

Научная статья

УДК 523.62\_726, 533.9, 537.591, 550.385

EDN KBMGKE

DOI 10.17150/2713-1734.2025.7(1).111-123



**В.Г. Еселевич**

*Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

**В.А. Пархомов**

*Байкальский государственный университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

**Т.И. Ведерникова**

*Байкальский государственный университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

## **Основы отличий квазистационарных и спорадических потоков солнечного ветра на орбите Земли**

**Аннотация.** Показано стабильное существование 4-х корональных дыр на поверхности Солнца, которые в течение двух Кэррингтоновских оборотов CR2081 и CR2082 эмитируют в сторону Земли четыре устойчивых квазистационарных потока СВ (солнечного ветра). Стабильным остается также положение нейтральной линии ММП (межпланетного магнитного поля) CR 2081 и CR 2082. Для квазистационарных потоков СВ величина максимальной скорости  $V_{\max}$  слабо зависит от соответствующего ей по моменту времени магнитного поля  $B$ , значение которого на орбите Земли находится в интервале  $\approx (2-8)$  нТл. Для спорадических СВ  $V_{\max}$  возрастает более, чем в два раза, при величинах  $B$  (модуля напряжённости ММП) в интервале больших значений от  $\approx 15$  нТл до  $\approx 52$  нТл. Таким образом, измерение величины « $B$ » в момент регистрации величины  $V_{\max}$  позволяет предварительно понять является ли наблюдаемый поток СВ квазистационарным или спорадическим, прогнозировать относится ли наблюдаемый поток СВ к квазистационарному или спорадическому типу.

**Ключевые слова.** Квазистационарный поток солнечного ветра, спорадический поток солнечного ветра, соотношение модуля ММП и максимальной скорости потока СВ в потоках разного типа.

**Информация о статье.** Дата поступления: 22 февраля 2025 г.; дата принятия к публикации: 11 марта 2025 г.; дата онлайн-размещения: 15 апреля 2025 г.

**V.G. Eselevich***Institute of Solar-Terrestrial Physics,  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Irkutsk, Russian Federation***V.A. Parkhomov***Baikal State University,  
Irkutsk, Russian Federation***T.I. Vedernikova***Baikal State University,  
Irkutsk, Russian Federation*

## **Fundamentals of Differences Between Quasi-Stationary and Sporadic Solar Wind Flows in Earth's Orbit**

**Abstract.** The stable existence of 4 coronal holes on the solar surface is shown, which during two Carrington revolutions CR2081 and CR2082 emit four stable quasi-stationary SW (solar wind) flows towards the Earth. The position of the neutral line of the IMF (interplanetary magnetic field) CR 2081 and CR 2082 also remains stable. For quasi-stationary SW flows, the maximum velocity  $V_{\max}$  weakly depends on the corresponding magnetic field  $B$  at the moment of time, the value of which at the Earth's orbit is in the range of  $\approx (2-8)$  nT. For sporadic SW,  $V_{\max}$  increases more than twice, with  $B$  (IMF strength modulus) values in the range of large values from  $\approx 15$  nT to  $\approx 52$  nT. Thus, measuring the value of “ $B$ ” at the moment of registration, the value of  $V_{\max}$  allows us to understand in advance whether the observed SW flow is quasi-stationary or sporadic. Predict whether the observed SW flow is of the quasi-stationary or sporadic type.

**Keywords.** Quasistationary solar wind flow, sporadic solar wind flow, ratio of IMF module and maximum velocity of solar wind flow in flows of different types.

**Article info.** Received 22 February, 2025; Accepted 11 March, 2025; Available online 15 April, 2025.

## **Введение**

Проблема надежного разделения спорадических и квазистационарных потоков солнечного ветра (СВ) существует до настоящего времени и нуждается в обосновании. Прежде всего начнем с определения того, что понимается под спорадическим и квазистационарным быстрыми и медленными потоками солнечного ветра (СВ).

Потоки СВ, время жизни источников которых на Солнце более суток, называют квазистационарными. Многие работы в течение последних трех десятилетий по исследованию этих потоков и их источников на Солнце показали, что существуют два типа квазистационарных потоков СВ (в отсутствии спорадических потоков СВ): быстрый СВ, истекающий из корональных дыр, и медленный СВ или гелиосферный плазменный слой (ГПС), берущий начало в поясе (цепочках) корональных стримеров [1].

Время жизни источников спорадических потоков СВ менее суток. Они проявляются на поверхности Солнца в виде вспышек яр-

кости в широком диапазоне длин волн, а также эрупции волокон и протуберанцев на поверхности Солнца. Целью данной работы является определить основные отличия между быстрыми потоками СВ, истекающий из корональных дыр, и спорадическими потоками СВ.

### 1. Квазистационарные потоки СВ из корональных дыр

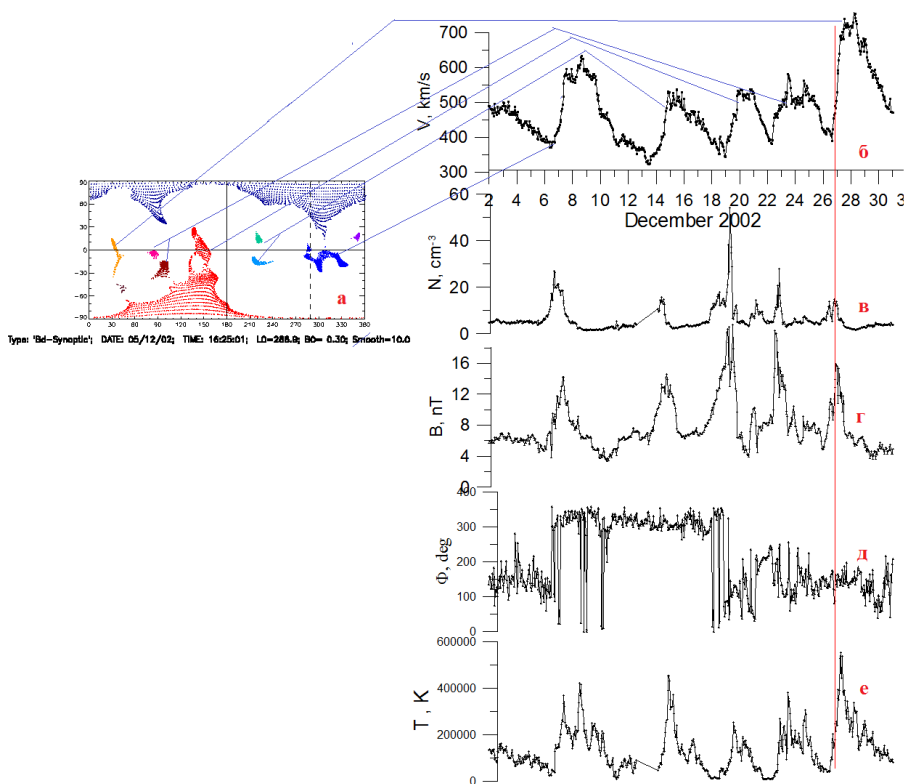
В качестве примера рассмотрим события 1–30 сентября 2002 г. Для него на рис. 1(а) представлены положения корональных дыр (КД), рассчитанные в потенциальном приближении методом Г.В. Руденко [<http://bdm.iszf.irk.ru>]. Профили скоростей СВ на орбите Земли приведены рис.1(б). Соответствие каждого потока СВ и рассчитанных КД показано отрезками синих наклонных прямых линий. Анализ результатов расчетов показывает, что положение рассчитанных корональных дыр практически не меняется в течение сентября 2002 г., хотя их формы изменяются заметно.

Пример: стабильные квазистационарные потоки СВ из корональных дыр (КД) на орбите Земли, обозначены СВ1, СВ2, СВ3, СВ4 представлены на рис. 2. Это показательный случай, поскольку профили скоростей этих потоков СВ достаточно стабильно регистрируются на орбите Земли на протяжении двух Кэррингтонбовских оборотов CR 2081 и CR 2082 (сравним профили V на рис. 2(А) и рис. 2(В)), что, также, является свидетельством их квазистационарности.

Перед каждым из квазистационарных потоков СВ наблюдается область сжатия в виде скачка плотности плазмы на профилях плотности плазмы N на рис. 2 (профили N) и значения полного магнитного поля B (профили B на рис. 2.). Это области взаимодействия каждого из потоков СВ с более медленным СВ, по которому они распространяются и называются они CIR. Именно эти участки при столкновении с магнитосферой Земли становятся источниками магнитосферных бурь (см. скачки индекса Dst на рис. 2 в моменты времени, выделенные вертикальными красными пунктирными линиями).

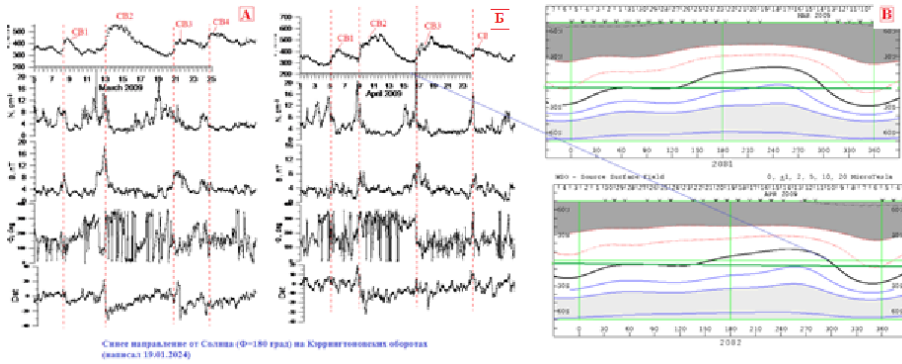
Кроме того, из сравнения рис. 2(А) и рис. 2(В) следует, что в течение этих двух Кэррингтоновских оборотов сохраняются источники этих потоков и их положение на Солнце, которыми, как известно, являются корональные дыры (КД). Это, также, означает, что для рассматриваемых потоков СВ площади  $S_i$  этих КД и их местоположения по широте  $\Phi_i$  на поверхности Солнца относительно экватора практически не меняются, так как на орбите Земли наблюдаемая максимальная скорость

Этот вывод согласуется с результатами исследований [2, р. 179–197] выполненных на большем числе событий, согласно которым наблюдаемая максимальная скорость квазистационарных потоков СВ на орбите Земли зависит от площади КД  $S_i$  и их местоположения по широте  $\Phi_i$ . Для примера сравним профи-



**Рис. 1. а) Результаты расчетов Руденко Г.В. [<http://bdm.iszf.irk.ru/>] в потенциальном приближении для 06.12.2002 (~16:25 UT): — положений оснований, открытых магнитных трубок, соответствующих корональным дырам (КД) в сферических координатах («синий» — полярность магнитного поля, направленная от Солнца, «красный» — к Солнцу). Столбцы справа — зависимости от времени параметров СВ на орбите Земли в интервале 2–31 декабря 2002 г. : б) — скорость СВ от Солнца, в) — плотность плазмы СВ, г) модуль межпланетного магнитного поля (ММП), д) — азимутальный угол  $\Phi$  ММП, е) — температура  $T$  плазмы СВ. Синими прямыми показаны предполагаемое соответствие между пятью квазистационарными потоками СВ и их источниками — рассчитанными корональными дырами. Вертикальная красная линия обозначает передний фронт потока быстрого СВ**

ли скоростей потоков (СВ1-СВ4 на рис. 2(А, Б). Фактически, мы наблюдаем стабильное существование четырех КД на поверхности Солнца, которые в течение двух Кэррингтоновских оборотов CR2081 и CR2082 эмитируют в сторону Земли 4 устойчивых квазистационарных потока СВ. Стабильным остается также положение нейтральной линии ММП CR 2081и CR 2082 на рис. 2(В).



**Рис. 2. А, Б — зависимости от времени (сверху вниз) параметров солнечного ветра на орбите Земли: скорость  $V$ , плотность плазмы  $N$ , модуль ММП  $B$ , азимутальный угол  $\Phi$  поля  $B$ , индекс магнитосферной активности  $Dst$ . Зависимости А, Б и В соответственно для марта и апреля 2009 г. В — синоптические карты Кэррингтоновских оборотов CR2081 и CR2082 с положением рассчитанной нейтральной линии ММП (жирная линия) вблизи Солнца. Зеленая прямая — положение экватора в данном Кэррингтоновском обороте. Линии синего цвета соответствуют направлению ММП от Солнца**

Составлен аторами по данным OMNINEW1.

Для примера, место пересечения НЛ с экватором в CR 2081 регистрируется на орбите Земли в момент времени Торб :  $\approx 16$  апреля 2009 в  $\approx 00:40$ UT. Измеренная скорость этого участка на 1а.е  $V_e \approx 330$ км/с (см. Рис.2В верхняя кривая). Согласно [1; 3] момент времени Торб прихода на орбиту Земли данной точки пересечения пояса или цепочки стримеров с плоскостью эклиптики вблизи Солнца определяется по формуле

$$\text{Торб} \approx T_0 + 4.6 \times 10^4 / V_e, \text{ (часов)}, \quad (1)$$

здесь  $T_0$  — момент времени, когда данная точка пересечения пояса (цепочки) стримеров с эклиптикой проходит центральный меридиан. Величина  $4.6 \times 10^4 / V$ , выраженная в часах, есть время движения от Солнца до орбиты Земли медленного СВ, имеющего на 1 а.е. скорость  $V_e$  (в км/с). Для определения корректности этой формулы рассмотрим пересечение НЛ с экватором, которое проходит центральный меридиан в  $T_0 \approx 00:40$ UT 10 апреля 2009 г. на CR2082. (рис. 2(В) (нижний столбец). Приходу этого участка на орбиту Земли соответствует участок медленного СВ и одновременной смены угла  $\Phi$  на  $\approx 180^\circ$  в момент времени  $T_e \approx 00:40$ UT 16.04.2009 г. Действительно,

измеренная на 1а.е. для этого участка скорость  $V_e \approx 330 \text{ км/с}$ . С учетом этого, расчет времени движения от Солнца до Земли, согласно формуле (1), дает:

$$\Delta t \approx 4.6 \times 10^4 / V_e \approx 5 \text{ сут. } 17 \text{ ч.}$$

Т.о. расчетное время прихода на 1а.е. : Торб.(р)  $\approx 00:40 \text{ UT}$  10 апреля 2009 г. + 5 сут. 17 ч  $\approx 15.04.2009 \text{ г. } (\approx 18 \text{ ч})$ , что близко наблюдаемому моменту времени: Торб  $\approx 16.04.2009 (00:40 \text{ UT})$  рис. 2.

## 2. Спорадические потоки СВ

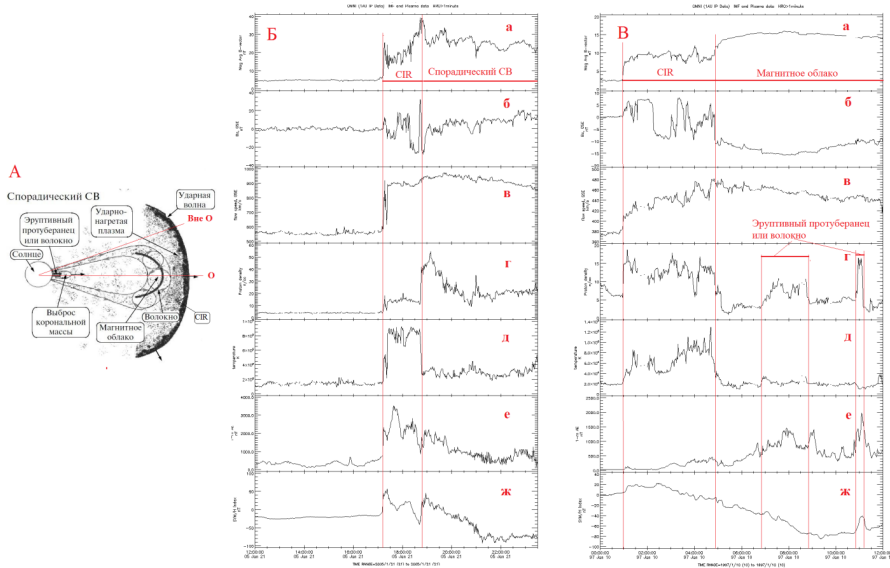
Согласно [4] спорадический СВ, связанный с межпланетным корональным выбросом массы (МКВМ), имеет вид, представленный на рис. 3(А). Он представляет собой последовательность: а) фронт ударной волны области CIR, которую отделяет от окружающей ее невозмущенной плазмы солнечного ветра (СВ), б) — магнитное облако, которое включает в себя эруптивный протуберанец (или эруптивное волокно) с существенно повышенной относительно окружающей плазмы плотностью с вмороженным жгутом магнитного поля, два основания которого укоренены в фотосфере Солнца. Интересно сравнить два направления сканирования («О») и («вне О») параметров СВ на орбите Земли, показанных на Рис.3А красными прямыми, проходящими как через магнитное облако («О»), так и вне него («вне О»). Такое сравнение сделаем на примере двух событий: 10.01.1997 г. и 21.06.2005 г., предварительно подробно обосновав связь с солнечной вспышкой на одном из этих событий, например, в течение 21.06.2005.

### 2.1. Событие 21 января 2005 г.

На орбите Земли это событие начинается с ударной волны в 17:11UT в день 21.01.2005 г. (рис. 3(Б)). За ним следуют последовательно область CIR (вращающаяся межпланетная область вместе с вращением Солнца) и ejecta —участок перед фронтальной структурой межпланетного коронального выброса массы (МКВМ). Область CIR является следствием взаимодействия области ejecta с окружающим ее более медленным СВ [5]. При столкновении с магнитосферой CIR вызывает резкий рост AE — индекса, более, чем на 3000 нТл.

Оценим момент времени возникновения солнечной вспышки на Солнце, которая является причиной появления рассматриваемого коронального выброса массы (КВМ) вблизи поверхности Солнца. Для этого нужно оценить среднюю на участке Солнце–Земля скорость  $V_{av}$  ударной волны на фронте CIR. Согласно рис. 3. скорость ударного фронта на 1а.е. 21.01.2005 г. составляет  $V_{sh}(e) \approx 920 \text{ км/с}$ . Его средняя скорость  $V_{sh}(av)$  между Солнцем и Землей связана соотношением [6]:





**Рис. 3. А. Схема спорадического потока СВ. Красными прямыми показаны направления от центра Солнца пересекающие магнитное облако (обозначено О) и вне него (обозначено Вне О).**

**Б, В. Профили параметров спорадических потоков СВ в зависимости от времени на орбите Земли для интервалов времени 21.01.2005 г. Б и 10.01.1997 г. В : а) модуль МП В, б)  $V_z$  вертикальная компонента ММП, в) скорость СВ  $V$  в направлении Солнце-Земля, г) плотность  $N$  протонов СВ, д) температура плазмы СВ, е)  $AE$  — индекс,  $SYM/H$  — индекс**

$$V_{sh(av)} \approx 3/2 \cdot V_{sh(e)} \approx 3/2 \cdot 920 \approx 1380 \text{ км/с.}$$

Время движения от Солнца до Земли ( $R_0$ -радиус Солнца):

$$\Delta t \approx 215 R_0 / V_{sh(av)} \approx 1.5 \cdot 10^8 / 1380 \text{ сек.} \approx 38 \text{ ч} \approx 1 \text{ сут. } 14 \text{ ч.}$$

Значит рассчитанный момент времени вспышки:

$$T_0 \approx 21.01.05(17:11 \text{ UT}) - 1 \text{ сут. } 14 \text{ ч} \approx 20.01.2005 (03:11 \text{ UT}).$$

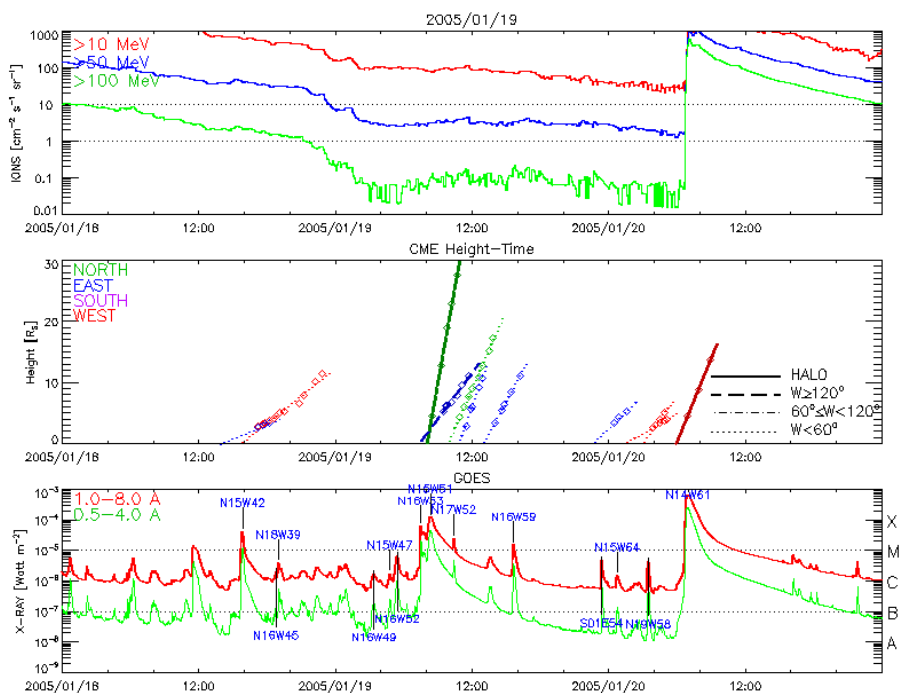
Как видно из рис. 4. примерно в 06:00 – 07:00 UT в день 20.01.2005 г., действительно, произошла мощная солнечная вспышка класса X7 с координатами N14 W61. Это по времени с точностью до нескольких часов согласуется с результатами расчетов.

Рассмотрим два примера спорадических потоков СВ от Солнца, которые представлен на рис. 3(Б, В) для двух событий: 21.06.2005 г. и 10.01.1997 г.

На рис. 3(Б) (д) видно, что область CIR, возникающая впереди спорадического СВ вследствие взаимодействия с окружающей его бо-

лее медленно движущейся плазмой характеризуется резким положительным скачком температуры плазмы  $T$  и резким ее падением за областью CIR. В случае рис. 3(В) CIR возникает в результате взаимодействия движущегося магнитного облака с окружающей его плазмой. При этом внутри магнитного облака, часто, наблюдается эруптивный протуберанец (или эруптивное волокно), действие которого на магнитосферу Земли приводит к заметному усилению геомагнитной активности в индексах AE и SYM/H (рис. 3(Б (е, ж)) и 3(В(е, ж)).

На рис. 3(А) показаны красными прямыми линиями от центра Солнца два возможных направления измерения параметров спорадического потока или межпланетного коронального выброса массы (МКВМ): пересекающее магнитное облако (обозначено «О») и вне него (обозначено «Вне О»). Сравнение временных профилей параметров плазмы спорадического СВ на орбите Земли для случаев («О») и («Вне О») приведены, соответственно, на рис. 3(Б) (интервал времени 21.01.2005 г.) и рис. 3(В) (интервал времени 10.01.1997 г.) Из них следует, что в случае



**Рис. 4. Зависимости от времени для 18.01.2005 г. Сверху вниз: потоков ионов с энергиями 10 Мэв (красный), 50 Мэв (синий), 100 Мэв (зеленый); зависимости высоты от времени положения фронтальной структуры коронального выброса массы для различных типов КВМ; потока рентгеновского излучения для диапазона 1.0–8.0 Å (красный), 0.5–4.0 Å (зеленый)**

Составлен авторами по данным CME\_list/2005/univ2005\_04.html.



В случае («Вне О») ударная волна возбуждается воздействием CIR на окружающую ее более медленную плазму. В случае («О») — воздействием межпланетного магнитного облака через CIR на эту окружающую плазму.

Для определения различий в квазистационарных и спорадических потоках СВ сравним временные профили параметров СВ, приведённых в табл. 1, 2

Таблица 1

**Квазистационарные потоки солнечного ветра**

№	Дата	Время, UT V max, км/с	Vmax, км/с	B max, нТл	Dstmax, нТл
1	03.12.2002	09.00	502	6.7	–38
2	08.12.2002	16.08	633	6.5	–34
3	15.12.2002	11.00	537	7.5	–33
4	20.12.2002	21.00	536	9.4	–64
5	23.12.2002	11.00	581	6.7	–67
6	28.12.2002	05.00	763	5.7	–49
7	02.04.2009	00.00	359	4.3	–5
8	04.04.2009	04.10	417	3.4	–18
9	12.04.2009	18.00	551	3.3	–15
10	18.04.2009	16.1	536	2.7	–25
11	25.04.2009	04.10	430	4.5	–9
12	08.03.2009	18.00	442	3.0	–13
13	14.03.2009	20.00	555	2.9	–28
14	22.03.2009	06.00	438	4.8	–25
15	24.03.2009	10.00	489	3.5	–25
Выб.дисперсия			9798,92	4,02	341,02
Средне-квадратическое отклонение			98,99	2,01	18,47
Среднее			517,93	4,99	–29,87

Таблица 2

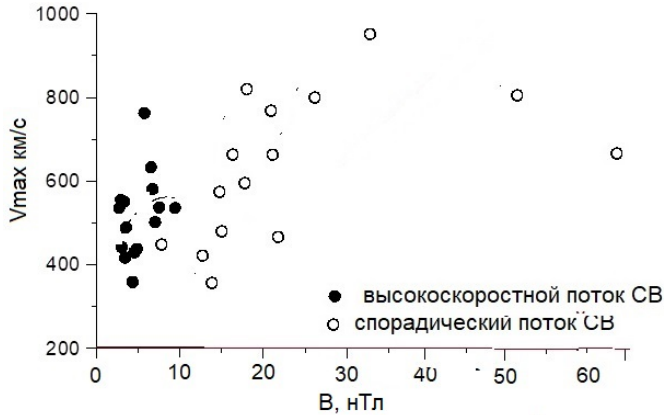
**Спорадические потоки солнечного ветра**

№	Дата	Время, UT V max, км/с (~)	Vmax, км/с (~)	B max, нТл (~)	Dstmax, нТл
1	21.01.2005	09:00	970	32	–89
2	10.01.1997	16:00	480	15	–78
3	09.09.1992	05:00	660	18	–131
4	31.03.2001	01:00	650	65	–351
5	17.08.2001	11:00	480	21	–105

№	Дата	Время, UT V max, км/с (~)	Vmax, км/с (~)	B max, нТл (~)	Dstmax, нТл
6	21.10.2001	17:00	580	20	-387
7	15.05.2005	04:00	800	52	-247
8	24.08.2005	06:30	520	15	-70
9	08.03.2012	11:00	800	22	-195
10	23.04.2012	03:00	400	13	-120
11	14.07.2012	18:00	590	20	-139
12	17.07.2013	06:00	630	17	-132
13	02.10.2013	02:00	590	18	-107
14	07.01.2015	06:00	480	8	-107
15	28.03.2017	16:00	370	14	-146
Дисперсия			26214,29	237,67	9226,64
Среднеква- дратическое отклонение			161,91	15,42	96, 06
Среднее			600	23,33	-160,27

Квазистационарные потоки отличаются от спорадических СВ, главным образом, тем, что у них пониженное среднее значение  $B \approx 4$  нТл в области максимальной скорости СВ «Vmax» (см. рис. 2. профиль В), которое меняется лишь незначительно, менее, чем на десять процентов. Более наглядно это видно из табл. 1 и 2, по данным которых построены зависимости на рис. 5. На них зависимость Vmax от В для всех представленных выше квазистационарных СВ (черными кружками) и случаев спорадических СВ (светлыми кружками). Очевидно, что для квазистационарных потоков СВ величина Vmax слабо зависит от В, значение которого находится в интервале  $\approx (2-8)$  нТл. В то же время для спорадических потоков СВ Vmax возрастает более, чем в два раза, при величинах В в интервале более удаленных значений от  $\approx 15$  нТл до  $\approx 65$  нТл. Таким образом имеем важный следующий вывод., Измерение величины В в момент регистрации величина Vmax позволяет предварительно понять наблюдаемый поток СВ является квазистационарным или спорадическим.

Другим выводом по данным табл. 1 и 2 является различие в интенсивности геомагнитного отклика, о котором можно судить по средним значениям индекса Dst для квазистационарных и спорадических потоков. Для потоков первого типа среднее значение индекса Dst составляет  $\sim -30$  нТл и не превышает  $-100$  нТл, в то время как для спорадических потоков среднее значение Dst  $\sim 160$  нТл и может достигать в наиболее сильных бурях 589 нТл, как в случае Квебекского события 13–14.03.1989 г. [7].



**Рис. 5. Зависимость максимальной скорости квазистационарного «•» и спорадического «о» СВ от соответствующей ей величины магнитного поля  $B$**

Подводя итоги изложенного приходим к следующим выводам.

### Выводы

Показано стабильное существование 4-х корональных дыр на поверхности Солнца, которые в течение двух Кэррингтоновских оборотов CR2081 и CR2082 создают в сторону Земли четыре устойчивых квазистационарных потока СВ. Стабильным остается также положение нейтральной линии ММП CR 2081 и CR 2082.

Для квазистационарных потоков СВ величина максимальной скорости  $V_{\max}$  слабо зависит от соответствующего ей по моменту времени магнитного поля  $B$ , значение которого на орбите Земли находится в интервале  $\approx (2-8)$  нТл. Для спорадических СВ  $V_{\max}$  возрастает более, чем в два раза, при величинах  $B$  в интервале больших значений от  $\approx 15$  нТл до  $\approx 35$  нТл. Т.о. измерение величины  $B$  в момент регистрации величины  $V_{\max}$  позволяет предварительно понять наблюдаемый поток СВ является квазистационарным или спорадическим.

### Список использованной литературы

1. Еселевич М.В. Проявления лучевой структуры пояса корональных стримеров в виде резких пиков концентрации плазмы солнечного ветра на орбите Земли / М.В. Еселевич, В.Г. Еселевич. — EDN HVJFTX // Геомагнетизм и аэронавигация. — 2006. — Т. 46, № 6. — С. 811–825.
2. Eselevich V.G. Relationships of quasi-stationary solar wind flows with their sources on the Sun / V.G. Eselevich. — DOI 10.1007/BF00146583. — EDN XQCIXO // Solar Physics. — 1992. — Vol. 137, no. 1. — P. 179–197.
3. Файнштейн В.Г. Свойства течений солнечного ветра и их источников : дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 01.03.03 / В.Г. Файнштейн. — Иркутск, 1999. — 282 с.

4. Solar wind diamagnetic structures as a source of substorm — like disturbances / V.A. Parkhomov, N.L. Borodkova, V.G. Eselevich [et al]. — DOI 10.1016/j.jastp.2018.10.010 // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. — 2018. — Vol. 181. — P. 55–67.

5. Еселевич В.Г. Роль альфа-частиц в проникновении диамагнитных структур солнечного ветра внутрь магнитосферы / В.Г. Еселевич, В.А. Пархомов. — DOI 10.12737/szf-93202302. — EDN HJPUXQ // *Солнечно-земная физика*. — 2023. — Т. 9, № 3. — С. 12–23.

6. Еселевич М.В. Спорадические потоки плазмы и их источники в период чрезвычайной активности Солнца с 26 октября по 6 ноября 2003 г / М.В. Еселевич, В.Г. Еселевич. — EDN OWELTT // *Космические исследования*. — 2004. — Т. 42, № 6. — С. 595–607.

7. Research on Historical Records of Geomagnetic Storms / G.S. Lakhina, S. Alex, B.T. Tsurutani, W.D. Gonzalez // *Coronal and stellar mass ejections : proceedings of the 226th symposium of the International Astronomical Union held in Beijing, China, September 13–17, 2004*. — Cambridge University Press, 2005. — P. 3–13.

## References

1. Eselevich M.V., Eselevich V.G. Manifestations of the Ray Structure of the Coronal Streamer Belt in the Form of Sharp Peaks of the Solar Wind Plasma Density in the Earth's Orbit. *Geomagnetizm i aehronomiya = Geomagnetism and Aeronomy*, 2006, vol. 46, no. 6, pp. 770–782. (In Russian). EDN: HVJFTX.

2. Eselevich V.G. Relationships of quasi-stationary solar wind flows with their sources on the Sun. *Solar Physics*, 1992, vol. 137, no. 1, pp. 179–197. DOI: 10.1007/BF00146583. EDN: XQCIXO.

3. Fainshtein V.G. Properties of solar wind currents and their sources. Doct. Diss. Irkutsk, 1999. 282 p.

4. Parkhomov V.A., Borodkova N.L., Eselevich V.G., Eselevich M.V., Dmitriev A.V., Chilikin V.E. Solar Wind Diamagnetic Structures as a Source of Substorm — Like Disturbances. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2018, vol. 181, pp. 55–67. DOI: 10.1016/j.jastp.2018.10.010.

5. Eselevich V.G., Parkhomov V.A. Role of Alpha Particles in Penetration of Solar Wind Diamagnetic Structures into the Magnetosphere. *Solnechno-zemnaya fizika = Solar-Terrestrial Physics*, 2023, vol. 9, no. 3, pp. 12–23. (In Russian). EDN: HJPUXQ. DOI: 10.12737/szf-93202302.

6. Eselevich M.V., Eselevich V.G. Sporadic Plasma Streams and Their Sources in the Period of Extraordinary Solar Activity from October 26 to November 6, 2003. *Kosmicheskie issledovaniya = Cosmic Research*, 2004, vol. 42, no. 6, pp. 571–582. (In Russian). EDN: OWELTT.

7. Lakhina G.S., Alex S., Tsurutani B.T., Gonzalez W.D. Research on Historical Records of Geomagnetic Storms. In *Coronal and Stellar Mass Ejections. Proceedings of the 226th Symposium of the International Astronomical Union Held in Beijing, China, September 13–17, 2004*. Cambridge University Press, 2005, pp. 3–13.

## Информация об авторах

**Еселевич Виктор Григорьевич** — доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: esel@iszf.irk.ru.

**Пархомов Владимир Александрович** — доктор физико-математических наук, профессор, кафедра математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: pekines\_41@mail.ru.

**Ведерникова Татьяна Ивановна** — кандидат технических наук, доцент, кафедра математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: VedernikovaTI@bgu.ru.

### Information about the Authors

**Victor G. Eselevich** — D.Sc. in Physics and Mathematics, Leading Researcher, Institute of Solar-Terrestrial Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: esel@iszf.irk.ru.

**Vladimir A. Parkhomov** — D.Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: pekines\_41@mail.ru.

**Tatyana I. Vedernikova** — PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: VedernikovaTI@bgu.ru.

### Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

### Для цитирования

Еселевич В.Г. Основы отличий квазистационарных и спорадических потоков солнечного ветра на орбите Земли / В.Г. Еселевич, В.А. Пархомов, Т.И. Ведерникова. — DOI 10.17150/2713-1734.2025.7(1).111-123. — EDN KBMGKE // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2025. — Т. 7, № 1. — С. 111–123.

### For Citation

Eselevich V.G., Parkhomov V.A., Vedernikova T.I. Fundamentals of Differences Between Quasi-Stationary and Sporadic Solar Wind Flows in Earth's Orbit. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2025, vol. 7, no. 1, pp. 111–123. (In Russian). EDN: KBMGKE. DOI: 10.17150/2713-1734.2025.7(1).111-123.