

Предсказание радиационных и геомагнитных бурь с использованием установок высокогорных станций на г.Арагац.

Бабаян В., Бостанджян Н., Геворкян Н., Казарян С., Карагеозян Г., Царунян С., Мелкумян Л.,
Ованнисян А., Овсепян Г., Сохойн С., Чилингарян А.

Отдел Физики Космических Лучей, Ереванский Физический Институт, Ереван 375036, Армения

Аннотация

Исследования вариаций интенсивности космических лучей (КЛ), связанных с солнечными вспышками (СВ) и корональными эжекциями массы (КЭМ), позволяют получать информацию о динамике развития солнечных циклов, процессах ускорения частиц на Солнце, динамических процессов взаимодействия потоков солнечного ветра с галактическими космическими лучами (модуляция ГКЛ) и с геомагнитным полем. Изучение этих процессов играет решающую роль в прогнозировании "космической погоды".

В настоящей работе мы обсуждаем возможности исследования высокоэнергетичных солнечных событий (ВСС) и модуляционных эффектов ГКЛ, установками Арагацской Обсерватории Космических Лучей (АОКЛ), и приводим предварительные результаты анализа предшественников магнитных бурь (МБ).

1 Введение

ВСС представляют опасность для орбитальных спутников и людей находящихся в открытом космосе. В работе [1], анализируются данные крупных СВ и показывается принципиальная возможность прогнозирования в течении 30-60 минут радиационной опасности от больших СВ с помощью наземных установок. В работе [2] проведено исследование анизотропии потоков ГКЛ, регистрируемой мюонными телескопами. Показано, что в 70% случаев предшественники наблюдались за несколько часов до начала МБ.

Для создания системы достоверного прогнозирования последствий ВСС следует использовать данные установок регистрирующих различные компоненты КЛ расположенных в различных географических пунктах.

2 Структура комплекса Арагацской Обсерватории Космических Лучей

В Отделе Физики Космических Лучей (ОФКЛ) ЕрФИ функционируют две высокогорные станции Нор-Амберд (2000м н.у.м.) и Арагац (3200м н.у.м.), расположенные на склоне горы Арагац. На станциях работают два стандартных нейтронных супермонитора 18НМ-64. Данные мониторов доступны в Интернете¹. Солнечный Нейтронный Телескоп² (СНТ) входящий в Мировую Нейтронную Сеть (МНС) [3],

¹<http://crdlx5.yerphi.am/neutron/index.html>

²<http://crdlx5.yerphi.am/solar.html>

состоящий из расположенных на разных долготах однотипных установок, наблюдающих за Солнцем круглосуточно, следя за возможными выбросами нейтронов во время ВСС (см. таб.1). Характеристики аппаратуры приведены в работах [4, 5]. Арагацкий СНТ аналогичен установкам на горах Чакалтая (Боливия) и Горнеграт (Швейцария). Разница между ними состоит в том, что мы используем

сцинтилляторы толщиной 60см и площадью 4 кв.м., а антисовпадательная схема отсекает только вертикальную заряженную компоненту. Эффективность регистрации нейтронов с энергий > 1 ГэВ равно $\sim 50\%$, при пороге регистрации 50 МэВ, и $\sim 40\%$ при 100 МэВ [7].

Таблица 1: Мировая Нейтроная Сеть

<i>Местонахождение</i>	<i>Географические координаты</i>	<i>Высота над уровнем моря</i>
<i>г. Горнеграт, Швейцария</i>	7.8°В, 46°С	3135м
<i>г. Арагац, Армения</i>	44.2°В, 40.5°С	3200м
<i>Тибет, Китай</i>	90.53°В, 30.11°С	4300м
<i>г. Норикура, Япония</i>	138°В, 36°С	2770м
<i>г. Мауна Киа, Гавайи</i>	205°В, 20°С	4200м
<i>г. Чакалтая, Боливия</i>	292°В, 16°Ю	5250м

В эксперименте АНИ по регистрации широких атмосферных ливней [6] сцинтилляторы ($\approx 300\text{м}^2$) постоянно регистрируют фон в целях калибровки амплитудно-цифровых преобразователей и эти данные также могут быть использованы для анализа вариаций КЛ. Нор-Амбердская станция оснащается в настоящее время мюонным телескопом площадью 18м^2 , для измерения анизотропии мюонных потоков (см. таб.2). Все эти установки снабжены средствами удаленного контроля и пересылки данных в Интернет с помощью радиомодемов (см. рис.1). Данные с установок доступны в Итернете с интервалом 10 минут и нет технических ограничений для снижения интервала до одной минуты. По мере поступления данные обрабатываются и представляются в графической форме.

Таблица 2: Характеристики установок АОКЛ

<i>Название</i>	<i>Высота над уровнем моря, (м)</i>	<i>Площадь регист-, рации, (м²)</i>	<i>Скорость накопления данных, (Байт/мин)</i>	<i>Энергетический порог регистрации, (МеV)</i>
<i>Арагацкий Солнечный Нейтронный Телескоп</i>	3200	4	2400	50,100,150,200
<i>Арагацкий Нейтронный Монитор</i>	3200	18	128	50
<i>Нор-Амбердский Нейтронный Монитор</i>	2000	18	128	50
<i>Нор-Амбердский Мюонный Телескоп*</i>	2000	18	128	25

*Установка в настоящее время готовится к запуску

3 Корреляционный анализ временных рядов.

Для сравнения данных установок АОКЛ, был применён корреляционный анализ. Коэффициенты кросс-корреляций с задержкой l рассчитывались по формуле:

$$r_l(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^{n-l} (x_i - \mu_x)(y_{i+l} - \mu_y)}{(n-l-1)\sigma_x\sigma_y} \quad (1)$$

где x_i и y_i есть i -е интервалы временного ряда. μ_x, σ_x и μ_y, σ_y соответствуют среднему и дисперсии используемых временных рядов. Путём перебора возможных значений l определялось то значение задержки, которое соответствовало максимуму коэффициента корреляции [8].

Расчёты коэффициентов корреляций для чистого фона (при отсутствии событий) между НМ и СНТ дают величину $r = (0.01 - 0.3)$, в то время как для ФП $r = (0.6 - 0.9)$. Надо отметить, что несмотря на то что нейтронные мониторы регистрируют в основном нейтроны, а СНТ чувствителен ещё и к мюонам, т.е. они разнотипные установки, но регистрируют ФП почти одинаково (см. рис.2). Дополнительная информация с ШАЛ-овских установок поможет построить модель развития ВСС и лучше понять процессы модуляции.

4 Предварительный анализ предшественников МБ

Нами был проведён сравнительный анализ момента начала нерегулярных вариаций КЛ, регистрируемых Нор-Амбердским НМ со временем внезапного начала бури (SSC). Для наиболее точного определения SSC мы воспользовались данными спутника ACE, на котором проводятся измерения скорости солнечного ветра (см. рис.2). Спутник постоянно находится на траектории удалённой от Земли на $\sim 1.5 \times 10^6$ км между Солнцем и Землёй. Зная скорость солнечного ветра в данный момент времени и расстояние спутника от Земли нетрудно определить время SSC, которое происходит приблизительно на час позже. Для характеристики МБ мы воспользовались индексом K_p .

Результаты анализа представлены в таблице 3, где в первом столбце приведены даты событий. Во втором – времена начала нерегулярных вариаций КЛ, по НМ. В 3-м момент времени когда скорость солнечного ветра имеет максимальное значение. В 4-м расчётное время SSC. В 5-м разность моментов начал МБ и нерегулярных вариаций КЛ по данным НМ. Знак (+) означает, что момент начала нерегулярных вариаций происходит раньше момента начала МБ, а знак (-) наоборот. В 6-м индекс K_p . В последнем столбце приведены типы вариаций КЛ. Нетрудно заметить, что нерегулярные вариации КЛ в большинстве случаев происходят за несколько часов до МБ.

5 Заключение

Изложенные результаты указывают на возможность прогнозирования опасных проявлений солнечной активности с помощью установок высокогорных станций Арагаца. Для окончательного формирования службы прогнозирования необходимо создание автоматизированной системы построения статических

Таблица 3: События

N	Дата	Нор-Амберд НМ, $T_{st}^{NM}(UT)$	АСЕ $T_{max}(UT)$	$T_{SSC}(UT)$	$T_{SSC} - T_{st}^{NM}$	Кр	Тип вариаций
1	1998.03.21	12:30	21:02	22:02	+09:32	6	Рост ск. счёта КЛ
2	1998.05.04	01:35	03:04	04:04	+02:29	9	Рост ск. счёта КЛ
3	1998.08.06	09:40	07:00	08:00	-01:40	8	Рост ск. счёта КЛ
4	1998.08.26	06:45	21:11	22:11	+15:26	6	ФП
5	1998.09.24	22:45	23:41	00:41	+01:56	9	ФП
6	1998.11.08	04:25	04:25	05:25	+01:00	8	ФП
7	1999.02.18	12:00	02:53	03:53	-09:07	7	ФП
8	1999.06.28	03:30	05:07	06:07	+02:37	6	ФП
9	1999.07.30	16:00	17:00	18:00	+02:00	6	ФП
10	1999.09.12	05:30	18:54	19:54	+13:24	6	ФП
11	1999.09.15	11:50	07:25	08:25	-03:25	7	ФП
12	1999.09.22	16:40	19:28	20:28	+03:48	7	ФП
13	1999.10.22	00:00	09:10	10:10	+10:10	8	Рост ск. счёта КЛ
14	2000.04.06	04:25	16:00	17:00	+12:35	8	Рост ск. счёта КЛ
15	2000.06.08	10:50	08:42	09:42	-01:08	7	ФП

моделей солнечных событий, прогнозирования и оповещения. Для анализа многомерных временных рядов будут использованы нейронные информационные технологии[10].

Благодарности

Авторы выражают благодарность за критические замечания Г. Мартиросяну, а также всему коллективу высокогорных станций. Работа выполнена при поддержке проекта МНТЦ А116.

Список литературы

- [1] L.I. Dorman, Proc. of 26-th ICRC, **6**, 382, Salt-Lake-City, 1999
- [2] Munakata K. et al., Sub. to Jour. of GeoPhys., Feb. 22, 2000
- [3] Muraki et al., Proc. of 22th ICRC (Dublin, 1991), **3**, 45
- [4] Y. Matsubara, Y.Muraki, et al., Proc. of 26-th ICRC, **6**, 460, Salt-Lake-City, 1999
- [5] Flückiger E.O., et al., Proc. of 16th ECRS, (Alcala, 1998), 219
- [6] Danilova T., et al., *Nucl.Instr. Methods* **A323**, 1992, 104
- [7] Тер-Антонян В., Дипломная работа, *Ереванский ГУ, Физический Факультет*, <http://crdlx5.yerphi.am/publications/BKLR.pdf>, 2000
- [8] A.Chilingarian, N.Bostandjyan, N.Gevorkyan et.al., Proc. of 26-th ICRC, **6**, 460, Salt-Lake-City, 1999
- [9] Н. Бостанджян, 25 *Известия РАН, Серия Физическая*, **63**, 1999, 486
- [10] ANI, *Analysis and Nonparametric Inference, statistical program package*, user manual, <http://crdlx5.yerphi.am/proj/ani/>

Local Area Network and Data Acquisition System of The Cosmic Ray Division

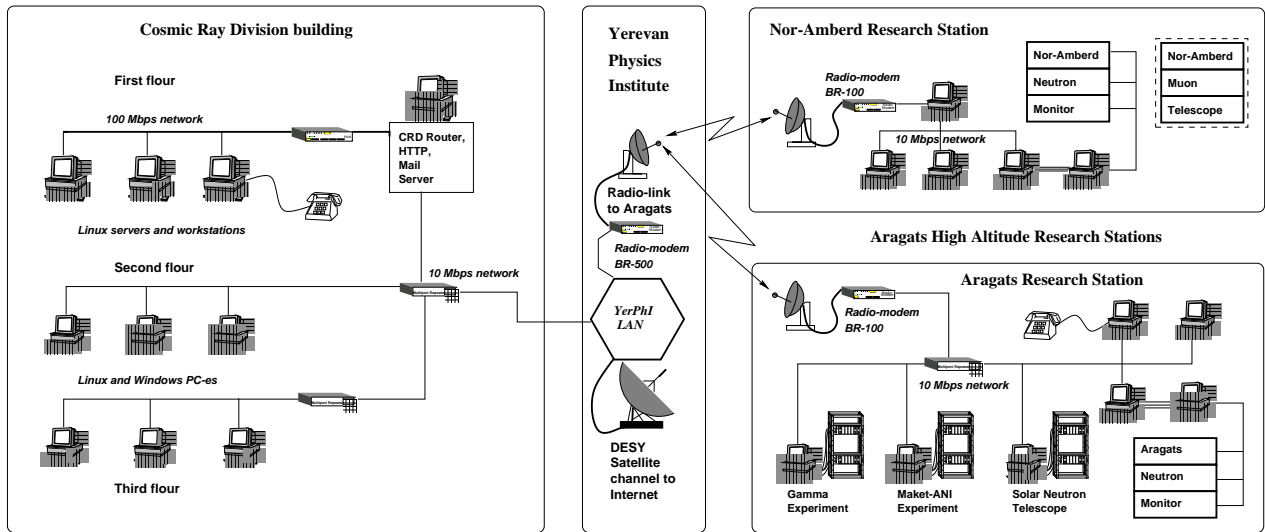


Рис. 1: Экспериментальные установки и система связи в АОКЛ.

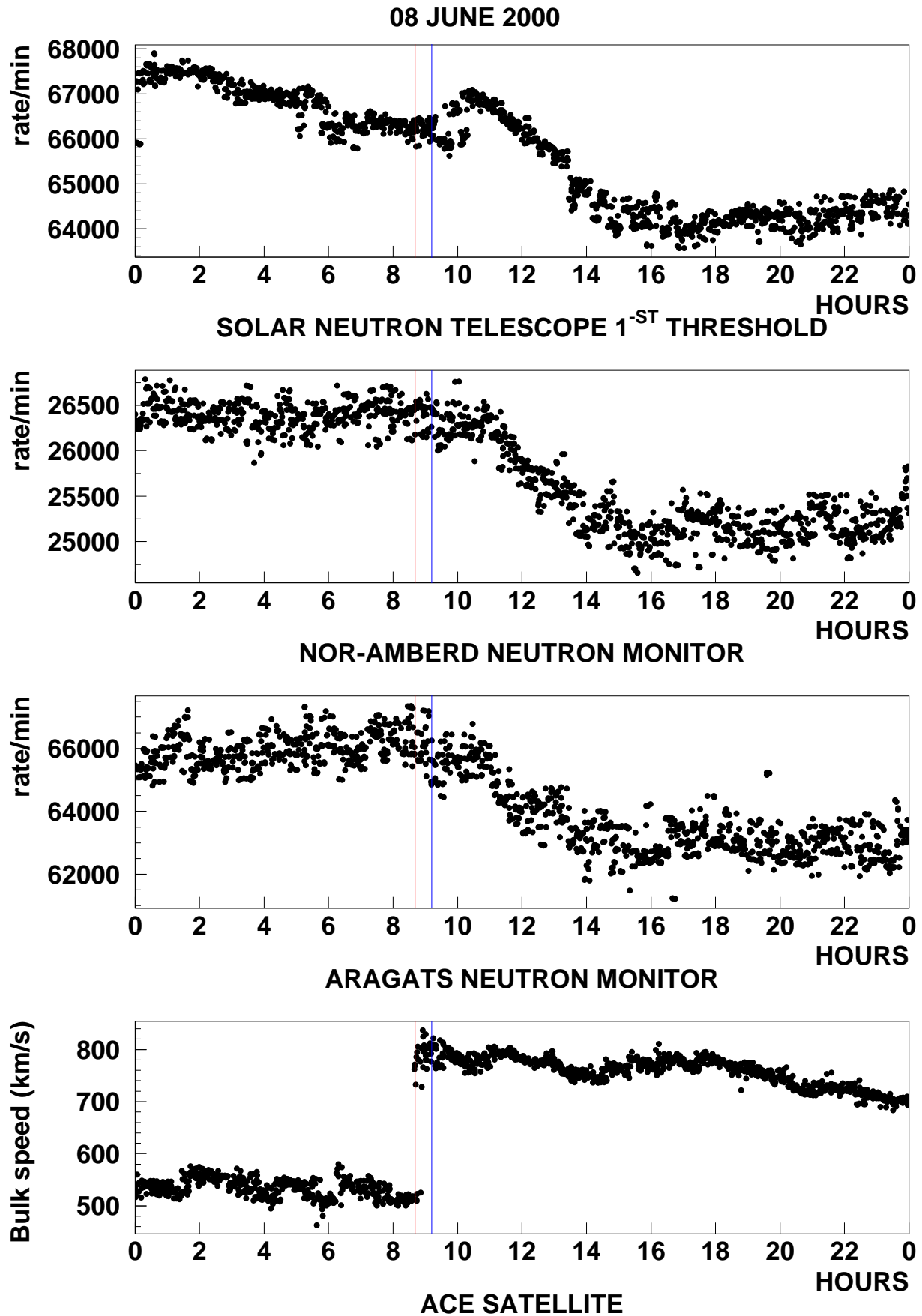


Рис. 2: Форбуш понижение 8 июня 2000.