

GLE alert и оценка SEP спектра по данным нейтронных мониторов in real time.

Прогноз и оценка потока высокоэнергичных протонов солнечных вспышек может быть сделаны, когда на Земле также наблюдаются наземные возрастания (GLE – Ground Level Enhancement), что свидетельствует о том, что поток солнечных частиц содержит также частицы существенно больших энергий. Действительно, определив по данным наземных станций космических лучей спектры частиц ответственных за GLE возрастания, можно оценить спектры высокоэнергичных протонов, в частности протонов > 100 MeV, за пределами магнитосферы фактически за несколько десятков часов. Однако для автоматического запуска соответствующих программ и решения этой задачи в реальном времени, нужно иметь алертный сигнал, указывающий на начало наземного GLE возрастания. Итак, возникает три последовательные задачи:

- a) формирование алертного сигнала,
- b) запуск процедуры определения спектра солнечных протонов,
- c) оценка временного профиля протонов >10 и > 100 MeV за пределами магнитосферы

2. Критерий формирования GLE Alert сигнала для каждой станции и общего сигнала.

Выбор базового периода. Нами принято при формировании GLE данных в качестве базового периода выбирать первый полный часовой интервал, предшествующий возрастанию, т.е. временная задержка базового периода и текущим моментом переменная и меняется от 0 до 60 минут. Если же будет установлено, что началось возрастание, то базовый период остается постоянным до завершения регистрируемого наземного возрастания.

Выбор порогового уровня и критерия формирования алертного сигнала. Выбор уровня отбора событий при формировании алертного сигнала очень важен и критичен. Стремление понизить уровень отбора (например, 2.5σ) создает проблемы с ложными событиями. Выбор же высокого уровня отбора (например, 5σ) приводит к пропуску небольших по амплитуде событий GLE. Действительно, статистическая точность минутных данных нейтронного монитора 18NM64, которые составляют большинство, около 1%. Нами выбран уровень отбора 3%.

Выбор временного разрешения используемых данных.

Выбор временного разрешения для используемых данных тесно связан с выбором порогового уровня. При выборе порогового уровня в 3σ , мы базировались на данных минутного разрешения.

Выработав алертный сигнал по данным каждой станции, на следующем этапе стоит задача объединить эту информацию и выработать общий сигнал. Может случиться, что при небольших и достаточно анизотропных наземных возрастаниях, на части станций не будет выделен алертный сигнал. Поэтому при выработке общего сигнала АЛЕРТ необходимо использовать достаточно мягкие условия, чтобы учесть возможную ситуацию возможных анизотропных наземных возрастаний. Анализ ретроспективных событий показал, что при генерации общего сигнала АЛЕРТ достаточно иметь алертный сигнал на 60% рассматриваемых станциях. Это подтвердилось на 12 исследованных нами событий без формирования ложного сигнала. Возможны и другие критерии формирования общего сигнала АЛЕРТ.

3. Данные каких станций используются при формировании GLE Alert сигнала в реальном времени. Для формирования алертного сигнала достаточно использовать данные нескольких (4-6) высокоширотных станций равномерно расположенных по долготе. Для

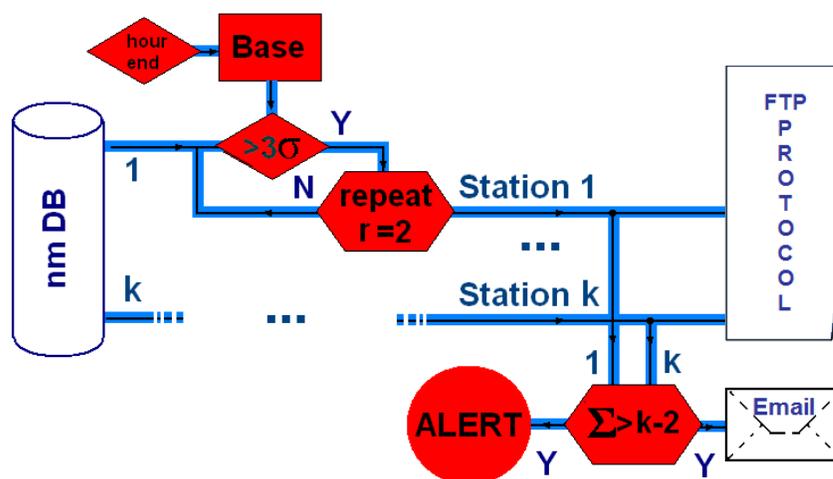
надежного определения спектра GLE необходимо дополнительно включить среднеширотные и даже экваториальные станции. В зависимости от используемой модели это может быть от 10 до всех станций, публикующие данные режиме реального времени.

4. Автотестирование системы GLE Alert

Рассматриваемые события очень редкие, поэтому необходимо предусмотреть непрерывное тестирование программных и аппаратных средств. С этой целью стартует два экземпляра программы. Первый анализирует реальные данные, а второй использовался для тестирования системы. В текущей дате год замещался годом, в котором в текущий месяц наблюдалось GLE. В итоге в течение года второй экземпляр программы будет ежемесячно генерировать тестовый алертный сигнал в соответствии с таблицей 2, where the number of GLE in each month is presented for the former years.

Таблица 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
069	059	060	061	057	51-53	059	064	042	065	067	070
2005-01/20	2000-07/14	2001-12/26	2001-04/18	1998-05/06	1991-06/11; 1991-06/15; 1992-06/25	2000-07/14	2002-08/24	1989-09/29	2003-10/28	2003-11/02	2006-12/13

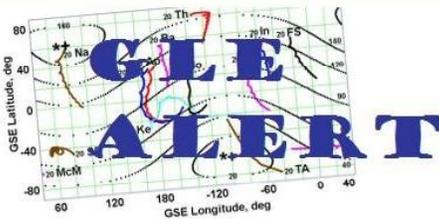
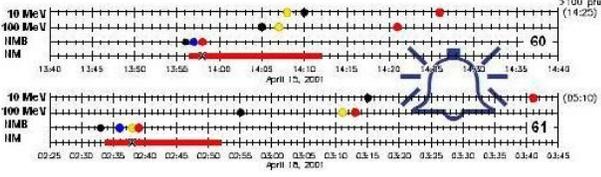


Блок – схема системы выработки алертного сигнала протонного возрастания.

5. LAB Exercise: GLE alert по данным сети нейтронных мониторов in real time.

	Этап	Результат
1	Общее ознакомление с ресурсом http://cr0.izmiran.ru/GLE-AlertAndProfilesPrognosing/index.htm	Главная страница сайта.
2	Посмотреть результат ALERT анализа 2	RESULT of the GLE Alert for the last 12 minutes.
3	Посмотреть результат расчета спектра GLE 3	Результат расчета спектра GLE по ретроспективным данным.
4	Подписка и ее отмена на автоматическую рассылку на начало события 1	Диалоговое окно подписки и руководство.

5	Протокол программы (real time)	4	Список для изучения.
6	Протокол программы (retro)	5	Список для изучения.
7	Other Version of ALERT system established at Athens University	6	Version of Athens University.
8	Last Xray+GLE+Protons EVENTS And Full List of GLE	7	List of GLE и Xray, Protons EVENTS.
9	Real Time parameters of Space Weather	8	Изучение сайта.
10	NOAA Space Weather Alerts	9	Изучение ресурса.
11	NOAA Space Weather Scales	10	Изучение ресурса.
12	Примеры кода на Perl для решения задачи поиска солнечных нейтронов	11	Изучение ресурса.
13	Обзор литературы по тематике	12	Изучение ресурса. Изучить и обсудить работу ” A real-time search for solar neutron events in the data of high-altitude neutron monitors”

[Comment \(Eng\)](#) [Comment \(Rus\)](#)

Subscription of automatic ALERT mail messages, and the last 10 messages [here](#) ①

RESULT: ALERT ② [Solar CR SPECTRUM](#) and [Description](#) ③
 Details see here:
[Protocol of working programm Real Time ALERT](#) ④
[Protocol of working programm Retro Time ALERT](#) ⑤

[Other Version of ALERT system established at Athens University](#) ⑦ ⑥
[Last Xray+GLE+Protons EVENTS And Full List of GLE](#)

[Real Time parameters of Space Weather \(Relevant Data\)](#) ⑧
[NOAA Space Weather Alerts](#) ⑨
[NOAA Space Weather Scales](#) ⑩

[Examples of Code](#) ⑪
[Publications](#) ⑫

References

- [1] Anashin V., Belov A., Eroshenko E., Krjakunova O., Mavromichalaki H., Ishutin I., Sarlanis C., Souvatsoglo G., Vashenyuk E. and Yanke V., "The **ALERT signal of ground level enhancements of solar cosmic rays: physics basis, ways of realization and development**", Proc. 31th ICRC, Lodz, ID 1104, 2009.
- [2] Dorman, L., Zukerman, I. **Initial Concept for Forecasting the Flux and Energy Spectrum of Energetic Particles Using Ground-Level Cosmic Ray Observations**. Adv. Space Res., 31, 925-932, 2003.
- [3] Dorman L., L. Pustil'nik, A. Sternlieb, and I. Zukerman, "Using ground-level cosmic ray observations for automatically generating predictions of hazardous energetic particle levels", *Adv. Space Res.*, 31, 847-852, 2003.
- [4] Dorman L.I., L.A.Pustil'nik, A. Sternlieb, I.G. Zukerman, A.V. Belov, E.A. Eroshenko, V.G. Yanke, H. Mavromichalaki, C. Sarlanis, G. Souvatzoglou, S. Tatis, N. Iucci, G. Villaresi, Yu. Fedorov, B. A. Shakhov, M. Murat, "Monitoring and Forecasting of Great Solar Proton Events Using the Neutron Monitor Network in Real Time", IEEE Transactions on Plasma Science, 32, No 4, 1478-1488, 2004.
- [5] Mavromichalaki H., Gerontidou M., Mariatos G. Planaki C, Papaioannou A., Sarlanis C., Souvatzoglou G., Belov A., Eroshenko E., Yanke V., Tsitomenas S., "Space Weather Forecasting at the New Athens Center: The Recent Extreme Events of January 2005", IEEE Transactions on nuclear science, vol. 52, No 6, December 2005.
- [6] Kuwabara T., J. W. Bieber, J. Clem, P. Evenson, R. Pyle, "Development of a GLE Alarm System Based Upon Neutron Monitors", Space Weather, vol. 4, S08001, doi:10.1029/2005SW000204, 2006.
- [7] Souvatzoglou, G., Mavromichalaki, H., Sarlanis, C., Mariatos, G., Belov, A., Eroshenko, E., Yanke, V. **Real-time Alert in the ANMODAP Center for December 13, 2006**. Adv. Space Res., doi:10.1016/j.asr.2008.09.018, 2008.
- [8] Mavromichalaki H., Souvatzoglou C., Sarlanis C., Mariatos G., Papaioannou, A., Belov A., Eroshenko E., Yanke V., **Using the real-time Neutron Monitor Database to establish an Alert signal**, Proc. 31th ICRC, Poland, ID 0000, 2009.
- [9] GLE Alert: <http://cr0.izmiran.ru/GLE-AlertAndProfilesPrognosing>
- [10] Archive SPIDR Data Base, available from <http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr/index.jsp>
- [11] Archive GLE Data, available from ftp://cr0.izmiran.ru/COSRAY!/FTP_GLE
- [12] Real Time X ray (1-8 A°), available from <http://www.sec.noaa.gov/ftpdirelists/xray>
- [13] Real Time Proton Data (>10 MeV and >100 MeV), available from <http://www.sec.noaa.gov/ftpdirelists/particle> .
- [14] NOAA Space Environment Center Website, available from <http://www.sec.noaa.gov/alerts/index.html>.
- [15] NOAA Space Weather Scales <http://www.sec.noaa.gov/NOAAScales/index.html>
- [16] Souvatzoglou, G., Mavromichalaki, H., Sarlanis, C., Mariatos, G., Belov, A., Eroshenko, E., Yanke, V. **Real-time Alert in the ANMODAP Center for December 13, 2006**. Adv. Space Res., 43, 728-734, 2009.
- [17] H. Mavromichalaki, G. Souvatzoglou, C Sarlanis, G. Mariatos, A. Belov, E. Eroshenko, V. Yanke, R. Pyle, **Statistical analysis of the real-time GLE Alert system at the ANMODAP center**, Proc. FORGES 2009.