

*РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ПРОЕКТАМ*

ИОНОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

сборник статей

№ 20

отдельный оттиск

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1972

Г. Л. Гдалевич, В. Ф. Губский

$n_e(h)$ - и $T_e(h)$ -ПРОФИЛИ
ПО ДАННЫМ ЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Во время пусков геофизических ракет 20 сентября и 1 октября 1965 г. были проведены при помощи плоского зонда Ленгмюра, плоских двух- и трехэлектродной ловушек измерения распределений по высоте концентрации и температуры электронов [1]. Плоский зонд Ленгмюра, двух- и трехэлектродная плоские ловушки были установлены на цилиндрической части поверхности ракеты так, что находились на одинаковом расстоянии от вершины ракеты, касательные к их поверхностям были параллельны продольной оси ракеты, а угол между нормалью к поверхности зонда Ленгмюра и нормалью к поверхностям двух- и трехэлектродной ловушек был равен 90° . Плоский зонд Ленгмюра был изготовлен в виде круглой пластины диаметром 6 см. Входные отверстия сеток ловушек равнялись 55 мм, диаметры их коллекторов — 60 мм, высота ловушек — 12 мм. Ловушки располагались непосредственно на поверхности ракеты, зонд Ленгмюра удален на 3 см от поверхности ракеты. На рис. 1 дана применявшаяся схема измерений. На плоский зонд Ленгмюра, сетку двухэлектродной ловушки и внутреннюю сетку трехэлектродной ловушки подавалось линейно-нарастающее пилообразное напряжение, изменявшееся за 0,75 сек

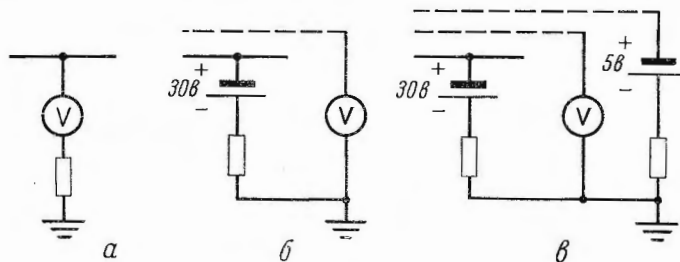


Рис. 1. Схема измерений
 а — зонд Ленгмюра; б — двухэлектродная ловушка; в — трехэлектродная ловушка

от -5 до $+10$ в относительно корпуса ракеты. Коллекторы плоских ловушек имели потенциал $+30$ в, а внешняя сетка трехэлектродной ловушки $+5$ в относительно корпуса ракеты. С целью расширения диапазона измеряемых токов в электрометрических усилителях использовалось автоматическое переключение шкал в процессе периода измерения, соответствовавшего изменению пилообразного напряжения на модулирующих электродах датчиков. Обработка результатов измерений проводилась на электронной вычислительной машине М-20 [2]. Погрешность измерения $T_e = \pm 100^\circ \text{ K}$, $n_e \sim 10\%$.

На рис. 2 представлены типичные полулогарифмические характеристики зонда Ленгмюра, двух- и трехэлектродной электронных ловушек,

полученные на определенных измерениях. В характеристике плоской ловушки. В той же сетке правого заряда в По-видимому, величин токовых на полулогарифмических отражениях в трехэлектродных характеристиках трении отрицательно том, что откостям в пределах обнаружено.

На рис. 3, соте, полученный профиля, пол $n_e(h)$ -профилем ферометром [1] методами, состав интерферометром $\sim 10\%$, то умного интерферометра концентрации

На рис. 3, ры $T_e(h)$, получены при спуске ракет осредненным по ный ход $T_e(h)$ с увеличением T_e , полученный превышает во Высотные распре электронов, предс получены в наче дневной ионосферы для год нее время. О ния ионосферически высоки пературы в обл профилях электро изшедшие за 20 сентября и 1 октября по данным ра отмечается T_e и деле

Рис. 2. Полулогарифмические характеристики зонда Ленгмюра 1 — зонд Ленгмюра 2 — двухэлектродная $T_e = 2300^\circ \text{ K}$; 3 — $= 6,5 \cdot 10^6$

полученные на одной и той же высоте. Видно, что значения T_e , n_e , определенные по разным датчикам, совпадают в пределах погрешности измерений. Более близкой к идеальной полулогарифмической характеристике плоского зонда получилась характеристика трехэлектродной ловушки. В трехэлектродной ловушке постоянство потенциала на внешней сетке практически обеспечивает неизменность толщины слоя объемного заряда вблизи этой ловушки, и зондовый ток достигает насыщения. По-видимому, с этими особенностями и связано в основном различие величин токов на характеристиках рис. 2. Отклонения точек от прямых на полулогарифмических характеристиках вероятнее всего вызваны отражением электронов, которое, по-видимому, оказалось минимальным в трехэлектродной ловушке. Отсутствие в полулогарифмических характеристиках трехэлектродной ловушки отклонений от прямой при увеличении отрицательных потенциалов на внутренней сетке свидетельствует о том, что отклонений от максвеллова распределения электронов по скоростям в пределах чувствительности аппаратуры в этом эксперименте не обнаружено.

На рис. 3, а показано распределение концентрации электронов по высоте, полученное при спуске ракеты 20 сентября 1965 г. Характер $n_e(h)$ -профиля, полученного по данным зондовых измерений, совпадает с $n_e(h)$ -профилем, полученным при этом же пуске дисперсионным интерферометром [1], хотя на всех высотах величины n_e , измеренные зондовыми методами, составляют 40% от величин n_e , замеренных дисперсионным интерферометром. Поскольку погрешность за счет аппаратуры и обработки ~ 10%, то уменьшение значений n_e по сравнению с данными дисперсионного интерферометра, по-видимому, вызвано действительным обеднением концентрации заряженных частиц вблизи поверхности ракеты.

На рис. 3, б и 4 приведены высотные профили электронной температуры $T_e(h)$, полученные по данным зондов 20 сентября и 1 октября 1965 г. при спуске ракеты. Точки на рис. 3, б и 4 соответствуют величинам T_e , осредненным по высотным интервалам ~ 50 км. Несмотря на немонокотный ход $T_e(h)$ из рис. 3, б и 4 следует, что температура электронов растет с увеличением высоты. Разница значений T_e , полученных на различных высотах, превышает возможные величины ошибок. Высотные распределения температуры электронов, представленные на рис. 3, б и 4, получены в начальной фазе формирования дневной ионосферы и, по-видимому, характерны для года спокойного Солнца в осеннее время. О начальной фазе формирования ионосферы свидетельствуют сравнительно высокие значения электронной температуры в области слоя E и изменения в профилях электронной концентрации, произошедшие за время полета ракеты 20 сентября и 1 октября [1]. В работе Хирао [3] по данным ракетных пусков в Японии отмечается немонокотность профиля T_e и делается вывод о слое-

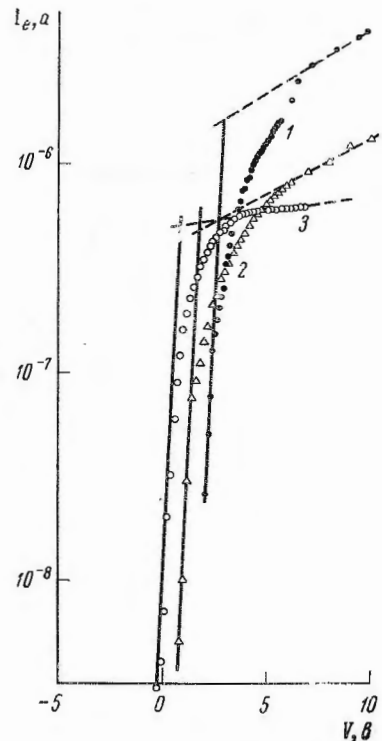


Рис. 2. Полулогарифмические характеристики
 1 — зонд Ленгмюра, $n_e = 7,4 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$, $T_e = 2400^\circ \text{ K}$;
 2 — двухэлектродная ловушка, $n_e = 8 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$,
 $T_e = 2300^\circ \text{ K}$; 3 — трехэлектродная ловушка, $n_e =$
 $= 6,5 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$, $T_e = 2500^\circ \text{ K}$

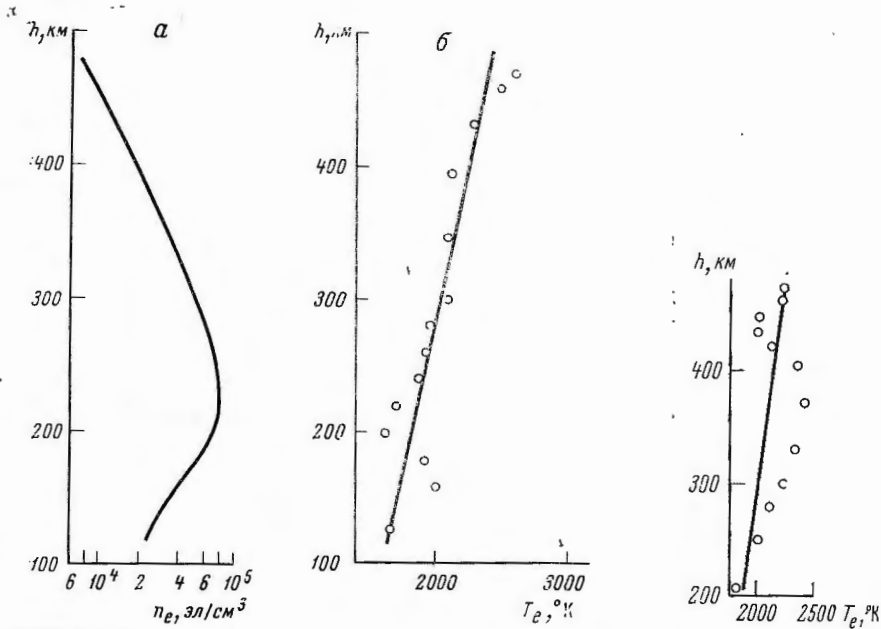


Рис. 3. Профили $n_e(h)$ (а) и $T_e(h)$ (б), полученные при спуске ракеты 20 сентября 1965 г.

Рис. 4. $T_e(h)$ -профиль, полученный при спуске ракеты 1 октября 1965 г.

вой структуре электронного распределения в ионосфере. Хирао объясняет такой профиль T_e различием в охлаждении электронного газа на разных высотах, вызываемых нерегулярностью в распределениях концентрации электронов и ионов, состава ионов, плотности и состава нейтральной компоненты. Можно отметить, что такой профиль может создаваться и за счет различия в притоке тепла, а не только охлаждения на разных высотах, если только немонотонность профиля T_e не вызвана возмущениями вблизи зондирующей ракеты и является отражением истинных изменений T_e в ионосфере. Различия в притоке тепла на разных высотах могут создаваться из-за нерегулярности не только потока фотоэлектронов (который рассматривается Хирао [3]), но и таких источников тепла, как корпускулярные потоки, гидромагнитные волны, электрические поля. Общая тенденция к росту T_e с увеличением высоты в годы, близкие к году спокойного Солнца, уже отмечалась ранее как по данным спутниковых измерений [4], [5], так и по данным некогерентного рассеяния [6]. Теоретические модели профиля температуры электронов на высотах 100—500 км для периода минимума солнечной деятельности также показывают увеличение T_e с ростом высоты [7]. Относительно высокие температуры электронов на рис. 3, б и 4, возможно, отражают сезонный ход T_e , в котором по данным некогерентного рассеяния в сентябре отличаются повышенные значения T_e [6].

ABSTRACT

During the launchings of geophysical rockets of September 20 and October 1 1965, the sounding measurements were carried out for the study of the altitude distribution of the concentration and temperature of electrons.

The flat Langmuir balloon, the two- and three-electrode traps were used for measurements. The $T_e(h)$ profiles have the non-monotonous change, though a tendency is observed towards the increase of T_e with growth of height.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Рудаков, И. А. Кнорин. Наст. сборник, стр. 34.
2. Г. Л. Гдалевич, В. Ф. Губский, И. Д. Дмитриева. Космические исследования, вып. 3, 1967.
3. Нигао J. Geomagnet. and Electr., 18, 333, 1966.
4. P. J. Bowen, R. L. F. Boyd, G. L. Henderson, W. J. Rait, A. P. Williams. Proc. Roy. Soc., London A, 281, 504, 1964.
5. L. H. Brace, W. W. Spenser, G. R. Garignau. J. Geophys. Res., 68, 5397, 1963.
6. J. W. Evans. Planet. and Space Sci., 13, 1031, 1965.
7. J. E. Geisler, S. A. Bowhill. J. Atmos. and Terr. Phys., 27, 457, 119, 1965.

70 $T_e, \text{°K}$

Ы

5 г.

ъясняет
разных
нтрации
ной ком-
за счет
высотах,
вблизи
ний T_e
т созда-
который
скуляр-
тенден-
койного
ний [4],
модели
периода
де T_e с
энов на
ным не-
ения T_e

nd Octo-
ly of the
lectrons.