
МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ
ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
SOVIET GEOPHYSICAL COMMITTEE



*РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ПРОЕКТАМ*

МАГНИТОСФЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 10

МОСКВА 1988

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ И ЭМПИРИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ
ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ ВЫСОТ 500-1000 КМ
В ПЕРИОД ВЫСОКОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
ПО ДАННЫМ СПУТНИКА "ИНТЕРКОСМОС-19"

Знание поведения температуры электронов в ионосфере представляет значительный интерес как для исследования конкретных геофизических явлений (например магнитосферно-ионосферных связей), так и для модельных вычислений в ряде практических применений. Ввиду этого были решены две близкие задачи: 1) создание экспериментальной модели, позволяющей проводить изучение влияния отдельных геофизических параметров на поведение T_e и получение данных для конкретных геофизических ситуаций и 2) получение математического представления модели для ряда общих ситуаций.

Бесспорно особое значение модели T_e , неотъемлемым параметром которой является концентрация электронов n_e . В такой модели вариации T_e , вызванные изменениями n_e , в значительной степени компенсируются. Поэтому такая модель подчеркивает эффекты источников нагрева, особенно нелокальных. В связи с этим параллельно с T_e -моделью создавалась модель величины $T_e \cdot \log n_e$. В данной статье описываются только модели T_e .

Представлены первые результаты многолетней работы по созданию экспериментальной базы данных T_e , предназначенной для моделирования T_e . Измерения T_e проводились на ряде спутников при помощи аппаратуры, разрабатываемой совместно Институтом космических исследований (ИКИ) АН СССР (датчика электронной температуры типа ДЭТ) и Геофизическим институтом (ГФИ) АН ЧССР (электронные блоки типа КМ). К настоящему времени база данных содержит результаты измерений на спутниках "Космос-900", "Интеркосмос-17" (около $1,5 \cdot 10^7$ и $0,3 \cdot 10^7$ измерений соответственно, обработка в ИКИ АН СССР), "Интеркосмос-18" и "Интеркосмос-19" (около $0,3 \cdot 10^7$ и $1,6 \cdot 10^7$ измерений соответственно, обработка в ГФИ АН ЧССР), т.е. всего около $3,7 \cdot 10^7$ отдельных измерений T_e ; эти данные охватывают период с марта 1977 г. по март 1981 г. и диапазон высот от 300 до 1100 км. Насколько нам известно, это самая большая в мире база спутниковых данных, полученных при помощи одинаковой аппаратуры. Около 30% этих данных к настоящему времени заложено в память ЭВМ в сопровождении орбитально-геофизической привязки, т.е. для каждого измерения T_e имеется более 20 различных орбитально-геофизических параметров.

Описание данных и их сортировка

На спутнике "Интеркосмос-19" (1979-020 А, перигей 500 км, апогей 1000 км, наклонение орбиты 74°) была установлена аппаратура КМ-3 для измерения температуры и энергетического распределения тепловых электронов [1]. Период вариаций восходящего узла орбиты составлял 125 сут, период вариаций аргумента перигея - 167 сут. Результаты измерений запоминались бортовым запоминающим устройством.

Для проведения данной работы использовались в основном два режима работы: "суточный" режим - 17 ч измерений с шагом 0,64 с, и "витковый" - 2 ч измерений с шагом 0,08 с. Это соответствует разрешению вдоль орбиты ~ 5 км и $\sim 0,6$ км соответственно, т.е. в худшем случае разрешение по широте составляло менее $0,05^\circ$. Поскольку установленная на спутнике аппаратура для измерения n_e вышла из строя, для определения n_e использовались измерения энергетического распределения электронов. Эти измерения проводились с целью контроля наличия максвелловского распределения электронов и поэтому проводились довольно редко - через 16,8 и 24 с в суточном и витковом режимах запоминания соответственно. За время активного периода работы спутника (с 28.02.79 г. по 1.03.81 г.) было получено большое количество измерений T_e и значительно меньшее для n_e . Описываемые здесь модели получены по данным 185 "суточных" сеансов - 1600 витков спутника.

В качестве основных переменных модели были взяты инвариантная широта Λ , магнитное местное время MLT и высота H (Λ для южного полушария считалась отрицательной). На основе 60 "суточных" сеансов было проведено сравнение между Λ и параметром MODIP [2]; при сортировке по Λ разброс данных получается меньшим. По-видимому, это связано с более высоким диапазоном высот (по сравнению с [2]), где значительную роль играют потоки фотоэлектронов и сказывается влияние плазмосферного резервуара тепла - явлений, тесно связанных со структурой магнитных силовых линий. Измеренные значения T_e усреднялись так, что одна "точка" представляла среднее за 10 с значение (в суточном режиме - 16 отдельных измерений). Затем данные сглаживались при помощи регрессионного анализа и проводилось итеративное исключение наиболее отклоняющихся точек до тех пор, пока среднеквадратическое отклонение не становилось меньше 100° . Каждая точка модели состоит из значения T_e и значений всех переменных и параметров, приведенных в табл.1, где указаны также диапазон изменения каждого параметра, число интервалов разбиения, величина одного интервала. Каждому из возможных $81 \times 36 = 2916$ сочетаний Λ и MLT соответствует отдельная запись на дисковой памяти ЭВМ, а все другие параметры упакованы в три 16-битовых слова. Важной особенностью экспериментальной модели является возможность выборки данных из любой определенной записи, т.е. с точностью лучшей, чем один день.

Экспериментальная и эмпирическая модели

После обработки 185 суточных сеансов экспериментальная модель содержит около $9 \cdot 10^5$ "точек", а объем модели $T_e \log n_e$ в 10 раз меньше. Получить представление об однородности и репрезентативности этой модели можно из гистограммы отдельных параметров (рис.1). Гистограммы Λ и H в основном определяются типом орбиты. Как видно из этих гистограмм, модель справедлива для Λ в диапазоне $\pm 75^\circ$ и диапазоне высот 500-1000 км с предпочтительными высотами ~ 530 км и 990 км. С одной стороны, гистограммы временных распределений (MLT и λ) показывают относительную однородность распределения данных за небольшие интервалы времени, а сезонная гистограмма показывает, что для зимнего сезона данных меньше, чем для летнего.

Параметры экспериментальной модели электронной температуры T_e

Параметр	Диапазон		Шаг	Число шагов
T_e , К	800	10230	10	1024
Λ°	81	81	2	81
MLT	0	1440	40	36
H, км	400	1040	20	32
λ°	0	360	6	60
χ°	55	115	10	8
SE, дни	0	365	46	8
D_{St} - индекс, нТл	30	-210	15	16
K_p -индекс	0	7	1	8
CI	60	300	-	16
IWR	1	512	1	512

T_e - температура электронов,
 Λ - инвариантная широта,
 MLT - магнитное время,
 H - высота,
 λ - географическая долгота,
 χ - зенитный угол Солнца,
 SE - сезон начинается с зимнего солнцестояния,
 CI - индекс Ковингтона,
 IWR - максимальное число записей в каждой ячейке.

Из гистограммы для индекса Ковингтона видно, что все использованные данные относятся к интервалу $CI > 135$, среднее значение равно 185, а максимальное количество данных относится к $CI = 189$ и 155. И, наконец, из гистограммы для K_p и D_{St} видно, что примерно 6,5% данных было получено во время возмущенных периодов ($D_{St} < -45$ нТл, $K_p > 4$).

Математическое представление экспериментальной модели было выбрано с учетом того, что данные получены на спутнике, орбита которого имеет большое наклонение и малый эксцентриситет. Частично это было учтено более высоким разрешением по широте (по сравнению с разрешением по MLT). Кроме того, в этом случае имеется возможность построения моделей для фиксированных высотных интервалов. Возможность определения высотных зависимостей в этом случае сильно ограничена. Были получены эмпирические модели для следующих высот: 520, 600, 680, 760, 840, 920 и 1000 км; каждая из этих моделей включает данные

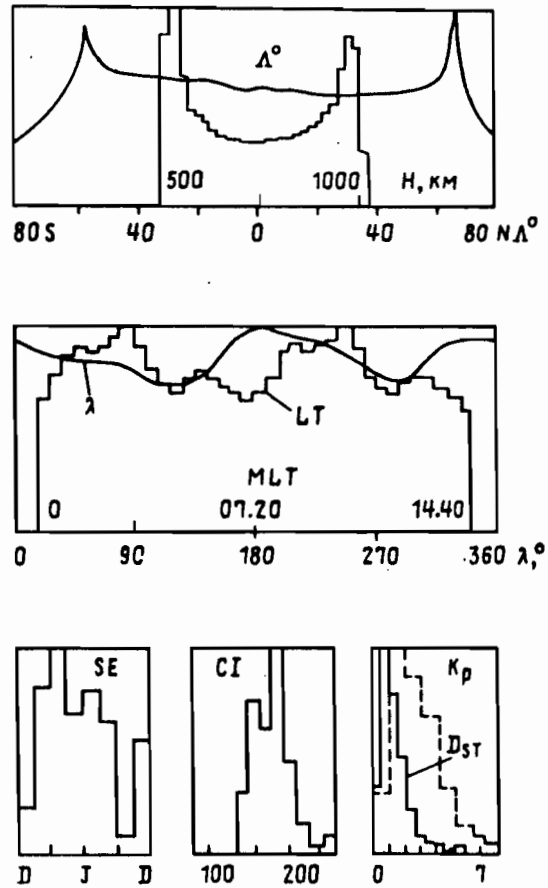


Рис. 1. Гистограммы распределения параметров экспериментальной модели T_e

в диапазоне высот ± 40 км. Для описания поведения T_e были использованы ортогональные зональные функции до 8-го порядка. Для совместности с результатами моделирования по спутникам AE-C и ISIS-1, ISIS-2 был использован нормирующий коэффициент $m!!$ и вычислено разложение в ряд десятичного логарифма T_e [3]:

$$\log_{10} T_e = CC_0 + \sum_{n=1}^8 \left\{ CC_n^c P_n^c \cdot \cos \theta + \sum_{m=1}^n [CC_n^m \cdot \cos(m\varphi) + CS_n^m \sin(m\varphi)] \varphi_n^m \cos \theta \right\}. \quad (1)$$

Так как экспериментальные данные достаточно однородно перекрывают весь диапазон изменения Λ и MLT, коэффициенты разложения (1) были вычислены в первом приближении после дополнения недостающих значений, численным интегрированием. Далее коэффициенты были уточнены по минимуму суммы квадратов отклонений от экспериментальных значений с использованием метода сопряженных градиентов. При этом экспериментальные значения брались с весовыми коэффициентами, соответствующими числу точек в рассматриваемом интервале: для 3-10 значений вес равен 1, для 11-30 значений - 2 и для 30 значений - 4. Аналогично,

Коэффициенты моделей электронной температуры T_e Максимум солнечной активности 1979-1980 гг.
"Интеркосмос-19"

	520 SA QQ	520 WA QQ	600 SA QQ	600 WA QQ
CC (0,0)	.34 15E+01	.3453E+01	.3409E+01	.3433E+01
CC (1,0)	.2860E-01	-.4 104E-01	.134 1E-02	-.2893E-01
CC (1,1)	-.1946E+00	-.1652E+00	-.1831E+00	-.134 1E +00
CC (2,0)	.2967E-01	.7012E-01	.6484E-01	.8476E-01
CC (2,1)	.1227E-01	-.1013E-01	.1530E-01	.8124E-02
CC (2,2)	-.4668E-01	-.5088E-01	-.7528E-01	-.4866E-01
CC (3,0)	-.2230E-03	-.1479E-01	.3148E-01	-.1086E-01
CC (3,1)	.5075E-02	.158 1E-01	-.6130E-02	-.890 1E-02
CC (3,2)	.1956E-02	.7 199E-02	.3252E-02	-.4379E-02
CC (3,3)	.1620E-01	.2964E-01	.3483E-01	.3449E-01
CC (4,0)	.4803E-01	.5506E-01	.4242E-01	.6960E-01
CC (4,1)	-.1275E-01	-.1332E-01	-.9516E-02	-.9727E-02
CC (4,2)	-.1223E-02	-.292 1E-02	-.7213E-02	-.3336E-02
CC (4,3)	.8769E-03	.4198E-03	-.371 1E-02	.8538E-03
CC (4,4)	.4144E-01	.3229E-01	.5069E-01	.5438E-01
CC (5,0)	.6035E-01	.4303E-01	.3448E-01	.2524E-01
CC (5,1)	-.1884E-02	-.5583E-02	.1075E-02	-.6279E-04
CC (5,2)	-.4600E-02	-.461 1E-02	-.2829E-02	-.6979E-03
CC (5,3)	.4349E-02	.2992E-02	.1968E-02	.3742E-02
CC (5,4)	.101 1E-03	.6120E-02	.4329E-02	-.1188E-03
CC (5,5)	-.4176E-02	-.1568E-01	-.5649E-03	.8172E-03
CC (6,0)	-.5843E-01	-.27 18E-01	-.6405E-01	-.5426E-01
CC (6,1)	-.1977E-02	.2242E-02	-.71 13E-03	.1605E-02
CC (6,2)	.1040E-03	.7 139E-04	.1898E-02	-.1135E-02
CC (6,3)	.9399E-03	.2127E-02	.1294E-04	.8536E-04
CC (6,4)	.1523E-02	.4886E-03	-.27 18E-02	.1402E-02

	520 SA QQ	520 WA QQ	600 SA QQ	600 WA QQ
CC (6,5)	.2447E-02	.4586E-02	.4050E-02	.2249E-03
CC (6,6)	-.2592E-01	-.3022E-01	-.2416E-01	-.2541E-01
CC (7,0)	.8927E-02	-.2407E-01	.1382E-01	-.9714E-02
CC (7,1)	-.6896E-02	-.3838E-02	-.7775E-02	-.2704E-02
CC (7,2)	-.9370E-03	-.1921E-04	-.1695E-02	-.1541E-02
CC (7,3)	.7053E-03	-.3365E-03	-.1167E-02	-.1610E-02
CC (7,4)	.6785E-03	.2215E-03	.1860E-03	.1113E-03
CC (7,5)	-.8389E-03	-.6250E-03	-.1952E-02	.9125E-03
CC (7,6)	-.2834E-02	1038E-02	-.1008E-02	.8842E-04
CC (7,7)	.4537E-02	.8254E-02	-.5940E-02	.6675E-03
CC (8,0)	-.7070E-04	.1188E-01	-.5841E-03	-.3233E-04
CC (8,1)	.4167E-02	-.2620E-02	.2669E-02	-.2829E-02
CC (8,2)	.8636E-03	-.1971E-04	-.7958E-03	-.5609E-03
CC (8,3)	-.7277E-03	-.3929E-03	.7403E-05	-.9455E-05
CC (8,4)	.1248E-04	.2142E-03	.8739E-03	.3763E-03
CC (8,5)	.1585E-03	-.4689E-03	-.4361E-03	-.5425E-03
CC (8,6)	.8016E-03	-.3310E-03	.1648E-03	-.4030E-03
CC (8,7)	-.1625E-03	.2445E-03	.9896E-04	.8095E-03
CC (8,8)	.1159E-01	.1326E-01	.9503E-02	.2269E-01
CS (1,1)	-.3935E-01	-.5539E-01	-.3156E-01	-.3248E-01
CS (2,1)	-.5066E-02	-.3657E-02	.7685E-02	.1887E-02
CS (2,2)	-.1544E-01	.1268E-01	.6730E-03	-.6520E-02
CS (3,1)	.1093E-01	.2182E-01	.9265E-02	.7309E-02
CS (3,2)	.6442E-02	-.7689E-02	-.1907E-02	-.3709E-02
CS (3,3)	-.3240E-01	-.1553E-01	-.4232E-01	-.4150E-01
CS (4,1)	.5950E-02	.3775E-02	.4594E-03	.5642E-02
CS (4,2)	-.3504E-02	.3733E-02	-.5804E-02	-.1189E-03
CS (4,3)	.9725E-03	.4538E-02	-.5147E-02	-.6287E-02

	520 SA QQ .3529E-01	520 WA QQ .2020E-01	600 SA QQ .2868E-01	600 WA QQ .2579E-01
CS (4,4)				
CS (5,1)	-.2644E-02	-.8910E-03	.2659E-02	-.2890E-02
CS (5,2)	-.3219E-03	-.3846E-02	.1597E-02	-.1887E-02
CS (5,3)	.3870E-03	.2760E-02	.3578E-02	.4777E-02
CS (5,4)	.1670E-02	.5299E-02	-.1552E-03	-.5373E-02
CS (5,5)	.2582E-01	.3001E-01	.2147E-01	.3233E-01
CS (6,1)	-.2733E-02	.2945E-02	-.2133E-02	.1867E-02
CS (6,2)	-.3259E-03	.6045E-03	.2621E-04	.1196E-02
CS (6,3)	-.1990E-03	-.1443E-02	.1732E-03	-.5909E-03
CS (6,4)	.1672E-02	.1053E-02	.9067E-04	.1897E-02
CS (6,5)	.4378E-03	.1202E-02	-.4963E-03	-.6877E-03
CS (6,6)	-.1741E-01	-.1213E-01	-.4276E-02	-.5578E-02
CS (7,1)	.3304E-02	-.1601E-02	.1089E-02	-.2675E-03
CS (7,2)	-.1107E-03	.7006E-03	.4057E-04	-.2921E-04
CS (7,3)	-.3982E-03	.1979E-04	-.1464E-02	-.1326E-02
CS (7,4)	-.2453E-03	-.2839E-03	-.5189E-03	.4060E-03
CS (7,5)	-.6378E-03	-.1632E-02	-.9282E-04	.1522E-02
CS (7,6)	-.1590E-02	-.1180E-02	-.6888E-03	-.7634E-03
CS (7,7)	-.1156E-01	-.1474E-01	-.1447E-01	-.8716E-02
CS (8,1)	.1359E-02	-.2301E-04	-.3099E-04	-.9891E-04
CS (8,2)	-.1969E-03	-.7637E-03	-.4887E-03	-.1070E-02
CS (8,3)	-.3312E-03	-.1073E-03	-.3438E-03	-.5062E-03
CS (8,4)	-.4204E-03	-.2999E-03	-.2131E-03	-.4511E-03
CS (8,5)	.3100E-04	.2372E-03	.3143E-03	-.4040E-03
CS (8,6)	.4946E-03	-.1204E-03	-.1063E-03	.6983E-03
CS (8,7)	-.5748E-04	-.1845E-02	.2096E-03	-.1703E-02
CS (8,8)	.5989E-03	.3933E-02	-.7678E-02	-.4348E-02

Продолжение табл. 2

	920 SA QQ	920 WA QQ	1000 SA QQ	1000WA QQ
CC (0,0)	.3468E+01	.3444E+01	.3482E+01	.3452E+01
CC (1,0)	.1012E-01	-.3693E-01	.1707E-01	-.3545E-01
CC (1,1)	-.1846E+00	-.1735E+00	-.1639E+00	-.1702E+00
CC (2,0)	.1408E+00	.1049E+00	.1231E+00	.8886E-01
CC (2,1)	.1233E-01	.8036E-02	.1071E-01	.1472E-01
CC (2,2)	-.8970E-01	-.7947E-01	-.1022E+00	-.8167E-01
CC (3,0)	.3487E-02	.5185E-01	.1870E-01	-.1915E-01
CC (3,1)	.4263E-02	.3459E-02	-.2432E-02	.7697E-02
CC (3,2)	-.6110E-02	.6065E-02	.9654E-02	.1624E-01
CC (3,3)	.1208E-01	.3810E-01	-.1330E-02	.2680E-01
CC (4,0)	-.2269E-01	-.6995E-01	-.2078E-01	-.6495E-01
CC (4,1)	-.4144E-02	-.2671E-02	-.3208E-02	.7683E-03
CC (4,2)	-.1014E-03	.2868E-02	-.2192E-02	-.1921E-02
CC (4,3)	-.1088E-01	-.1106E-02	-.6285E-02	-.6418E-02
CC (4,4)	.2412E-01	.3115E-01	.3306E-01	.3738E-01
CC (5,0)	-.2644E-02	-.3342E-01	.4111E-03	-.3028E-01
CC (5,1)	.1045E-01	.5769E-02	.1005E-01	.7424E-02
CC (5,2)	+.5663E-03	-.6851E-03	-.9849E-04	.8130E-03
CC (5,3)	-.8741E-03	-.1671E-02	.2029E-02	-.1049E-02
CC (5,4)	-.5649E-02	-.2373E-02	-.4659E-02	-.5968E-02
CC (5,5)	-.9609E-02	-.9366E-02	.1454E-01	.8207E-02
CC (6,0)	-.5590E-02	-.3591E-01	-.2061E-01	-.4211E-01
CC (6,1)	.3529E-02	-.3234E-02	.3868E-02	-.2512E-04
CC (6,2)	.1285E-02	.1035E-02	.2277E-03	.1152E-02
CC (6,3)	.1221E-02	-.7915E-03	-.1297E-02	-.5368E-03

	920 SA QQ	920 WA QQ	1000 SA QQ	1000 WA QQ
CC (6,4)	-.8221E-03	-.5264E-03	.5261E-03	-.8101E-03
CC (6,5)	.1551E-02	-.2893E-03	.6560E-04	.4563E-03
CC (6,6)	-.9618E-02	-.2408E-01	.1500E-02	-.2320E-01
CC (7,0)	.8561E-02	-.8068E-02	.1748E-01	.6956E-04
CC (7,1)	-.1853E-02	-.4742E-02	-.3298E-02	-.8279E-02
CC (7,2)	.1900E-03	.2669E-03	.4776E-03	.6701E-03
CC (7,3)	.1949E-03	-.4942E-03	-.7811E-03	.4822E-03
CC (7,4)	.3995E-03	.4369E-03	-.3347E-03	.2263E-03
CC (7,5)	-.9004E-03	.9203E-03	-.2462E-04	.1094E-02
CC (7,6)	.3835E-02	.3256E-02	.3890E-02	.2734E-02
CC (7,7)	-.8095E-02	-.3613E-02	-.7472E-02	-.1990E-01
CC (8,0)	-.1137E-01	-.2756E-03	-.1307E-02	.4855E-02
CC (8,1)	.7602E-03	.1563E-03	.2508E-02	.1490E-03
CC (8,2)	-.3131E-03	-.1876E-03	.2924E-03	.3234E-04
CC (8,3)	-.1487E-04	-.2443E-03	-.1970E-03	.8946E-04
CC (8,4)	.2854E-03	.1285E-03	-.5469E-03	-.4283E-03
CC (8,5)	-.3753E-03	.5097E-04	-.4676E-03	-.2294E-03
CC (8,6)	-.9419E-04	-.5497E-03	-.9828E-03	-.2712E-03
CC (8,7)	.1317E-02	-.1297E-02	.1693E-02	-.4741E-03
CC (8,8)	.2131E-02	.3874E-02	.6955E-02	.1119E-01
CS (1,1)	.2494E-01	.1475E-01	.4530E-01	.1681E-01
CS (2,1)	.5255E-02	-.3453E-02	-.5779E-02	-.1242E-01
CS (2,2)	-.2671E-01	-.4335E-01	-.1592E-01	-.4288E-01
CS (3,1)	-.9095E-02	-.9450E-02	-.1518E-01	-.8727E-02
CS (3,2)	.1313E-01	.1694E-02	.7433E-02	.4667E-03
CS (3,3)	-.6409E-02	-.9673E-02	-.1905E-01	-.2061E-01
CS (4,1)	-.9687E-02	-.7723E-02	-.5720E-02	-.5461E-02
CS (4,2)	.1068E-02	.1673E-02	-.2155E-02	-.1810E-02
CS (4,3)	-.1260E-02	-.1421E-03	.3257E-02	.2763E-02
CS (4,4)	.3593E-02	.6699E-02	-.1781E-01	.5617E-02

	920 SA QQ	920 WA QQ	1000 SA QQ	1000 WA QQ
CS (5,1)	.1247E-01	.1127E-01	.1216E-01	.8506E-02
CS (5,2)	-.2240E-02	-.4118E-03	-.2914E-02	-.4620E-02
CS (5,3)	.2973-02	.3329E-02	-.8229E-03	-.8330E-03
CS (5,4)	-.3050E-02	.1445E-02	-.9000E-03	-.1743E-02
CS (5,5)	.5146E-02	.2378E-01	-.6098E-02	.1165E-01
CS (6,1)	.4633E-03	-.8295E-04	.1352E-02	.1238E-02
CS (6,2)	.3266E-03	-.2144E-03	.1122E-02	.1886E-03
CS (6,3)	.5000E-03	.6740E-03	.2372E-03	.4800E-03
CS (6,4)	-.1472E-03	-.4744E-03	.1144E-02	-.8226E-03
CS (6,5)	-.8173E-02	-.2550E-02	-.4509E-02	-.4842E-02
CS (6,6)	-.6631E-02	-.5301E-02	.3910E-02	.6528E-02
CS (7,1)	-.8630E-03	-.2426E-02	-.4012E-03	-.1275E-03
CS (7,2)	.7713E-03	-.3928E-03	-.7853E-03	-.4741E-03
CS (7,3)	-.1176E-03	.1205E-03	-.3016E-03	.3266E-04
CS (7,4)	.1478E-02	.7067E-03	-.6748E-03	-.6641E-03
CS (7,5)	-.4663E-03	.3929E-03	.1789E-02	.4005E-03
CS (7,6)	.6553E-03	.1355E-02	.3585-03	.1170E-02
CS (7,7)	.4754E-02	-.2201E-02	.6881E-02	-.8973E-02
CS (8,1)	.2734E-03	-.1002E-02	.1243E-03	.3878E-04
CS (8,2)	.5325E-03	-.4159E-03	.2879E-03	-.3799E-04
CS (8,3)	-.1261E-03	-.1512E-04	.9217E-04	.2019E-03
CS (8,4)	.2231E-03	.6573E-05	.1438E-04	.2158E-03
CS (8,5)	.1234E-03	-.2399E-04	-.5111E-03	-.9379E-03
CS (8,6)	-.2475E-03	.3818E-03	-.1347E-04	.5464E-03
CS (8,7)	.2475E-02	.5864E-05	.1065E-02	.3119E-03
CS (8,8)	.2321E-02	-.4087E-02	.4014E-03	-.1117E-01

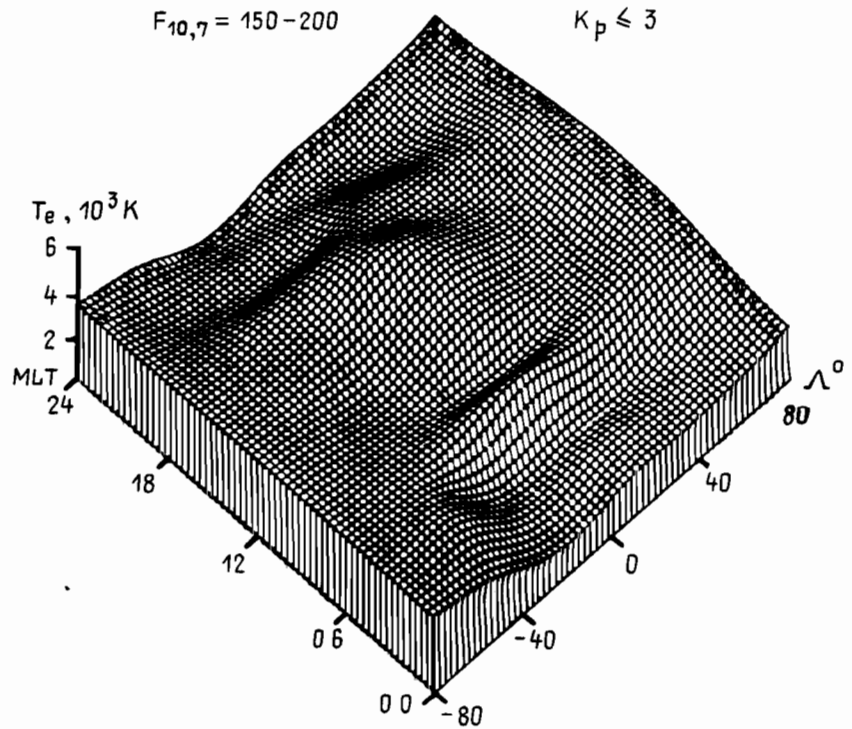


Рис.2. Глобальное модельное распределение T_e на высоте 520 км в зимний период в максимуме солнечной активности и спокойных геомагнитных условиях (северное полушарие)

удвоенный вес принимался для значений T_e для $\Lambda \leq 48^\circ$.

Результаты и обсуждение

В табл.2 приведены коэффициенты для моделей температуры электронов на высотах 520, 600, 920 и 1 000 км для летнего (SA) и зимнего (WA) периодов и очень спокойных геомагнитных условий (QQ). На рис.2 показано глобальное распределение T_e для $h = 520$ км зимнего сезона, на рис.3 - то же для летнего сезона и на рис.4 - то же, что и на рис.2, в виде линий уровня. Был проведен анализ среднеквадратических отклонений для отдельных моделей. Повышенный разброс наблюдается в авроральной зоне в утреннем секторе, а в экваториальной области - в полуденном секторе. По-видимому, разброс в утреннем секторе вызван различием MLT и местным солнечным временем и сезонным изменением зенитного угла Солнца. Разброс в экваториальной области (на высотах 500-600 км) связан с экваториальной аномалией в температуре электронов, часто наблюдающейся в области $\pm 15^\circ$ от экватора.

Было проведено сравнение нашей модели с моделями [3]. На рис.5 сравнивается суточный ход T_e на экваторе и на широте 40° . Имеется общее неплохое согласие, однако из-за повышенной солнечной активности (по сравнению с базой данных [3]), имеется некоторое повышение дневных температур и значительное - для ночных, по-видимому, в результате повышения температуры нейтральных частиц. В экваториальной об-

207

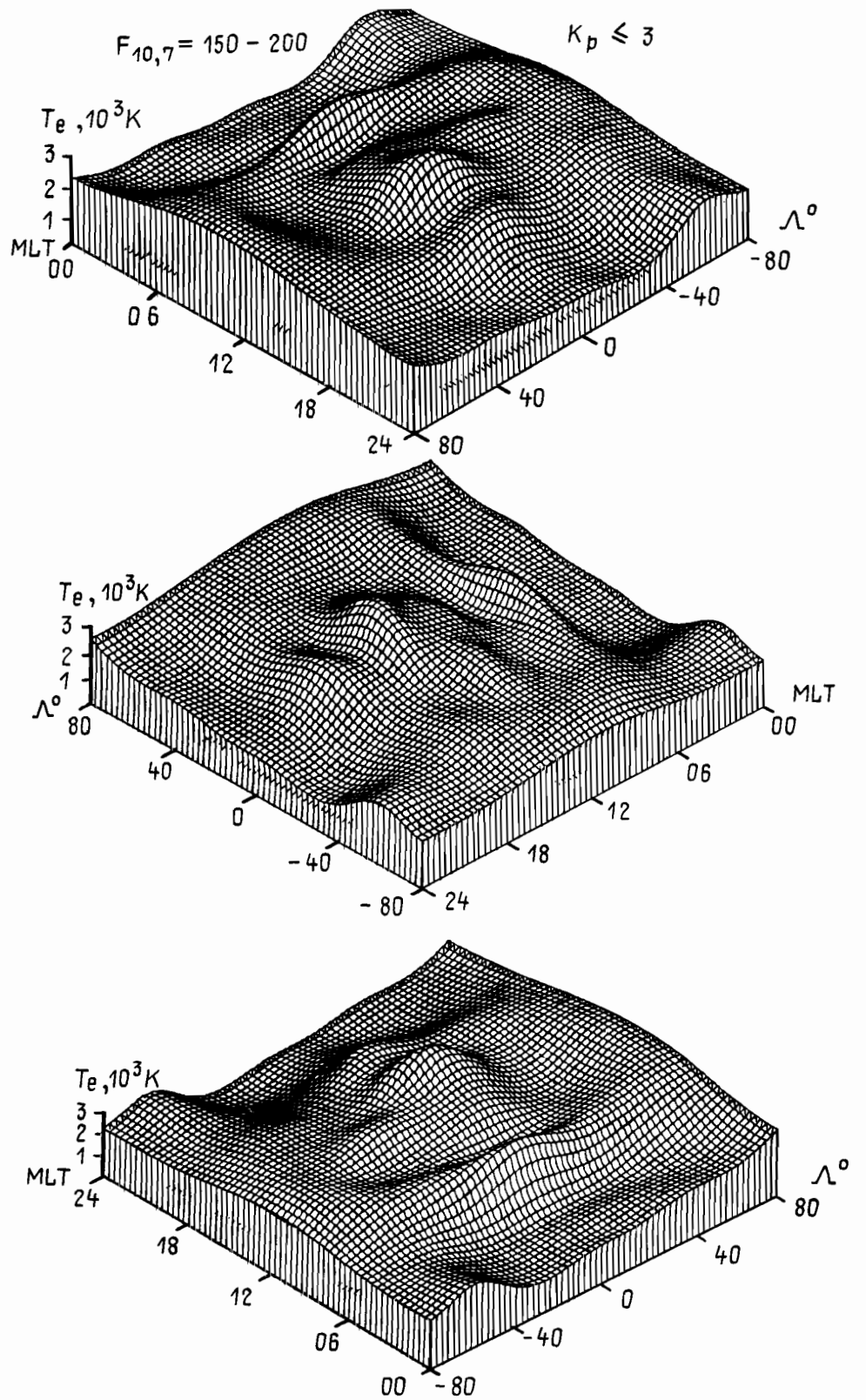


Рис.3. Глобальное модельное распределение T_e на $H = 520$ км в летний сезон в трех разных проекциях (северное полушарие)

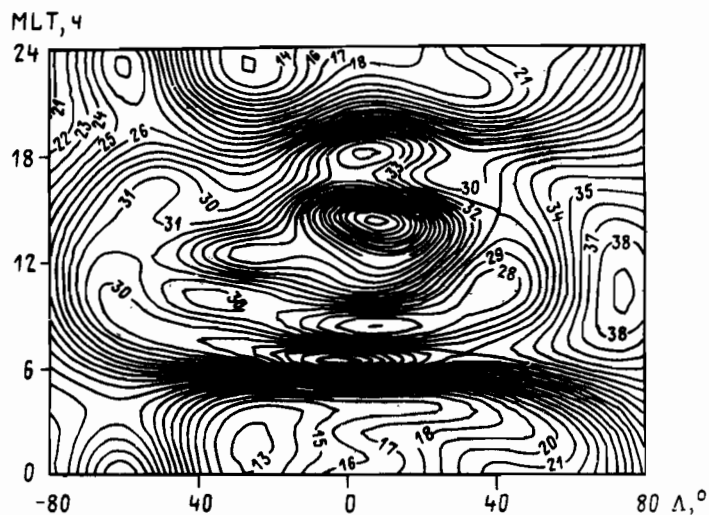


Рис.4. Линии уровня модели, показанной на рис.2

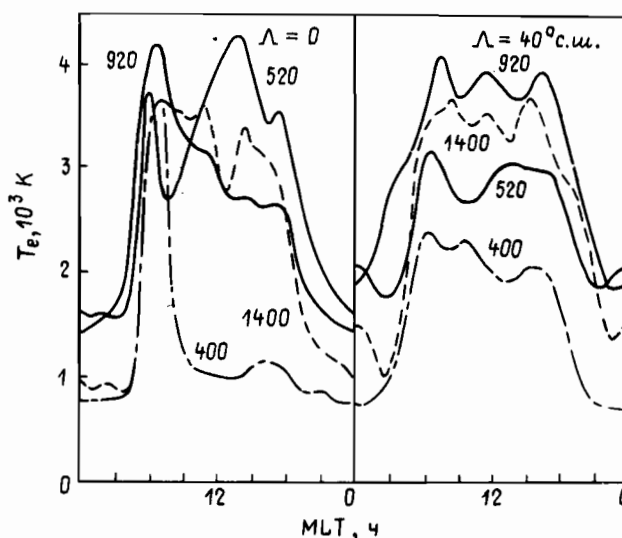


Рис.5. Сравнение суточного поведения T_e на экваторе и на инвариантной широте $\Lambda = 40^\circ$ с.ш., вычисленных по моделям "Интеркосмос-19" и АЕ-С, ISIS-2 [3]

ласти на высотах 500 км имеет место значительное отличие в поведении T_e в послеполуденное время, связанное, по-видимому, с изменениями концентрации в цикле солнечной активности.

В дальнейшем экспериментальная модель будет непрерывно дополняться новыми данными как уже проведенных экспериментов, так и планируемых.

Описанные модели представляют собой дополнение к существующим (АЕ-С, ISIS-1, ISIS-2), включают области внешней ионосферы и относятся к периоду высокой солнечной активности. Однако все эти модели отражают в основном широтное и суточное поведение T_e . Для получения

высотных профилей из таких моделей необходимо привлекать данные вертикальных ракетных пусков, число которых крайне ограничено, так что, по-видимому, неизбежно использование одновременных данных со спутников и станций некогерентного рассеяния.

Abstract

A global empirical model of the electron temperature T_e is presented in the form of a bank of $T_e(\lambda, \text{MLT}, H)$ values averaged over 10 sec time intervals together with the respective D_{st} values and K_p -indices. The data bank obtained from the systematic T_e measurements onboard the "Intercosmos-19" satellite and is kept in the computer memory. On the basis of the model, the coefficients were calculated for the empirical models for the summer and winter seasons, geomagnetically quiet conditions at some fixed altitudes in the range 520-1000 km.

Список литературы

1. К.Кубат, Я.Класс, Я.Шмилауэр, В.В.Афонин. Прибор КМ-3 для измерения электронной температуры и распределения скоростей тепловых электронов//Аппаратура для исследования внешней ионосферы. М.: ИЗМИРАН. 1980. 120 с.
2. H.Thieman, K.Rawer. Empirical electron temperature model for the daytime ionosphere deduced from AEROS-B. Preprint. 1982.
3. L.H.Brace, R.F. Theis. Global empirical models of ionospheric electron temperature in the upper F-region and plasmasphere based on in situ measurements of Atmosphere Explorer-C, ISIS-1 and ISIS-2 satellites// J.Atm. Terr. Phys. 1981. Vol.43. P.1317-1326.