

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Том XIII

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

3

МОСКВА · 1975

УДК 553.152.2

*В. В. Безруких, К. И. Грингауз, Г. И. Застенкер,
М. З. Хохлов*

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА, ПОЛОЖЕНИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ, МАГНИТОПАУЗЫ И ПЛАЗМОПАУЗЫ В ПЕРИОД ВЫСОКОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В АВГУСТЕ 1972 г.

Приводятся результаты измерений параметров солнечного ветра, положения фронта околоземной ударной волны, границ магнитосферы и плазмосферы, выполненных с помощью ловушек заряженных частиц на спутниках «Прогноз» и «Прогноз-2». В соответствии с прохождением ударных волн от четырех солнечных вспышек, имевших место 2-7.VIII 1972 г., параметры солнечного ветра изменялись в широких пределах (концентрация — более чем на два порядка, температура — более чем на порядок, скорость — не менее чем в три раза). Положение границы магнитосферы испытывало резкие изменения — от значительного сжатия (до $6,3 R_E$ в дневном секторе) до значительного расширения. Наблюдался ряд других особенностей, так практически совпало местоположение магнитопаузы и плазмопаузы 4.VIII в 10.25 UT при $L \approx 6,7$.

В период высокой солнечной активности в августе 1972 г. на ряде космических аппаратов исследовалась плазма в межпланетном пространстве и в магнитосфере Земли. Некоторые сведения о солнечном ветре уже опубликованы в предварительных сообщениях [1, 2]. В работе [3] приведены результаты плазменных измерений, выполненных на спутнике «Прогноз» с помощью электростатических анализаторов заряженных частиц, относившихся, главным образом, к начальной части рассматриваемого периода. В настоящей работе приводятся дополнительные сведения о солнечном ветре и ударной волне, а также данные о положении магнитопаузы и плазмопаузы в период 3-12.VIII 1972 г., полученные с помощью ловушек заряженных частиц на спутниках «Прогноз» и «Прогноз-2». Описание эксперимента дано в [4]:

Спутники серии «Прогноз» имели сильно вытянутую орбиту с апогеем в северном полушарии на высоте около 200 000 км и перигеем (в рассматриваемое время) на высоте 1000-6000 км. Наклошение орбиты к плоскости экватора $\sim 65^\circ$.

Комплект аппаратуры на каждом спутнике позволял измерять:

- энергетические спектры ионов в диапазоне 0-4 кэв, по которым определялись скорость, концентрация и температура солнечного ветра,
- разность полных потоков ионов с энергией > 40 эв и электронов с энергией > 70 эв,
- разность полных потоков ионов с энергией, большей потенциала спутника, и электронов с энергией > 70 эв.

Сопоставление двух последних величин дает возможность определить концентрацию тепловых ионов в плазмосфере.

Полученные в рассматриваемый период данные отличаются своей сложностью и требуют тщательного анализа, поэтому в настоящем сообщении

представлены лишь предварительные результаты выборочной обработки данных.

На рис. 1–3 приведен временной ход параметров солнечного ветра, определенных для тех промежутков времени, когда хотя бы один из спутников был вне магнитосферы. Значения параметров приблизительно соответствуют средним значениям для часовых интервалов. При большой изменчивости ветра интервал усреднения уменьшался до получаса, а при малой увеличивался до 2 час.

Данные, представленные на рис. 1, описывают поведение плазмы во время прихода к Земле межпланетной ударной волны, по-видимому, от первой сильной вспышки, происшедшей 2.VIII в 3.18 UT [1]. В течение нескольких часов до указанного возмущения солнечный ветер отличался довольно стабильными значениями параметров при невысокой скорости (330–350 км/сек), но заметно повышенной против среднего значения концентрации протонов (~20 см⁻³). Приход межпланетной ударной волны, характеризующийся скачкообразным (за время не более 40 сек – разрешающая способность наших измерений) возрастанием скорости и концентрации ионов, был зарегистрирован на обоих спутниках в 1.16–1.18 UT 4.VIII, что совпадает (точность временной привязки наших данных ~1±2 мин) с моментом внезапного возмущения SSC (1.18–1.20 UT) по магнитограммам большого числа станций [2].

Величина запаздывания этого момента относительно указанной оптической вспышки (46 час) находится в разумном согласии с измерениями на аппарате «Пионер-9» (расстояние от Солнца 0,77 а.е., запаздывание на 33 часа) [1]. При этом средняя скорость ударной волны (в предположении ее сферичности) оказывается постепенно понижающейся в направлении от Солнца: 970 км/сек для «Пионера-9», 900 км/сек для окрестностей Земли.

Второе скачкообразное возрастание скорости, концентрации и температуры ионов зарегистрировано в 2.21 UT, что совпадает со вторым внезапным началом SSC [2]. В течение 3 час после этого величины указанных параметров солнечного ветра продолжают повышаться. Скорость ветра к 4 час UT составляет 580 км/сек. При этом общий перепад скорости после этих двух скачков 330–580 км/сек, что хорошо согласуется с данными «Пионера-9»: 350–585 км/сек [1]. Концентрация и температура ионов достигают в максимуме весьма больших величин: ориентировочно до 150 ион см⁻³ и до 2·10⁶ °К, а затем постепенно спадают до 11 час UT, оставаясь, однако, очень высокими. Поток ионов достигает ~8·10⁹ ион/см²·сек. Полученный ход температуры и скорости ионов хорошо совпадает с результатами работы [3], однако данные о величине потока солнечного ветра в [1–3] не приводятся.

Второй из временных интервалов, за который имеются данные о солнечном ветре, представлен на рис. 2. Он относится к периоду уже после при-

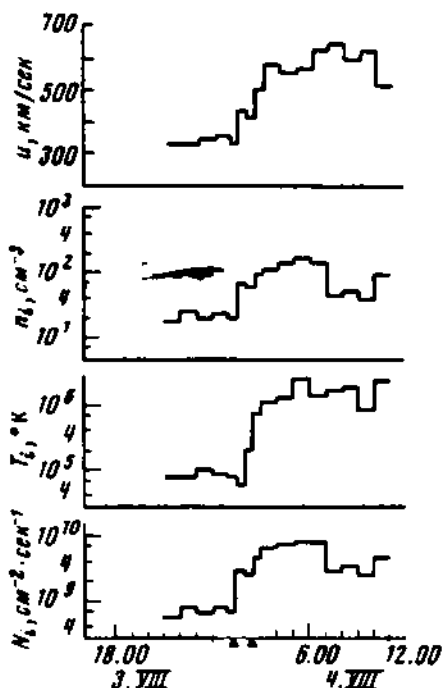


Рис. 1. Среднечасовые значения скорости солнечного ветра v , концентрации n_p , температуры T_p и полного потока ионов N_i в период 3–4.VIII 1972 г. Треугольниками на оси времени отмечены моменты SSC по [2]

хода к Земле межпланетных ударных волн от второй вспышки, начавшейся 2.VIII в 19.58 UT [1], и, может быть, от третьей сильной вспышки 4.VIII в 06.21. В это время концентрация ионов в ветре мала, а скорость настолько велика, что выходит за пределы измеряемого диапазона. Поэтому в течение большей части рассматриваемого периода по имеющимся данным можно лишь указать нижнюю границу скорости солнечного ветра, определить полный поток ионов и, исходя из оценки скорости, оценить верхнюю границу концентрации. По этим данным 5 и 6.VIII скорость ветра превышает 860 км/сек, а затем постепенно падает до ~600 км/сек к 8.VIII.

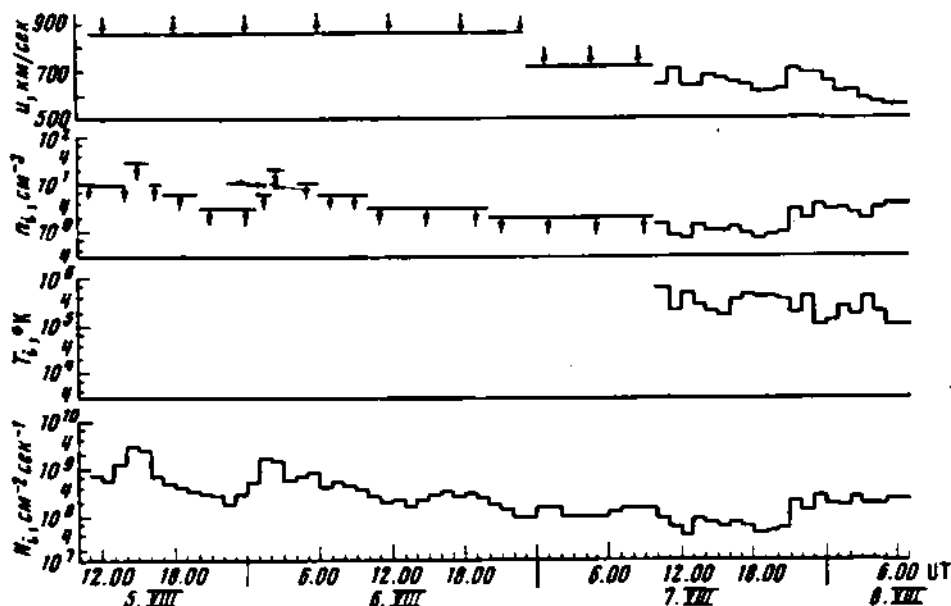


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, в период 5–8.VIII 1972 г.

Обращает на себя внимание возрастание потока ионов после 23.00 UT 5.VIII. К 2.00 UT 6.VIII поток ионов увеличивается до $\sim 2 \cdot 10^9$ ион/см²·сек, а затем в течение 6 и 7.VIII медленно падает до значения $(5 \div 7) \cdot 10^7$ ион/см²·сек. При этом концентрация ионов уменьшается примерно до 0,7–1,0 см⁻³, а потом начинает повышаться.

Необходимо иметь в виду, что вследствие ряда особенностей работы модуляционной ловушки при широких энергетических интервалах (см. [5, 6]) значения температуры, приведенные на рис. 1–3, представляют собой верхнюю границу температуры ионов, которая в действительности может быть в несколько раз меньше.

Данные для последнего из рассмотренных временных интервалов представлены на рис. 3. Подобно предыдущему этот интервал относится к периоду времени после прихода к Земле возмущения от четвертой сильной вспышки, начавшейся в 15.09 UT 7.VIII [1], и в своей начальной части характеризуется большим значением скорости солнечного ветра (> 720 км/сек) и низкой концентрацией ионов.

Межпланетная ударная волна, зарегистрированная на спутнике «Прогноз-2» в 23.52 UT 8.VIII, и следующее за ней второе возмущение ветра в 00.35 UT 9.VIII проявляются в резком увеличении скорости (за пределы диапазона измерений) и температуры ветра. Возрастание потока ионов продолжается спустя 3 часа после первого возмущения и достигает величины $1,5 \cdot 10^9$ см⁻²·сек⁻¹ около 5.00 UT 9.VIII. После 10.00 UT 9.VIII поток ионов резко падает, а потом постепенно понижается скорость ветра

и возрастает концентрация ионов. К 12.VIII величина концентрации приближается к своему среднему значению ($\sim 6 \text{ см}^{-3}$), но скорость ветра остается сравнительно высокой ($\sim 600 \text{ км/сек}$).

С 1 по 12.VIII каждый из спутников совершил около трех оборотов вокруг Земли (период обращения $\sim 96 \text{ час}$) и, следовательно, неоднократно пересекал фронт околоземной ударной волны, магнитопаузу и плазмопаузу. На рис. 4 представлены в солнечно-эклиптических координатах траектории «Прогноза» и «Прогноза-2» на трех последовательных витках их орбит. Для изображения на плоскости трехмерной конфигурации магнитосферы все точки орбит повернуты вокруг оси X_{SE} в плоскость эклиптики, как это сделано в [7].

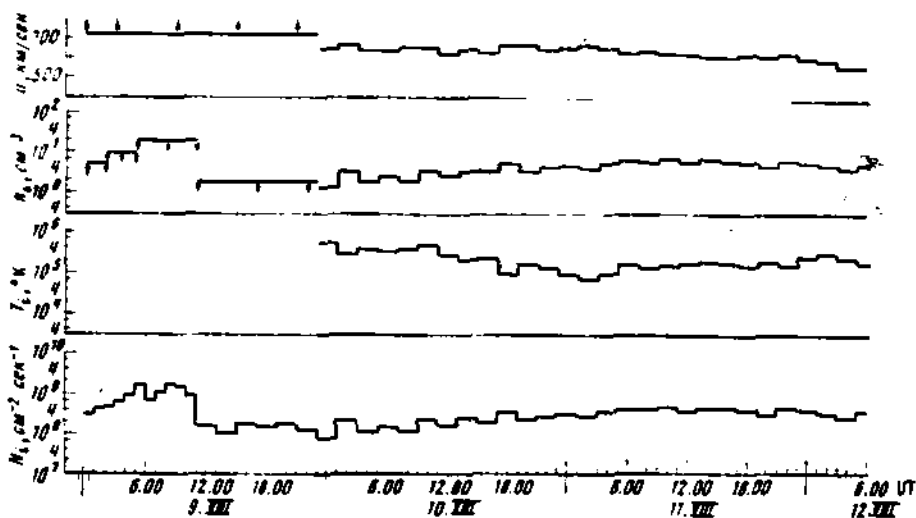


Рис. 3. То же, что и на рис. 1, в период 9–12.VIII 1972 г.

На каждом витке жирной линией отмечены участки, на которых регистрировались потоки плазмы, типичные для переходного слоя между магнитопаузой и фронтом околоземной ударной волны, а тонкой штриховой линией — участки в магнитосфере. Для сравнения приведены положения указанных границ по данным спутника IMP-1 [7], измерения на котором проводились также в период, близкий к минимуму солнечной активности.

Следует отметить, что в спокойное время по показаниям ловушек заряженных частиц пересечение этих границ в большинстве случаев индицируется достаточно четко. Положение фронта околоземной ударной волны отмечается как по резкому расширению энергетических спектров ионов, так и по регистрации значительных потоков электронов с энергией $> 70 \text{ эв}$. При пересечении магнитопаузы поток ионов, измеряемый модуляционной ловушкой, резко спадает. Однако во время сильных возмущений солнечного ветра, когда температуры ионов и электронов возрастают и могут значительно увеличиваться потоки частиц внутри магнитосферы, индикация пересечения магнитопаузы и околоземной ударной волны в ряде случаев значительно затрудняется.

С учетом этих замечаний рассмотрим последовательность наблюдений, представленных на рис. 4 (моменты времени, соответствующие пронумерованным точкам, указаны в табл. 1). Положение границ магнитосферы до 4.VIII, по-видимому, также отражает ряд возмущений солнечного ветра, имевших место в предыдущие дни (точки 1–4). В момент прихода к Земле сильной межпланетной ударной волны в 1.16–1.18 UT 4.VIII оба спутника находились в межпланетном пространстве на нисходящей части

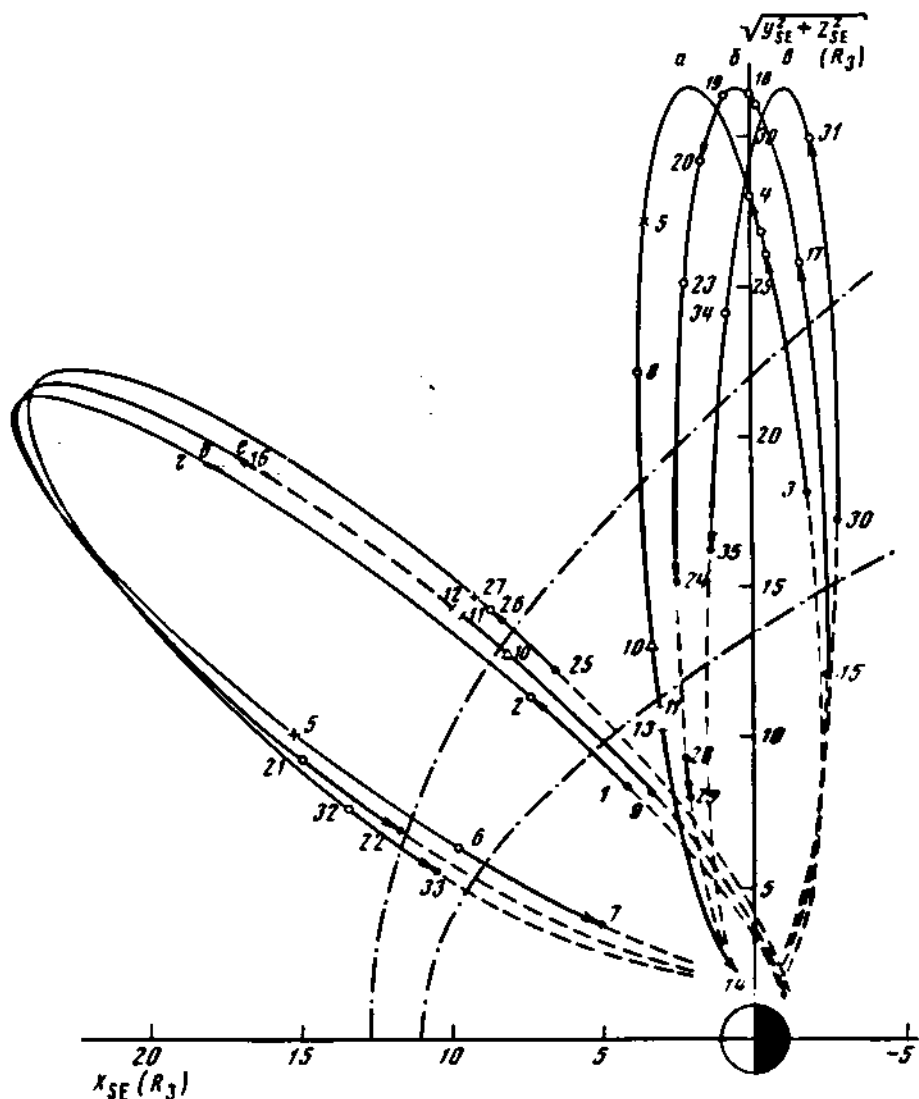


Рис. 4. Траектории спутников «Прогноз» и «Прогноз-2» в солнечно-эклиптических координатах

а, б, в — три последовательных витка спутника «Прогноз»; г, д, е — то же для спутника «Прогноз-2». Моменты времени для точек, отмеченных цифрами, приведены в табл. 1. Кружками обозначены положения фронта ударной волны, точками — положения магнитопаузы

своих орбит (отмечены крестиками 5 на рис. 4). Положение фронта околоземной ударной волны в дневном секторе магнитосферы, зарегистрированное приборами «Прогноза-2» через 6 час после этого (точка 6), характеризуется приближением фронта к Земле (на расстояние $11,5 R_3$ вместо среднего положения $\sim 13,5 R_3$). Гораздо заметнее приблизилась к Земле магнитопауза (точка 7) — на $6,3 R_3$ вместо обычного положения $\sim 10,7 R_3$. Это приближение связано, очевидно, с высокими значениями концентрации и скорости солнечного ветра в данный момент времени (см. рис. 1). Однако необходимо отметить, что по измерениям на спутнике «Прогноз» в утреннем секторе магнитосферы приближения фронта околоземной ударной волны к Земле в тот же момент времени не произошло (точка 8). Положение магнитопаузы в дневном секторе через 15 час несколько приближено к Земле (точка 9).

Таблица 1

№ точки	Дата	Время, UT	Примечание
1	31.VII	15.51	магнитопауза («Прогноз-2»)
2		18.48	фронт околоземной ударной волны («Прогноз-2»)
3	1.VIII	15.28	магнитопауза («Прогноз»)
4	2.VIII	7.28	фронт ударной волны («Прогноз»)
5	4.VIII	1.16—1.18	регистрация межпланетной ударной волны на двух спутниках
		1.18—1.20	SSC
6		7.14	фронт ударной волны («Прогноз-2»)
7		10.25	магнитопауза («Прогноз-2»)
8		10.49	фронт ударной волны («Прогноз»)
9		16.31	магнитопауза («Прогноз-2»)
10		20.54	SSC
11		22.40	внезапное увеличение потока ионов на обоих спутниках
12		23.11	конец возмущения («Прогноз-2»)
13		23.17	конец возмущения («Прогноз»)
14	5.VIII	3.53	граница регистрации потока ионов («Прогноз»)
15		10.46	магнитопауза («Прогноз»)
16		11.09	граница области резких возмущений («Прогноз-2»)
17	6.VIII	3.48	фронт ударной волны («Прогноз»)
18		21.07	То же
19	7.VIII	10.17	*
20		21.03	*
21	8.VIII	3.00	фронт ударной волны («Прогноз-2»)
22		6.35	магнитопауза («Прогноз-2»)
23		6.48	фронт ударной волны («Прогноз»)
24		19.51	магнитопауза («Прогноз»)
25		20.46	магнитопауза («Прогноз-2»)
26	8.VIII	23.28	фронт ударной волны («Прогноз-2»)
27		23.52	регистрация межпланетной ударной волны («Прогноз-2»)
28	9.VIII	00.35	магнитопауза («Прогноз»)
29		01.23	То же
30		16.22	*
31	10.VIII	15.43	фронт ударной волны («Прогноз»)
32	12.VIII	5.49	фронт ударной волны («Прогноз-2»)
33		8.42	магнитопауза («Прогноз-2»)
34		9.40	фронт ударной волны («Прогноз»)
35		19.54	магнитопауза («Прогноз»)

В момент внезапного начала SSC (20.54 UT 4.VIII по данным [2]), по-видимому, связанного с приходом к Земле межпланетной ударной волны оба спутника находились внутри переходного слоя (отмечено треугольниками 10 на рис. 4). Плазма в переходном слое в этот период характеризуется потоками высокой интенсивности с очень широкими энергетическими спектрами; заметного изменения показаний ловушек в указанный момент не наблюдалось. Однако через 1 час 46 мин после SSC на обоих спутниках зарегистрировано резкое возрастание потока положительных ионов, измеряемого ориентированной на Солнце ловушкой (точка 11). Природа этого возмущения, окончившегося через 30—35 мин (точки 12, 13), не ясна и требует более детального анализа и сопоставления с показаниями других приборов.

Явления, наблюдаемые после указанного возмущения, также отличаются своей сложностью. На нисходящей ветви траектории спутника «Прогноз» все время вплоть до точки 14, лежащей очень близко к Земле (на $2.3 R_E$), регистрируются широкие энергетические спектры ионов (от 200 эв до 4 кэв) с интенсивностью потоков $\sim 4 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. Возмож-

но, потоки плазмы внутри магнитосферы чрезвычайно выросли и определить по этим данным положение магнитопаузы не удастся. Нельзя исключить также возможность того, что спутник «Прогноз» в этот период пересекал область дневного полярного каспа, чрезвычайно сместившись под действием возмущений солнечного ветра, подобно тому как это отмечалось во время сильной магнитной бури 1.XI 1968 г. по данным работы [8]. Аналогично на восходящей ветви траектории спутника «Прогноз-2», отмеченной жирными штрихами на рис. 4, вплоть до точки 16, весьма удаленной от Земли (на $26 R_z$), регистрируются сильно порезанные и широкие спектры ионов в диапазоне от 200 эв до 4 кэв с интенсивностью потока, резко меняющейся от $3 \cdot 10^7$ до $\sim 3 \cdot 10^8$ см⁻²·сек⁻¹. Положение фронта околоземной ударной волны при этом также остается неопределенным. Ближайшее к этому моменту времени пересечение магнитопаузы (точка 15) расположено заметно ближе к Земле, чем среднее положение магнитопаузы.

Как видно из рис. 4, положения фронта ударной волны и магнитопаузы, зарегистрированные 6–8.VIII, когда концентрация ионов в солнечном ветре сравнительно мала (см. рис. 2), как и следовало ожидать, отличаются значительным удалением от Земли по сравнению с их средним положением (см. точки 17–25). Следует отметить, что положение фронта околоземной ударной волны в утреннем секторе магнитосферы 6–7.VIII испытывает значительные колебания (см. точки 17–20).

Перед приходом к Земле возмущений, связанных, по-видимому, с четвертой сильной вспышкой, спутник «Прогноз» находился внутри магнитосферы, а «Прогноз-2» только что пересек фронт околоземной ударной волны и вышел в солнечный ветер (точка 26). Момент регистрации межпланетной ударной волны на спутнике «Прогноз-2» (отмечен крестиком 27 на рис. 4) совпадает с первым моментом SSC в 23.54 8.VIII [2]. Во время второго возмущения ветра, совпадающего со вторым моментом SSC в 00.37 9.VIII [2], на спутнике «Прогноз», находившемся в утреннем секторе на расстоянии $9,5 R_z$, зафиксировано быстрое движение к Земле магнитопаузы (точка 28). Затем в течение примерно часа «Прогноз» движется в переходном слое до расстояния $8,4 R_z$ (точка 29).

Положение границ магнитосферы 10–12.VIII, когда концентрация ионов невелика (см. рис. 3), также характеризуется заметным удалением их от Земли (точки 30–35).

Поведение плазмосферы в рассматриваемый период также обнаруживает ряд примечательных особенностей. На рис. 5 приведены значения концентрации тепловых ионов n , измеренные при трех прохождении спутников «Прогноз» и «Прогноз-2» вблизи Земли в рассматриваемый период времени. Величина концентрации вычислена в предположениях, что потенциал спутника относительно окружающей плазмы равен нулю, а температура ионов около $10\,000^\circ\text{K}$ [9, 10], с учетом скорости спутника и ее ориентации относительно ловушки. На график нанесены точки, разнесенные друг от друга на 1000 км. Расчет L -координат проводится в дипольном приближении.

Рисунок 5, а соответствует прохождению спутника «Прогноз» через плазмосферу 1.VIII, т. е. до начала сильных вспышек. При движении спутника к Земле на высотах $\sim 40\,000$ км (от поверхности Земли) регистрируются потоки электронов с энергией >70 эв. На высоте $\sim 40\,000$ км ($L=7-8$) потоки электронов спадают и начинается регистрация тепловых ионов. Сопоставляя показания ловушек, регистрирующих тепловые ионы и ионы с энергией >40 эв, можно утверждать, что при $L \approx 7,3$ спутник пересек плазмопаузу. При дальнейшем приближении к Земле концентрация тепловых ионов растет, однако на высоте $10\,000-9\,000$ км имеется минимум n , связанный, по-видимому, с пересечением плазмопаузы при увеличении L . Перигей (высота ~ 6000 км), величина n , в котором близка к максимуму, соответствует $L \approx 8,5$, т. е. находится над высокоширотной об-

дастью. При удалении от Земли плазмопауза пересекается спутником на высоте 15000 км при $L \approx 4,1$. К ней непосредственно примыкает область интенсивных потоков электронов с энергией >70 эв. Описанная картина в целом довольно типична для спокойных условий.

Рисунок 5, 6 соответствует пролету «Прогноза-2» вблизи Земли 4.VIII 1972 г. При этом вход в плазмосферу происходит на высоте ~ 34000 км ($L=6,7$) в 10.25 UT. Как показано выше, этот момент как раз соответству-

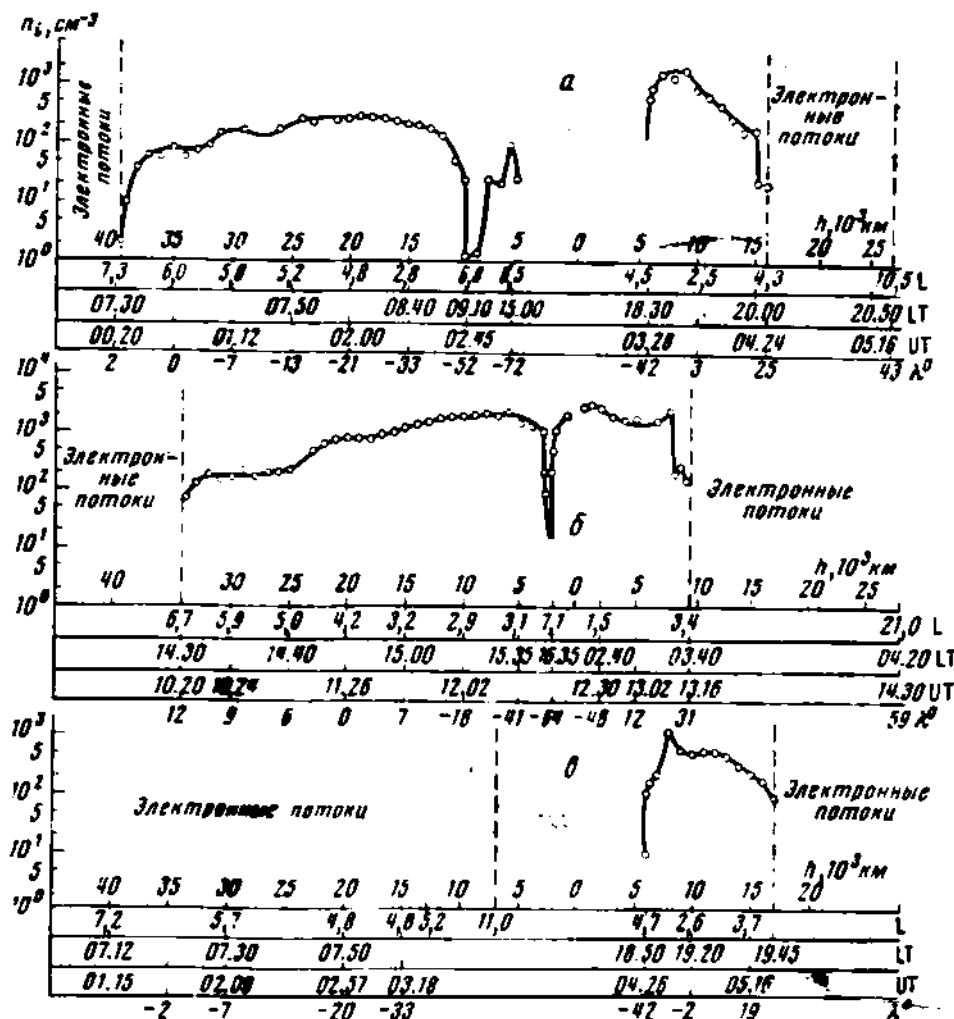


Рис. 5. Концентрация тепловых ионов вдоль орбиты спутника

а — 1.VIII 1972 г., спутник «Прогноз»; б — 4.VIII 1972 г., спутник «Прогноз-2»; в — 5.VIII 1972 г., спутник «Прогноз». Обозначения: А — высота, LT — местное время, UT — всемирное время, λ — геомагнитная широта

ет пересечению спутником магнитопаузы (точка 7 на рис. 4), значительно приблизившейся к Земле под действием возмущения солнечного ветра от вспышки 2.VIII в 3.16 UT. Таким образом, здесь наблюдается весьма редкий случай — плазмопауза совпадает (или очень близка) с магнитопаузой. С другой стороны, указанное положение плазмопаузы почти не отличается от наблюдаемых в спокойных условиях.

При дальнейшем приближении к Земле на кривой рис. 5, б отмечен узкий и глубокий минимум на высоте 2300 км ($L \approx 7$). Одновременно запертая для тепловых ионов ловушка регистрирует большие потоки электро-

пов с энергией >70 эв. Поэтому можно полагать, что указанный спад концентрации тепловых ионов является лишь кажущимся и в действительности объясняется воздействием потоков электронов. При удалении от Земли плазмопауза регистрируется на высоте 8000 км ($L \approx 3,3$), а начало плазменного слоя на высоте 9500 км ($L \approx 3,4$), т. е. несколько ближе к Земле, чем в невозмущенных условиях.

На рис. 5, в показан ход n_i во время пролета вблизи Земли спутника «Прогноз» 5.VIII 1972 г., отличающийся рядом примечательных особенностей. Как показано выше, во время приближения спутника к Земле модуляционная ловушка вплоть до высоты 8300 км (точка 14 на рис. 4) регистрировала широкие энергетические спектры ионов, подобные спектрам солнечного ветра, наблюдаемым в переходном слое. Другие ловушки в это время регистрировали интенсивные потоки электронов с энергией >70 эв во всей области высот от 40 000 км до перигея (~ 6000 км, $L \approx 4,8$) и плазмосфера не наблюдалась. При удалении от Земли спутник вошел в плазмосферу вблизи перигея на высоте 6000 км ($L \approx 4,7$) и пересек плазмопаузу на высоте 17 000 км ($L \approx 4$). При этом область интенсивных потоков электронов с энергией >70 эв вплотную прилегает к плазмосфере. В табл. 2 представлены координаты в время всех пересечений плазмопаузы, зарегистрированных с 31.VII по 12.VIII.

Таблица 2

Дата, 1972 г.	UT	LT	L	λ , град	Спутник
1.VIII	00.37	7.40	7,6	0	«Прогноз»
	02.42	09.00	6,7		
	04.21	20.00	4,0	23	
5.VIII	03.29	08.20	5,3	-41	«Прогноз»
	04.26	18.30	3,7	-42	
	05.25	19.45	4,3	23	
9.VIII	03.46	07.30	4,6	-21	«Прогноз»
	04.13	07.50	4,9		
	05.31	18.20	3,8	-43	
31.VII	06.13	19.30	4,3	21	«Прогноз-2»
	09.18	14.40	7,5	13	
	12.41	03.50	5,1	41	
4.VIII	11.23	14.30	6,6	12	«Прогноз-2»
	14.00	03.20	2,8	27	
	8.VIII	11.00	14.15	6,5	
12.VIII	14.29	03.20	5,3	39	«Прогноз-2»
	12.30	14.10	5,7	13	
	15.13	03.06	4,9	36	

Таким образом, рассмотрение результатов плазменных измерений в указанный период позволяет сделать некоторые выводы.

Параметры солнечного ветра меняются в широких пределах (концентрация ионов — более чем на два порядка, температура ионов — более чем на порядок, скорость ветра — не менее чем в три раза) в соответствии с приходом ударных волн от четырех сильных вспышек, происходивших 2–7.VIII. Периоды резкого возрастания указанных величин, начинающегося с приходом ударной волны, сменяются периодами более медленного восстановления нормальных значений.

Положение границ магнитосферы испытывает резкие колебания — от значительного сжатия (магнитопауза на расстоянии $\sim 6,3 R_E$ в дневном секторе) при высоком давлении солнечного ветра до заметного расширения, особенно в утреннем секторе.

4.VIII в 10.25 UT наблюдалось практическое совпадение в месте наблюдения магнитопаузы и плазмопаузы при $L \approx 6,7$.

5.VIII в течение длительного времени потоки ионов с энергетическими спектрами, подобными спектрам в переходном слое за фронтом удар-

ной волны, наблюдались внутри магнитосферы вплоть до малых расстояний от Земли (до высоты ~ 8300 км). Во всей этой области плазмосферные ионы не регистрировались.

Авторы благодарят О. С. Акенътиеву, В. С. Мокрова, Г. К. Попову за помощь в расчетах.

Дата поступления
29 апреля 1974 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Preliminary compilation of data for retrospective world interval July 26 – August 14, 1972. Report UAG-21. Nov. 1972.
 2. Solar Geophysical Data, No. 338, 1, 1972.
 3. В. В. Темный, А. А. Зерцалов, О. Л. Вайсберг, Ю. Е. Березин. Космич. исслед., 12, № 1, 74, 1974.
 4. В. В. Безруких, А. П. Беляшин и др. Геомагнетизм и аэрономия, 14, № 3, 309, 1974.
 5. Г. И. Волков, Г. Н. Застенкер, В. Ф. Комолов, А. П. Ремизов, М. З. Холлов. Космич. исслед., 8, № 3, 423, 1970.
 6. Г. Н. Застенкер, М. З. Холлов. Космич. исслед., 11, № 3, 451, 1973.
 7. N. Bridge, A. Egidì, A. Lazarus, E. Lyon, L. Jacobson. Space Res., 5, 969, 1965.
 8. C. T. Russel, C. R. Chappel, T. D. Montgomery, N. Neugebauer, F. L. Scarf. J. Geophys. Res., 76, No. 28, 6743, 1971.
 9. K. I. Gringauz, V. V. Besrukikh, L. S. Masator, R. Ye. Rybchinsky, E. K. Solomatin. Space Res., 6, 850, 1965.
 10. К. И. Грингауз, В. В. Безруких, Т. К. Бреус. Космич. исслед., 5, № 2, 245, 1967.
-