

НИЖНЯЯ ИОНОСФЕРА И ЗЕМНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Комитов Б.П.¹ и Кафтан В.И.²

¹*Институт астрономии с НАО-БАН, София, Болгария*

²*Геофизический центр РАН, Москва, Россия*

THE LOW IONOSPHERE AND TERRESTRIAL TECTONIC PROCESSES

Komitov B.P.¹ and Kaftan V.I.²

¹*Institute of Astronomy and NAO-BAS, Sofia, Bulgaria*

²*Geophysical Center RAS, Moscow, Russia*

The possible relationships between the low ionosphere conditions and terrestrial tectonic events during high solar activity episodes is a subject of this study. There are observation indications that during such episodes the electric fields between low ionosphere (D and E layers) and Earth's surface and lithosphere could play important role for trigger activation of seismic or volcanic events if the corresponding geodynamic conditions are close to near-critical level. The solar X-ray mega-flare (X9.3) from September 06 2017 and the Mexican earthquake ($M = 8.1$) approximately during the same time are considered in details as an example. The inverse piezoelectric effect is one of most possible physical mechanisms for the explanation of above mentioned relationships. The possibility to use SID-monitor (VLF) data for studying of these phenomena is briefly discussed.

DOI: 10.31725/0552-5829-2022-161-164

1. Введение

В последние годы появляются доказательства о том, что физические каналы триггерного влияния солнечной активности на тектонические процессы Земли (землетрясения и вулканические извержения) с большой вероятностью имеют характер электрических взаимодействий литосферы и нижней ионосферы (слои D и E). Часть из этих взаимодействий, по всей видимости, реализуется посредством геомагнитной активности, вызванной высокоскоростными выбросами солнечной корональной массы (ВКМ) вызывающими флуктуации параметров солнечного ветра вблизи Земли. Обычно временная константа таких связей составляет около 1.5–2 суток. На такой тип взаимосвязи солнечной активности с сильными землетрясениями магнитудой $M \geq 5.6$ косвенно указывают недавно полученные результаты Мартичелли и др. [1]. Однако с другой стороны возможны и физические каналы, при которых эти триггерные эффекты воздействия солнечной активности на земные тектонические процессы основаны на прямом влиянии мощных рентгеновских солнечных вспышек, либо тесно связанных с ними солнечных протонных событий на параметры нижней ионосферы – так называемые «внезапные ионосферные смещения» (SID-

явления; Sudden Ionospheric Disturbances). Это может привести к существенному сокращению временной «константы» триггерного эффекта.

Анализ возможностей изучения связей между параметрами нижней ионосферы и мощными тектоническими явлениями во время эпизодов экстремальной гелио-геофизической обстановки является предметом настоящей работы.

2. Солнечная «мега-вспышка» (X9.3) 06 сентября 2017 года и связанные с ней геофизические явления

Одним из лучших примеров, связанных с тематикой настоящей работы, является солнечная рентгеновская мега-вспышка 06 сентября 2017 года. Её можно считать самым мощным эруптивным событием во время 11-летнего солнечного пятнообразовательного цикла за номером 24 в Цюрихском ряде. Она достигла своей максимальной фазы с интенсивностью X9.3 в момент 12^h03^m (UT). Первопричиной этого события является активная область Солнца AR12673 с кратким номером 2673 (рис. 1 а,б). Однако в предыдущие 48 часов этот регион генерировал также две другие крупные вспышки: умеренно-мощную M5.5 и вторую с показателем X2.2. С этими вспышками связаны солнечные протонные события, которые вызвали радиационную бурю продолжительностью более 48 часов. Она началась около полуночи 05 сентября как слабая (балл S1), ненадолго достигла средней мощности (балл S2), после чего немного ослабела. Однако вспышка X9.3 привела к усилению радиационной бури и получила балл S3 (большая мощность) около полуночи 7–8 сентября. Около 07 сентября UT = 21^h Земли достиг выброс солнечной корональной массы (ВКМ) и началась очень мощная геомагнитная буря ($K_p = 8$). В UT = 23^h49^m произошел мощный сейсмический толчок ($M \approx 8.1$). Его эпицентр находился вблизи тихоокеанского побережья Мексики. Очевидцы сообщили о слабом свечении непосредственно у земной поверхности на высоте нескольких метров. Оно появилось за некоторое время перед толчком и сохранялось во время землетрясения.

Примерно в то же время на удалении ~12000 км от Мексики наблюдалось следующее интересное явление. На рис. 1в показана фотография, сделанная смартфоном 07 сентября в ~20^h местного времени (UT~17^h) в районе населенного пункта Старо Оряхово, (область Варна, Болгария) 6 сентября 2017 года, около четырех часов до начала геомагнитной бури. Серыми стрелками показано свечение вблизи земной поверхности, по всей видимости, это «коронный разряд», который иногда наблюдается у высоковольтных электролиний. Для возникновения свечения такого типа необходима интенсивность электрического поля порядка $E \geq 500$ вольт/м. В метеорологическом отношении погода была спокойной, ясной. По нашему мнению это явление никак не связано с геомагнитной бурей (которая началась позже), но скорее всего, вызвано вариациями параметров нижней

ионосферы в результате солнечной вспышки и повышенного потока солнечных протонов высокой энергии ($E \geq 10$ MeV). Надо отметить, что в отличие от тихоокеанского побережья Мексики, район Старо Оряхово слабо сейсмичен. Случаи появления подобного свечения в указанном районе зарегистрированы также ранее 2017 года. Относительно более полная информация имеется о подобном событии от 6 мая 2015 года. Оно совпадает по времени с активной космической погодой, обусловленной солнечной вспышкой M1.9.

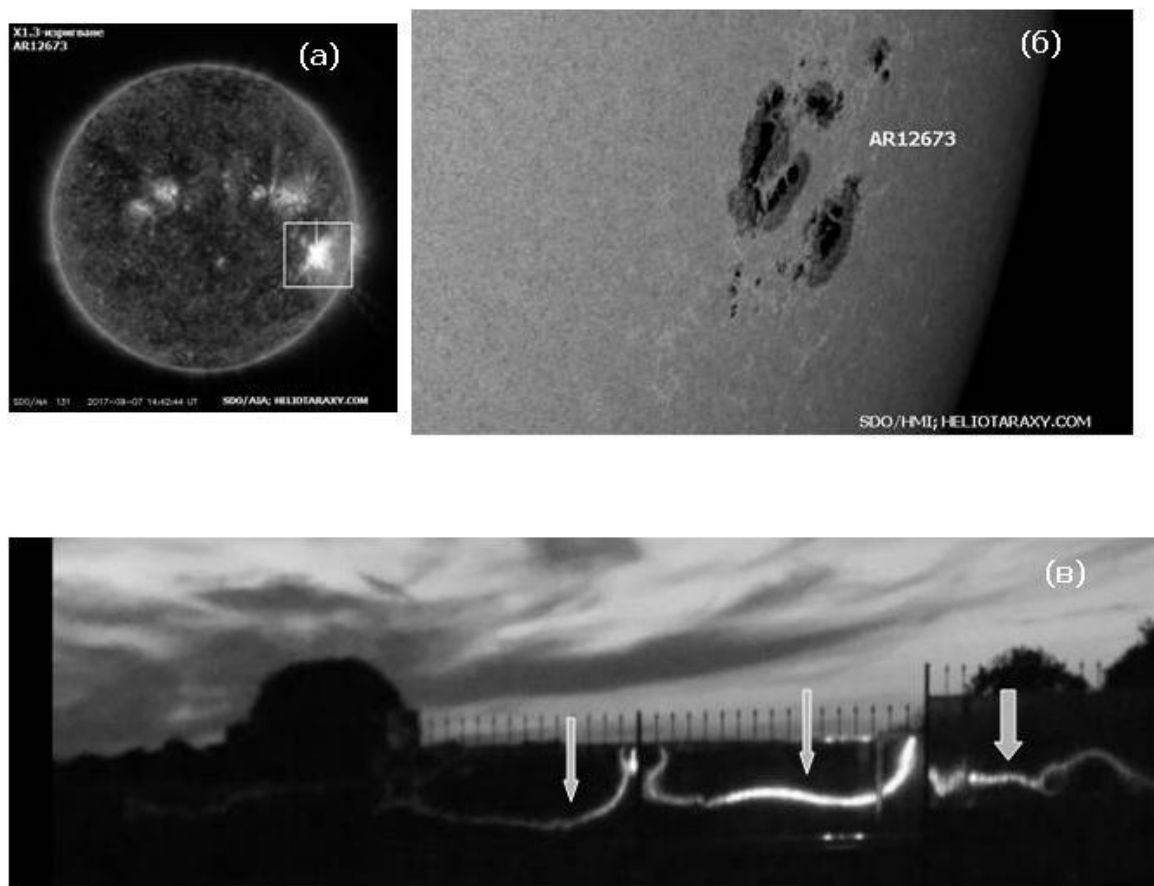


Рис. 1.

3. Дискуссия

Случаи наблюдения приземного свечения во время проявлений активной космической погоды достаточно редки. Эти явления могут быть связаны также с дополнительными факторами (характеристиками рельефа земной поверхности, минеральным составом горных пород, строением литосферы, метеорологическими условиями и т.п.). Поэтому они могут наблюдаться в достаточно редких случаях во время триггерной активизации тектонических событий, и не обязательно в тектонически активных районах. Скорее всего, они являются сопутствующими явлениями солнечно-тектонических триггерных эффектов. Однако эти случаи приземного свечения, по нашему мнению, являются индикаторами возникновения или

усиления интенсивности электрических полей взаимодействия между земной поверхностью и нижней ионосферой во время эпизодов активной космической погоды. Это может происходить из-за изменения параметров слоев D и/или E за счет рентгеновских солнечных вспышек, или солнечных протонных событий, что привело бы к изменениям электрического потенциала между ионосферой и земной поверхностью. Если данный район характеризуется блоковой неоднородностью литосферы, где накоплены упругие тектонические напряжения, дестабилизация электрического взаимодействия ионосферы с земной поверхностью может сыграть роль триггера возникновения землетрясения или вулканического извержения. Вероятным физическим механизмом такого триггерного воздействия может быть обратный пьезоэлектрический эффект [1–3].

Имея ввиду характер явлений, являющихся предметом исследований настоящей работы, мы считаем, что весьма полезным источником информации является база данных SID-явлений Национального агентства по океану и атмосфере США (<ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/ionospheric-data/sids/reports>). Она содержит наблюдательные данные нескольких десятков станций, регистрирующих абсорбцию или отражение низкочастотных радиосигналов (VLF) от нижней ионосферы в диапазоне 5–50 kHz. Данные охватывают интервал 1958–2014 гг. В качестве дополнительного источника нами будут также использованы наблюдения на частоте 24 kHz при помощи SID-монитора за 2012–2017 гг. в Народной астрономической обсерватории им. Юрия Гагарина в г. Стара Загора, Болгария.

Литература

1. *Martichelli V., Harabaglia P., Troise C., De Natale G.* On the correlation between solar activity and large earthquakes worldwide // *Sci. Reports, Open Access*, 2020, doi.org/10.1038/s41598-020-67860-3
2. *Комитов Б., Кафтан В.* 2019, Анализ временного среднегодовых значений общепланетарного вулканического индекса (VEI) за последние ~400 лет. О возможной связи с солнечной и геомагнитной активностью / XXIII Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца, «Солнечная и солнечно-земная физика – 2019», (7–11 октября 2019, ГАО Санкт-Петербург) с. 229-232. DOI:10.31725/0552-5829-2019-229-232
3. *Комитов Б.П., Кафтан В.И.* Солнечная активность, вулканизм и климат / XXV Всероссийская конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2021» (4–8 октября 2021, ГАО РАН, Санкт-Петербург), с. 165-168. DOI: 10.31725/0552-5829-2021-165-168.