

УДК 574.2: 618.33-007: 57.04+551.521.67

## ЭФФЕКТЫ СОЛНЕЧНЫХ ПРОТОННЫХ СОБЫТИЙ В РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ

© 2012 Н.К. Белишева<sup>1</sup>, Л.В. Талыкова<sup>2</sup><sup>1</sup> Кольский научный центр РАН, г. Апатиты<sup>2</sup> Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья Роспотребнадзора

Поступила в редакцию 16.10.2012

В работе представлены результаты статистического анализа случаев врожденных пороков развития (ВПР) у детей в двух городах Мурманской области. Сопоставление частоты ВПР с наземными возрастаниями нуклонной компоненты солнечных космических лучей – Ground Level Enhancement (GLE), ассоциированными с солнечными протонными событиями, выявило значимые корреляции между различными классами ВПР и случаями GLE. Показано, что частота ВПР с хромосомными аномалиями (Q90-Q99) значимо коррелирует с событиями GLE, случившимися за год до рождения ребенка.

Ключевые слова: *врожденные пороки развития, солнечные протонные события, нуклонная компонента*

Нуклонная компонента потока вторичных частиц космических лучей (КЛ) на уровне моря в основном представлена нейтронами (97%) [1]. Это означает, что все организмы подвергаются воздействию низко интенсивного и плотно ионизирующего фонового излучения, возникающего вследствие взаимодействия первичных КЛ с атомами атмосферы. Солнечные протонные события (SPE), связанные с мощными протонными вспышками, могут приводить к существенному возрастанию нуклонной компоненты у поверхности Земли [2]. Случаи регистрации солнечных частиц наземными нейтронными мониторами называются наземным увеличением высокоэнергичных частиц – Ground Level Enhancement (GLE). Начиная с 1942 г. и по настоящее время произошло всего 70 GLE. Самое гигантское солнечное протонное событие случилось 23 февраля 1956 г. с увеличением скорости нейтронного счета у поверхности Земли более, чем на 4000%. Второе по величине событие зарегистрировано 20 января 2005 г. Однако из-за смещения интересов к биологическим эффектам КЛ в область космических исследований, значение вариаций нуклонной компоненты КЛ у поверхности Земли для биологических систем практически не исследовано. Впервые прямое доказательство воздействия нуклонной компоненты КЛ во время событий GLE 43, 44, 45 получено в экспериментах на клеточных культурах [3-5]. Косвенные свидетельства биоэффективности КЛ представлены в работах [6-8]. Поскольку во время событий GLE нуклонная компонента КЛ у поверхности Земли возрастает, можно ожидать, что случаи GLE повышают вероятность возникновения врожденных пороков (ВПР) у детей.

**Цель исследования:** выявление связи между распространенностью ВПР в Мурманской области и частотой GLE.

**Материал и методы.** Случаи ВПР были отобраны для Кандалакши и Монченгорска (Мурманская область) из компьютеризированного регистра родов, включающего 26848 документированных наблюдений за течением и исходами беременностей и состоянием здоровья новорожденных детей [9]. Классификация ВПР была произведена на основе Международной Классификации Болезней-10 (МКБ-10). Распространенность ВПР по годам оценивали на 1000 новорожденных с 1989 по 1998 гг. (Кандалакша), и с 1987 по 2005гг. (Монченгорск). Данные о событиях GLE получали на сайте: [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/COSMIC\\_RAYS/GROUND\\_LEVEL\\_ENHANCEMENTS/ground\\_level\\_enhancements\(GLE\)\\_event](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/COSMIC_RAYS/GROUND_LEVEL_ENHANCEMENTS/ground_level_enhancements(GLE)_event).

**Результаты и обсуждение.** В исследовании эффектов GLE 43, 44, 45 на клеточных культурах было показано, что увеличение интенсивности нейтронной компоненты приводит к разнообразным нарушениям клеточного генетического материала [5]. В случае универсальности воздействия нуклонной компоненты на генетический материал клеток сходные изменения должны происходить как в ооцитах женского, сперматогониях мужского организмов, так и в клетках зародышей. Во всех случаях подобные эффекты могут проявиться в отставленных последствиях, выраженных через частоту распространенности ВПР в течение года или через год после GLE. Данное предположение подтвердилось результатами проведенного статистического исследования. В табл. 1 приведены данные по распространенности случаев ВПР у детей в Кандалакше с 1989 по 1998 гг., включающих годы с событиями GLE и без них. В табл. 1 видно, что за 10 лет среднее значение распространенности ВПР составляет  $17,63 \pm 4,42$  случаев в год. В годы с событиями GLE (1989-1992, 1997-1998, 19 случаев GLE), частота ВПР возрастает

*Белишева Наталья Константиновна, доктор биологических наук, руководитель научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике. E-mail: natalybelisheva@mail.ru*

*Талыкова Людмила Васильевна, доктор медицинских наук, руководитель научно-исследовательского отдела. E-mail: talyk@mail.ru*

до  $24,28 \pm 5,86$  случая в год, а в годы без GLE снижается до  $7,65 \pm 2,22$  случаев ВПР в год. То есть, в годы с событиями GLE, по сравнению с периодом без них, частота распространенности ВПР возрастает в 3,2 раза. Значимая корреляция ( $r=0,82$ ,

$p < 0,05$ ) была найдена между частотой случаев ВПР и интенсивностью GLE (% возрастания скорости нейтронного счета относительно исходного уровня), рис. 1А.

**Таблица 1.** Распространенность случаев врожденных пороков развития у детей в Кандалакше с 1989 по 1998 гг., включающих годы с событиями GLE (1989-1992; 1997-1998) и без них (1993-1996)

Годы	N	M±m	Мин.	Макс.	Ст.откл.	Сумма
1989-1998	10	17,63±4,42	4,30	41,40	4,42	176,30
1989-1992; 1997-1998	6	24,28±5,86	4,40	41,40	5,86	145,70
1993-1996	4	7,65±2,22	4,30	14,10	2,22	30,60

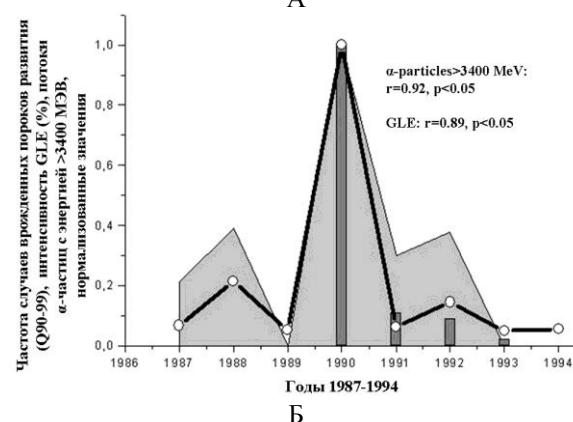
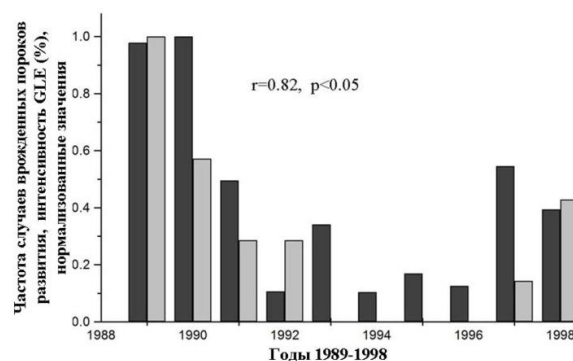
Статистические данные по распространенности частоты случаев ВПР, связанных с хромосомными нарушениями (классы Q90-Q99) в Мончегорске за период с 1987 по 2005 гг. показаны в табл. 2. Значимые корреляции между частотой распространенности случаев ВПР (Q90-Q99) в годы с высокой и низкой СА найдены не были ( $p=0,251$ ). Сходные результаты были получены в

работе [6] при анализе связи между фазами СА и хромосомными нарушениями в период эмбрионального развития. Однако когда мы сопоставили амплитуды возрастных нейтронного счета в период GLE (относительно исходного уровня) за год до рождения детей с ВПР классов Q90-Q99, то была найдена значимая связь между событиями GLE и частотой ВПР ( $r=0,61$ ,  $p < 0,05$ ).

**Таблица 2.** Распространенность ВПР (классы Q90-Q99) у детей в Мончегорске с 1987 по 2005 гг., включающие фазы цикла с высокой и низкой солнечной активностью

Годы	N	M±m	Мин.	Макс.	Ст.откл.	Сумма
1987-2005	19	1,03±0,31	0,00	4,49	0,31	19,60
Высокая СА	9	1,42±0,47	0,00	4,49	0,47	12,79
Низкая СА	10	0,68±0,41	0,00	3,88	0,41	6,81

Результаты экспериментов, проведенных на клеточных культурах в период больших солнечных протонных событий и трех случаев GLE показали, что основные нарушения генетического материала в клеточных ядрах возникали при возрастании спектральной жесткости солнечных протонов, соответствовавших приходу в околоземное пространство частиц с энергией  $>850$  МэВ [5]. По этой причине мы проанализировали данные по распространенности ВПР с хромосомными нарушениями (Мончегорск) и вариациями плотности потоков частиц в околоземном пространстве с энергиями достаточными для порождения вторичных нуклонов, достигающих поверхности Земли на широте проводимых исследований. Для этой цели были отобраны данные геостационарного спутника GOES-6 по вариациям плотности потоков  $\alpha$  частиц с энергиями в диапазоне 2560-3400 МэВ,  $>3400$  МэВ, а также протонов с энергиями в диапазоне 510-700 МэВ и  $>700$  МэВ. Среднегодовые значения плотности потоков частиц за год до рождения детей с ВПР были сопоставлены с частотами распространенности ВПР с хромосомными нарушениями в Мончегорске. К сожалению, из-за неполноты спутниковых данных по вариациям плотности высокоэнергетических частиц, исследование удалось провести только за период с 1987 по 1994 гг. Сопоставление частоты случаев ВПР (Q90-Q99) в Мончегорске с интенсивностью GLE, среднегодовыми значениями плотностями потоков  $\alpha$ -частиц в околоземном пространстве с энергиями  $>3400$  МэВ представлены на рис. 1 Б.



**Рис. 1.** Сравнение частоты случаев врожденных пороков (ВПР) развития у детей с интенсивностью GLE (% возрастания скорости нейтронного счета относительно исходного уровня) и с плотностью потоков  $\alpha$ -частиц в околоземном пространстве с энергиями  $>3400$  МэВ:

А – частота случаев ВПР в Кандалакше (черные столбцы) и интенсивность GLE (серые столбцы); Б – частота случаев ВПР(Q90-99) в Мончегорске (серая область), среднегодовые значения интенсивности GLE (серые столбцы) и плотности потоков  $\alpha$ -частиц с энергиями >3400 МэВ (черная кривая) за год до рождения детей с ВПР. По оси абсцисс – годы, по оси ординат – нормированные значения

Полученные результаты показывают, что случаи GLE, ассоциированные с солнечными протонными событиями, связанными с увеличением плотности потока частиц с жестким энергетическим спектром, могут инициировать повреждения ДНК в клетках человека, как и в случае с клеточными культурами во время солнечных протонных событий в Октябре 1989 года [3-5]. Эти результаты находятся в хорошем соответствии с данными, полученными в работах [7, 8], в которых была найдена связь между интенсивностью КЛ и частотой ВПР с синдромом Дауна, а также вариациями КЛ и ежемесячной смертностью. Наши исследования показали, что заболеваемость детей и взрослых за период 1995-1999 гг. имеет значимые корреляции ( $p \leq 0,05$ ) с солнечной активностью (СА) и ассоциированными с ней случаями наземного возрастания интенсивности нуклонной компоненты солнечных космических лучей (КЛ) [7, 8]. Полученные результаты имеют принципиальное значение для признания биологической эффективности фоновых флуктуаций КЛ, которые могут существенно возрастать в периоды солнечных протонных событий и увеличивать риск рождения детей с врожденными пороками развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ziegler, J.F. Terrestrial cosmic rays // IBM, J. Res. Devel., 1996. N 40. P. 19-39.
2. Shea, M.F. History of solar proton event observations / M.F. Shea, D.F. Smart // Proc. Suppl. Nuclear Physics. 1995. B, 39. P. 16-25.
3. Belisheva, N.K. Solar Flares, Generation of Solar Cosmic Rays and Their Influence on Biological Systems / N.K. Belisheva, V.S. Semenov, Yu.V. Tolstiy, H.K. Biernat // Proc. of the Second European Workshop on Exo/Astrobiology Graz, Austria, 16-19 September 2002 (ESA SP-518, November 2002), P. 429-431.
4. Белишева, Н.К. Значение вариаций космических лучей для функционирования живых систем / Н.К. Белишева, Е.З. Так // Сб. научных докл. VII Межд. конф. «Экология и Развитие Северо-Запада России» 2-7 августа 2002. – СПб, 2002. С. 118-129.
5. Belisheva, N.K. The effect of cosmic rays on biological systems – an investigation during GLE events / N.K. Belisheva, H. Lammer, H.K. Biernat, E.V. Vashenyuk // Astrophys. Space Sci. Trans., 2012. V. 8. P. 7-17. www.astrophys-space-sci-trans.net/8/7/2012/
6. Halpern, G.J. Solar activity cycle and the incidence of foetal chromosome abnormalities detected at prenatal diagnosis / G.J. Halpern, E.G. Stoupe, G. Barkai et al. // Int. J. Biometeorol. 1995. V. 39. P. 59-63.
7. Stoupe, E.G. Chromosome aberration and environmental physical activity: Down syndrome and solar and cosmic ray activity, Israel, 1990-2000 / E.G. Stoupe, H. Frimer, Z. Appelman et al. // Int. J. Biometeorol. 2005. V. 50. P. 1-5.
8. Stoupe, E. Monthly Deaths Number And Concomitant Environmental Physical Activity: 192 Months Observation (1990-2005) / E. Stoupe, R. Kalediene, J. Petrauskienė et al. // Sun and Geosphere. 2007. V. 2. P. 78-83.
9. Талыкова, Л.В. Использование компьютерного регистра родов для медико-демографического мониторинга показателей репродуктивного здоровья жителей г. Мончегорска // Материалы VIII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье», Москва, 25-27 ноября 2009 г. – М., 2009. С. 480.
10. Белишева, Н.К. Вклад высокоширотных гелиогеофизических агентов в картину заболеваемости населения Мурманской области / Н.К. Белишева, Л.В. Талыкова, Н.А. Мельник // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, №1(8). С. 1831-1836.

## EFFECTS OF SOLAR PROTON EVENTS IN PREVALENCE OF CONGENITAL DEFECTS OF DEVELOPMENT AT CHILDREN

© 2012 N.K. Belisheva<sup>1</sup>, L.V. Talykova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kola Scientific Center of RAS, Apatity

<sup>2</sup> Northwest Scientific Center of Hygiene and Public Health of Russian Agency for Health and Consumer Rights

In work results of statistical analysis of congenital developmental anomalies (CDA) cases at children in two cities of Murmansk oblast are presented. Comparison of CDA frequency to land increases of nucleon components of solar space beams – Ground Level Enhancement (GLE) associated with solar proton events, revealed significant correlations between the CDA of various classes and GLE cases. It is shown that CDA frequency with chromosomal anomalies (Q90-Q99) significantly correlates with the events of GLE which have happened one year prior to the birth of the child.

Key words: *congenital developmental anomalies, solar proton events, nucleon component*

Nataliya Belisheva, Doctor of Biology, Head of the Scientific Department of Medical and Biological Problems of Human Adaptation in Arctic. E-mail: natalybelisheva@mail.ru  
Lyudmila Talykova, Doctor of Medicine, Head of the Scientific Research Department. E-mail: talyk@mail.ru