

Н. М. САЛИХОВ¹, Г. Д. ПАК², О. Н. КРЯКУНОВА¹, Т. В. САМОЙЛЕНКО²

(¹ДТОО «Институт ионосферы» АО «Национальный центр космических исследований и технологий», г. Алматы; ²РГП «Институт физиологии человека и животных» КН МОН РК, г. Алматы)

ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ФЛУКТУАЦИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ И ИХ БИОТРОПНОЕ ДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. В настоящей работе приводятся данные влияния космической погоды на флуктуации потока гамма-квантов вторичной космической компоненты в приземной атмосфере. Мониторинг гамма-излучения выполнен на территории г. Алматы и высокогорной научной станции космических лучей «Космостанция» в 32 км от г. Алматы. Флуктуации интенсивности потока гамма-квантов рассматриваются в связи с сезонной ритмикой, геомагнитной активностью и влиянием на организм человека. Установлено, что в сезонных вариациях потока гамма-квантов присутствуют два основных периода – минимум в зимний и максимум в летний периоды. Во время геомагнитных бурь зарегистрированы всплески интенсивности и нарушения фоновых флуктуаций потока гамма-квантов, выраженность и направленность которых зависит от уровня возмущенности геомагнитного поля. Показано, что влияние гамма-излучения на организм человека связано с частичным поглощением гамма-квантов при прохождении через организм и с индукцией резонансных колебаний спектральной мощности variability ритма сердца в области очень низких частот.

Ключевые слова: гамма-излучение в приземной атмосфере, сезонные вариации, геомагнитные бури, variability ритма сердца.

Тірек сөздер: жерге жақын атмосферада гамма-сәулелену, маусымдығы өзгермелі нұсқалар, геомагнитті дауылдар, жүрек ырғағының вариациясы.

Keywords: background gamma-radiation, seasonal variations, geomagnetic storms, heart rate variability.

Введение. Спорадические процессы на Солнце и последующие геомагнитные бури (МБ) влияют на каскадные процессы образования в атмосфере Земли вторичного потока гамма-квантов и колебания естественного фона приземной радиации. Эти флуктуации при возмущениях геомагнитного поля (ГМП) по мнению авторов [1–3] возникают вследствие усиления выделения

радона из грунтовых пород и повышения содержания ^{222}Rn в приземной атмосфере. В вариациях потока гамма-квантов находят отклик даже небольшие колебания радиоактивного фона, как, например, при атмосферных осадках в виде дождя, града и снега. При обильном выпадении осадков интенсивность потока гамма-квантов в приземной атмосфере может значительно возрасть [4]. В повседневной жизни человек постоянно подвергается действию гамма-квантов вторичной космической компоненты (ВКК). И, несмотря на значительный прогресс, в исследовании механизмов влияния геомагнитных возмущений на организм человека остается немало открытых вопросов [5]. Влияют ли непосредственно флуктуации возмущенного ГМП на самочувствие человека или же некий промежуточный фактор? Этому вопросу в настоящее время посвящено большинство работ [6]. В качестве одного из факторов высокой чувствительности сердечно-сосудистой системы и регуляторных физиологических систем к действию космической погоды рассматривается низкоэнергичное гамма-излучение ВКК [7]. С определенностью можно констатировать, что повышенную метеозависимость и чувствительность к возмущениям ГМП проявляют люди старшей возрастной группы, особенно страдающие различными заболеваниями, и в фазе их обострения [6, 8, 9]. В настоящее время метод экологического мониторинга гамма-излучения в приземных слоях атмосферы проводится на территориях многих городов и крупных мегаполисов. Это связано с объективностью и информативностью метода для контроля среды обитания человека, понимания механизмов солнечно-биосферных связей.

Целью данной работы явилось изучение флуктуаций потока гамма-квантов ВКК в приземной атмосфере в связи с сезонной ритмикой, гелиогеомагнитной активностью и влиянием на организм человека.

Методика: Исследования выполнены на высокогорной научной станции космических лучей «Космостанция» на высоте 3340 м над уровнем моря и в г. Алматы (860 м над уровнем моря). Интенсивность потока гамма-квантов измеряли с помощью сцинтилляционного детектора, основой которого является кристалл NaI. Калибровка детектора проводилась с помощью эталонных источников Am-241 ($E_\gamma=60$ кэВ) и Cs-137 ($E_\gamma=660$ кэВ). Данные геомагнитной активности взяты с сайта ionos.kz магнитной обсерватории ДТОО «Институт ионосферы». Вариабельность ритма сердца (ВРС) регистрировали кардиомониторами ритма сердца фирмы «Polar» (Финляндия) во время ночного сна испытуемых. Для обработки данных применяли методы статистического и спектрального анализа.

Результаты исследования. Выполнено исследование влияния космической погоды на среду обитания человека на примере анализа событий повышенной солнечной активности, геомагнитных возмущений и флуктуаций интенсивности потока гамма-квантов ВКК в приземной атмосфере. На рисунке 1 представлены данные регистрации потока гамма-квантов на территории «Космо-станции» во время магнитной бури (МБ) 3 августа (К-индекс=6) и 4 августа (К=7) 2010 г., а также 7 марта (К=6), 9 марта (К=7) и 12 марта 2012 г. (К= 6) на территории г. Алматы. Как в первом, так и во втором случае резкие всплески и снижение X компоненты геомагнитного поля сопровождались значимым повышением интенсивности потока гамма-квантов (рисунок 1). Обращает внимание, что продолжительность этих эффектов соответствовала длительности МБ. Повышение фонового уровня гамма-излучения у поверхности земли, предположительно обусловлено выделением радона при МБ вследствие эффекта магнитострикции в горных породах [1, 2], где его концентрация на порядки выше, чем на поверхности.

Установлено, что изменения интенсивности потока гамма-квантов могут различаться не только по амплитуде отклика, но и по времени начала относительно МБ. Менее выраженная реакция или только всплески интенсивности с элементами десинхронизации фоновых колебаний наблюдаются при магнитовозмущенной обстановке.

Изучение влияния флуктуаций гамма-излучения в приземной атмосфере на живые системы способны дать новый импульс к пониманию механизмов обострения заболеваний при ГМП. Для этого нами выполнено исследование вариабельности ритма сердца в связи с колебаниями фонового потока гамма-квантов вторичной космической компоненты. Первоначально внимание было уделено исследованию сезонных вариаций потока гамма-квантов (рис. 2а).

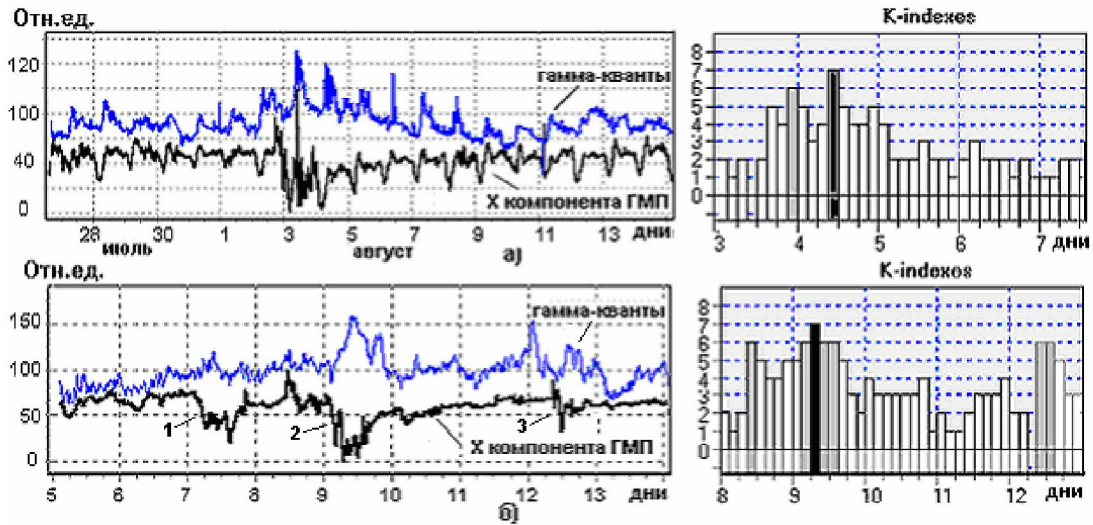


Рисунок 1 – Флуктуации потока гамма-квантов во время магнитной бури 3 августа (K=6), 4 августа (K=7) 2010 г. (а), а также 7 и 9 марта (эпизод 1, K=6, эпизод 2, K=7) и 12 марта (эпизод 3, K=6) 2012 г. (б)

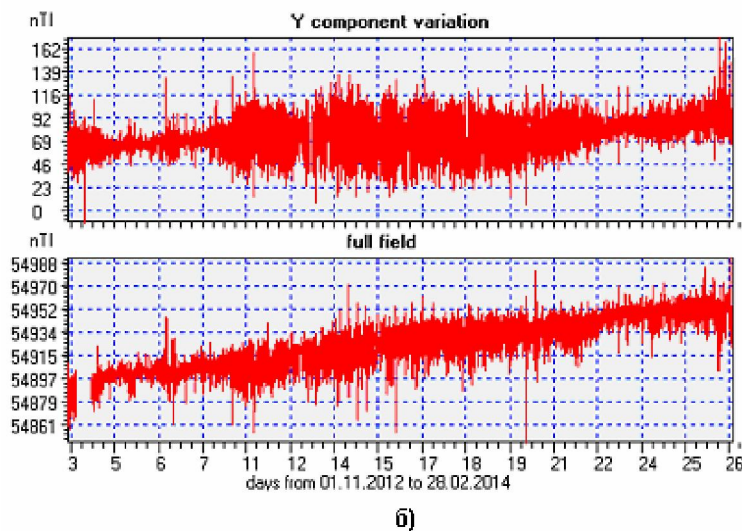
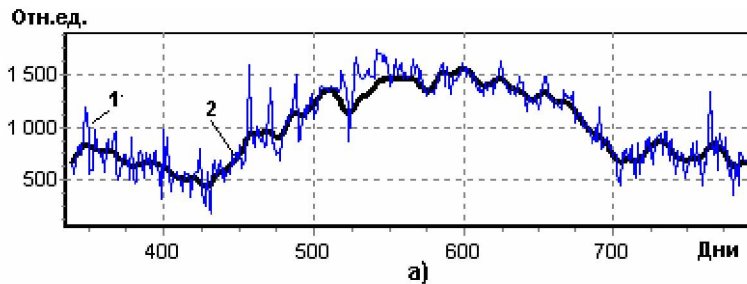


Рисунок 2 – Сезонные вариации потока гамма-квантов приземной атмосферы с 3.12.2012 г. по 28.02.2014 г. (а) и геомагнитного поля с 01.11.2012 г. по 28.02.2014 г. (б). На рисунке 1а по оси абсцисс – время от 1 января 2012 г в днях. Обозначения: 1- исходная запись, 2 – после фильтрации скользящим средним

Установлено, что наименьшие среднесуточные значения приходятся на зимние месяцы, максимальные – на летние. Резкое повышение и понижение интенсивности охватывает соответственно весенний и осенний периоды. Подобные тренды наблюдаются и в сезонных вариациях ГМП (рис.2б). Следует отметить, что именно на весенне-осенний период приходится пик обострений самых различных заболеваний [10]. Спектральный анализ внутрисуточных флуктуаций гамма-излучения (в условиях хорошей погоды и магнитоспокойной обстановки) выявил присутствие трех наиболее характерных периодов: около 1880 с (0,00053 Гц), 1480 с (0,00068 Гц), 1206 с (0,00082 Гц), хотя диапазон значимых частот значительно шире – порядка 0,002-0,0004 Гц

(рис.3а). При сравнении динамических спектров мощности фонового потока гамма-квантов и вариабельности ритма сердца обнаружено появление в отдельные дни синхронизированных колебаний в области очень низких частот – VLF (<0,003Гц) гамма-излучения и ВРС (рис. 3б).

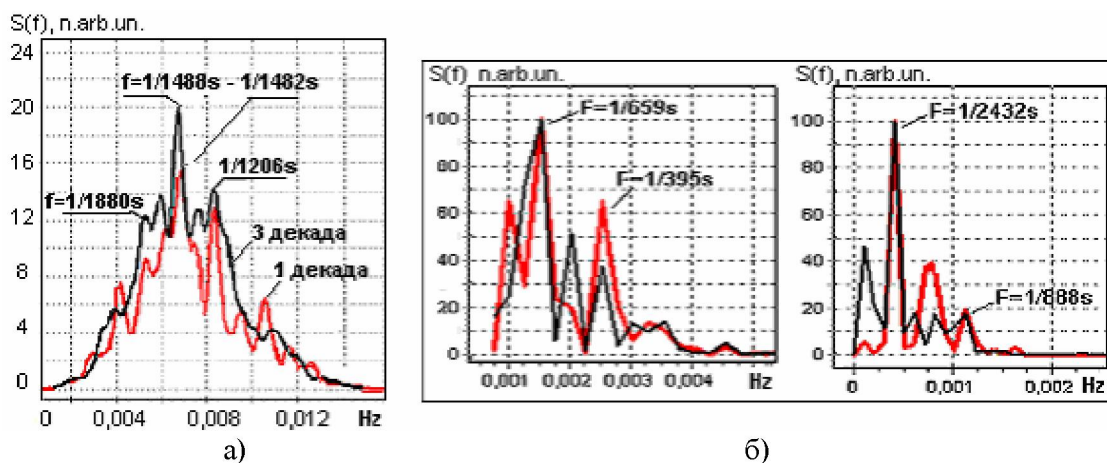


Рисунок 3 – Сравнение спектров мощности вариаций интенсивности потока гамма-квантов в первую (1) и третью (3) декады июня 2013 г. (а) и совпадающие пики динамических спектров мощности гамма-квантов и вариабельности ритма сердца (б)

Сравнение структуры спектров характеризовалось совпадением отдельных частот или даже ансамблей частот. На отдельных записях взаимообусловленность вариаций имела одинаковые временные границы, на других – установлен сдвиг с задержкой 1 – 2 минуты и более. Продолжительность колебаний составляла преимущественно от нескольких до десятков минут, но могла достигать 4 – 5 часов. Один из примеров приведен на рисунке 4а, когда на протяжении 6-часовой записи ВРС эффект одновременных колебаний повторялся трижды с суммарной продолжительностью 3 ч 40 мин.

Механизмы взаимодействия организма с гамма-излучением изучали также в эксперименте с количественной оценкой поглощения гамма-квантов при прохождении через организм. Для этого на протяжении 5 минут испытуемый закрывал головой внешнюю поверхность сцинтилляционного NaI детектора. На рисунке 4б представлена оригинальная запись снижения интенсивности потока гамма-квантов после экранирования головой внешней поверхности детектора. В количественном выражении это составляет около 6-10% от внешнего потока гамма-квантов.

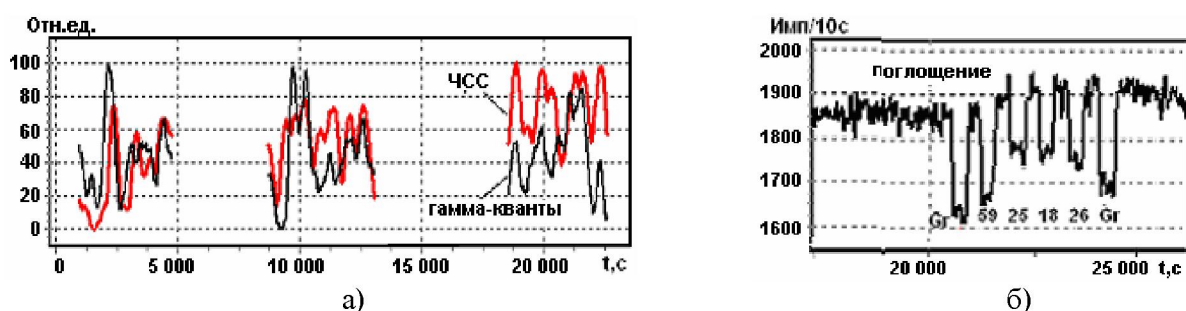


Рисунок 4 – Синхронные колебания динамического спектра мощности VLF гамма-квантов и VLF кардиоритма (а) и поглощение гамма-квантов в организме людей разного возраста (б). Обозначения: ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин; Gr – графит (использовался в качестве эталонного поглотителя). По оси X – время от начала суток по времени UT в секундах

У людей пожилого возраста поглощение гамма-квантов в организме достоверно больше ($p < 0,001$, $n=43$), чем у молодых лиц. Наиболее заметные изменения происходят, в основном, после 40-50 лет. Это коррелирует с повышенной чувствительностью к геомагнитным бурям людей старшей возрастной группы. Не исключено, что механизм резонансного восприятия вариаций потока гамма-квантов связан с колебаниями количества поглощенной энергии гамма-

квантов, влияющих на процессы ионизации и возбуждения биомолекул. Обладая высокой проникающей и ионизирующей способностью, гамма-излучение оказывает существенное влияние на организм человека. И внезапные аномальные колебания потока гамма-квантов могут быть одним из механизмов ухудшения здоровья, нарушения сердечного ритма и обострения заболеваний сердечно-сосудистой системы. Это предположение требует дальнейших исследований в связи с необходимостью объективных прогнозов влияния космической погоды на здоровье населения.

Заключение. Гамма-излучение вторичной космической компоненты является важным экологическим фактором и проводником влияния космической погоды на биосферу. Прослеживается четкая сезонная ритмика вариаций потока гамма-квантов в приземной атмосфере подобная сезонной динамике вариаций геомагнитного поля. Во время геомагнитных бурь наблюдаются всплески интенсивности и нарушения фоновых флуктуаций потока гамма-квантов, выраженность и направленность которых зависит от уровня возмущенности геомагнитного поля. Биотропное действие гамма-излучения связано с частичным поглощением гамма-квантов при прохождении через организм и с индукцией резонансных колебаний спектральной мощности вариабельности ритма сердца в области очень низких частот.

Работа выполнена по РБП 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» в рамках темы «Исследовать особенности структуры и динамики магнитосферы, ионосферы и вариаций космических лучей с целью диагностики околоземного космического пространства» и НТП «Физиологические механизмы регуляции деятельности соматических и висцеральных систем организма человека и животных на 2012–2014 годы».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Владимирский Б.М., Тимурьянц Н.А., Мартынюк В.С. Как изменения космической погоды проникают в среду обитания // Космическая погода и наша жизнь. Фрязино: «Век 2». **2004**. С.62-72.
- 2 Shem'i-Zade A.E. Transformation of a Pulse of Solar-Geomagnetic Activity to Perturbations of the Radon and Aero-Ion Fields of the Planet // Biophysics. Vol. 37. № 4. London: Pergamon Press. **1993**.
- 3 Щемьи-Заде А.Е. Биотропность геомагнитных возмущений как следствие вызываемого ими повышения удельной радиоактивности воздуха // Биофизика. **1978**. Т.22. №6. С.955-958.
- 4 Salikhov N.M., Kryakunova O.N., Pak G.D., Chubenko A.P., and Shepetov A.L. An increase of the soft gamma-radiation background by precipitations // Proceedings of the 32nd International Cosmic Ray Conference, China, Beijing, July. **2011**. V.11. – P.369-372.
- 5 Хабарова О.В. Влияние космофизических факторов на биосферу // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. **2002**. №2. С. 25-39.
- 6 Делюков А.А., Горго Ю.П. Флуктуации атмосферного давления инфранизких частот и метеочувствительность людей разного возраста // Проблемы старения и долголетия. **2000**. Т.9. № 4. С. 348-357.
- 7 Salikhov N.M., Pak G.D. The secondary cosmic gamma-radiation component as a mechanism of space weather influence on a human body // Abstract of the International Conference “Space Weather Effects on Humans: in Space and on Earth”. M. **2012**. С.167-168. SWHP.46.
- 8 Гурфинкель Ю.И. // Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М.: ИИКЦ "Эльф-3". **2004**. 170 с.
- 9 Бреус Т.К., Раппопорт С.И. // Магнитные бури: медико-биологические и геофизические аспекты. М.: Советский спорт. **2003**. 192 с.

REFERENCES

- 1 Vladimirkii B.M. Timuryants N.A., Martynuk V.S. As a changes of space weather penetrate into the environment // Space weather and our lives. Fryazino. **2004**. P.62-72.
- 2 Shem'i-Zade A.E. Transformation of a Pulse of Solar-Geomagnetic Activity to Perturbations of the Radon and Aero-Ion Fields of the Planet // Biophysics. Vol. 37. № 4. London: Pergamon Press, **1993**.
- 3 Shem'i-Zade A.E. Biotropic geomagnetic disturbances as a consequence of the increase of specific air radioactivity // Biophysics. **1978**. V.22. № 6. S.955-958.
- 4 Salikhov N.M., Kryakunova O.N., Pak G.D., Chubenko A.P., and Shepetov A.L. An increase of the soft gamma-radiation background by precipitations // Proceedings of the 32nd International Cosmic Ray Conference, China, Beijing, July. **2011**. V.11. P.369-372.
- 5 Habarova O.V. The influence of cosmophysical factors on biosphere // Biomedical Technology and radioelectronics. **2002**. № 2. P. 25-39.
- 6 Delucov A.A., Gorgo Yu.P. Fluctuations of the atmospheric infrasound and meteosensitivity of different ages people // Problems of aging and longevity. **2000**. V.9. № 4. P. 348-357.
7. Salikhov N.M., Pak G.D. The secondary cosmic gamma-radiation component as a mechanism of space weather influence on a human body // Abstract of the International Conference “Space Weather Effects on Humans: in Space and on Earth”. M. **2012**. P.167-168.SWHP.46.
8. Gurfinkel Yu.I. // Coronary heart disease and solar activity. M. **2004**. 170 p.

9. Breus T.K., Rapoport S.I. // Magnetic storms: medicobiological and geophysical aspects. M. Soviet sport. **2003**. 192 p.

10 Burykin Yu.G., Karpin V.A., Negolyuk Yu.I. Interaction of the external geomagnetic disturbances and the internal regulation systems from the standpoint of synergetic // Vestnik of new medical technologies. **2007**. V.14. № 1. P. 52-54.

Резюме

Н. М. Салихов¹, Г. Д. Пак², О. Н. Крякунова¹, Т. В. Самойленко²

(¹«Ионосфера институты» ЕЖПС «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ, Алматы қ-сы; ²«Адам және жануарлар физиологиясы институты» Шаруашылық жүргізу құқығындағы Республикалық мемлекеттік кәсіпорны ҚР Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитеті, Алматы қ-сы)

ГЕОМАГНИТТИ ҰЙЫТҚУЛАРДЫҢ ЖЕРГЕ ЖАҚЫН АТМОСФЕРАДА ГАММА-СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ФЛУКТУАЦИЯСЫ МЕН АДАМНЫҢ АҒЗАСЫНА БИОТРОПТЫ ӘСЕРІ

Осы жұмыста жерге жақын атмосферада екінші ғарыш құрамдасы гамма-квант ағысы флукуациясына ғарыш ауа райы әсерінің деректері келтірілген. Гамма-квант ағыстың маусымдық өзгермелі нұсқалары екі негізгі кезеңдері–қысқы мерзімдерде минимум және жазғы мерзімдерде максимум анықталды. Геомагнитті дауылдардың уақытында қарқындылықтың шалптары және гамма-квант ағыстың фонды флукуацияларының бұзулуы тіркелген. Олардың көрсеткіштері мен бағыттылығы геомагнитті өрісі ұйытқулары деңгейіне бағынышты болады. Гамма-сәулеленудің адам ағзасына әсері жүректің төмен жиіліктер ырғағымен, вариациясы бар болудың спектрлік қуатын резонанстық тербелістері индукциямен және гамма-квант жарым-жартылай жұтумен байланысы көрсеткен.

Тіректі сөздер: жерге жақын атмосферада гамма-сәулелену, маусымдығы өзгермелі нұсқалар, геомагнитті дауылдар, жүрек ырғағының вариациясы.

Summary

N. M. Salikhov¹, G. D. Pak², O. N. Kryakunva¹, T. V. Samoilenko²

(¹Institute of Ionosphere, National Center for Space Research and Technology, Almaty;

²Institute of Human and Animal Physiology, Almaty)

INFLUENCE OF GEOMAGNETIC DISTURBANCES ON FLUCTUATIONS OF GAMMA RADIATION OF NEA-SURFACE ATMOSPHERE AND THEIR BIOTROPIC EFFECT ON HUMAN

The intensity of the gamma rays fluctuations are considered in relation to the seasonal rhythms, geomagnetic activity and the impact on the human body. It was found that in seasonal variations in the gamma-ray flux there are two main periods - minimum in the winter and maximum in summer. During geomagnetic storms it were recorded intensity bursts and disturbances in background fluctuations of gamma-ray flux. It was shown that the effect of gamma radiation on the human body is due to the partial absorption of gamma rays in time of passing through the body and with the induction of resonance oscillations of the spectral power of heart rate variability of very low frequencies.

Keywords: background gamma-radiation, seasonal variations, geomagnetic storms, heart rate variability.

Поступила 2014 г.