УДК: 551.2; 551.24; 550.34

Ж. Ш. ЖАНТАЕВ[1], Н. Г. БРЕУСОВ[1], Б. К. КУРМАНОВ[2], Г. Я. ХАЧИКЯН[2], Т. Х. САДЫКОВ[3], К. М. МУКАШЕВ[4], В. В. ЖУКОВ[5]

([1]АО «Национальный центр космических исследований и технологий» НКА РК
[2]ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ» НКА РК
[3]Физико-Технический Институт АО «ННТХ «Парасат» МОН РК
[4]Национальный Педагогический Университет им. Абая МОН РК
[5]Тянь-Шаньская Высокогорная Научная Станция ИФА РАН)

О КОСМОГЕОФИЗИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Аннотация. Обсуждается экспериментально наблюдаемое соответствие между вариациями солнечной активности и/или интенсивности потока космического излучения и вариациями характеристик сейсмичности, как на территории Северного Тянь-Шаня, так и на планете в целом. Для объяснения экспериментального факта проанализированы теоретические работы по воздействию на земные породы проникающей компоненты космических лучей (мюонов). Результаты показывают, что при таком воздействии в породах могут образовываться микротрещины, раскрытие которых сопровождается генерацией акустических волн. При взаимодействии мюонов с обычными породами спектральная энергия акустических волн в диапазоне частот до 1 КГц может составлять ~10^{-36}втсм$^{-2}$Гц, что существенно меньше измеряемой на земной поверхности энергии акустических волн в этом диапазоне частот, которая варьирует в пространстве и во времени в пределах 10^{-10}–10^{-18}втсм$^{-2}$Гц. Однако, при взаимодействии мюонов с высоконапряженной сейсми-чески активной средой, излучаемая энергия может увеличиваться на 21 порядок, что может привести к генерации не только акустической, но сейсмической волны, то есть, к землетрясению, инициированному очень малым «спусковым» воздействием проникающих в земную кору заряженных частиц. Для выделения импульсов акустического и сейсмического излучений, обусловленных проникающими мюонами, можно использовать корреляционный метод регистрации акустических и сейсмических сигналов, совпадающих по времени с сигналом от мюонного детектора, что может быть реализовано в настоящее время на базе высокогорного комплекса «ATHLET». В итоге может быть создан метод мониторинга объёмного напряжён-ного состояния среды на глубине формирования очагов землетрясений и на его базе разработан космогеофизический метод краткосрочного прогноза сильных землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня.

Ключевые слова: широкие атмосферные ливни, мюоны, объемное напряженное состояние сейсмоактивной среды.

Тірек сөздер: кең атмосфералық жауындар, мюондар, сейсмикалық белсенді ортаның күйі, көлемдік кернеулі күй.

Key words: extensive air showers, muons, three dimensional stress seismically active environment.

Введение. В мире существует высокий социальный спрос на надежные методы прогноза землетрясений, поскольку на Земле каждый год происходит примерно 18-20 событий с магнитудой по шкале Рихтера 7.0 и выше, в результате которых ежегодно погибает до 63 000 человек, а экономический ущерб исчисляется сотнями миллиардов долларов США. Эта проблема актуальна и для Казахстана, так как примерно 30% его территории расположено в сейсмоопасных районах, где происходили разрушительные землетрясения в недалеком прошлом и такие же катастрофы неизбежны в будущем [1]. С механической точки зрения, землетрясение представляет собой мгновенную разрядку накопившегося в конкретном объеме геологической среды

напряжения, поэтому одним из ключевых факторов для сейсмического прогноза является информация об объемном напряженном состоянии (ОНС) геологической среды в районе потенциально возможного очага землетрясения, расположенного, как правило, на глубине порядка 10 км и более. В конце 80-х годов XX века была высказана идея [2] о возможности мониторинга ОНС среды на глубине формирования очагов землетрясений с использованием мюонного потока космических лучей, проникающего на несколько километров вглубь земной коры. Было также показано, что при воздействии высокоэнергичных мюонов на сейсмически активную среду, напряжение в которой близко к критическому (порогу разрушения), может произойти мгновенный сброс критического напряжения, то есть, поток космических лучей может стать триггером землетрясения. В статье систематизированы статистические результаты о соответствии между вариациями космических факторов и характеристик сейсмичности, как на всей планете, так и на территории Северного Тянь-Шаня; изложена идея космогеофизического метода краткосрочного прогноза сильных землетрясений и показано, что в настоящее время существует принципиальная возможность реализации этого метода на базе экспериментального высокогорного комплекса «ATHLET» (Almaty Three Level Experiment Technique). Представленные в данной статье результаты обсуждались на заседаниях соответствующих секций двух международных симпозиумов [3, 4].

Солнечная активность и сейсмичность всей Земли. Наличие соответствия между вариациями солнечной активности и сейсмической активности Земли к настоящему времени надежно установлено [5-9 и др.] Так, в [8, 9] показано по данным 1973-2011гг, что долговременные тренды в числе солнечных пятен и в частоте повторяемости на планете землетрясений с магнитудой M≥4.5 находятся в противофазе. В [9] был удален долговременный тренд из сейсмологических данных и изучены относительные (в процентах) вариации частоты повторяемости землетрясений (ΔN_T%) внутри 11 летнего солнечного цикла. На рисунке 1 представлено распределение $\Delta N_T\% = (N - N_{TREND})/N_{TREND} * 100\%$ в зависимости от числа солнечных пятен (W). Видно, что при низком уровне солнечной активности (W<60), значения ΔN_T% располагаются преимущественно выше нулевой линии, при умеренном (60<W<140), ΔN_T% располагаются преимущественно ниже нулевой линии, а при высоком (W≥140), отклонение ΔN_T% от нулевой линии заметно сокращается. Результат статистического усреднения ΔN_T% внутри W-бинов, равных 20, показан ромбиками, где вертикальные отрезки есть среднеквадратическое отклонение, а жирная кривая - аппроксимация зависимости функцией Гаусса. В целом, рисунок 1 показывает, что внутри 11-летнего солнечного цикла вариации частоты повторяемости землетрясений с M≥4.5 находятся в пределах первого десятка процентов.

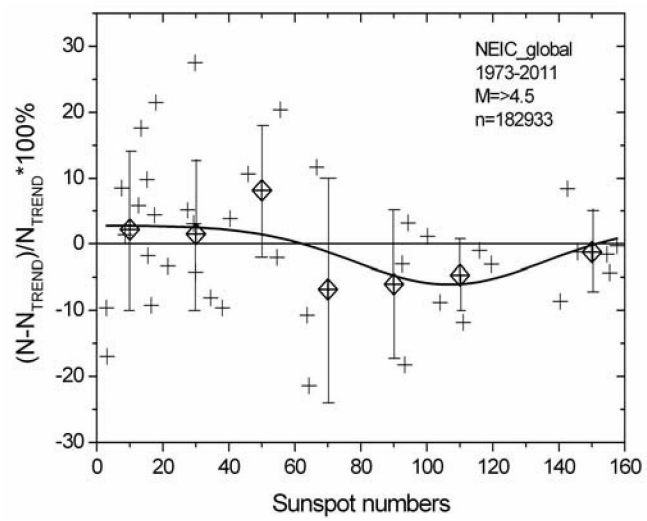

Рисунок 1 – Распределение отклонений (в процентах) годового числа Землетрясений с M≥4.5 от долговременного тренда в зависимости от среднегодового числа солнечных пятен (крестики); ромбы – усредненные отклонения внутри W- бинов равных 20; жирная кривая – аппроксимация экспериментальных данных функцией Гаусса [9]