

УДК 523.985.3

24 сентября 2011 года: две вспышки на Солнце с разными сценариями

А.Н. Шаховская

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, Крым, 298409
anshakh@yandex.ru

Поступила в редакцию 1 октября 2016 г.

Аннотация. В сентябре 2011 г. на Солнце по диску проходила активная область NOAA 11302, которая отличалась высокой вспышечной продуктивностью. 24 сентября в этой активной области произошло 5 вспышек рентгеновского балла М и одна балла X1.9. Две из этих вспышек наблюдались на Крымском коронографе КГ-1, в линии H_{α} . Вспышки были достаточно близки по времени и по рентгеновскому балу, однако одну из них можно охарактеризовать как компактную, а вторую – как LDE с длительной постэруптивной фазой. Исследуются возможные причины такого отличия.

SEPTEMBER 24, 2011: TWO SOLAR FLARES OCCURRED ON DIFFERENT SCENARIOS, by A.N. Shakhovskaya. In September 2011, the active region NOAA 11302, which is characterized by high flare productivity passed across the solar disk. On September 24, 5 flares in the soft X-rays of M power and a flare of X1.9 power occurred in this active region. Two of these flares have been observed at the Crimean coronagraph KG-1 in the H_{α} line. Flares were close enough in time and X-ray power, but one of them can be described as compact, and the second – as a LDE with the prolonged post-eruptive phase. We investigate the possible reasons for this difference.

Ключевые слова: Солнце, вспышки, выбросы

1 Введение

Мощные вспышки на Солнце отличаются разнообразием, тем не менее можно выделить два существенно различающихся класса: компактные или импульсные вспышки и LDE-события (Анталова, Огирь, 1988). Наиболее важный критерий их различия – это продолжительность вспышки в мягком рентгене. Автором с соавторами в работах Шаховская и др. (2006), Лившиц и др. (2006), Шаховская, Лившиц (2007), Шаховская и др. (2008), Шаховская, Ахтемов (2013) были проведены исследования связи длительности рентгеновских вспышек с корональными выбросами массы (КВМ) и хромосферными выбросами. События 24 сентября 2011 года интересны тем, что импульсная вспышка и LDE произошли в одной активной области с интервалом около трех часов.

На сентябрь 2011 года пришелся первый максимум 24-го цикла. Самой большой по площади и с самой высокой вспышечной активностью была группа 11302. Она проходила по диску с 22.09.2011 по 04.10.2011. За это время в ней произошли две рентгеновские вспышки балла X, 14 – балла М и 34 вспышки балла С. Максимальный размер активной области составлял 1300

24 сентября 2011 года...

миллионных долей солнечного диска. 24 сентября активная область была в фазе роста. Магнитная конфигурация 24 сентября $\beta\gamma$, а уже 25 сентября $\beta\delta$. Координаты активной области N12E60 в момент первой вспышки.

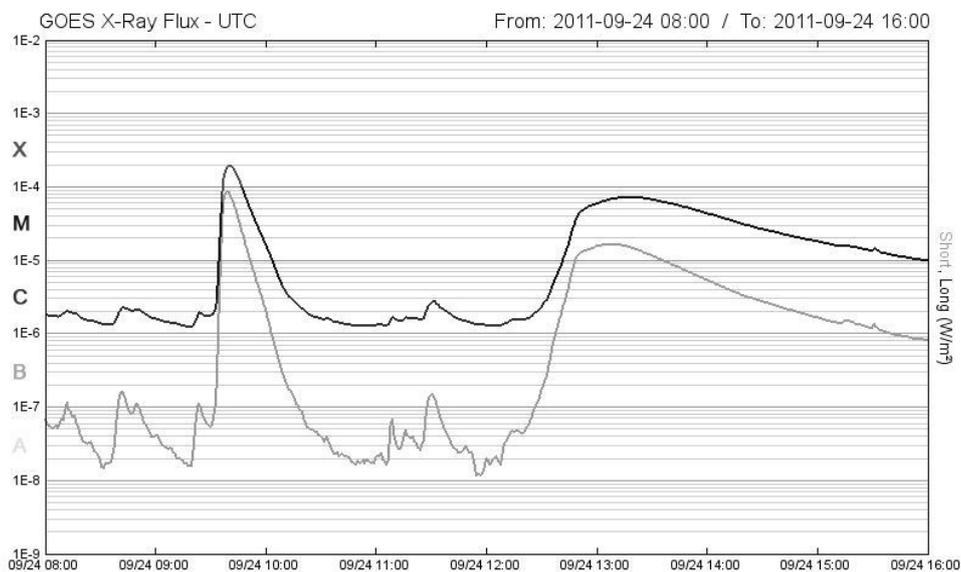


Рис. 1. Интегральный поток Солнца в мягком рентгене со спутника GOES. Первая вспышка была существенно менее продолжительной ($\sim 40^m$), чем вторая (несколько часов). Начало первой вспышки 09:33 UT, максимум 09:40 UT. Начало второй вспышки 12:43 UT, максимум 13:20 UT

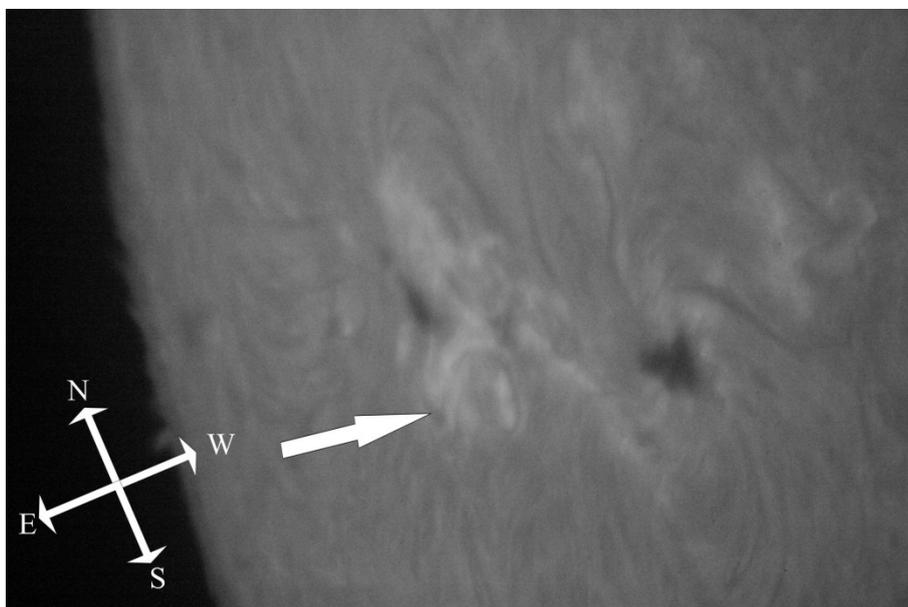


Рис. 2. Активная область 11302, фильтрограмма в H_{α} , полученная на телескопе КГ-1, 06:01 UT, за 3.5 часа до вспышки. Южнее хвостового пятна наблюдается волокно неправильной формы. Белой стрелкой указано волокно. В левом нижнем углу – ориентация сторон света

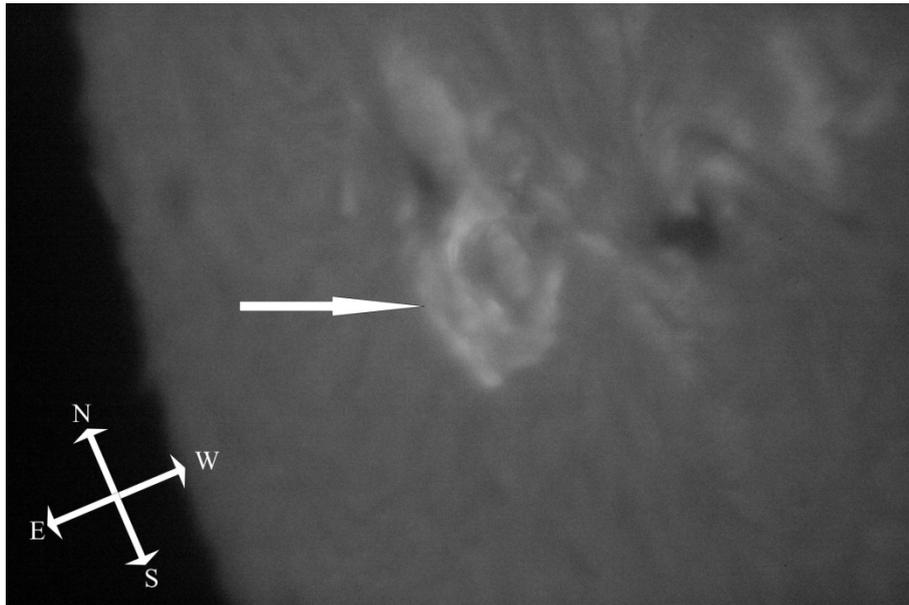


Рис. 3. Активная область 11302, фильтограмма в H_{α} , полученная на телескопе КГ-1, 09:34 UT, начало вспышки, активация волокна. Волокно показано белой стрелкой

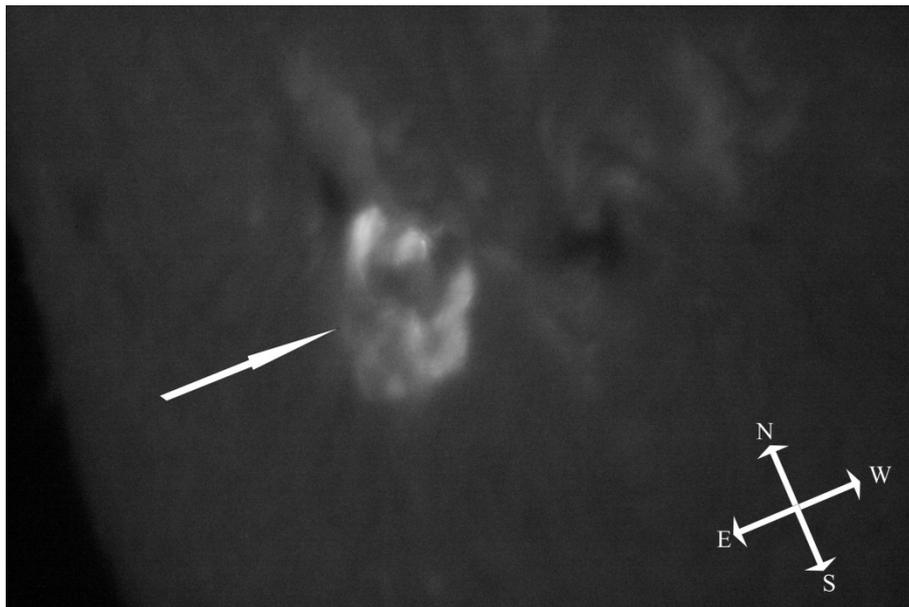


Рис. 4. Активная область 11302, фильтограмма в H_{α} , полученная на телескопе КГ-1, 09:37 UT вблизи максимума первой вспышки

Для анализа двух вспышек используются следующие данные: фильтограммы, полученные на телескопе КГ-1 (Шаховская, Ахтемов, 2012), изображение диска Солнца со спутника SDO, измерение интегрального потока Солнца в мягком рентгене со спутника GOES и наблюдения коронографа SOHO/LASCO.

Как видно из фильтограмм, представленных на рисунках 3–5, первая вспышка началась с активации короткого волокна неправильной формы и быстро закончилась после появления вы-

24 сентября 2011 года...

броса в районе этого волокна. Весьма вероятно, что именно выброс нарушил условия для дальнейшего развития вспышки, как это произошло во вспышке в июле 2002 года, описанной в работах Шаховской и др. (2006), Лившица и др. (2006), Шаховской, Лившица (2007), Шаховской и др. (2008).

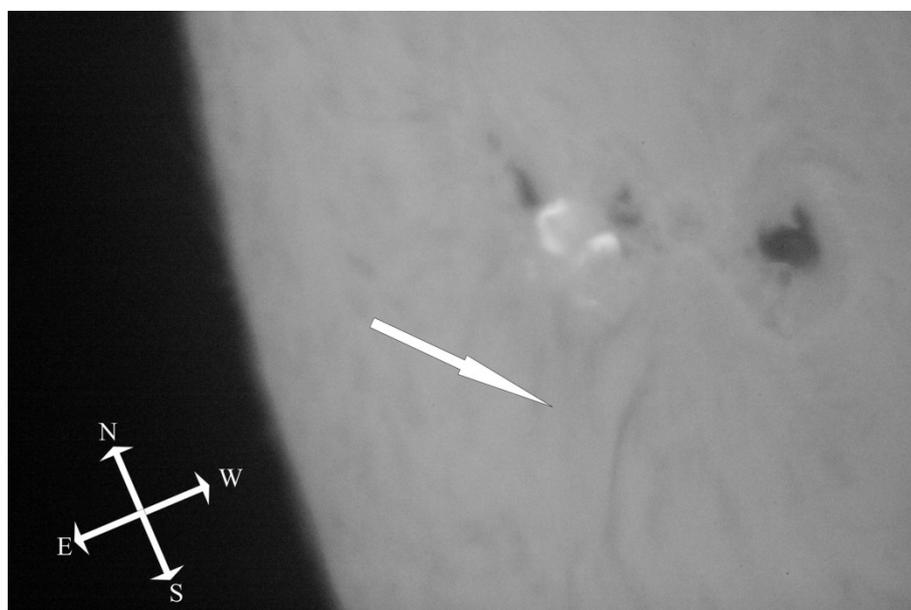


Рис. 5. Активная область 11302, фильтрограмма в H_{α} со сдвигом в синее крыло на 0.5 \AA , полученная на телескопе КГ-1, 09:48 UT, южнее АО виден темный выброс. Белой стрелкой показан выброс

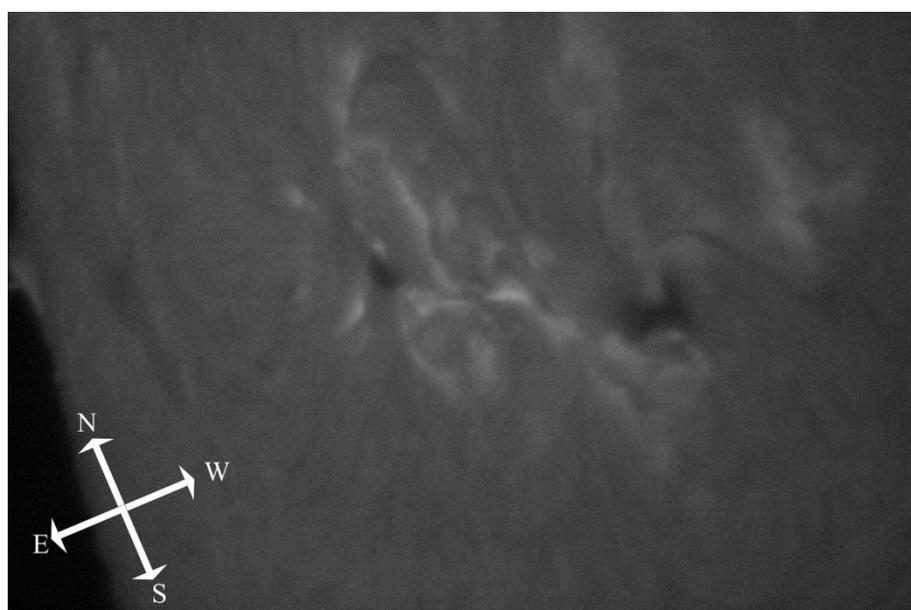


Рис. 6. Активная область 11302, фильтрограмма в H_{α} , полученная на телескопе КГ-1, 12:34 UT, начало вспышки, формирование вспышечных лент

Вторая вспышка в той же активной области произошла через 3 часа после первой, но очень сильно отличалась от нее, прежде всего наличием длительной постэруптивной фазы, о чем можно судить как по потоку мягкого рентгена, наблюдаемого GOES, так и по формированию аркады постэруптивных корональных петель на изображениях, полученных на SDO. Рассмотрим фильтрограммы второй вспышки, полученные автором на телескопе КГ-1.

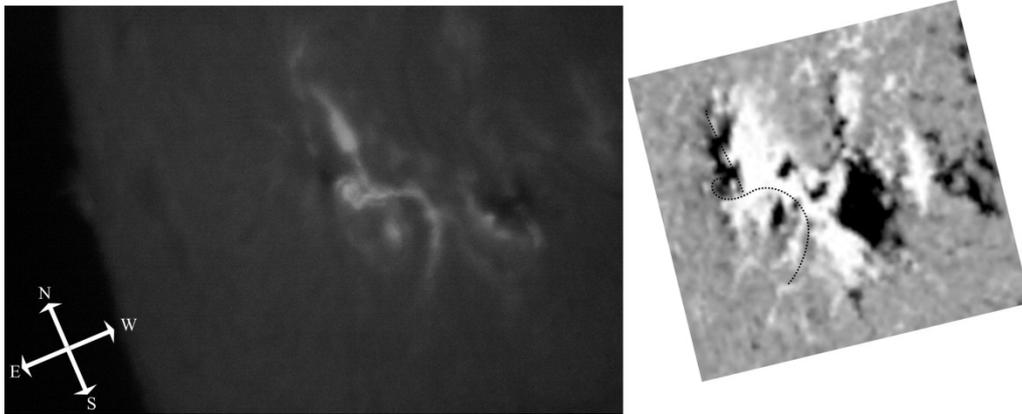


Рис. 7. Слева: активная область 11302, фильтрограмма в H_{α} , полученная на телескопе КГ-1, 12:50 UT, вблизи максимума вспышки в H_{α} . Справа: магнитограмма активной области 11302, полученная SDO/HMI, 24.09.2011 в 12:23 UT в том же масштабе и с той же ориентацией. Черной пунктирной линией схематично обозначено расположение основных вспышечных лент

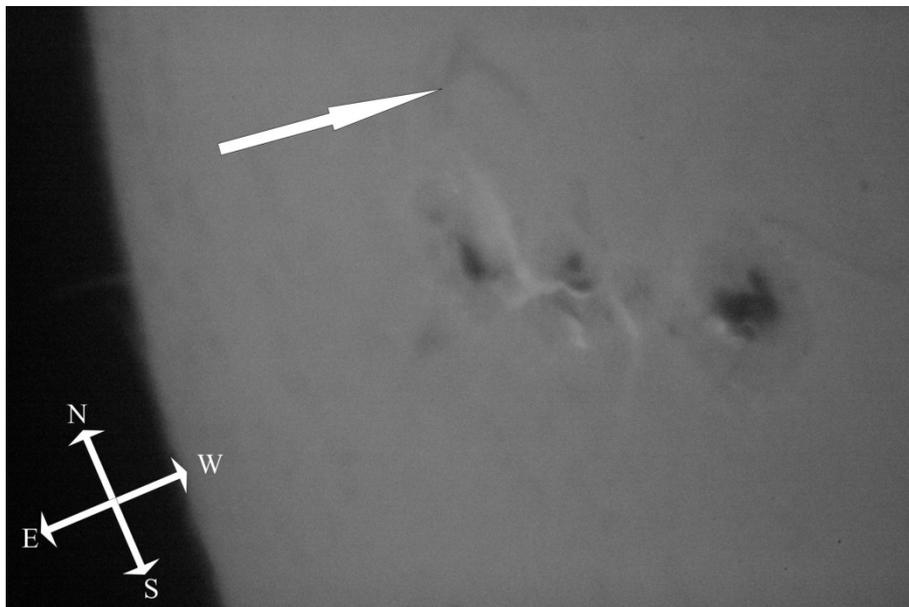


Рис. 8. Активная область 11302, фильтрограмма в H_{α} со сдвигом в синее крыло на 0.5 \AA , полученная на телескопе КГ-1, 13:00 UT, севернее АО виден темный выброс в стороне от вспышечных лент, показан белой стрелкой

Итак, по фильтрограммам, представленным на рисунках 6–8, можно сказать, что вторая вспышка состояла из нескольких лент. Некоторые из них располагались вдоль нейтральной линии магнитного поля.

24 сентября 2011 года...

Результат сравнения вспышек представлен в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение вспышек

	Первая вспышка	Вторая вспышка
H_{α}	Вспышка в форме петли, над пятном. Выброс разорвал петлю. Вспышка компактная, яркая. После выброса быстро затухание.	Многоленточная вспышка. Постепенное начало, долгое затухание. Выброс не затронул вспышку.
GOES	Рентгеновский балл X1.9. Продолжительность около 40 минут.	Рентгеновский балл M7.1. Продолжительность несколько часов.
SDO	Петля была хорошо видна в линиях 211 Å и 193 Å. После вспышки она изменила форму.	Наблюдались вспышечные ленты и постэруптивные корональные петли длительное время после вспышки.
LASCO KBM	Узкий KBM.	Частичное гало. Можно выделить две части.

По данным SOHO/LASCO KBM от первой вспышки был узким, направленным на юго-восток, совпадал с направлением выброса на рис. 8. После второй вспышки KBM был в виде частичного гало, с широким телесным углом от северо-востока до юго-востока, хотя хромосферный выброс был на север. В этом KBM можно выделить две отдельные части: северо-восточную и юго-восточную.

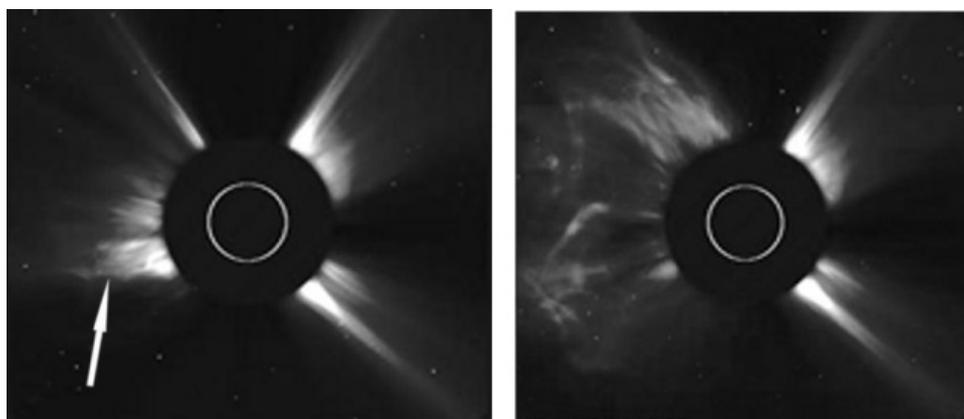


Рис. 9. Слева белой стрелкой показан узкий KBM после первой вспышки, полученный на SOHO/LASCO в 10:24 UT. Справа – KBM от второй вспышки в 13:25 UT в виде частичного гало

По всем представленным данным можно сказать, что сценарии возникновения и развития двух вспышек существенно отличались.

2 Обсуждение

Возможны различные причины разных сценариев двух вспышек в активной области.

1. В первой вспышке выброс происходил в направлении вспышечной петли, выброс мог нарушить условия формирования и развития вспышки. Похожая ситуация была в собы-

тиях июля 2002 года (Шаховская и др., 2006). Во второй вспышке выброс был в другом направлении и не затронул ленты вспышки.

2. Второй вспышке с более продолжительной постэруптивной фазой соответствует более массивный КВМ, согласно наблюдениям SOHO/LASCO. Наличие такой связи показано в работе Шаховской, Ахтемова (2013).
3. Более обширный КВМ во второй вспышке мог быть следствием “каннибализма” КВМ от первой вспышки, особенно его южная часть. Подобная ситуация наблюдалась 14 июля 2005 года, когда КВМ от второй из двух последовательных вспышек был значительно более массивным из-за поглощения первого (Лившиц и др., 2013).
4. Компактные импульсные вспышки обычно возникают вблизи пятен, а ленточные вдоль нейтральной линии (Анталова, Огирь, 1988).

3 Заключение

Наблюдения и анализ двух вспышек 24 сентября 2011 года еще раз подтверждают гипотезу, что механизмы возникновения и развития импульсных и длительных вспышек существенно различаются.

Литература

- Анталова, Огирь (Antalova A., Ogir M.B.) // Publ. Astron. Inst. Czech. Acad. Sci. 1988. V. 39. N. 2. P. 97.
- Лившиц М.А., Осокин А.Р., Шаховская А.Н. // Известия РАН. Сер. физическая. 2006. Т. 70. № 10. С. 1463.
- Лившиц М.А., Белов А.Б., Шаховская А.Н. и др. // Космич. исслед. 2013. Т. 51. № 5. С. 363.
- Шаховская А.Н., Лившиц М.А., Черток И.М. // Астрон. журн. 2006. Т. 83. № 12. С. 1128.
- Шаховская А.Н., Лившиц М.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2007. Т. 103. № 4. С. 181.
- Шаховская А.Н., Лившиц М.А., Черток И.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2008. Т. 104. № 3–4. С. 27.
- Шаховская А.Н., Ахтемов З.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2012. Т. 108. № 1. С. 231.
- Шаховская А.Н., Ахтемов З.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2013. Т. 109. № 1. С. 132.