

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ГЕОМАГНИТНОЙ БУРИ 24-25 ОКТЯБРЯ 2011

Сергей Гайдаш<sup>1</sup>, Анатолий Белов<sup>1</sup>, Евгения Ерошенко<sup>1</sup>, Артем Абуни<sup>1</sup>, Мария Абунина<sup>1</sup>,  
Петър Велинов<sup>2</sup>, Петър Тонев<sup>2</sup>, Йордан Тасев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Московская область,  
г.Троицк, РАН

<sup>2</sup>Институт за космически изследвания и технологии — Българска академия на науките  
e-mail: spsbyte@space.bas.bg; lusy\_t@yahoo.com

**Ключови думи:** космической погоды, геомагнитное возмущение, CME

**Резюме:** Геомагнитные бури в октябре 2011 года. происходит в относительно спокойное состояние геомагнитного поля. Для значений между 0 и 1 на Kp до 18 часов UT вдруг вскакивает Kp = 5 и следующие три часа достигла Kp = 7. Возникновение беспорядков в геомагнитного поля, вызванные геомагнитной бури не был предоставлен ни одной из больших прогностических центров. Поэтому он сделал сравнительный анализ Солнце, межпланетной среды и геомагнитного поля. Ищите причину этого внезапного события, его развитие и разрешение. Там были некоторые выводы, которые могли бы помочь в прогнозировании будущих подобных мероприятий.

## ANALYSIS OF THE CAUSES OF OCCURRENCE AND DEVELOPMENT OF GEOMAGNETIC STORM ON 24-25 OCTOBER 2011

Sergey Gaidash<sup>1</sup>, Anatoliy Belov<sup>1</sup>, Evgenia Erushenko<sup>1</sup>, Artiom Abunin<sup>1</sup>, Maria Abunina, Peter  
Velinov<sup>2</sup>, Peter Tonev<sup>2</sup>, Yordan Tassev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Moscow region, Troitsk, Russian  
Academy of Sciences

<sup>2</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: yktassev@bas.bg

**Keywords:** space weather, geomagnetic storm, CME

**Abstract:** Geomagnetic storm in October 2011. occurs in a relatively calm state of the geomagnetic field. For values between 0 and 1 Kp 18 hours before the UT suddenly jumps Kp = 5 and the next three hours reached Kp = 7. The occurrence of the disorder in the geomagnetic field caused by geomagnetic storm was not provided by any of the great prognostic centers. It therefore made a comparative analysis of the Sun, interplanetary medium and geomagnetic field. Look for the cause of this sudden event occurred, its development and resolution. There have been some findings that could help in forecasting future similar events.

### Введение

Прогнозирование космической погоды (КП) — это прежде всего прогнозирование спорадических явлений. Поэтому для прогнозирования необходимо знать не только о характерных периодичностях в поведении основных элементов космической погоды, но и изучать большой объем информации о текущем состоянии на Солнце, в межпланетном и околоземном пространстве, причем очень важно иметь полную и точную информацию [1]. Одним из примеров прогнозирования КП в ситуации, когда отсутствовала точная информация по СВ, является событие 24-25 октября 2011 год.

### Анализ

Изучаемое геомагнитное возмущение большинством прогнозистов ожидалось. Уже утром 22 октября стало известно, что в ночь с 21 на 22 октября на северо-западе солнечного диска произошла эрупция большого волокна (рис. 1-2). Наблюдавшееся CME относилось к типу

гало (рис. 3), и соответствующее межпланетное возмущение должно было задеть Землю своим восточным краем. Поэтому при создании прогноза на ближайшие 6 дней, было учтено, что 25 октября возможно усиление геомагнитной активности, связанное с приходом этого СМЕ [2].

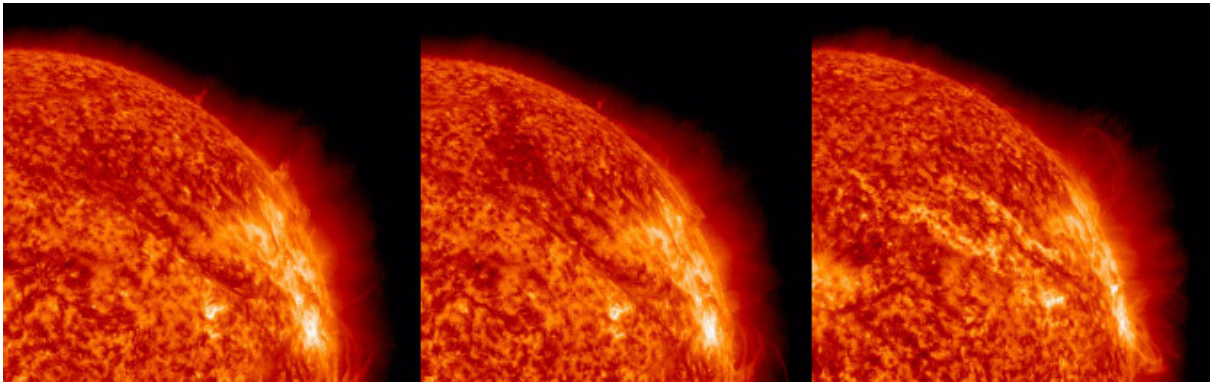


Рис. 1. Последовательность выброса солнечного вещества (8:00 21.10 — 2:00 22.10 UT)

Размер волокна и его эрупции хорошо виден на рис. 2.

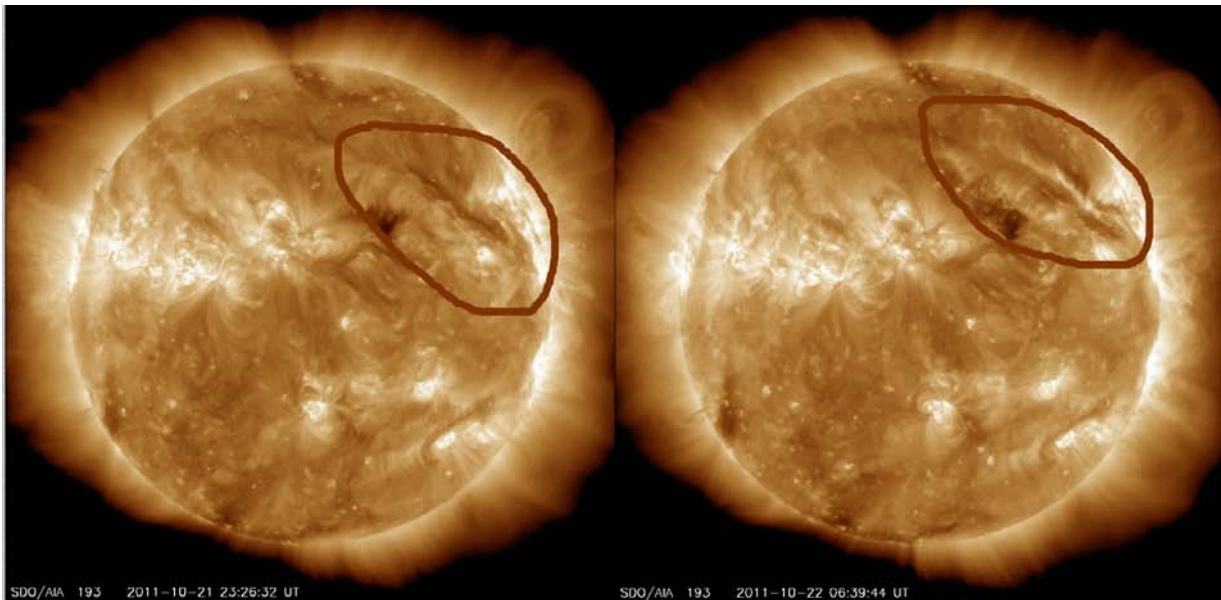


Рис. 2. Волокно перед исчезновением и двухленточная структура, образовавшаяся в результате эрупции волокна

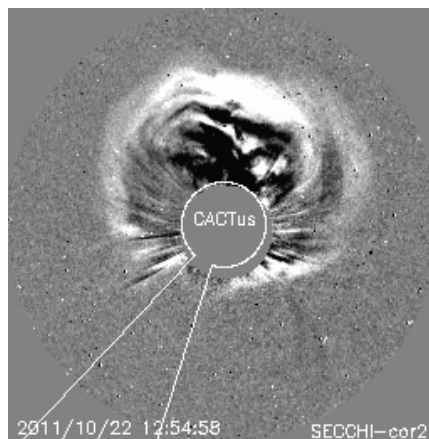


Рис. 3. Гало от СМЕ

Первоначальный анализ этого события, который был выполнен с помощью комплекса программного обеспечения CACTUS (Computer Aided CME Tracking of the Solar Influences Data Analysis Center of the Royal Observatory of Belgium - <http://www.sidc.oma.be/cactus/out/latestCMEs.html>), показал, что оцененная скорость выброса около 500 км/с. Согласно такой оценке скорости, выброс солнечного вещества должен был достигнуть Земли днем 25 октября.

Аналогичный анализ был выполнен при помощи модели развития выбросов солнечного вещества WSA-ENLIL-CONE Model CME Evolution [3] (<http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov:8080/iswaSystemWebApp/>) (рис.4-5)

2011-10-25T12:00

2011-10-21T00 +4.50 days

● Earth

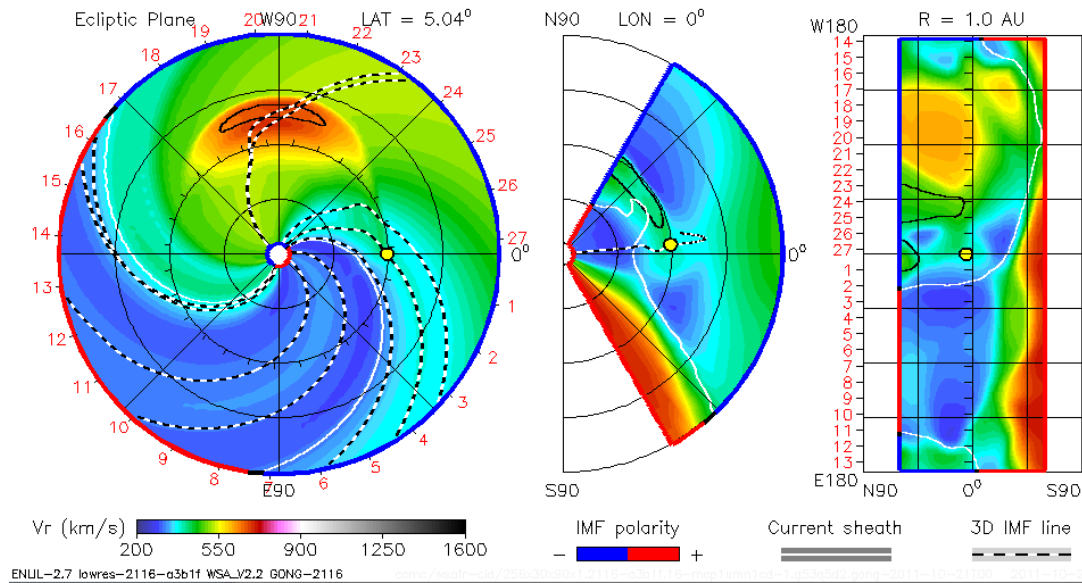


Рис. 4. Результат расчета модели развития CME по скорости на момент, когда выброс может достичь Земли (видно, что выброс заденет Землю 25 октября примерно в 12:00 UT и только самым краем)

2011-10-25T12:00

2011-10-21T00 +4.50 days

● Earth

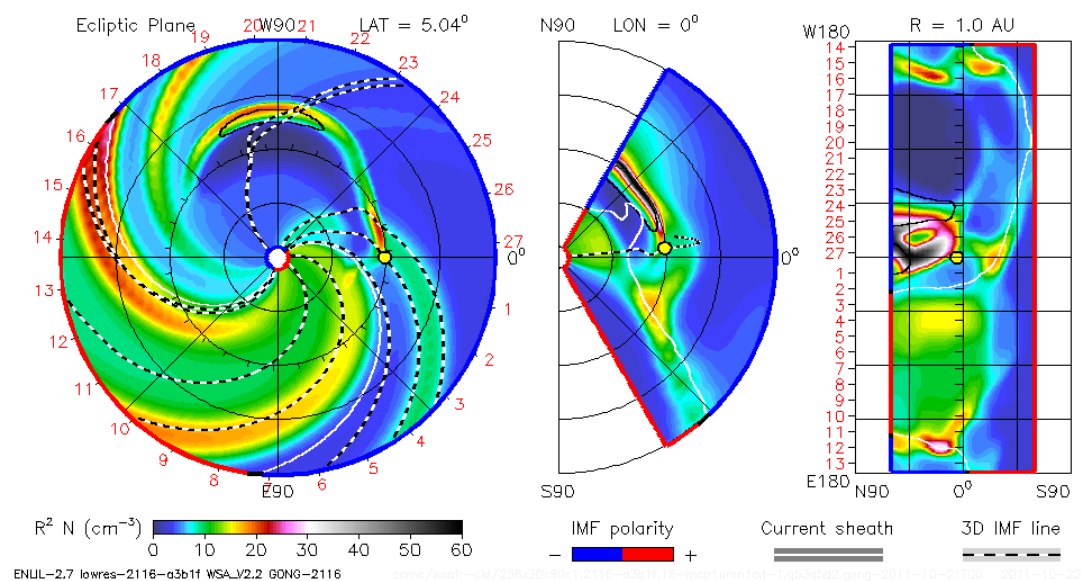


Рис. 5. Результат расчета модели развития CME по плотности на момент, когда выброс может достичь Земли (видно, что выброс заденет Землю 25 октября примерно в 12:00 UT и только самым краем)[4]

Согласно результатам работы этой модели также получается, что выброс солнечного вещества может задеть Землю 25 октября только самым краем примерно в 12:00 UT.

Эти соображения были приняты при составлении прогноза состояния геомагнитной активности на 24-26 октября.

Ожидавшаяся умеренная скорость возмущения (а скорость является ключевым параметром, определяющим геомагнитную активность) не позволяла по имеющимся данным прогнозировать большую магнитную бурю. Большинство центров предсказывали небольшое и достаточно позднее, в основном на 25 октября, усиление геомагнитной активности (табл.1).

Табл. 1. Прогнозы геомагнитной активности (Ap) 24 октября на 24-26 октября и 25 октября на 25-27 октября

	24.10	25.10	26.10	25.10	26.10	27.10
США (SWPC)	5	10	10	12	8	7
Австралия (IPS)	8	15	15	18	10	7
Бельгия (SIDC)	16	37	13	41	10	11
Россия (ИЗМИРАН)	7	12	14	24	7	6
Китай (SEPC)	15	20	5	20	10	5
Китай (NCSW)	5	8	8	20	10	8
Казахстан (ИИ)	5	12	10	17	12	8
Болгария (ЦПКВКК)	5	5	6	39	8	7
<b>Официально</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

В реальности возмущение солнечного ветра началось у Земли 24 октября, межпланетная ударная волна зарегистрирована на ACE в 17:48 и на SOHO в 17:50 UT (рис.6).

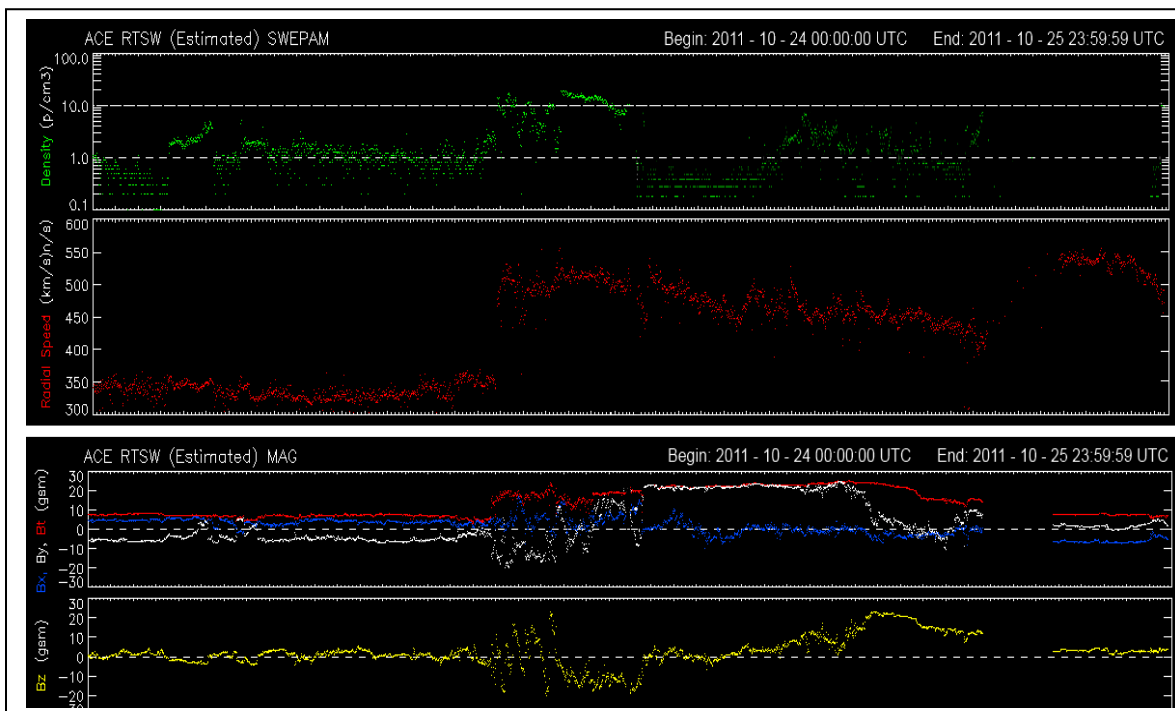


Рис. 6. Поведение параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля 24-25 октября по данным спутника ACE.[5]

Вслед за этим началась магнитная буря, которая на многих станциях быстро достигла уровня большой. Максимальный планетарный Kp-индекс 7+ зарегистрирован в последний трехчасовой интервал 24 октября (рис 7-9).

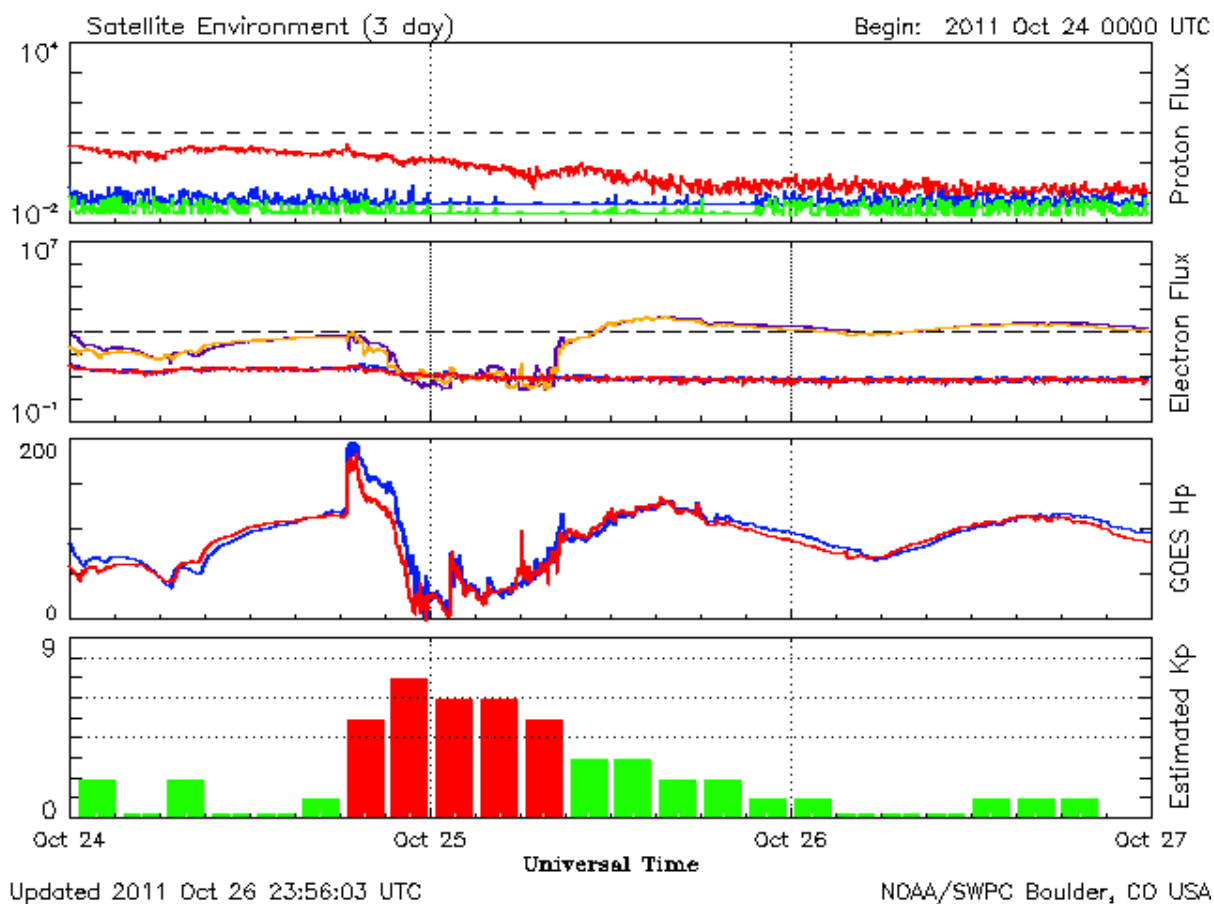


Рис. 7. Поведение геомагнитного Kp-индекса и магнитного поля Земли на геостационарной орбите (2 нижние панели) вместе с сопутствующими параметрами, измеренными спутником GOES, 24-26 октября.[6]

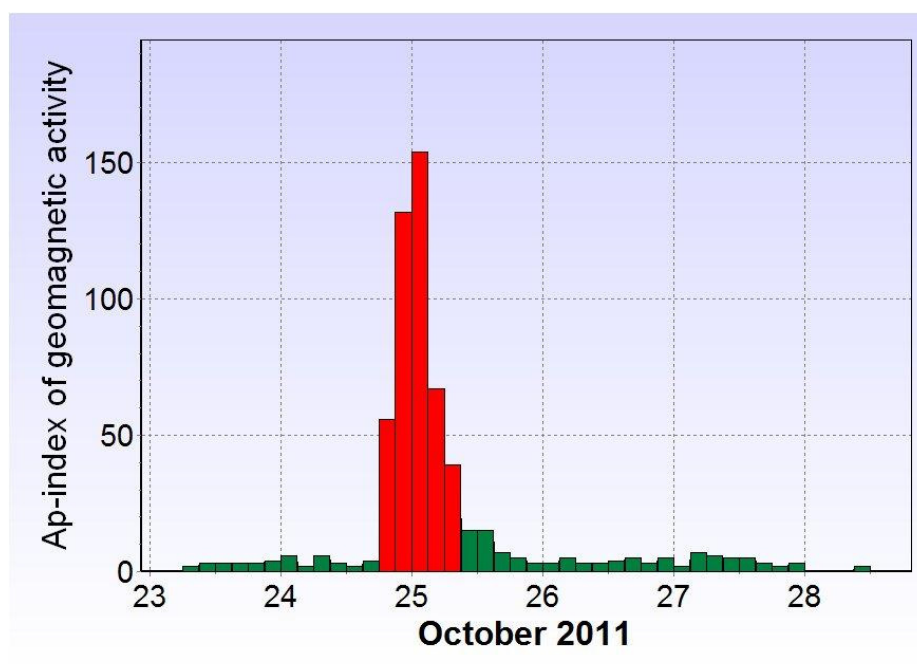


Рис. 8. Поведение Ap-индекса 23-28 октября



Минимальный Dst-индекс во второй час 25 октября составлял -135 нТ, что также соответствует большой геомагнитной буре.

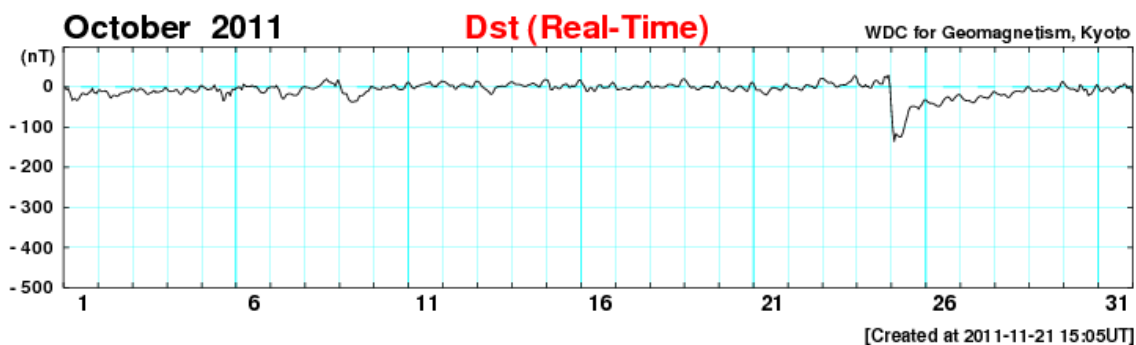
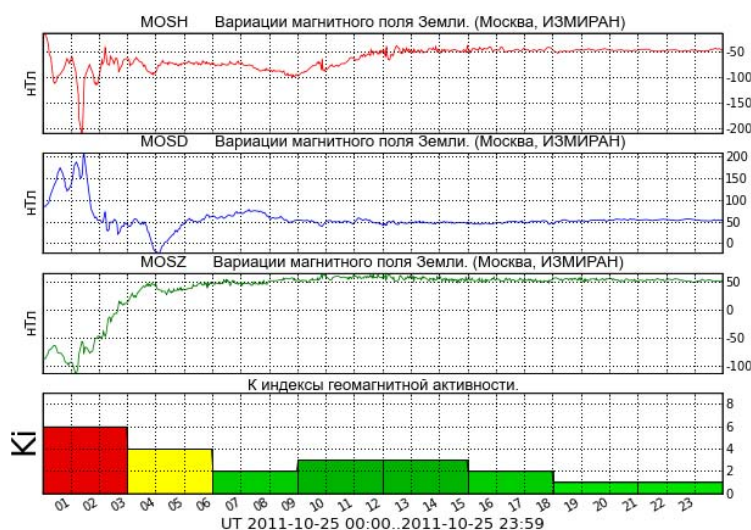
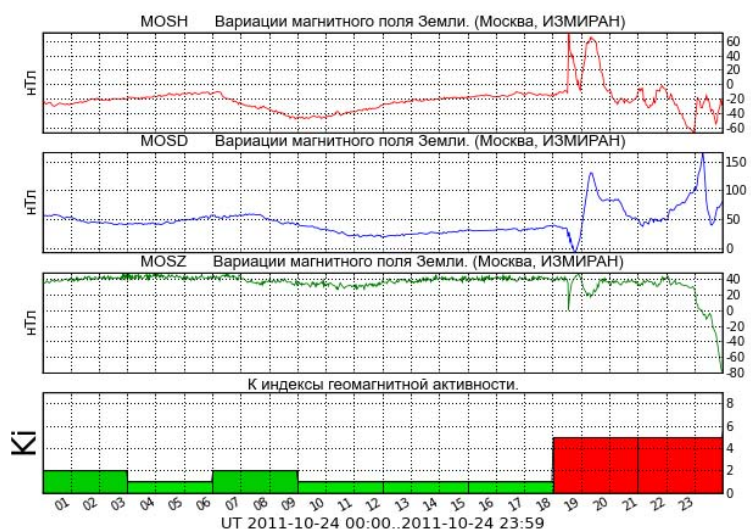


Рис. 9. Поведение предварительного Dst-индекса в октябре 2011 года[7] ([http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/201110/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201110/index.html))

Эта магнитная буря оказалась одной из самых больших бурь текущего цикла. Только две бури (5 апреля 2010 года и 5 августа 2011 года) были больше ( $K_{max}=8$ ). Эта магнитная буря оказывается среди трех самых больших магнитных бурь за последние 5 лет.

Интересно отметить, что эта буря оказалась первой бурей в период регулярной работы нового болгарского центра прогнозов космической погоды (ЦПКВКК). То, что первая же буря оказалась большой, является важным предзнаменованием.



Буря оказалась большой, но короткой, уложившись в 5 трехчасовых интервалов. Кратковременность бури связана с западным расположением ее источника и тем, что Земля попала в самый край межпланетного возмущения. Кратковременность бури привела к ее значительной долготной зависимости. Самые большие возмущения были зарегистрированы на американском континенте, а в Европе и Азии они оказались значительно меньше. В Москве максимальный K-индекс = 6 и был сдвинут на начало 25 октября (рис. 10).

Приблизительно до той же величины возрастал K-индекс в Болгарии (рис.11).

Рис. 10. Вариации геомагнитного поля и локальные K-индексы (обсерватория Москва)

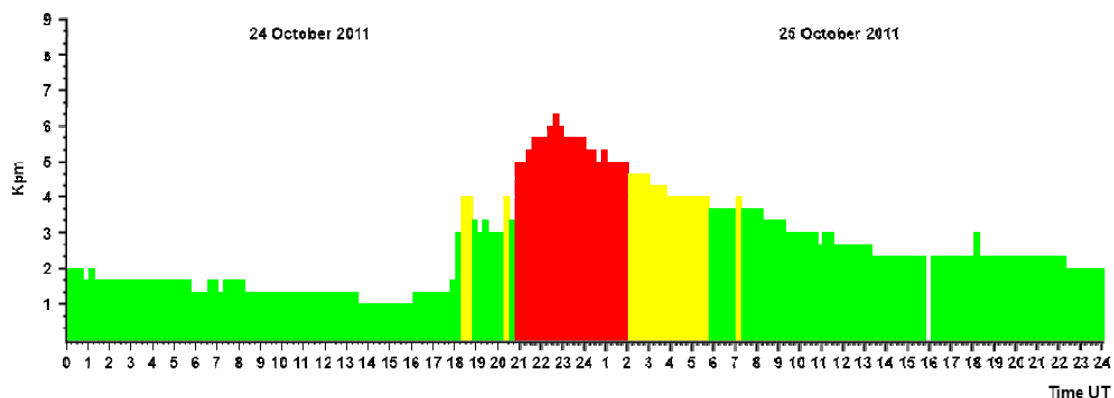


Рис. 11. Локальные K-индексы (обсерватория Болгарии Панагюрище)[8]

Как правило магнитным бурям соответствует Форбуш-понижения в космических лучах. Так было и на этот раз. По данным нейтронного монитора станции Москва (рис.12) Форбуш-понижение составило около 4.5%, что является большой величиной, особенно с учетом дальнего западного расположения солнечного источника.

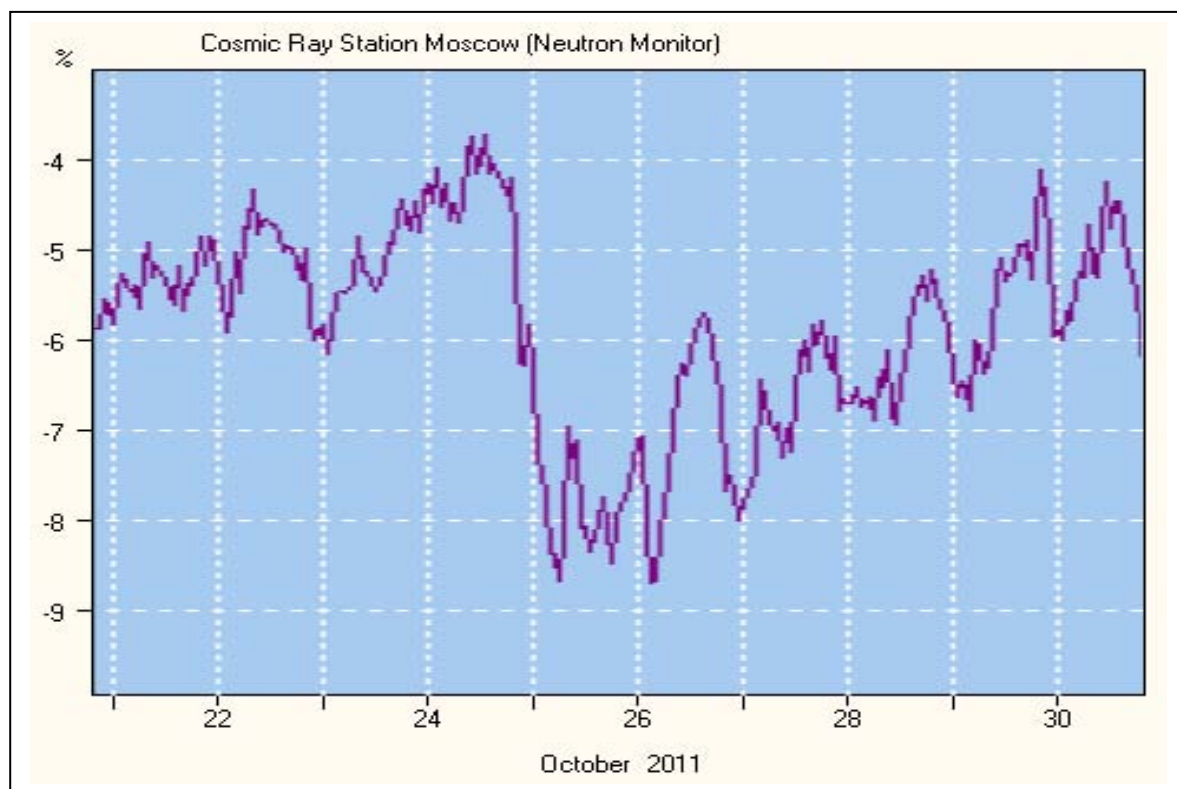


Рис. 12. Форбуш-понижение 24-26 октября 2011 года по данным нейтронного монитора станции Москва

#### Выводы:

1. Рассматриваемое событие оказалось интересным и поучительным. Его анализ напоминает нам о некоторых правилах, важных в прогнозировании геомагнитной активности:

- важно с самого начала анализа собрать полные и точные данные, относящиеся к солнечному источнику будущего возмущения
- одним из важнейших параметров, определяющим силу геомагнитной бури является скорость межпланетного возмущения, и неправильная оценка скорости

приводит к значительным ошибкам не только в прогнозировании времени, но и в прогнозировании мощности геомагнитного возмущения

- созданные в последнее время модели реально помогают прогнозистам, но им не следует забывать, что модель — это модель, и она может существенно не совпасть с реальностью

2. Следует учесть, что бывают события принципиально трудные для прогнозирования, в которых важны нюансы. Незначительные изменения во входных параметрах могут приводить к принципиальным, качественным изменениям прогноза. К таким событиям как раз относится рассматриваемый случай. Межпланетное возмущение вполне могло пройти мимо Земли, в этом случае не было бы вообще геомагнитное возмущения. Небольшое снижение скорости возмущения вполне могло привести к сдвигу начала геомагнитного возмущения на следующий день и уменьшению уровня бури с большого до малого. К сожалению, такие события были и будут, и в этих случаях прогнозисты иногда будут ошибаться.

3. Сейчас мы находимся на фазе подъема солнечной активности, и впереди много лет высокой геомагнитной активности. Нас ждет большое количество геомагнитных бурь, и следует счесть большой удачей, что в начале своего пути болгарский центр прогнозов получил неоченимый опыт. Разумеется, этот опыт важен для всех прогнозистов и для всех работающих центров.

#### **Литература:**

1. Arnold Hanslmeier, The Sun and Space Weather, Kluwer Academic Publisher, 2004.
2. <http://www.sidc.oma.be/cactus/out/latestCMEs.html>
3. <http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov:8080/IswaSystemWebApp/>
4. <http://iswa.ccmc.gsfc.nasa.gov:8080/IswaSystemWebApp/>
5. [http://www.swpc.noaa.gov/ace/MAG\\_SWEPAM\\_24h.html](http://www.swpc.noaa.gov/ace/MAG_SWEPAM_24h.html)
6. <http://www.swpc.noaa.gov/today.html>
7. [http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst\\_realtime/201110/index.html](http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201110/index.html)
8. [http://www.geophys.bas.bg/panag/index\\_en.html](http://www.geophys.bas.bg/panag/index_en.html)