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

I. АВАРИЯ НА ШАХТЕ КРАСНОЛИМАНСКАЯ В 2015 Г.

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.**

I. THE FAILURE AT THE KRASNOLIMANSKAYA MINE IN 2015 Y.

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 problems of initiation of accident situations in the course of coal mining are considered by the example of the Krasnolimanskaya mine (Ukraine). A method for calculation of the attributes of the wave field obtained during 3D seismic exploration (coherence and curvature) is proposed. The method allows identification of the zones of low-amplitude tectonic disturbances where the accidents have occurred.

The spatial localization of gas-dynamic phenomena associated with sudden gas emissions is determined by the disturbance of the coal-bearing massif. 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, the temporary localization of accidents is caused by active processes in the solar atmosphere, near-Earth space and ionosphere. These events can be recorded by space means in the X-ray and UV spectral ranges (GOES, MDO) and ground-based methods (neutron monitors, ionosondes, GPS - systems).

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-71-74

Авария произошла в выработанном пространстве первой западной лавы на вентиляционном ходе засбросовой части угольного пласта l_3 . В момент аварии 26.10.2015 г. в 11:50 UT разрушена глухая перемычка и начался пожар. Была начата ликвидация аварии. Однако 27.10 в 15:55 UT произошел взрыв метана, в результате которого были травмированы трое горноспасателей, один из которых смертельно. Согласно отчету госкомиссии и [1], причиной аварии и группового несчастного случая явилась активизация тектонических процессов в зонах малоамплитудных геологических нарушений, вызвавшая непрогнозируемое внезапное интенсивное импульсное выделение метана и взрывы метановоздушной смеси. Источник воспламенения метана – трение песчаника о песчаник в зонах геологических нарушений во время активизации тектонических процессов, которое инициировало обрушение пород.

Пространственная локализация событий

Расположение аварийного участка в поле пласта l_3 (рис. 1) не случайно, поскольку оно связано с нарушенностью пласта. Одним из методов прогноза мелкоамплитудных нарушений угольных пластов, показавшим большую эффективность, является прогноз скоплений свободного метана в коллекторах разрабатываемых угольных месторождений геофизическими методами. Получила широкое применение «Методика исследований зон трещиноватости по сейсмическим атрибутам: когерентности и кривизны волнового поля» (усовершенствована Я. Мендрий) [2]. Особенностью предлагаемой 3-D методики является ее высокая чувствительность при регистрации мелкоамплитудных нарушений сейсмоакустическими методами. С помощью атрибута кривизны удастся вычислить значения максимальных сдвиговых (скалывающих) напряжений и локализовать зоны наиболее опасные по внезапным выбросам метана. Применение данной методики на полях ш. Краснолиманской при анализе причин аварий, приведших к гибели шахтеров в 2007, 2008 и 2015 гг., показало эффективность данной методики. Локализация аварии 26-27.10.2015 г. (рис. 1) соответствует зоне максимальных когерентностей и кривизны.

Рис. 1. Аварийный участок 26–27.10.2015 г. на совмещенных планах горных работ с: (а) атрибутом волнового поля когерентности и (б) интенсивностью скалывающих напряжений.

Временная локализация

Исследование временного аспекта основано на исследовании корреляции данной аварийной ситуации с космофизическими факторами за период 24-28.10.2015 г., которое проводилось по методике, предложенной ранее [3]. В первую очередь анализировались спектры мощности колебаний показаний нейтронного монитора (Oulu, Finland) с разрешением по времени 1 минута и расположенного практически на одном меридиане с Донбассом. Использовался сглаживающий фильтр с окном Хемминга. Одноминутные исходные данные разбивались на каждые сутки от 00:00 до 23:59 UT. В дальнейшем анализировались спектры мощности, вычисленные из этих рядов, а также сглаженные по пяти точкам. При оценке значимости квазипериодических компонент использовался критерий 3σ . Спектры мощности похожи на спектры, характерные для белого шума. Однако можно выделить некоторые закономерности их изменения.

Как следует из рассмотрения спектров мощности, происходило перераспределение основных компонент колебаний за период 24-28.10. 24 октября наблюдалась самая короткопериодическая компонента колебаний с периодом 24 мин. 26.10 также присутствовали только колебания с периодами меньше 13 мин. Однако уже 27-го, когда произошел взрыв метана, вновь появилась компонента с периодом 24.3 мин. 28.10 наблюдались гармоники с периодами 26 и 15 мин. Следует отметить, что до момента регистрации пожара в 12:25 UT на Солнце произошли слабые рентгеновская вспышка C2.1 в 10:21 UT с последующим выбросом корональной массы в 10:28 UT (рис. 2). Зарегистрированы радиовсплески типа III и VI. Более высокая активность наблюдалась на Солнце в день, когда произошел взрыв метана - 27.10.2015.

Рис. 2. Поток рентгеновского излучения Солнца по данным спутников GOES.

Согласно Space Weather Prediction Center, начиная с 11:06 UT началась вспышка в рентгене балла C1.5, зафиксированная спутником GOES-15. Вторая, более мощная вспышка C3.2 достигла максимума развития в 14:29 UT. Следующая вспышка балла C2.3 достигла максимума в 15:48 UT и сопровождалась радиовсплеском класса III/2 (рис. 2).

Взрыв метана на аварийном участке произошел через три минуты после окончания этой вспышки в 15:52 UT. Такие всплески рентгеновского излучения не могли не отразиться на состоянии земной ионосферы. Позже были зарегистрированы всплески радиоизлучения типа VI и III и развитие хромосферной вспышки балла 1F. На следующий день, 28.10, произошла смена полярности ММП типа +/-.

Ионосферные данные

Сравнение спектров колебаний показаний нейтронного монитора OULU и полного содержания электронов (TEC), измеряемого GPS-системами наблюдений искусственных спутников Земли [4], выявило соответствие основных периодов вариаций TEC и спектральных составляющих квазипериодов в показаниях нейтронного монитора. Наблюдается совпадение моментов начала вспышек в рентгене по данным ИСЗ GOES и существенных изменений TEC в ионосфере на трассе прохождения спутников над геофизической обсерваторией в Михнево (ИДГ РАН). 26.10.2015 ярко выражены квазипериодические колебания с периодами, наблюдаемыми в показаниях нейтронного монитора: 41, 22 мин и др. (рис. 3а). Колебания с периодом, близким к 15 мин., являются преобладающими по мощности в высокочастотной области спектра показаний нейтронного монитора. Смена режима вариаций TEC произошло утром 26.10.2015, что

следует из данных GPS приемника для спутника № 22. Максимальное значение в ТЕС (12:15) произошло накануне регистрации пожара в шахте (12:30 UT), которое совпало с радиовсплеском солнечного радиоизлучения типа III. На следующий день (27.10.2015) наблюдались квазипериодические колебания ТЕС с периодами, близкими к тем, что выявлены в спектре показаний нейтронного монитора. Наиболее мощные из них имели квазипериоды 85 и 24 мин. Отклик на рентгеновскую вспышку балла С3.2 в ионосфере выражен максимумом ТЕС в 14:40 UT (рис. 3б). В момент внезапного выброса метана в шахте произошел резкий скачок ТЕС, совпавший по времени с максимумом вспышки балла С2.3 и выбросом волокна в атмосфере Солнца (S14W69).

Рис. 3. Вариации ТЕС 26.10.2015 (а) и 27.10.2015 (б).

Анализ факторов “космической погоды” позволил сделать вывод о неслучайности локализации в пространстве и во времени аварийных событий. В рамках “триггерной модели” инициирования землетрясений [5], аварию вполне можно объяснить тектоническими процессами на полях ш. Краснолиманской, возникшими как следствие отклика литосферы на возмущения со стороны факторов “космической погоды”. Спектральные характеристики флуктуаций потока космических лучей являются индикатором набора квазипериодических процессов, пронизывающих все слои геосферы. Изменение спектральных характеристик является показателем активизации возмущений, происходящих в межпланетной среде, магнитосфере, ионосфере, приземной атмосфере и литосфере при воздействии внешних факторов космофизического происхождения.

Литература

1. Минеев С. П. и др. // Уголь Украины, 2016, № 9-10, 14-22.
2. Довбнич М.М., Мендрий Я.В., Витосенко И.А. // Geoinformatica, 2012, № 1(41), 32-38.
3. Kirillov A.K., Kirillova N.G. / Актуальные проблемы современного естествознания. Материалы 3-й Межд. конф. ИНТЕРНАС'2007 22-25 мая, 2007, Калуга, Россия. – Изд. КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2007. - С. 93-97.
4. Эл. ресурс: idg-comp.chph.ras.ru/~mikhnevo/data/iono/
5. Сорокин В.М., Яценко А.К., Новиков В.А. / V Межд. конф. “Триггерные системы в геосистемах”: Тезисы докладов, Москва 4 - 7 июня 2019. - М.: ГЕОС, 2019. - С. 192.