ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ. КОСМОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ. II.

Василенко Т.А.¹, Довбнич М.М.², Кириллов А.К.³, Мендрий Я.В.²

¹Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

²НТУ «Днепропетровская политехника», Днепр, Украина

³Институт физики горных процессов НАН Украины, Днепр, Украина

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF EMERGENCY EVENTS IN COAL MINES. COSMOPHYSICAL ASPECTS. II.

Vasilenko T.A.¹, Dovbnich M.M.², Kirillov A.K.³, Mendrii I.V.²

¹St. Petersburg's Mining University, St. Petersburg, Russia

²National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine

³Institute for Physics of Mining Processes, NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine

The method for calculation of the attributes of the wave field obtained during 3D seismic exploration (coherence and curvature) allows identification of the zones of low-amplitude tectonic disturbances of the massif where the accidents have occurred.

Based on a detailed analysis of the space weather, the conclusion is made that according to the results of the studies of the events in the Krasnolimanskaya mine (Ukraine), the temporary localization of accidents is caused by active processes in the solar atmosphere, near-Earth space and ionosphere. Quasiperiodic oscillations were revealed in the power spectrum of the time series of the neutron monitor data, which correspond to the natural mechanical oscillations of the Earth.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-33-36

В первой части нашего исследования [1] представлены результаты, полученные 3-D методикой, обеспечивающей высокую чувствительность при регистрации мелкоамплитудных нарушений в угольных пластах сейсмоакустическими методами [2]. Совместный анализ локализации аварий, спектров мощности потока галактических космических лучей и факторов «космической погоды» позволил связать моменты аварии на шахте Краснолиманская (Донецкий угольный бассейн) 26-27.10.2015 г. и временные изменения событий в атмосфере Солнца, межпланетном пространстве, магнитосфере и ионосфере Земли с возмущениями литосферы.

На втором этапе исследования связи аварийных ситуаций на полях шахты Краснолиманская с факторами солнечной погоды в 2007 и 2008 гг. обращается внимание на вариации периодических составляющих в спектрах мощности потока галактических космических лучей (ГКЛ) в свете концепции собственных механических колебаний Земли.

Авария 23.05.2008, которая привела к гибели 11 горняков, произошла согласно атрибутам 3D сейсмического зондирования в точке минимума

когерентности и максимума интенсивности скалывающих (сдвиговых) напряжений угольного пласта l_3 (рис. 1а). Именно здесь обнаружена область нарушения пласта и скопления метана.

Рис. 1. Срез когерентности сейсмоакустического сигнала ш. Краснолиманская на уровне пласта l_3 . Символом $\diamond$ отмечено место аварии 23.05.2008 (а); График 3-х часовых значений индекса K_p и a_p с 20.05.2008 по 28.05.2008. (ISGI, Strasbourg, France)

Наблюдалось совпадение аварии по времени с повышенной геомагнитной активностью (рис. 1б). В интервале рассматриваемых квазипериодических составляющих флуктуаций ГКЛ 22–23 мая и 25–26 мая наблюдались процессы перекачки энергии от низкочастотных компонент ($P = 84$ мин) к высокочастотным ($P = 14$ и 9 мин). То есть, вариации периодов квазипериодических колебаний показаний нейтронного монитора (Oulu, Finland) свидетельствует о возможных газодинамических явлениях в угольном пласте, связанных с реакцией литосферы на вариации геомагнитного поля и состояние ионосферы. Возможно, колебания с периодом 84 мин вызваны перестройкой магнитного поля и вспышечной активностью в атмосфере Солнца 22 мая. Увеличение мощности длиннопериодных колебаний 25–26 мая в спектре нейтронного монитора вызваны выходом активной области (AR10997) на центральный меридиан, когда она стала наиболее геоэффективной. Среди периодических составляющих можно выделить компоненты, соответствующие модам собственных колебаний Земли $P < 1$ час, и сейсмо-гравитационным колебаниям $P > 1$ час [3, 4].

Авария 9.05.2007 произошла в 5:40 на шахте «Краснолиманская» на горизонте 900 м в 7-й южной лаве пласта k_5 . В результате взрыва метано-воздушной смеси получили ожоги 14 шахтеров, 4 человека скончались. Выброс метана с последующим возгоранием произошел в момент, близкий к моменту восхода Солнца, и совпал по времени с прохождением активной области AR10955, которая находилась на геоэффективных долготах вблизи центра диска Солнца. Согласно данным GOES одна из рентгеновских вспышек практически совпала с моментом выброса метана и его возгоранием. В этот день также произошла смена полярности секторной структуры ММП с отрицательной на положительную. Скорость солнечного ветра оставалась на уровне 600 км/с. (рис. 2).

Рис. 2. Скорость солнечного ветра 5–11 мая 2007 г. по данным ИСЗ ACE

При более детальном рассмотрении удалось в спектрах мощности ГКЛ выделить низкочастотные компоненты квазипериодических колебаний, которые были соотнесены с собственными механическими колебаниями Земли.

5 мая. Наиболее мощной компонентой в спектре мощности оказалась мода ${}_2S_1$ собственных сфероидальных сейсмических колебаний Земли с периодом $P = 41$ мин. Следующим по мощности является пик с $P = 26$ мин, который совпадает с периодом гармоники ${}_0S_2$. Остальные пики также соответствуют периодическим составляющим, наблюдаемым в процессах различной природы [3].

6 мая. Самые высокие пики в спектре мощности имеют периоды $P = 128$ и 30.6 мин. Однако наблюдается основная мода сфероидальных колебаний Земли ${}_0S_2$ с периодом 57 мин.

7 мая. Наиболее мощные компоненты относятся к $P = 102$ и 16 мин. Компоненты с периодами, близкими к 55 и 30 мин, сохранились в спектре мощности. Именно в этот день начался рост скорости солнечного ветра, который продолжался и 8 мая.

8 мая. Появилась низкочастотная компонента колебаний с квазипериодом 292 мин. Наиболее мощный пик имеет $P = 20.5$ мин в высокочастотной области спектра, несмотря на первоначальное сглаживание временного ряда. Основная мода сфероидальных собственных колебаний Земли ${}_0S_2$ отсутствует в спектре. Появились пики, которые можно сопоставить с крутильными колебаниями Земли ${}_0T_2$ и ${}_0T_4$, имеющими периоды 44.2 и 21.7 мин соответственно.

9 мая. Мощность самых низкочастотных колебаний снизилась по сравнению с 8 мая. Наиболее мощный пик приходится на $P = 78$ мин. Основная мода собственных крутильных колебаний Земли ${}_0T_2$ с периодом $P = 46$ мин и мода ${}_0T_4$, имеющая период $P = 22.5$ мин, сохранились в спектре мощности показаний нейтронного монитора.

10 мая. Этот день является наиболее спокойным по данным солнечной и геомагнитной активности. Ни одной вспышки в рентгене не наблюдалось. В спектре колебаний показаний нейтронного монитора выделяются периоды, которые можно соотнести с модами сфероидальных собственных колебаний Земли ${}_0S_4$ с $P = 25.8$ мин и модой ${}_0T_2$ крутильных колебаний с

$P = 44$ мин. Первая из них имеет наибольшую высоту пика в спектре мощности, несмотря на сглаживание исходного временного ряда.

11 мая. Через два дня после события в шахте установился режим, когда в спектре показаний монитора наблюдались колебания с периодами, не превышающими $P = 102$ мин. Эта компонента и более высокочастотная с $P = 22$ мин являются самыми мощными в спектре. Остальные можно отнести к модам сфероидальных собственных колебаний Земли, включая основную моду ${}_0S_2$. Пик с $P = 22$ мин можно отнести к моде ${}_0T_4$ крутильных собственных колебаний Земли.

Авария на шахте Краснолиманская произошла ранним утром 9 мая 2007 г. незадолго до восхода Солнца (около 20 мин). Внутрисуточная временная локализация аварийных событий в значительной мере обусловлена внешними факторами. Одним из таких триггеров выступает возмущенность электромагнитного фона, обусловленная состоянием ионосферы [5]. В данном случае имеются основания предположить, что выброс метана совпал по времени с прохождением терминатора – границы освещенности Земли Солнцем. Такие явления наблюдаются как в высокочастотной области при ухудшении прохождения УКВ волн при дальней радиосвязи, так и в области низкочастотных шумановских колебаний [6]. В утренние часы наиболее резко происходит изменение концентрации электронов в ионосфере по сравнению с вечерним временем после захода Солнца.

Выводы

Весь комплекс событий “космической погоды”, рассмотренных в нашем исследовании, позволяет утверждать, что вариации потока ГКЛ, измеряемых с помощью нейтронного монитора, обусловлены событиями в солнечной атмосфере, межпланетном пространстве и магнитосфере Земли. Тем более что в день аварии 9.05.2007 г. произошла смена полярности ММП. Наблюдаются компоненты, которые можно отнести к собственным сейсмическим колебаниям Земли. Происходила эволюция собственных механических колебаний Земли от сфероидальных компонент к крутильным в процессе прохождения возмущениями межпланетной среды земной орбиты.

Литература

1. Василенко Т.А. и др. XXIII Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2019». Труды. СПб, 2019. С. 71-74.
2. Довбнич М.М., Мендрий Я.В., Вукотсенко И.А. // Geoinformatica, 2012, № 1(41), 32-38.
3. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. // Биофизика, 2015, 60(2), 395–410.
4. Shved G.M., Petrova L.N., Polyakova O.S. // Annales Geophysicae, 2000, № 18, 566-572.
5. Sorokin V.M., Yashchenko A.K., Novikov V.A. // Earthquake Science, 2019, 32, 26–34.
6. Николаенко А. // Радиофизика и электроника, 2007, 12(2), 345-355.