N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 3, Number 307 (2016), 20 – 26

UDC 524.1; 551.521.64

EFFECTS OF EARTHQUAKES IN VARIATIONS OF THERMAL NEUTRONS INTENSITY AT THE HIGH ALTITUDE STATION OF NORTHERN TIEN-SHAN

V.P. Antonova[1], S.V. Kryukov[1], V.Yu. Lucenko[1], A.P. Chubenko[2]

[1]Institute of Ionosphere» JSC «National Center of Space Research and Technology», Almaty;
[2]P.N. Lebedev Physical Institute, Moscow
valanta@rambler.ru

Key words: cosmic rays, thermal neutrons, seismic activity

Abstract. The results of the study of thermal-energy neutrons variations of the intensity at the high altitude cosmic ray station of Institute of Ionosphere (3340 m above sea level, 43.02 N, 76.56 E), located in mountains of the Northern Tien-Shan near the earth's crust are presented. It is shown that in the absence of seismic activity, variations of thermal neutrons are of the same nature as the high-energy neutrons. Behaviour of the intensity of thermal and fast neutrons during periods of seismic processes activization in the vicinity of Almaty are considered. Increase of thermal neutrons flux per 5ч8 % above the average level are observed during earthquakes more than for 60% events. Increase of thermal neutrons flux before earthquakes are observed for ~ 25-30 % events only. The method of separating of thermal neutrons flux of the lithospheric origin from variations of the atmospheric and interplanetary origin is offered.

УДК 524.1; 551.521.64

ЭФФЕКТЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ВАРИАЦИЯХ ИНТЕНСИВНОСТИ НЕЙТРОНОВ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГИЙ НА ВЫСОКОГОРНОЙ СТАНЦИИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

В.П. Антонова[1], С.В. Крюков[1], В.Ю. Луценко[1], А.П. Чубенко [2]

[1]ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», .Алматы,
[2]Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, Москва

Ключевые слова: космические лучи, тепловые нейтроны, сейсмическая активность.

Аннотация: Представлены результаты исследования вариаций интенсивности нейтронов тепловых энергий на высокогорной станции космических лучей Института ионосферы (3340 м над уровнем моря, 43.02 N, 76.56 E), расположенной в горах Северного Тянь-Шаня вблизи разлома земной коры. Показано, что в отсутствие сейсмической активности вариации тепловых нейтронов имеют ту же природу, что и высокоэнергичные нейтроны. Рассмотрено поведение интенсивности тепловых и быстрых нейтронов в периоды активизации сейсмических процессов в окрестности Алматы. Наблюдается увеличение потока тепловых нейтронов на 5-7% от фона во время землетрясений для более 60% событий. Увеличение потока тепловых нейтронов литосферного происхождения накануне землетрясений происходит в 25-30% событий. Предложен способ выделения вариаций тепловых нейтронов литосферного происхождения от вариаций атмосферного и межпланетного происхождения.

Введение

Регистрация нейтронной компоненты космических лучей на мировой сети станций осуществляется преимущественно нейтронными мониторами на основе пропорциональных счетчиков, в состав газового наполнения которых входит трехфтористый бор, обогащенный изотопом ^{10}**B.** Эффективность счета определяется вероятностью захвата нейтрона ядрами бора. Она максимальна для нейтронов тепловых энергий. Нейтронные мониторы предназначались, главным образом, для исследования космического пространства за пределами земной атмосферы. Для отражения тепловых и замедления быстрых нейтронов счетчики окружены полиэтиленом, а для увеличения скорости счета за счет локальной генерации нейтронов, - свинцом [1].

Измерения нейтронов тепловых энергий до недавнего времени носили эпизодический характер. Интерес к ним возрос после обнаружения всплесков нейтронов тепловых энергий на Памире во время экстремального гравитационного воздействия на земную кору со стороны Луны и Солнца (новолуние, полнолуние, солнечные затмения, землетрясения) [2-4]. Полагается, что земная кора, испытывая механическое воздействие, вытесняет накопившееся запасы радиоактивных газов изотопов радона. В процессе радиоактивного распада образуются альфа-частицы, которые активно взаимодействуют с ядрами элементов земной коры и воздуха с возникновением нейтронов. В сейсмически активных районах, к которым относится Тянь-Шань, обнаруженное явление можно использовать для разработки методов прогноза землетрясений. Однако сведения о величине вариаций тепловых и медленных нейтронов и источниках, вызывающих их, далеко неоднозначны.

Нами на высокогорной станции космических лучей (3340 м над уровнем моря, 43,2N; 76,6E) вблизи разлома земной коры была создана стационарная установка по регистрации тепловых нейтронов, которая была запущена в эксплуатацию в ноябре 2006 г. В настоящей работе представлены некоторые результаты исследования природы вариаций интенсивности тепловых нейтронов, регистрируемых созданной установкой в различных гелиогеофизических условиях, включая периоды активизации сейсмических процессов на Северном Тянь-Шане.

Экспериментальная установка

Детектор тепловых нейтронов, DTN, состоит из двух модулей. Каждый модуль содержит 6 пропорциональных счетчиков He2, наполненных смесью газов гелия-3 и аргона под давлением 2 атм. Собственный фон счетчиков составляет не более 0,2 имп/с. Длина счетчиков ~ 1 м, диаметр трубки – 3 см. Рабочее напряжение 1600 В подается на счетчики через высоковольтные фильтры. Счетчики заземлены через корпус модуля, выполненного из листового алюминия толщиной 1мм. Эффективность регистрации тепловых нейтронов ~ 60%. Как показала практика эксплуатации счетчиков, они стабильны в работе. Один модуль, DTN-1, установлен в одном помещении с нейтронным супермонитором 18NM64. Второй модуль, DTN-2, установлен в 10 м от здания в легком фанерном контейнере на высоте ~ 30 см от грунта. Модули разделены по питанию и являются независимыми. Банк данных формировался на жестком диске компьютера с одноминутным временным разрешением отдельно по каждому каналу (счетчику), что позволяло эффективно отслеживать аппаратурные погрешности. Скорость счета модуля, установленного внутри здания, ~ $6{,}8\cdot10^4$ имп/час, а внешнего ~ $4{,}9\cdot10^4$ имп/час.

Принципиальное отличие установки по регистрации тепловых нейтронов от нейтронного монитора заключается в отсутствии поглотителя (полиэтилена) и свинца. Размещение установок на одной площадке дает возможность сравнивать изменения потока тепловых нейтронов с хорошо изученными вариациями высокоэнергичных нейтронов, регистрируемых стандартным нейтронным монитором 18NM64. Данные монитора имеют высокую статистическую точность, скорость счета ~ $5\cdot10^6$ имп/час. Вариации интенсивности высокоэнергичных нейтронов отражают главным образом возмущения межпланетного происхождения и изменения атмосферного давления. Рассмотрим последовательно отклик гео- и космофизических событий в вариациях потока тепловых нейтронов и сравним с вариациями данных стандартного нейтронного монитора.

Вариации атмосферного давления

Барометрический коэффициент, применяемый при коррекции данных нейтронного монитора на изменение атмосферного давления, составляет 0,72 %/мб. Такой же коэффициент должен быть и у тепловых нейтронов атмосферного происхождения. На рис. 1 (сверху вниз) представлены часовые значения за период с16 марта по 13 апреля 2015г атмосферного давления, данных нейтронного монитора 18NM64, интенсивности тепловых нейтронов от детекторов DTN2 и DTN1. На левой панели интенсивность нейтронов не исправлена на изменения давления, а на правой панели исправлена. Интенсивность нейтронов приведена в процентах к среднему значению.

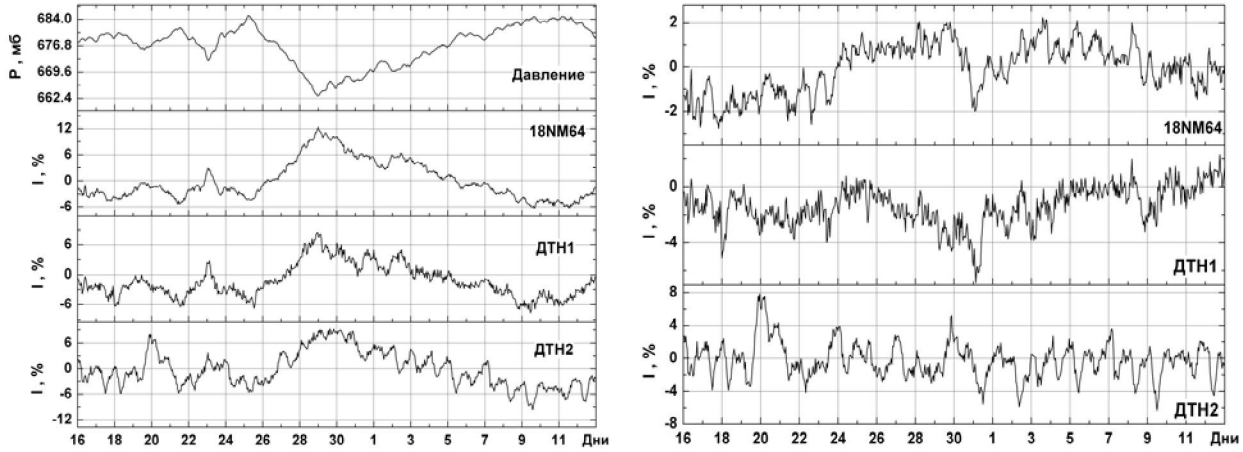

Рисунок 1 – Часовые значения атмосферного давления, нейтронного монитора 18NM64, внутреннего детектора тепловых нейтронов DTN1, наружного детектора тепловых нейтронов DTN2 за период с16 марта по 13 апреля 2015г.

Явно видно, что вариации интенсивности нейтронов подобны на всех графиках, независимо от регистрируемой энергии. Одинаковым образом все детекторы реагируют на изменение атмосферного давления; рост давления приводит к уменьшению скорости счета как высокоэнергичных нейтронов, так и тепловых нейтронов внутри и снаружи здания. Уменьшение давления приводит к обратному эффекту в интенсивности нейтронов. Нами были рассчитаны коэффициенты корреляции между рядами данных детекторов тепловых нейтронов и нейтронного супермонитора. Для детекторов внутри здания коэффициент корреляции К = 0,97 и К = 0,84 для наружного модуля DTN2 и нейтронного монитора.

Высокие коэффициенты корреляции и подобие отклика на изменение атмосферного давления дают основания сделать заключение об атмосферном происхождении регистрируемых нейтронов и использовать известную формулу коррекции данных нейтронного монитора на давление также и для данных детекторов тепловых нейтронов.

Вариации межпланетного происхождения

Известно, что выброс солнечной плазмы с вмороженным магнитным полем образует ударную волну в межпланетном пространстве, которая действует как гигантский поршень «выметая» галактические космические лучи. Наземные нейтронные мониторы регистрируют в это время понижение интенсивности космических лучей, форбуш-эффект. На рисунке 2 представлены значения скорости солнечного ветра, межпланетного магнитного поля, нейтронного монитора 18NM64, детектора тепловых нейтронов DTN2, детектора тепловых нейтронов DTN1 в декабре 2006 г (левая панель) и феврале 2011г (правая панель). Значения интенсивности высокоэнергичных нейтронов (18NM64) и тепловых (DTN1, DTN2) откорректированы на изменения атмосферного давления.