

—17,5 Гэ по измерениям на $A(E)f(R)$,

$^{-1}$ при $0,07 \leq E < 1$ Мэв
 $^{-1}$ при $1 \leq E \leq 4,1$ Мэв.

$0,01 \text{ см}^{-2} \text{сек}^{-1}$.

зависимости потока атмосферно-ученные на спутнике «Космос-378», максимальное и минимальное удаление которого от поверхности Земли составляло соответственно 650 и 250 км. На фиг. 4 относительное изменение атмосферных γ -квантов с выданным «Космоса-135» для $0,3-2,7$ Мэв. Экспериментальные данные приведены к одному пороговой жесткости и ваны к единице при высоте равной высоте круговой орбиты атмосферного γ -излучения зависимости γ -излучения, выходящего в атмосферу. Надежные данные говорят о том, что интенсивность излучения при углового распределения. Расчеты высотной зависимости интенсивности излучения на границе атмосферы интенсивности γ -излучения подчиняется за-

д Ω ,
 икали. Высота условной границы атмосферы 50 км. Соответствие расчетов подтверждением того, что изменения на границе атмосферы

Н. Панову, И. А. Соколову помощь в обработке данных.

1970, 18, 939.
 магн. и аэронавигация, 1972, 12, 996.
 Space Sci., 1972, 18, 462.
 Phys. J., 1969, 158, 193.
 ФТИ, 468, 11, 1974.
 Космические исследования, 1974,

ия, 1970, 8, 923.
 Phys. Res., 1973, 78, 7942.
 R. Arnold. Nature, 1964, 204, 766.
 Статья поступила 24 июня 1974 г.

УДК 521.61:550.388.2

ИССЛЕДОВАНИЯ В ИОНОСФЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ СПУТНИКА «КОСМОС-378»

4. СТРУКТУРА ОБЛАСТЕЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЯМИ 0,5 — 12 КЭВ И ИХ КОНВЕКЦИЯ

М. З. Хозлов

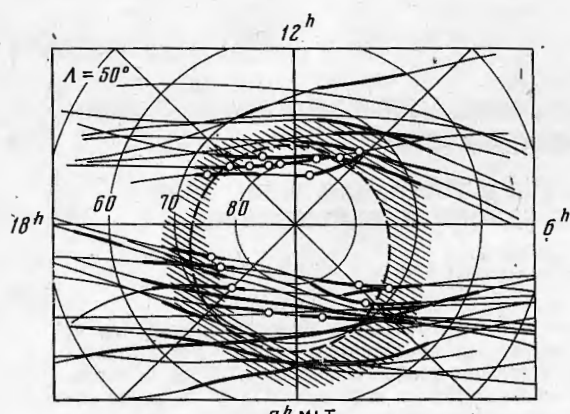
Рассмотрено положение областей регистрации потоков электронов в ноябре 1970 г. по данным анализаторов заряженных частиц, установленных на спутнике. В спокойных геомагнитных условиях области потоков электронов расположены на инвариантных широтах $\Lambda > 65^\circ$ и разделяются на низкоширотную и высокоширотную зоны. Оценена скорость электрического дрейфа в высокоширотной зоне.

Потоки электронов с энергиями $E_e = 0,5-12$ кэв изучались на спутнике «Космос-378» с помощью двух противоположно ориентированных анализаторов. Подробности размещения аппаратуры на спутнике и цели комплексного эксперимента рассмотрены в [1]. Каждый анализатор (их описание, характеристики и учет фона рассмотрены в [2]) имел многощелевую отклоняющую систему, аналогичную описанной в [3], значительно ослабляющую фон от ультрафиолетового излучения Солнца. Электроны регистрировались в четырех энергетических интервалах, центрированных на 1,0; 2,2; 4,2 и 8,5 кэв. Энергетическое разрешение $\Delta E/E_{cp} = \pm 0,5$, угловое — в плоскости отклоняющих пластин $\pm 10^\circ$, в перпендикулярной плоскости $\pm 20^\circ$. Чувствительность — $6 \cdot 10^5/E \text{ см}^{-2} \text{сек}^{-1} \text{стер}^{-1} \text{кэв}^{-1}$, шкала линейная до $4 \cdot 10^7$. Частота опроса 12 гц при постоянной времени прибора 0,1 сек. Время регистрации спектра 12 сек. (по 3 сек. на каждый энергетический интервал плюс один 3-секундный интервал для учета фона и дрейфа нуля).

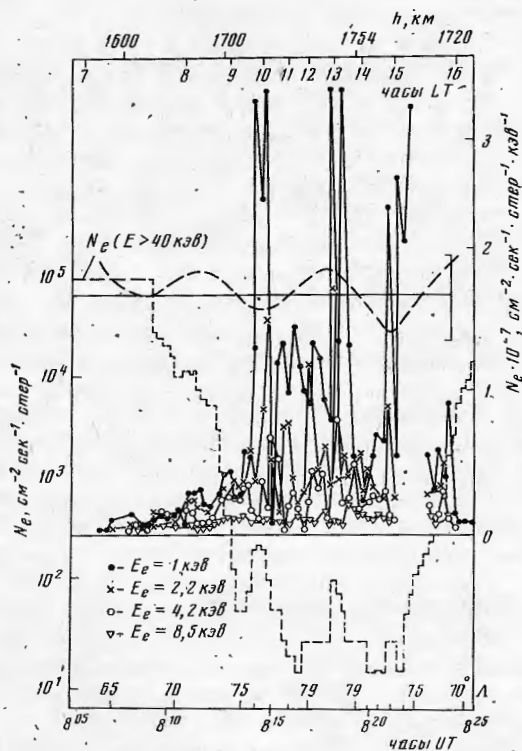
Наклонение орбиты спутника составляло 74° , апогей 1750 км, перигей 240 км. Электроны были зарегистрированы главным образом в режиме запоминания на высоких широтах (инвариантная широта $\Lambda > 69^\circ$ для спокойных условий) местной зимой в северном полушарии в ночном секторе и местным летом в южном полушарии в дневном секторе. На отдельных витках достигались $\Lambda \sim 82^\circ$. На фиг. 1 показано положение областей регистрации электронов в ноябре 1970 г. (утолщения на тонких линиях, которыми показаны траектории спутника). Кружками показано положение границ между зонами. На ряде низкоширотных витков ($\Lambda < 60-65^\circ$) потоки электронов не наблюдались. Результаты измерений для нескольких характерных витков при различных уровнях геомагнитной активности приводились в [2, 4, 5]. В настоящей работе рассмотрена особенность регистрации электронов при высокоширотных проходах спутника, а именно, разделение областей их регистрации на две зоны (по интенсивности потоков, временным и пространственным вариациям, а также виду энергетических спектров).

Структуру областей регистрации электронов рассмотрим на примере высокоширотного прохождения 27.XI в 8 ч. 06 м.—8 ч. 24 м. UT (9—15 час. LT). Этому периоду соответствует умеренная геомагнитная активность ($K_p = 2$). На фиг. 2 показан общий ход интенсивности потоков

электронов в указанный период в различных энергетических интервалах по данным электростатического анализатора (шкала справа); штриховой линией показаны потоки электронов с $E_e \geq 40$ кэв [8] (шкала слева); θ —



Фиг. 1

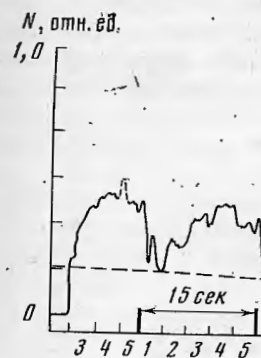


Фиг. 2

часы (7—9 час. LT) на протяжении ~ 3000 км является единым, достаточно стабильным образованием. Максимум потока энергии расположен вблизи $E_e \sim 4$ кэв. Сильная изменчивость электронных потоков в высокоширотной зоне затрудняет детальное определение спектра. Несомненно однако, что

питч-угол для электронов с $E_e \leq 10$ кэв. На фиг. 3 с большим временным разрешением приведена запись коллекторных токов одного из анализаторов на участке вблизи границы перехода между указанными зонами (в данном случае вблизи $\Lambda = 76^\circ$). Цифрами на оси абсцисс обозначены номера энергетических интервалов анализатора, каждый из которых опрашивался в течение 3 сек. (2—1 кэв, 3—2,2 кэв, 4—4,2 кэв, 5—8,5 кэв; 1—калибрационный интервал, вид отсчетов в котором был рассмотрен в [2]). Штриховые участки записи соответствуют моментам наводок на усилитель во время обратного хода пилообразных напряжений, подававшихся на зонды Ленгмюра (см. [2]). Область регистрации электронов четко разделяется на зоны: низкоширотную ($\Lambda < 76^\circ$) и высокоширотную ($\Lambda > 76^\circ$). В низкоширотной зоне по мере увеличения Λ интенсивность потоков медленно увеличивается, оставаясь ниже $2 \cdot 10^6$ см⁻²сек⁻¹ · стер⁻¹кэв⁻¹, а при переходе через границу между зонами Λ_{gr} резко возрастает (за счет электронов наименьших энергий) и принимает хаотический, нерегулярный характер. Потоки электронов в низкоширотной зоне достаточно стабильны, четко прослеживается их изменение при переходе от одного энергетического интервала к другому, последовательные спектры мало различаются, так что

средняя энергия электр
расположен обычно низ
или последовательност

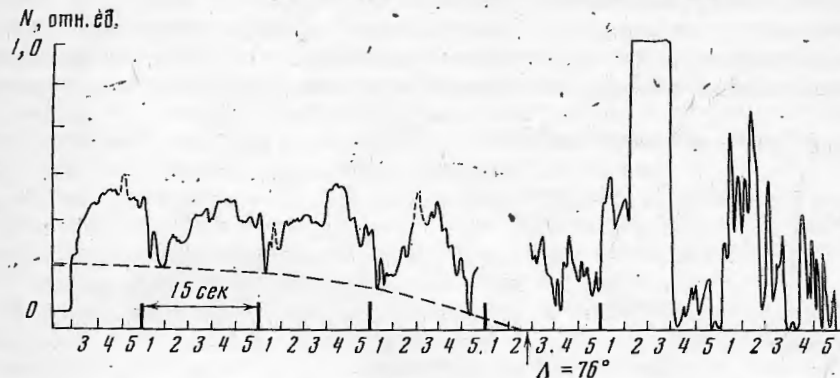


примерно соответствует процессам в измерительных приборах не превосходит существенному масштабу не во время магнитных бурь а ми во всей области их р сглаживаются. Поэтому спокойных условий; зна относительно полюса гра нице замкнутых силовых ния) и внутренней грани кой штриховкой). В н Возможно, это связано с ных периодов. Провалы и отсутствием высокоширо

Существенный аргум границей захвата следуе регистрации электронов коширотная граница эле определяющая границу з этих электронов происхо ватору примерно на 0,5 электронов по мере при б ница захвата точнее опр потоков меньших энерги венно также поведение ф дении радиационных по E_e < 40 кэв [2]) при при ховой линией на фиг. 3) > 40 кэв, исчезая как ра ца захвата и граница ме тически совпадают, прич дает за границу захват: потоки электронов малых дает, по-видимому, с зон

энергетических интервалах (шкала справа); штриховой линией [8] (шкала слева); θ — азимутальный угол для электронов с энергией ≈ 10 кэв. На фиг. 3 с большим временным разрешением приведена запись коллекторных токов одного из анализаторов на участке вблизи границы перехода между указанными зонами (в данном случае вблизи $\Lambda = 76^\circ$). Цифры на оси абсцисс обозначены номерами энергетических интервалов анализатора, каждый из которых опрашивался в течение 3 сек. (2—1 кэв, 3—2,2 кэв, 4—4,2 кэв, 5—5,5 кэв; 1—калибрационный интервал, вид отсчетов в котором был рассмотрен в [2]). Штриховые участки записи соответствуют моментам наводки на усилитель во время обратного хода пилообразных напряжений, подаваемых на зонды Ленгмюра (см. [2]). Область регистрации электронов четко разделяется на зоны: низкоширотную ($\Lambda < 76^\circ$) и высокоширотную ($\Lambda > 76^\circ$). В низкоширотной зоне по мере увеличения интенсивности потоков медленно увеличивается, оставаясь ниже $2 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1} \cdot \text{эв}^{-1} \text{ кэв}^{-1}$, а при переходе через границу между зонами резко возрастает (за счет электронов наименьших энергий) и принимает хаотический, нерегулярный характер. Потоки электронов в низкоширотной зоне достаточно малы, четко проследить их изменение при переходе от одного энергетического интервала к другому, следовательно спектры потоков различаются, так что граница в поздние утренние часы является единым, достаточно энергичным потоком в высокоширотной зоне. Несомненно однако, что

средняя энергия электронов здесь существенно ниже (максимум спектра расположен обычно ниже 1 кэв). Часто наблюдаются отдельные всплески (или последовательности всплесков) длительностью не более 0,5 сек., что



Фиг. 3

примерно соответствует длительности их затягивания из-за переходных процессов в измерительном устройстве. Истинная длительность этих всплесков не превосходит скорее всего 0,1 сек., что соответствует пространственному масштабу не более 1 км. В наиболее возмущенные периоды во время магнитных бурь электронные потоки становятся быстропеременными во всей области их регистрации, другие различия между зонами также сглаживаются. Поэтому на фиг. 1 показаны $\Lambda_{гр}$ только для сравнительно спокойных условий; значения $\Lambda_{гр}$ очерчивают несколько асимметричную относительно полюса границу, близкую к приведенным для сравнения границе замкнутых силовых линий (границе захвата) по [6] (штриховая линия) и внутренней границе овала полярных сияний по [7] (показанного кривой штриховкой). В ночном секторе $\Lambda_{гр}$ несколько сдвинуты к полюсу. Возможно, это связано с отсутствием значений $\Lambda_{гр}$ для наиболее возмущенных периодов. Провалы в данных с 4 до 7 и с 16 до 19,5 час. MLT вызваны отсутствием высокоширотных прохождений в эти часы.

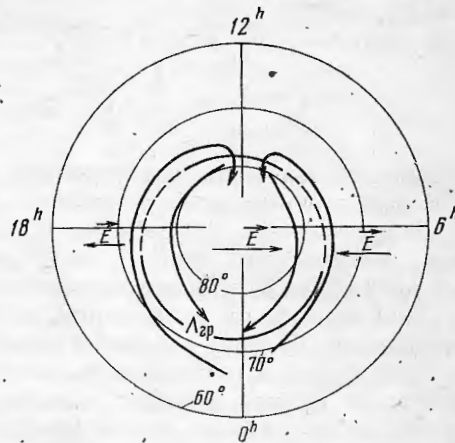
Существенный аргумент в пользу предположения о совпадении $\Lambda_{гр}$ с границей захвата следует из непосредственного сравнения $\Lambda_{гр}$ с границей регистрации электронов с $E_e \geq 40$ кэв [8]. Действительно, по [9, 10] высокоширотная граница электронов с $E_e \geq 45$ кэв — это естественная граница, определяющая границу захвата. Как видно из фиг. 2, спад интенсивности этих электронов происходит как раз вблизи $\Lambda_{гр}$, с небольшим сдвигом к экватору примерно на $0,5^\circ$, что естественно объяснить смягчением спектра электронов по мере приближения к границе захвата. Таким образом, граница захвата точнее определяется, по-видимому, по границе регулярных потоков меньших энергий, зарегистрированных анализаторами. Существенно также поведение фона, регистрируемого анализаторами при прохождении радиационных поясов (который вызывается также и электронами с $E_e < 40$ кэв [2]) при приближении к границе захвата (фон показан штриховой линией на фиг. 3). Этот фон тянется и за спадом электронов с $E_e \geq 40$ кэв, исчезая как раз вблизи $\Lambda_{гр} \approx 76^\circ$. Все это показывает, что граница захвата и граница между зонами в дневном и утреннем секторах практически совпадают, причем зона нерегулярных интенсивных потоков попадает за границу захвата, где неоднократно наблюдались интенсивные потоки электронов малых энергий [11—22]. Зона регулярных потоков совпадает, по-видимому, с зоной электронов малых энергий внутри внешнего ра-

диационного пояса [14]. По своим характеристикам рассматриваемые зоны близки к так называемым «мягкой» и «жесткой» зонам [15–22]. Возможно, что низкоширотная зона аналогична или составляет часть так называемой диффузной зоны [19].

Вернемся к данным фиг. 2. Как уже отмечалось, спектры электронов в рассматриваемых зонах существенно различаются. На фиг. 4 приведены два характерных спектра электронов этих зон, построенные по данным



Фиг. 4



Фиг. 5

фиг. 2 (сплошная линия — спектр в мягкой зоне, штриховая — в жесткой). Интересно, что спектр, относящийся к пику интенсивности в 8 ч. 14 м. UT ($\theta=60^\circ$), по своей форме совпадает со спектром электронов полярного каспа на расстоянии $10 R_E$ из [22] (точки; спектр из [22] смещен по оси ординат до совпадения значения интенсивности для 1 кэВ с соответствующим значением для спектра высокоширотной зоны). В области $\Lambda > 76^\circ$ наблюдается (см. фиг. 2) три таких пика интенсивности. Их появление частично связано с преимущественной ориентацией электронных потоков вдоль силовых линий магнитного поля. Несомненно, что они определяются здесь также и структурными особенностями области электронных потоков. Так, резкое изменение интенсивности, например в 8 ч. 18 м. UT, более чем в 50 раз трудно связать с плавным изменениемpitch-угла в этот же момент. Кроме того, область между пиками интенсивности (около 8 ч. 18 м. UT) по характеру близка к низкоширотной зоне. Не исключено поэтому, что вариаций интенсивности потоков и формы спектров в области $\Lambda > 76^\circ$ определяются не столько вариациями интенсивности потоков и формы спектров вторгающихся электронов, сколько многократными пересечениями границы между зонами в интервале значений Λ от 76° до 79° . Согласно [22] дневной полярный касп расположен вблизи $\Lambda=79^\circ$, что близко к приведенным цифрам. Таким образом и по расположению, и по виду спектров интенсивности потоки электронов в дневном секторе за Λ_{gr} следует отнести к полярному каспу [4, 5, 22] либо к мягкой зоне, на экваториальной границе которой располо-

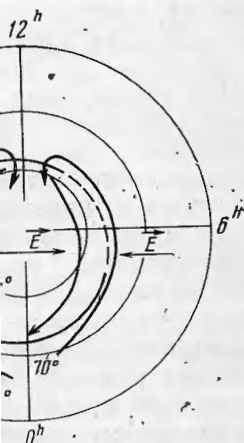
жен полярный касп [4].
ные переходы между м
времена, существенно
секторе. Возможно, что
по всей границе замкн
Переходы наиболее це
сопровождаются пико
интенсивность потоков
вается в низкоширотн
зывает, что источники
ные часы соответств
В вечерние часы вспл
а интенсивность и ши
меньше, чем в утренн

Как уже отмечено
(фиг. 4) и больших в
сивность потоков на б
ситуация наблюдается
электронов в каспе и в
ков в каспе существен
ход интенсивности, обр
вает, что речь идет о
ном и ночном секторах
ляется при этом как п
жизни рассматриваемь
поскольку для электро
электрических полей яв

Первые представле
магнитосфере были сфо
движений различных а
ром механизме передач
ницы магнитосферы [2
[29]. В магнитосфере
женные в утреннем и н
торе (малый вихрь), ко
ходит в антисолнечном
деления и временных п
рениям на спутнике
магнитного диполя Зем
установить, что дрейф
правления [25]. Это по
страции совпадает с
вихря. На движение эл
в высокоширотной маг
конвективных вихрей
нена прямыми измерен
движению искусствен
зующей двойные зонде
явилось установление с
ние и вечерние часы. С
отождествлена в [21] с
значит, что электроны
области антисолнечной
 $E_e > 0,2$ кэВ по наблюде
тисолнечной конвекции

кам рассматриваемые
ной» зонам [15–22],
составляет часть так

спектры электронов в
На фиг. 4 приведены
строенные по данным



Фиг. 5

риховая — в жесткой).
ивности в 8 ч. 14 м. UT
тронов полярного каспа
смещен по оси ординат
соответствующим зна-
сти $\Lambda > 76^\circ$ наблюдается
вление частично связа-
потоков вдоль силовых
деляются здесь также и
их потоков. Так, резкое
UT, более чем в 50 раз
этот же момент. Кроме
8 ч. 18 м. UT) по харак-
поэтому, что вариации
и $\Lambda > 76^\circ$ определяются
ормы спектров вторгаю-
лениями границы между
сно [22] дневной поляр-
к приведенным цифрам.
тров интенсивности пото-
гести к полярному каспу
границе которой располо-

жен полярный касп [20]. В этой связи важно подчеркнуть, что аналогичные переходы между мягкой и жесткой зонами наблюдались и в местные времена, существенно отличные от приполюденных, в том числе и в ночном секторе. Возможно, что вторжения электронов переходного слоя происходят по всей границе замкнутых силовых линий, как предполагалось в [23, 24]. Переходы наиболее четки в дневном и утреннем секторах, где они часто сопровождаются пиком интенсивности на границе вблизи $\Lambda_{гр}$. В среднем интенсивность потоков электронов при приближении к полуночи увеличивается в низкоширотной зоне и уменьшается в высокоширотной. Это указывает, что источники электронов наиболее интенсивны в дневные и ночные часы соответственно для высокоширотной и низкоширотной зон. В вечерние часы всплески интенсивности вблизи $\Lambda_{гр}$ наблюдаются реже, а интенсивность и широтная протяженность высокоширотной зоны здесь меньше, чем в утренние часы, что согласуется с данными [25].

Как уже отмечено, спектры электронов полярного каспа на малых (фиг. 4) и больших высотах [22] близки по своей форме. Однако интенсивность потоков на больших высотах существенно меньше. Аналогичная ситуация наблюдается и в ночном каспе, где согласно [26] формы спектров электронов в каспе и в плазменном слое совпадают, а интенсивность потоков в каспе существенно выше, чем на больших удалениях от Земли. Такой ход интенсивности, обратный ходу для захваченных частиц, также указывает, что речь идет о частицах, источники которых расположены в дневном и ночном секторах. Долготная протяженность зон высыпания определяется при этом как протяженностью самих источников, так и временем жизни рассматриваемых частиц и скоростью конвекции в магнитосфере, поскольку для электронов рассматриваемых энергий дрейфа под влиянием электрических полей является существенным [27].

Первые представления о характере конвективных движений плазмы в магнитосфере были сформулированы в [28, 29] и опирались на наблюдения движений различных авроральных образований и представления о некотором механизме передачи импульса от солнечного ветра плазме вблизи границы магнитосферы [28] или механизме пересоединения силовых линий [29]. В магнитосфере возникают два конвективных вихря, расположенные в утреннем и ночном секторах (большой вихрь) и в вечернем секторе (малый вихрь), конвекция в высокоширотных ветвях которых происходит в антисолнечном направлении. Изучение пространственного распределения и временных вариаций потоков электронов с $E_e > 0,2$ кэВ по измерениям на спутнике «Электрон-2» в зависимости от ориентации оси магнитного диполя Земли относительно направления на Солнце позволило установить, что дрейф этих электронов происходит в антисолнечном направлении [25]. Это позволило также предположить, что область их регистрации совпадает с высокоширотной ветвью большого конвективного вихря. На движение электронов с $E_e = 0,7$ кэВ в антисолнечном направлении в высокоширотной магнитосфере недавно указано в [30]. Концепция двух конвективных вихрей в высокоширотной магнитосфере существенно уточнена прямыми измерениями электрических полей в магнитосфере как по движению искусственных облаков Ba^+ [31, 32], так и по методике, использующей двойные зонды Ленгмюра [10, 32–34]. Важнейшим результатом явилось установление факта обращения знака поля на $\Lambda = 75–77^\circ$ в утренние и вечерние часы. Существенно, что линия обращения знака поля была отождествлена в [21] с границей захвата и замкнутых силовых линий. Это значит, что электроны высокоширотной мягкой зоны за $\Lambda_{гр}$ расположены в области антисолнечной конвекции, в согласии с данными об электронах с $E_e > 0,2$ кэВ по наблюдениям на спутнике «Электрон-2» [25]. Вывод об антисолнечной конвекции магнитосферной плазмы на высоких широтах в

[25] основывался на суммарном рассмотрении всей области регистрации электронов. Как показывают приведенные выше данные, потоки электронов в высокоширотной зоне в дневные и утренние часы преобладают, и при таком суммарном рассмотрении их вклад доминирует, что подтверждает основной результат в [25].

Общая картина дрейфа электронов малых энергий, объясняющая как приведенные данные, так и данные в [25], схематически показана на фиг. 5. Источник электронов низкоширотной жесткой зоны расположен в плазменном слое и ночном каспе, откуда электроны дрейфуют в солнечном направлении, образуя низкоширотные ветви конвективных вихрей. Источник электронов мягкой зоны в этой схеме — полярный касп, пополняемый электронами переходного слоя через дневные нейтральные точки или линии [19, 24, 35, 36]. Эти электроны попадают в высокоширотные ветви конвективных вихрей и дрейфуют в антисолнечном направлении. В зависимости от ориентации межпланетного поля относительно оси магнитного диполя расположение конвективных вихрей и скорость конвекции может изменяться [34]. По оценке в [25] скорость дрейфа электронов с $E_e > 0,2$ кэв в утренние часы в антисолнечном направлении составляла $\sim 20^\circ/\text{час}$ по долготе, что приводит на высотах, где измерялись электрические поля, примерно к $0,3$ км/сек. Чаще всего наблюдались электрические поля, соответствующие скоростям конвекции $1,0-1,5$ км/сек [9, 31-34], хотя имеются также случаи наблюдения и существенно меньших скоростей. Так в [37] есть случай, когда скорость составляла $\sim 0,5$ км/сек (фиг. 7 в [37]). Следует учесть, что электрическое поле определяет скорость конвекции холодной плазмы, а для рассматриваемых более энергичных электронов необходимо рассмотреть также градиентный и центробежный дрейф в магнитном поле, в утреннем секторе направленный навстречу электрическому. Приведенное значение $0,3$ км/сек следует увеличить на скорость магнитных дрейфов, т. е. примерно на $0,5$ км/сек, после чего согласие данных [25] и экспериментальных данных по измерениям конвекции в антисолнечном направлении на основе измерения электрических полей [9, 32-34] становится вполне удовлетворительным.

Кроме двух источников пополнения низкоширотной и высокоширотной зон (соответственно ночного и дневного), не следует, как уже отмечено, исключать существование протяженного по долготе источника на границе замкнутых силовых линий магнитного поля [23, 24], поскольку времена жизни электронов рассматриваемых энергий могут быть недостаточны для их переноса на значительные расстояния, а также локальных механизмов ускорения электронов, так как иначе трудно объяснить многочисленные случаи наблюдения резких мелкомасштабных неоднородностей в высокоширотной зоне в широком интервале местного времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. И. Грингауз, Г. Л. Гдалевич. Геомагн. и аэрномия, 1974, 14, 937.
2. А. П. Ремизов, М. З. Хохлов. Геомагн. и аэрномия, 1975, 15, 3.
3. Э. Л. Леин, Л. Г. Ольдекоп, Б. В. Поленов, А. П. Ремизов, Б. И. Хазанов, М. З. Хохлов, А. В. Шифрин. ПТЭ 44, 1971.
4. В. В. Афонин, М. И. Виринин, Г. Л. Гдалевич, Б. Н. Горожанкин, К. И. Грингауз, Ю. И. Логачев, А. П. Ремизов, В. Г. Столповский, М. З. Хохлов, С. М. Шеронова. X Всесоюзн. конфер. по распространению радиоволн, «Наука», 1972, 436.
5. К. I. Gringauz, C. L. Gdalevich, M. Z. Khokhlov, A. P. Remizov, Yu. I. Logachev, V. G. Stolpovsky, S. M. Sheronova, V. V. Afonin. Space Res., 1973, 13, 549.
6. I. B. McDiarmid, J. R. Burrows. Canad. J. Phys., 1968, 46, 49.
7. J. I. Feldstein. Planet. Space Sci., 1966, 14, 121.
8. Yu. V. Gozeluk, S. N. Kuznetsov, Yu. I. Logachev, V. G. Stolpovsky. Space Res., 1973, 13, 575.

9. L. A. Frank, K. L. Ack...
10. L. A. Frank, D. A. Gar...
11. К. И. Грингауз, В. Д...
12. К. И. Грингауз, В. Д... 716.
13. К. И. Грингауз, М. З. Хохлов, «Наука», 1965, 467.
14. В. В. Безруких, К. И. Грингауз, «Исследования в области космического излучения».
15. J. L. Burch, J. Geophys. Res., 1965, 70, 2711.
16. R. A. Hoffman, D. S. E...
17. R. A. Hoffman, J. Geophys. Res., 1965, 70, 2711.
18. R. D. Sharp, R. G. Johnson, J. Geophys. Res., 1965, 70, 2711.
19. Ю. И. Гальперин, Т. В. Дунгей, «Исследования в области космического излучения».
20. W. J. Haikilla, J. D. W...
21. R. A. Hoffman, S. Berk...
22. L. A. Frank, J. Geophys. Res., 1965, 70, 2711.
23. A. J. Dessler, R. D. Jud...
24. С. И. Исаев, М. И. Исаев, «Исследования в области космического излучения», «Наука», 1972.
25. М. З. Хохлов. Космическое излучение, «Наука», 1972.
26. E. W. Hones, J. R. A...
27. В. П. Шабанский. Космическое излучение, «Наука», 1972.
28. W. I. Axford, C. O. Hei...
29. J. W. Dungey. Planet. Space Sci., 1965, 13, 549.
30. G. Gustafson. Preprint.
31. G. Haerendel, R. Lust...
32. J. P. Heppner. Planet. Space Sci., 1965, 13, 549.
33. J. P. Heppner, J. Geophys. Res., 1965, 70, 2711.
34. N. G. Maynard. Preprint.
35. М. С. Бобров. Астрономический журнал, 1965, 3, 33.
36. В. Д. Плетнев, Г. А. Сидоров. Астрономический журнал, 1965, 3, 33.
37. D. P. Gauffman, R. D. C...

Институт космических исследований
АН СССР

сей области регистрации данные, потоки электроны преобладают, и при ирирует, что подтверждает

ергий, объясняющая как ематически показана на сткой зоны расположен в ны дрейфуют в солнечном вективных вихрей. Источ- рный касп, пополняемый йтральные точки или ли- в высокоширотные ветви ном направлении. В зави- осительно оси магнитного корость конвекции может гь дрейфа электронов с направлении составляла де измерялись электриче- аблюдались электрические) — 1,5 км/сек [9, 31—34], ественно меньших скоро- авляла ~0,5 км/сек (фиг. 7 определяет скорость кон- х более энергичных элект- и центробежный дрейф ный навстречу электриче- ет увеличить на скорости з, после чего согласие дан- рениям конвекции в анти- лектрических полей [9, 32—

ротной и высокоширотной едует, как уже отмечено, готе источника на границе з, 24], поскольку времена гут быть недостаточны для же локальных механизмов обьяснить многочисленные неоднородностей в высоко- емени.

мня, 1974, 14, 937.
1975, 15, 3.

Ремизов, Б. И. Хазанов, М. З.

И. Горожанкин, К. И. Грингауз, М. З. Хохлов, С. М. Шеронова. Мн, «Наука», 1972, 436.
P. Remizov, Yu. I. Logachev, space Res., 1973, 13, 549.
46, 49.

, V. G. Stolpovsky. Space Res.,

9. L. A. Frank, K. L. Ackerson. J. Geophys. Res., 1971, 76, 3612.
10. L. A. Frank, D. A. Garnett. J. Geophys. Res., 1971, 76, 6829.
11. К. И. Грингауз, В. Д. Озеров, В. В. Безруких. Докл. АН СССР, 1960, 131, 1301.
12. К. И. Грингауз, В. Г. Курт, В. И. Мороз, И. С. Шкловский. Астрон. ж., 1960, 37, 716.
13. К. И. Грингауз, М. З. Хохлов. Сб. «Исследования космического пространства». М., «Наука», 1965, 467.
14. В. В. Безруких, К. И. Грингауз, Л. С. Мусатов, Э. К. Соломатина. Сб. «Исследование космического пространства». М., «Наука», 1965, 418.
15. J. L. Burch. J. Geophys. Res., 1968, 73, 3585.
16. R. A. Hoffman, D. S. Evans. J. Geophys. Res., 1968, 73, 6201.
17. R. A. Hoffman. J. Geophys. Res., 1969, 74, 2425.
18. R. D. Sharp, R. G. Johnson. Aurora and Airglow. New York, 1969.
19. Ю. И. Гальперин, Т. М. Джорджио и др. Космические исследования, 1970, 8, 108.
20. W. J. Naikilla, J. D. Winningham. J. Geophys. Res., 1971, 76, 2976.
21. R. A. Hoffman, S. Berko. J. Geophys. Res., 1971, 76, 2976.
22. L. A. Frank. J. Geophys. Res., 1971, 76, 5202.
23. A. J. Dessler, R. D. Juday. Planet. Space Sci., 1965, 13, 63.
24. С. И. Исаев, М. И. Пудовкин. Полярные сияния и процессы в магнитосфере Земли, «Наука», 1972.
25. М. З. Хохлов. Космические исследования, 1970, 8, 261.
26. E. W. Hones, J. R. Asbridge, S. J. Vame, S. Singer. J. Geophys. Res., 1971, 76, 63.
27. В. П. Шабанский. Космические исследования, 1965, 3, 221.
28. W. I. Axford, C. O. Heines. Canad. J. Phys., 1961, 30, 1431.
29. J. W. Dungey. Planet. Space Sci., 1963, 10, 233.
30. G. Gustafson. Preprint X-645-72-293, August 1972.
31. G. Haerendel, R. Lust, E. Rieger, H. Volk. Atmospheric emissions, New York, 1969.
32. J. P. Heppner. Planet. Space Sci., 1972, 20, 1475.
33. J. P. Heppner. J. Geophys. Res., 1972, 77, 4877.
34. N. G. Maynard. Preprint X-645-71-231, June 1971.
35. М. С. Бобров. Астроном. ж., 1960, 37, 410.
36. В. Д. Плетнев, Г. А. Скуридин, В. П. Шалимов, И. Н. Швачунов. Космические исследования, 1965, 3, 336.
37. D. P. Gauffman, R. D. Gurnett. J. Geophys. Res., 1971, 76, 6014.

Институт космических исследований
АН СССР

Статья поступила
17 января 1974 г.