне магнитосферы [3—5]).

Магнитометром зарегистрировано поле с  $\Delta T \sim 40 \gamma$ , что составляет в районе апогея 100% расчетного поля. Обнаруженные при этом значительные флуктуации поля коррелируют с вариациями геомагнитного поля на Земле в тот же период времени.

Начало суток 12.II 1964 г. характеризовалось малой магнитной активностью ( $K_p < 3$ ). В 6 час 5 мин все наземные обсерватории отметили возмущение с внезапным началом. Индекс магнитной активности возрос до значения 3 и к 9 час оказался равным 4. В 6 час спутник достиг апогея. Магнитометр, регистрировавший в начале суток величину  $\Delta T$ , характерную для спокойных суток, зарегистрировал около 6 час довольно быстрое возрастание поля; в дальнейшем величина  $\Delta T$  достигла значения, характерного для возмущенного дня.

Коллекторные токи ловушек до 3 час были преимущественно отрицательными, что характерно для магнитно-спокойного периода. Примерно с 3 час количество регистрируемых положительных значений токов стало возрастать, что свидетельствует о росте потоков положительных ионов. В период с 9 час до 11 час, когда  $K_p = 4$ , зарегистрированы в основном положительные токи, соответствующие потокам ионов порядка  $10^8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ , что характерно для магнитно-возмущенного периода.

Следует отметить, что 12.II 1964 г. возрастание потоков положительных ионов опережало возрастание магнитного поля примерно на 3 час, тогда как возрастание магнитного поля вблизи спутника и на Земле началось в первом приближении одновременно, во всяком случае, с очень малыми интервалами, и происходило со значительно большей скоростью, чем переход ловушки от регистрации отрицательных коллекторных токов к регистрации положительных.

В ряде наблюдений, ранее проведенных при помощи магнитометров на космических ракетах и спутниках [6—8 и др.], была установлена корреляция между изменчивостью магнитного поля в космическом пространстве и индексами магнитной активности на поверхности Земли, а также, в значительном числе случаев, аналогия в форме изменений поля в космическом пространстве и на Земле. В опытах по прямым измерениям потоков солнечной плазмы вне геомагнитного поля отмечалась корреляция между интенсивностью и скоростью частиц этих потоков и геомагнитными возмущениями на Земле [3, 5].

Потоки положительных ионов во внешних областях магнитосферы наблюдались на американском спутнике «Эксплорер-12», запущенном в августе 1961 г. на орбиту, наклоненную к экватору под углом  $33^\circ$ , с апогеем  $\sim 13 R_z$  в направлении к Солнцу [9—11]. Электростатический анализатор на этом спутнике не обнаружил потоков протонов с энергиями  $< 20 \text{ кэв}$ , превышающих порог чувствительности прибора ( $6 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ ). При помощи сцинтилляционного счетчика были зарегистрированы потоки протонов с энергиями от 0,1 Мэв и 4,5 Мэв (являвшиеся протонной компонентой внешнего радиационного пояса). Максимум интенсивности этих потоков, равный  $6,7 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1}$ , был расположен на геоцентрическом расстоянии  $\sim 3,5 R_z$ , а граница пояса — на расстояниях

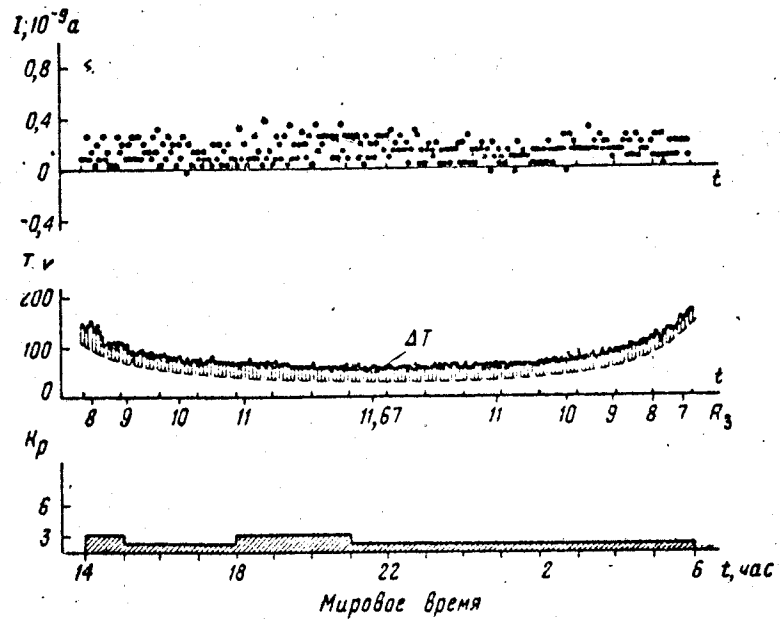


Рис. 4

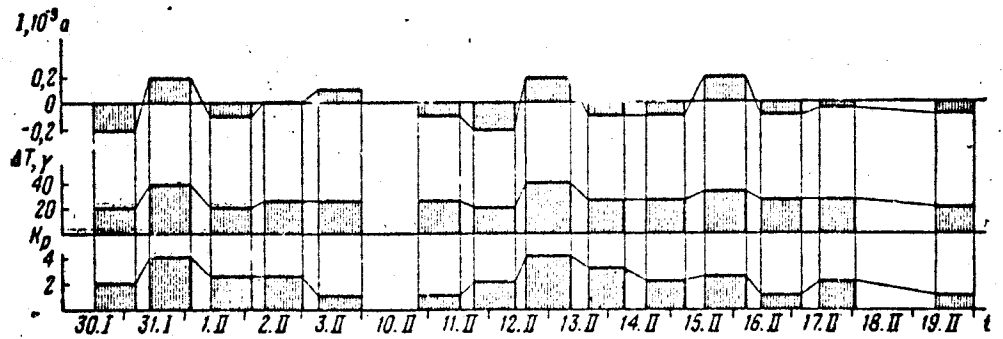


Рис. 5

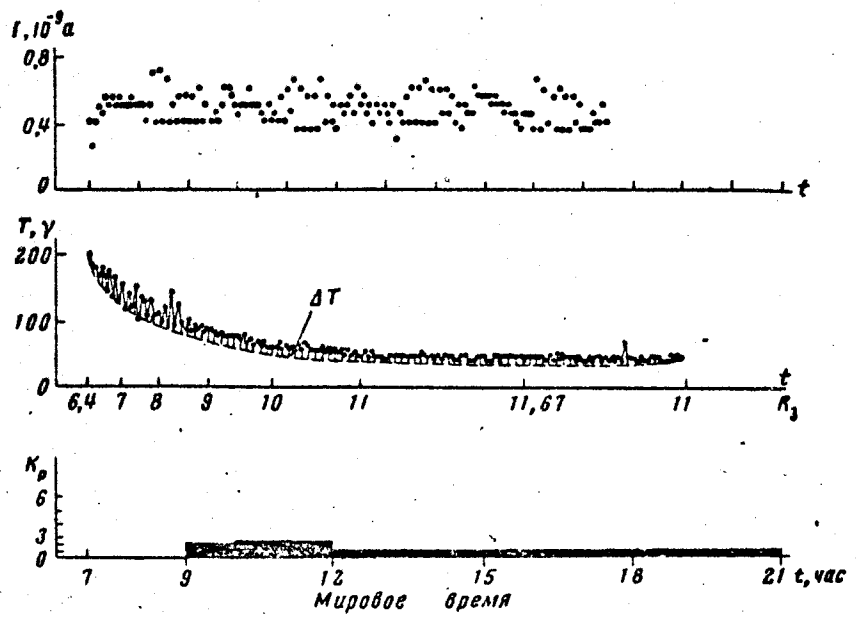


Рис. 6

до  $11 R_3$ . Во время магнитной бури максимальная интенсивность этих потоков возрастала примерно в три раза [11]. При помощи этой же аппаратуры, во время магнитной бури 30.IX 1961 г., наблюдались всенаправленные потоки протонов вне магнитосферы Земли (вблизи апогея спутника), с наибольшей интенсивностью  $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1}$ .

Однако и в начальный период полета спутника в некоторые дни не наблюдалась корреляция между потоками положительных ионов с одной стороны и величинами  $\Delta T$  и  $K_p$ , о которой шла речь выше. На рис. 4 представлены измерения 15—16.II 1964 г., из которых видно, что увеличенные потоки положительных ионов имели место при низких значениях  $\Delta T$  и низких значениях  $K_p$ .

На рис. 5 представлены средние за время наблюдения на расстояниях от  $6 R_3$  до  $11,6 R_3$  значения коллекторных токов ловушки, средние значения  $\Delta T$  по магнитометру и  $K_p$ -индексов в феврале 1964 г. Как видно, за этот период времени почти во все дни наблюдалась корреляция, в описанном смысле, не было корреляции только в двух случаях (3.II 1964 г. и 15—16.II 1964 г.).

Аналогичные сопоставления для большинства витков в марте, апреле и мае 1964 г. выявили отсутствие корреляции в смысле рис. 1, а именно в магнитно-спокойные дни коллекторные токи ловушек имели большие положительные отсчеты, в то время как значения  $K_p$ -индексов и разности  $\Delta T$  были малые (см., например, рис. 6 для 24.IV 1964 г.). Такие большие положительные отсчеты коллекторных токов наблюдались до конца полета спутника «Электрон-2». В принципе нельзя исключить в качестве возможной причины отсутствия в дальнейшем корреляции какую-либо ненормальность в работе аппаратуры, возникшую с течением времени. Иная возможность — изменение физических условий в окружающей среде в связи со смещением орбиты спутника «Электрон-2» на южную сторону (см. рис. 1 на стр. 343), а также изменением положения нейтральных точек подсолнечной части магнитосферы относительно линии Земля — Солнце. С другой стороны, нет оснований считать, что случаи положительных корреляций, обнаруженные в феврале, — случайны. Они могут иметь отношение к существенным деталям механизма магнитных возмущений.

В отличие от указанных наблюдений на «Эксплорере-12», наблюдения потоков положительных ионов в феврале 1964 г., описанные в настоящем сообщении, относятся к области, лежащей за пределами внешнего радиационного пояса, но внутри магнитосферы, хотя удаления спутника от Земли в обоих случаях примерно одинаковы. (Это связано с различными наклонениями к экватору орбит обоих спутников.)

Остается неясным, созданы ли потоки, наблюдавшиеся при помощи ловушки заряженных частиц на спутнике «Электрон-2», солнечным ветром, проникшим в глубь магнитосферы, или они образуются из частиц околоземной плазмы, ускоренных при помощи некоего еще не изученного механизма.

#### Литература

1. К. И. Грингауз, В. В. Безруких и др. Докл. АН СССР, 131, 1301, 1960.
2. Ш. Ш. Долгинов, Е. Г. Ерошенко, Л. П. Жузгов, Н. В. Пушкин. В сб. «Искусственные спутники Земли», вып. 5. Изд-во АН СССР, 1960.
3. K. I. Gringauz. Space Res., 2, 539, 1961.
4. K. I. Gringauz, V. V. Bezrukikh et al. Space Res., 3, 1962.
5. A. Bonetti, H. S. Bridge et al. Space Res., 3, 1962.
6. M. Neugebauer, C. W. Snyder. Space Res., 4, 1963.
7. М. Г. Андилевич, А. Д. Шелнин. Докл. АН СССР, 135, 298, 1960.
8. C. W. Greenstadt. Nature, 191, 329, 1961.
9. L. R. Davis, J. M. Williamson. Space Res., 3, 1963.
10. M. Bader. J. Geophys. Res., 67, N 13, 5007, 1962.
11. A. Hoffman, L. Davis, J. M. Williamson. J. Geophys. Res., 67, N 13, 5001, 1962.