

**ПРИЕМНЫЕ ВЕКТОРЫ МЮОННОГО ТЕЛЕСКОПА
СТАНЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ «НОВОСИБИРСК»****RECEIVING VECTORS OF MUON TELESCOPE OF COSMIC RAY
STATION "NOVOSIBIRSK"****В.Л. Янчуковский***Геофизическая служба СО РАН,
Новосибирск, Россия, vjanch@gs.sbras.ru***V.L. Yanchukovsky***Geophysical Survey SB RAS,
Novosibirsk, Russia, vjanch@gs.sbras.ru***В.Г. Григорьев***Институт космофизических исследований
и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,
Якутск, Россия, grig@ikfia.sbras.ru***V.G. Grigoryev***Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research
and Aeronomy SB RAS,
Yakutsk, Russia, grig@ikfia.sbras.ru***Г.Ф. Крымский***Институт космофизических исследований
и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН,
Якутск, Россия, krymsky@ikfia.sbras.ru***G.F. Krymsky***Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research
and Aeronomy SB RAS,
Yakutsk, Russia, krymsky@ikfia.sbras.ru***В.С. Кузьменко***Геофизическая служба СО РАН,
Новосибирск, Россия, mp3.87@mail.ru***V.S. Kuzmenko***Geophysical Survey SB RAS,
Novosibirsk, Russia, mp3.87@mail.ru***А.Д. Молчанов***Геофизическая служба СО РАН,
Новосибирск, Россия, antonmolch@gmail.com***A.D. Molchanov***Geophysical Survey SB RAS,
Novosibirsk, Russia, antonmolch@gmail.com*

Аннотация. Метод приемных векторов позволяет определять анизотропию космических лучей в каждый момент времени и делает возможным исследование быстрых флуктуаций анизотропии, связанных с динамикой межпланетной среды. Приемные векторы рассчитывались ранее для нейтронных мониторов и мюонных телескопов. Однако большая часть мюонных телескопов сети станций космических лучей, для которых были выполнены расчеты, в настоящее время не работает. В последние годы появился ряд новых, более совершенных детекторов, использование которых, к сожалению, ограничено отсутствием для них приемных коэффициентов. К таким детекторам относится и матричный телескоп в Новосибирске. В связи с этим определены компоненты приемных векторов системы мюонных телескопов наблюдательного комплекса космических лучей станции «Новосибирск». При этом были учтены конструктивные особенности установки, ее ориентация, диаграммы направленности в зависимости от зенитного и азимутального углов, коэффициенты связи системы телескопов, найденные экспериментально методом пробного детектора.

Ключевые слова: космические лучи, мюоны, телескоп, приемные векторы.

Abstract. The method of receiving vectors allows us to determine cosmic ray anisotropy at each moment. Also, the method makes it possible to study fast anisotropy fluctuations related to the interplanetary medium dynamics. Receiving vectors have been calculated earlier for neutron monitors and muon telescopes. However, the most of muon telescopes of the network of cosmic ray stations for which calculations were made does not operate now. In recent years, new improved detectors appeared. Unfortunately, the use of them is limited because of absence of receiving coefficients. These detectors include the matrix telescope in Novosibirsk. Therefore, components of receiving vector for muon telescopes of observation cosmic ray station "Novosibirsk" have been defined. Besides, design features of the facility, its orientation, and directional diagram depending on zenith and azimuth angles were taken into account. Also, for the system of telescopes, we allowed for coupling coefficients found experimentally using the test detector.

Keywords: Cosmic rays, muons, telescope, receiving vectors.

ВВЕДЕНИЕ

Приемные векторы были рассчитаны ранее для нейтронных мониторов [Mogi, 1968a; Yasue et al., 1982; Григорьев, Чирков, 1978] и мюонных телескопов [Mogi, 1968b; Григорьев и др., 2007]. Большая часть мюонных телескопов сети станций космических

лучей (КЛ), для которых были выполнены расчеты приемных векторов, в настоящее время не работает. В последние годы появился ряд новых, более совершенных детекторов, которые, к сожалению, используются ограниченно из-за отсутствия для них приемных коэффициентов. К таким детекторам относится и матричный телескоп в Новосибирске. Много-

канальный наблюдательный комплекс КЛ (МНККЛ) в Новосибирске [Янчуковский, 2010] функционально включает в себя нейтронный монитор 24NM-64, спектрограф, использующий эффект локальной генерации нейтронов [Янчуковский, Янчуковский, 1982; Янчуковский, Филимонов, 2000], и матричный мюонный телескоп [Янчуковский, 2006а]. Матричная структура обеспечивает создание в одном пункте целой системы многонаправленных мюонных телескопов. Для наблюдения анизотропии КЛ мюонные телескопы более пригодны, чем нейтронные мониторы, поскольку являются узконаправленными. Определение анизотропии и градиентов КЛ с энергией 1–250 ГэВ необходимо для разработки методов диагностики межпланетной среды по данным наземных наблюдений КЛ. Метод глобальной съемки, разработанный в ИКФИА СО РАН [Крымский и др., 1966], позволяет определять анизотропию КЛ в каждый момент времени и делает возможным исследование быстрых флуктуаций анизотропии, связанных с динамикой межпланетной среды. Он объединяет три метода [Белов и др., 2004]:

- метод коэффициента связи [Дорман, 1957];
- метод траекторных расчетов движения частиц в магнитном поле Земли [Дорман и др., 1971];
- метод сферического анализа, позволяющий выделить сферические гармоники для дальнейшего анализа [Колмогоров, Фомин, 1989].

Коэффициентами гармоник являются коэффициенты приемных векторов детекторов КЛ и вектор, характеризующий анизотропию КЛ в межпланетном пространстве.

МЕТОД ПРИЕМНЫХ ВЕКТОРОВ

Интенсивность КЛ, регистрируемая некоторым прибором в атмосфере, определяется его приемными характеристиками, отражающими геометрию и географическое положение прибора и тип наблюдаемых вторичных частиц. Для учета влияния этих параметров в ИКФИА СО РАН был разработан метод приемных векторов [Кузьмин, 1968].

Распределение КЛ по сфере $I(\theta, \varphi)$ за пределами магнитосферы можно представить разложением в ряд по системе сферических функций, являющихся решениями уравнения Лапласа:

$$I(\theta, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n (a_n^m \cos(m\varphi) + b_n^m \sin(m\varphi)) P_n^m(\sin \varphi), \quad (1)$$

где θ, φ — широтный и долготный углы в некоторой системе координат, $P_n^m(\sin \varphi)$ — присоединенные функции Лежандра. Это распределение удобно представить в виде многомерного вектора $\vec{A} = \{a_n^m, b_n^m\}$ с бесконечным числом компонент $0 \leq m \leq n \leq \infty$. Тогда для каждого точечного прибора можно определить приемный вектор \vec{R} такой, что интенсивность I , регистрируемая прибором, равна скалярному произведению:

$$I = \vec{A} \vec{R}. \quad (2)$$

Из приведенных уравнений следует, что

$$\vec{R} = \{x_n^m, y_n^m\}, \text{ где } x_n^m = \cos(m\varphi) P_n^m(\sin \varphi);$$

$$y_n^m = \sin(m\varphi) P_n^m(\sin \varphi). \quad (3)$$

Для нахождения приемных векторов реальных приборов должны быть известны: диаграммы направленности детектора $N(\theta, \varphi)$, коэффициенты связи $W(E)$ между вторичными и первичными частицами, энергетический спектр $f_n(E)$ исследуемых вариаций КЛ и асимптотические углы прихода частиц $\Psi(E, \theta, \varphi)$, $\Phi(E, \theta, \varphi)$. При разложении распределения КЛ по сферическим функциям ряд быстро сходится. Поэтому, кроме изотропной составляющей, обычно учитывают первые две гармоники распределения, эффекты от которых наблюдаются в эксперименте. В соответствии с этим в векторах \vec{A} и \vec{R} учитываются девять первых компонент.

Расчет приемных векторов проводится ниже для системы многонаправленных узкоугольных мюонных телескопов МНККЛ в Новосибирске. Регистрация мюонов КЛ осуществляется с помощью матриц детектирования, реализованных на основе газоразрядных пропорциональных счетчиков СГМ-14 [Янчуковский, 1994]. Выделение частиц по направлениям прихода производится путем 4-кратных совпадений сигналов в счетчиках четырех слоев, размещенных по два слоя над и под нейтронным монитором (рис. 1).

Счетчики, объединенные в детекторные блоки по три, в слоях расположены взаимно перпендикулярно и при включении их в схемы совпадений образуют площадки детектирования размером 45×45 см (рис. 2).

Направления, по которым рассчитываются приемные векторы мюонных телескопов на газоразрядных счетчиках, определяются схемами совпадений и ориентацией прибора. Для комплекса мюонных телескопов Якутского спектрографа были выбраны следующие направления: вертикаль и зенитные углы 30°, 60° с севера и юга [Григорьев и др., 2007]. Комплекс мюонных телескопов установки КЛ в Новосибирске, где применен матричный метод детектирования с 4-кратными совпадениями, позволяет проводить регистрацию частиц по вертикали и под зенитными углами 26, 35, 44, 55, 63°. При этом азимутальные направления регистрации для этих зенитных углов обусловлены ориентацией секции нейтронного монитора, на котором расположен телескоп, и имеют направления N (север), S (юг), W (запад), E (восток) и промежуточные азимутальные направления NW, WS, SE и EN.

ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ

Каждый прибор при регистрации КЛ ориентирован в область небесной сферы, определяемую его диаграммой направленности $N(\theta, \varphi)d\omega$, где ω — телесный угол [Кузьмин, 1964]. В диаграмме направленности находят отражение как геометрические особенности прибора, так и зенитно-азимутальная

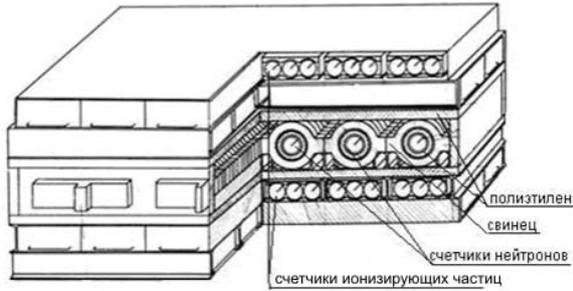


Рис. 1. Расположение счетчиков ионизирующих частиц телескопа в секции нейтронного монитора

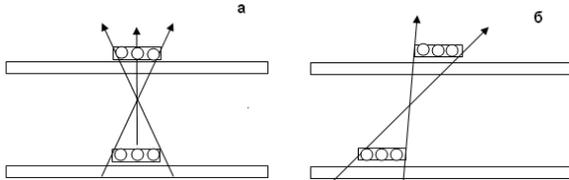


Рис. 2. Схематическое представление 4-кратных совпадений при регистрации частиц с вертикального направления (а) и с направления в 26° от вертикали (б)

угловая зависимость интенсивности регистрируемых частиц [Кузьмин, 1968].

Угловая зависимость интенсивности КЛ определяется выражением

$$I(\theta) = I_0 \cos^\gamma \theta, \tag{4}$$

где I_0 — абсолютная интенсивность частиц, приходящих с вертикального направления, которая составляет $0.5 \text{ см}^{-2} \text{ мин}^{-1} \text{ ср}^{-1}$ [Мурзин, 1970], γ — показатель степени углового распределения частиц (для поверхности Земли $\gamma = 1.3$). Тогда скорость счета мюонного телескопа $N_{\text{счет}}$ находится как

$$N_{\text{счет}} = I_0 C, \tag{5}$$

где C называется светосилой телескопа [Кузьмин, 1968] и определяется выражением

$$C = \int_0^\theta \int_0^\phi S(\theta, \phi) \cos^{\gamma+1} \theta \sin \theta d\theta d\phi. \tag{6}$$

Здесь $S(\theta, \phi)$ — площадь, пересекаемая частицами при регистрации совпадений в выбранном направлении, в зависимости от зенитного θ и азимутального ϕ углов их прихода. Показатель γ в выражении (6) определяется уровнем наблюдения относительно поверхности Земли. Сторона квадратной ячейки детектирования $L=45$ см, а расстояние между нижним и верхним слоем ячеек, установленных на совпадение, $H=103$ см (рис. 2). Расчет диаграммы направленности для одного блока детектирования проводится для направлений регистрации под углами к зениту $0, 26, 44, 55$ и 63° . Оценка ожидаемых значений темпа счета частиц (без учета массы нейтронного монитора) осуществляется для различных зенитных углов мюонного телескопа. За 0° азимутального угла принимается фронтальное расположение нейтронного монитора в направлении 30° NW .

НАПРАВЛЕНИЕ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЦ ПОД ЗЕНИТНЫМ УГЛОМ 0° (ВЕРТИКАЛЬ)

Площадь $S(\theta, \phi)$, пересекаемая частицами при регистрации совпадений с вертикального направления, для одного блока детектирования находится как

$$S(\theta, \phi) = (L - H \text{tg} \theta \cos \phi)(L - H \text{tg} \theta \sin \phi), \tag{7}$$

где, из условия совпадений, каждый из множителей в скобках не может быть меньше нуля. При расчете диаграммы направленности выбор угла, по которому начинается интегрирование, определяется видом диаграммы — азимутальная или зенитная. Для светосилы телескопа, регистрирующего приход частиц с вертикального направления, имеем:

$$C_{\text{верт}} = \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} S(\theta, \phi) \cos^{\gamma+1} \theta \sin \theta \cos \theta d\theta d\phi. \tag{8}$$

Дополнительный $\cos \theta$ учитывает угол между поверхностью верхнего слоя матрицы детектирования и направлением падающих частиц. Телескоп для регистрации частиц с вертикального направления собирает частицы со всех азимутов, в этом случае величина $C_{\text{верт}}$ умножается на 4. Учитывая значение I_0 , получим темп счета одного блока $N_{\text{верт}} = 10026$ имп/ч. Тогда темп счета телескопа, в который входит 24 блока (одна секция установки), $N_{\text{верт}}^{24} = 240624$ имп/ч.

НАПРАВЛЕНИЯ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЦ ПОД ЗЕНИТНЫМИ УГЛАМИ $26, 44, 55$ И 63°

Для указанных зенитных углов рассмотрим азимутальные направления $30^\circ \text{ NW}, 30^\circ \text{ WS}, 30^\circ \text{ SE}, 30^\circ \text{ EN}$. Площадь $S(\theta, \phi)$, пересекаемая частицами при регистрации совпадений, для наклонных направлений телескопа будет состоять из двух частей:

$$S(\theta, \phi) = S_1(\theta, \phi) + S_2(\theta, \phi), \tag{9}$$

где $S_1(\theta, \phi) = (H \text{tg} \theta \cos \phi - r)(L - H \text{tg} \theta \sin \phi), \theta \leq \theta_T$; (10)

$$S_2(\theta, \phi) = (r_1 - H \text{tg} \theta \cos \phi)(L - H \text{tg} \theta \sin \phi), \theta \geq \theta_T. \tag{11}$$

Здесь θ_T — зенитный угол оси (направление) телескопа; r, r_1 — наименьшее и наибольшее расстояния в горизонтальной плоскости между сторонами верхних и нижних ячеек, включенных на совпадение. Для углов $\theta_T = 26, 44, 55$ и 63° имеем $r = 5, 55, 105$ и 155 см, $r_1 = 95, 145, 195$ и 245 см соответственно.

Согласно изложенной выше процедуре расчета темпа счета для телескопа, регистрирующего частицы с вертикального направления, получены ожидаемые значения темпа счета наклонных телескопов $N_{\theta_T}^n$ (здесь n — общее число пар ячеек, включенных на совпадение, для наклонного телескопа под углом к зениту θ_T):

$$N_{26}^{20} (\text{NW, SE}) = 130700 \text{ имп/ч};$$

$$N_{26}^{18} (\text{WS, EN}) = 117630 \text{ имп/ч};$$

$$N_{44}^{16} (\text{NW, SE}) = 35060 \text{ имп/ч};$$

$$N_{44}^{12} (\text{WS, EN}) = 26300 \text{ имп/ч};$$

$$N_{55}^{12} (\text{NW, SE}) = 7800 \text{ имп/ч};$$

$$N_{55}^6 (\text{WS, EN}) = 4000 \text{ имп/ч};$$

$$N_{63}^8 (\text{NW, SE}) = 1710 \text{ имп/ч}.$$

В скобках указаны азимутальные направления телескопов. На рис. 3 представлены зенитные и азимутальные диаграммы направленности для вертикального и наклонных направлений системы мюонных телескопов МНККЛ.

КОЭФФИЦИЕНТЫ СВЯЗИ

Коэффициенты связи W , согласно определению [Дорман, 1957], характеризуют относительную чувствительность детектора к протонам первичных космических лучей различных энергий. Коэффициенты связи для каналов матричного мюонного телескопа МНККЛ находились путем теоретических расчетов [Янчуковский, 1986] и экспериментально [Янчуковский, 2006б; Янчуковский, 2007] методом пробного детектора [Дворников и др., 1989]. Коэффициенты связи, нормированные на 100 %, определялись в виде

$$W(E, \theta_T) = a \frac{\exp\{-d[E\alpha + b]^{-c}\}}{[E\alpha + b]^{c+1}}, \quad (12)$$

где a — нормировочный коэффициент, который вычисляется как

$$a^{-1} = \int_{E_{\min}}^{\infty} \frac{\exp[-d(\alpha E + b)^{-c}]}{(\alpha E + b)^{c+1}} dE.$$

Здесь и в выражении (12) параметры b, c, d, α , нормировочный коэффициент a и пороговая энергия E_{\min} являются функциями θ_T (зенитного угла оси телескопа T). Параметры b, c, d, α определялись методом минимизации функционала [Янчуковский, 2007]. Для получения численных значений коэффициентов связи было использовано выражение (12). При расчетах здесь и далее использовался единый дискретный набор энергий — от пороговой $E_{\min}(\theta_T)$ для каждого направления θ_T регистрации частиц до энергий порядка 1000 ГэВ. Полученные результаты (после нормировки и учета толщины экрана по направлениям) представлены графически на рис. 4.

ТРАЕКТОРИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Расчет траекторий КЛ для ст. «Новосибирск» проводился для того же дискретного набора энергий, который использовался при расчетах коэффициентов связи. Поскольку диаграммы направленности мюонных телескопов имеют зависимость от азимутального угла (рис. 3), асимптотические углы прихода частиц $\Psi(E, \theta, \phi)$, $\Phi(E, \theta, \phi)$ рассчитывались с разрешением 8° по зениту (от 0° до 64°) и 10° по азимуту (от 0° до 350°). При этом были использованы коэффициенты разложения главного магнитного поля Земли, представленные 10 гармониками для эпохи 2000 г. [ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/geomagnetic/igrf/fortran_code]. Расчеты траекторий КЛ были выполнены согласно методике, изложенной в [Дорман и др., 1971]. При численном интегрировании применялся метод Эйлера, для которого начальный шаг h_0 подбирался эмпирически, исходя из точности решения.

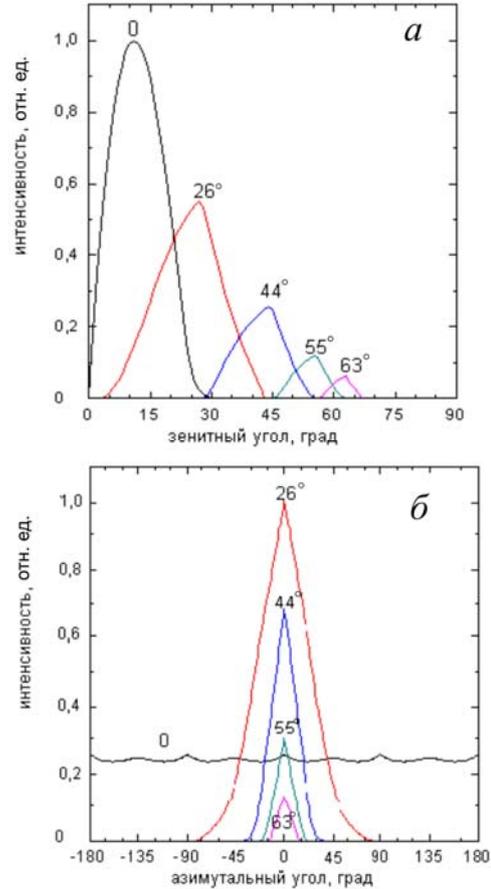


Рис. 3. Зенитные (а) и азимутальные (б) диаграммы направленности системы мюонных телескопов под углами к зениту 0, 26, 44, 55 и 63°

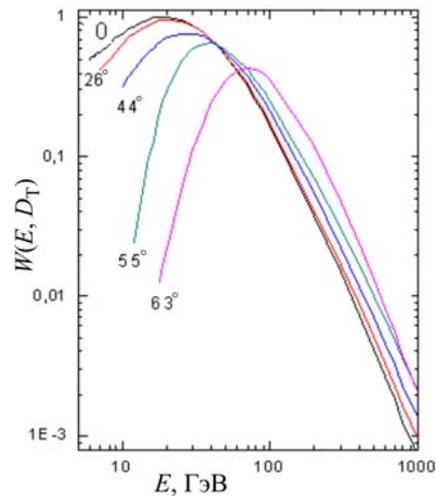


Рис. 4. Коэффициенты связи $W(E, \theta_T)$ для системы мюонных телескопов МНККЛ

Начиная с расстояния $3r_0$ (r_0 — радиус Земли), вклад в геомагнитное поле гармоник выше второй составляет менее 1 %, шаг h в дальнейшем выбирался как $h=h_0(r/3r_0)$. Расчеты траекторий проводились до выполнения одного из условий: $r \leq r_0$, $n = 15000$, $r \geq 25r_0$, где n — число шагов интегрирования. Выполнение первых двух условий соответствовало запрещенным

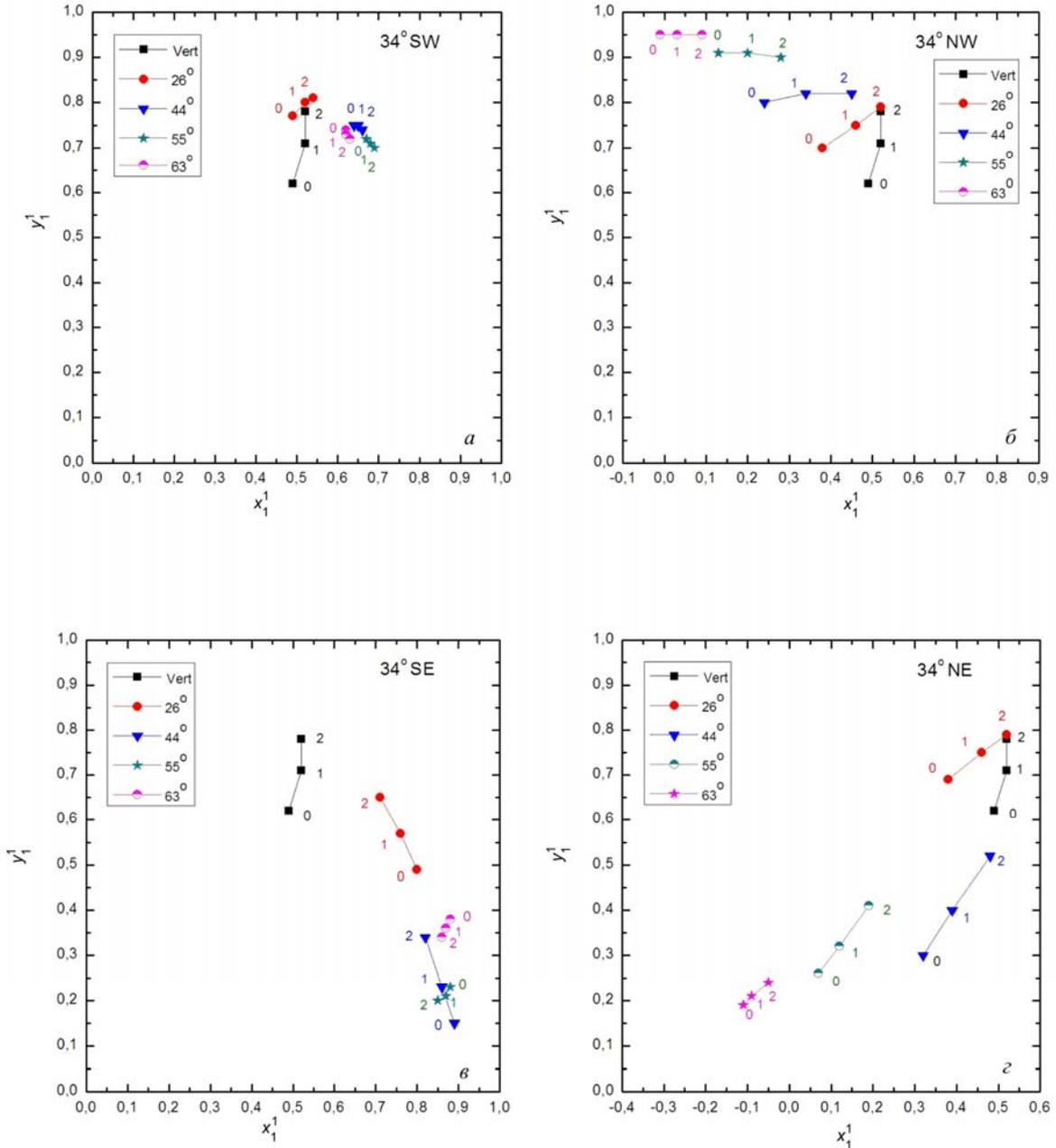


Рис. 5. Компоненты приемных векторов первой сферической гармоники мюонного телескопа КЛ в Новосибирске для азимутальных направлений SW (а), NW (б), SE (в) и NE (г) для $E_0=70$ ГэВ, время местное

траекториям. При достижении расстояния $25r_0$ интегрирование прекращалось и по конечным значениям траектории частицы определялись асимптотические широта $\Phi(E, \theta, \varphi)$ и долгота $\Psi(E, \theta, \varphi)$.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР

Имеющиеся результаты по определению энергетических спектров первой и второй сферических гармоник распределения КЛ дают широкую область спектральных изменений. Их выбор зависит от поставленных задач по исследованию распределения КЛ с помощью этих гармоник. Для определения компонент первой гармоники выбран спектр $f_1(E)$ вида

$$f_1(E) \sim E^{-\gamma}, \text{ если } E \leq E_0,$$

$$f_1(E) = 0, \text{ если } E > E_0.$$

Здесь γ принимает значения 0, 1, 2, а E_0 — 30, 70, 150 ГэВ.

Для определения второй сферической гармоники использован вид спектра $f_2(E)$ из работы [Кривошапки и др., 1989], где предложен экранировочный механизм его образования. После аппроксимации его можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} f_2(E) &\sim (E/E_0), \text{ если } E \leq E_0, \\ f_2(E) &\sim (E/E_0)^{-2}, \text{ если } E > E_0, \end{aligned} \quad (13)$$

где $E_0=30, 70, 150$ ГэВ.

ПРИЕМНЫЕ ВЕКТОРЫ

Расчет компонент приемных векторов осуществлялся исходя из выражения [Чирков и др., 1967]:

$$Z_n^m = \frac{\int_{E_{\min}}^{\infty} \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} W(E) f_n(E) N(\theta, \varphi) \sin(\theta) e^{im\psi(E, \theta, \varphi)} P_n^m(\sin \Phi(E, \theta, \varphi)) dE d\theta d\varphi}{\int_{E_{\min}}^{\infty} \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} W(E) f_n(E) N(\theta, \varphi) \sin(\varphi) dE d\theta d\varphi}, \quad (14)$$

где $Z_n^m = x_n^m + iy_n^m$.

Произведение $e^{im\psi(E, \theta, \varphi)} P_n^m(\sin \Phi(E, \theta, \varphi))$ содержит компоненты

$$\begin{aligned} x_1^0 &= \sin \Phi; x_1^1 = \cos \Phi \cos \Psi; y_1^1 = \cos \Phi \sin \Psi; \\ x_2^0 &= \frac{3}{2} \sin^2 \Phi - \frac{1}{2}; x_2^1 = \sin 2\Phi \cos \Psi; y_2^1 = \sin 2\Phi \sin \Psi; \\ x_2^2 &= \cos^2 \Phi \cos 2\Psi; y_2^2 = \cos^2 \Phi \sin 2\Psi. \end{aligned}$$

Компонента x_1^0 характеризует чувствительность данного детектора к вкладу первой гармоники в изотропную составляющую интенсивности КЛ; x_1^1 и y_1^1 — соответственно радиальная и азимутальная компоненты первой гармоники в географической (UT) или собственной (LT) системе координат. Компоненты приемных векторов LT предназначены для анализа данных по местному времени. Для метода глобальной съемки следует использовать компоненты приемных векторов UT (мировое время). Модуль $|Z_1^1| = \sqrt{(x_1^1)^2 + (y_1^1)^2}$ и угол $Q_1^1 = \arctg(y_1^1/x_1^1)$ характеризуют наблюдаемые изменения первичных параметров первой гармоники по амплитуде и фазе в зависимости от широты и долготы пункта наблюдения. Изменения амплитуды будут на величину $1/|Z_1^1|$, а фазы — на Q_1^1 градусов (т. е. при положительном значении будут смещены на более позднее время). Например, значения приемных коэффициентов мюонного телескопа ст. «Новосибирск» (LT) для вертикального направления для первой гармоники (суточная вариация) составляют $x_1^1 = 0.56$ и $y_1^1 = 0.75$. В этом случае модуль вектора $|Z_1^1| = 0.936$, а угол $Q_1^1 = 53.3^\circ$, т. е. наблюдаемая амплитуда будет уменьшена относительно первичной в 1.07 раза, а фаза смещена на 53.3° (на более позднее время).

Компонента x_2^0 характеризует вклад второй сферической гармоники в изотропную интенсивность КЛ. Составляющие x_2^1 и y_2^1 являются компонентами антисимметричной суточной вариации, обусловленной вкладом второй гармоники в первую. Ее фаза будет противоположна в Северном и Южном полушариях. Соответственно x_2^2 и y_2^2 представляют собой компоненты второй сферической гармоники распределения КЛ. Модули $|Z_2^1| = \sqrt{(x_2^1)^2 + (y_2^1)^2}$, $|Z_2^2| = \sqrt{(x_2^2)^2 + (y_2^2)^2}$ и углы $Q_2^1 = \arctg(y_2^1/x_2^1)$,

$Q_2^2 = \arctg(y_2^2/x_2^2)$ характеризуют их изменения относительно первичного распределения в зависимости от координат станции КЛ.

В качестве примера на рис. 5, а–г представлены компоненты приемных векторов первой сферической гармоники распределения космических лучей для азимутальных направлений 34° SW, 34° NW, 34° SE и 34° NE (LT) для $E_0=70$ ГэВ и $\gamma=0, 1, 2$. Результаты расчета компонент приемных векторов, полученные для первой и второй сферических гармоник распределения КЛ, в цифровом виде представлены в таблицах 1–7 (приложение А).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Найдены компоненты приемных векторов мюонного телескопа наблюдательного комплекса космических лучей ст. «Новосибирск». При этом были учтены конструктивные особенности установки, ее ориентация, диаграммы направленности в зависимости от зенитного и азимутального углов, коэффициенты связи системы телескопов, найденные экспериментально методом пробного детектора. Представленные приемные характеристики установки необходимы при анализе модуляционных эффектов интенсивности космических лучей в широком диапазоне энергий первичных частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белов А.В., Ерошенко Е.А., Ивануш Е.Г. и др. Выделение анизотропии космических лучей в реальном времени // Труды 28-й Всероссийской конференции по космическим лучам. М., 2004. DKL2209 (CD-ROM).
- Григорьев В.Г., Кривошапкин П.А., Крымский Г.Ф., Мамрукова В.П., Стародубцев С.А., Дьячковский М.Э. Приемные векторы комплекса мюонных телескопов станции Якутск // Сб. докладов Всерос. конф. «Современные проблемы космической физики». Якутск, 26–28 ноября 2007 г. Якутск: Изд-во Якутского научного центра СО РАН, 2007. С. 99–102.
- Григорьев В.Г., Чирков Н.П. Сеть станций космических лучей Сибири и Дальнего Востока: препринт ЯФ СО АН СССР. Якутск, 1978. 32 с.
- Дворников В.М., Сдобнов В.Е., Сергеев А.А., Сергеев А.В. Определение коэффициентов связи по вариациям жесткого спектра первичных космических лучей: препринт № 14–89. Иркутск: СибИЗМИР, 1989. 5 с.
- Дорман Л.И. Вариации космических лучей. М.: Гостехиздат, 1957. 285 с.
- Дорман Л.И., Смирнов В.С., Тясто М.И. Космические лучи в магнитном поле Земли. М.: Наука, 1971. 309 с.
- Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1989. 624 с.
- Кривошапкин П.А., Крымский Г.Ф., Кузьмин А.И., Скрипин Г.В. Характеристики межпланетного поля по данным полусуточных вариаций космических лучей // Геомагнетизм и аэрномия. 1969. Т. 9, № 2. С. 228–235.

Крымский Г.Ф., Алтухов А.М., Кузьмин А.И., Кривошапкин П.А., Скрипин Г.В., Чирков Н.П. Распределение космических лучей и приемные векторы детекторов // Геомagnetизм и аэрoномия. 1966. Т. 6, № 6. С. 991–996.

Кузьмин А.И. Вариации космических лучей высоких энергий. М.: Наука, 1964. 159 с.

Кузьмин А.И. Вариации космических лучей и солнечная активность. М.: Наука, 1968. 158 с.

Мурзин В.С. Физика космических лучей. М.: МГУ, 1970. 285 с.

Чирков Н.П., Алтухов А.М., Крымский Г.Ф., Кривошапкин П.А., Кузьмин А.И., Скрипин Г.В. Распределение космических лучей и приемные векторы детекторов. III // Геомagnetизм и аэрoномия. 1967. Т. 7, № 4. С. 620–631.

Янчуковский А.Л., Янчуковский В. Л. Спектрограф вариаций интенсивности космических лучей для мировой сети станций // Известия АН СССР. Сер. Физическая. 1982. Т. 46, № 9. С. 1746–1748.

Янчуковский В.Л. Регистрация направленной интенсивности космических лучей: препринт № 20. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1986. 24 с.

Янчуковский В.Л. Большие пропорциональные счетчики для регистрации космических лучей // Геомagnetизм и аэрoномия. 1994. Т. 34, № 2. С. 151–154.

Янчуковский В.Л., Филимонов Г.Я. Спектрограф вариаций космических лучей на эффекте локальной генерации нейтронов // Астрономический вестник. 2000. Т. 34, № 2. С. 191–192.

Янчуковский В.Л. Телескоп космических лучей // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2006а. Вып. 9. С. 41–43.

Янчуковский В.Л. Оценка энергетических диаграмм мюонных телескопов методом пробного детектора // Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании. Труды Международной конференции. Павлодар: ПГУ РК, 2006б. С. 359–362.

Янчуковский В.Л. Коэффициенты связи для мюонов под различными углами к зениту // Современные проблемы космической физики. Труды Всероссийской конференции. Якутск: Издательство Якутского научного центра СО РАН, 2007. С. 103–106.

Янчуковский В.Л. Многоканальный наблюдательный комплекс космических лучей // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2010. Вып. 16. С. 107–109.

Mori S. Theoretical calculation of the cosmic ray diurnal variation. 1. Nucleonic component // *Nuovo Cimento*. 1968a. V. 58B (10). P. 1–57. DOI: 10.1007/BF02711778.

Mori S. Theoretical calculation of the cosmic-ray solar diurnal variation. 2. Meson component // *Nuovo Cimento*. 1968b. V. 58B (10). P. 58–70. DOI: 10.1007/BF02711779.

Yasue S., Mori S., Sakakibara S., Nagashima K. Coupling coefficients of cosmic ray daily variations for neutron monitor stations // Rep. of Cosmic Ray Research Laboratory. Nagoya University, 1982. No. 7. 6. p.

URL: ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/geomagnetic/igrf/fortran_code (accessed November 15, 2015)

REFERENCES

Belov A.V., Eroshenko E.A., Ivanus' E.G., et al. Real time detection of cosmic ray anisotropy. *Trudy 28 Vserossiiskoi konferentsii po kosmicheskim lucham* [Proc. 28th National Conference on Cosmic Rays]. Moscow, 2004. DKL2209 (CD-ROM) (in Russian).

Chirkov N.P., Altukhov A.M., Krymsky G.F., Krivoschapkin P.A., Kuz'min A.I., Skripin G.V. Cosmic ray distribution and receiving vectors of detectors. III. *Geomagnetizm i Aeronomiya*. [Geomagnetism and Aeronomy]. 1967, vol. 7, no. 4, pp. 620–631 (in Russian).

Dvornikov V.M., Sdobnov V.E., Sergeev A.A., Sergeev A.V. *Opreделение koeffitsientov svyazi po variatsiyam zhestkostonogo spektra pervichnykh kosmicheskikh luchej* [Determining Correlation Coefficients from Variations of Rigidity Spectrum of Primary Cosmic Rays]: Preprint 14–89. Irkutsk, SibIZMIR Publ., 1989, 5 p. (in Russian).

Dorman L.I. *Variatsii kosmicheskikh luchej* [Cosmic Ray Variations]. Moscow, Gostekhizdat Publ., 1957. 285 p. (in Russian).

Dorman L.I., Smirnov V.S., Tyasto M.I. *Kosmicheskie luchi v magnitnom pole Zemli* [Cosmic Rays in the Earth's Magnetic Field]. Moscow, Nauka Publ., 1971, 309 p. (in Russian).

Grigoryev V.G., Krivoschapkin P.A., Krymsky G.F., Mamrukova V.P., Starodubtsev S.A., D'yachkovsky M.E. Receiving vectors of Yakutsk station complex of muon telescopes. *Sbornik dokladov Vserossiiskoi konferentsii "Sovremennye problemy kosmicheskoi fiziki"* [Proc. National Conference "Present Problems of Space Physics"]. Yakutsk Scientific Centre SB RAS Publ., 2007, pp. 99–102 (in Russian).

Grigoryev V.G., Chirkov N.P. *Set' Stantsii kosmicheskikh luchej Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Network of Siberian and Far East Cosmic Ray Stations]: Preprint of Yakutsk Affiliated Branch SB AS USSR. Yakutsk, 1978, 32 p. (in Russian).

Kolmogorov A.N., Fomin S.V. *Elementy teorii funktsii i funktsional'nogo analiza* [Elements of the Theory of Functions and Functional Analysis]. Moscow, Nauka Publ., 1989, 624 p. (in Russian).

Krivoschapkin P.A., Krymsky G.F., Kuz'min A.I., Skripin G.V. Interplanetary field characteristics from half-daily cosmic ray variations. *Geomagnetizm i Aeronomiya* [Geomagnetism and Aeronomy]. 1969, vol. 9, no. 2, pp. 228–235 (in Russian).

Krymsky G.F., Altukhov A.M., Kuz'min A.I., Krivoschapkin P.A., Skripin G.V., Chirkov N.P. Cosmic ray distribution and receiving vectors of detectors. *Geomagnetizm i Aeronomiya* [Geomagnetism and Aeronomy]. 1966, vol. 6, no. 6, pp. 991–996 (in Russian).

Kuz'min A.I. *Variatsii kosmicheskikh luchej vysokikh energii* [Variations of High-Energy Cosmic Rays]. Moscow, Nauka. Publ., 1964, 159 p. (in Russian).

Kuz'min A.I. *Variatsii kosmicheskikh luchej i solnechnaya aktivnost'* [Cosmic Ray Variations and Solar Activity]. Moscow, Nauka Publ., 1968, 158 p. (in Russian).

Mori S. Theoretical calculation of the cosmic ray diurnal variation. 1. Nucleonic component. *Nuovo Cimento*. 1968a, vol. 58B, no. 10, pp. 1–57. DOI: 10.1007/BF02711778.

Mori S. Theoretical calculation of the cosmic ray solar diurnal variation. 2. Meson component. *Nuovo Cimento*. 1968b, vol. 58B, no. 10, pp. 58–70. DOI: 10.1007/BF02711779.

Murzin V.S. *Fizika kosmicheskikh luchej* [Physics of Cosmic Rays]. Moscow, Moscow State University Publ., 1970, 285 p. (in Russian).

Yanchukovsky A.L., Yanchukovsky V.L. Spectrograph of cosmic ray intensity variations for the world network of stations. *Izvestiya AN SSSR. Ser. fizicheskaya*. [Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Physics]. 1982, vol. 46, no. 9, pp. 1746–1748 (in Russian).

Yanchukovsky V.L. *Registratsiya napravlennoi intensivnosti kosmicheskikh luchej* [Registration of Directed Intensity of Cosmic Rays]: Preprint no. 20. Novosibirsk, Institute of Geophysics and Geology Publ., 1986, 24 p. (in Russian).

Yanchukovskiy V.L. Large proportional counters for cosmic ray detection. *Geomagnetizm i Aeronomiya* [Geomagnetism and Aeronomy]. 1994, vol. 34, no. 2, pp. 151–154 (in Russian).

Yanchukovskiy V.L., Filimonov G.Ya. Spectrograph of cosmic ray variations based on the effect of local electron generation. *Astronomicheskii vestnik* [Solar System Research]. 2000, vol. 34, no. 2, pp. 191–192 (in Russian).

Yanchukovskiy V.L. Cosmic ray telescope. *Solnechno-zemnaya fizika* [Solar-Terrestrial Physics]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2006, iss. 9, pp. 41–43 (in Russian).

Yanchukovskiy V.L. Estimation of energy diagrams of muon telescopes using the method of probe detector. *Trudy Mezhdunarodnoi konferentsii "Vychislitel'nye i informatsionnye tekhnologii v nauke, tekhnike i obrazovanii"* [Proc. Intern. Conference "Computational and Informatic Technologies in Science, Engineering and Education"]. Pavlodar State University Publ., 2006, pp. 359–362 (in Russian).

Yanchukovskiy V.L. Correlation coefficients for muons at different angles to zenith. *Trudy Vserossiiskoi konferentsii "Sovremennyye Problemy Kosmicheskoi Fiziki"* [Proc. National Conference "Present Problems of Space Physics"]. Yakutsk Scientific Centre SB RAS Publ., 2007, pp. 103–106 (in Russian).

Yanchukovskiy V.L. Multi-channel complex for cosmic ray observing. *Solnechno-zemnaya fizika* [Solar-Terrestrial Physics]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2010, no. 16, pp. 107–109 (in Russian).

Yasue S., Mori S., Sakakibara S., Nagashima K. Coupling coefficients of cosmic ray daily variations for neutron monitor stations. *Rep. of Cosmic Ray Research Laboratory*. Nagoya University, 1982, n. 7, 6 p.

URL:ftp://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/models/geomagnetic/igrf/fortran_code (accessed November 15, 2015)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1

Компоненты приемных векторов первой гармоники в вертикальном направлении

		LT								
		$E_0=30$ ГэВ			$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
0	0	0.25	0.55	0.75	0.50	0.49	0.62	0.55	0.47	0.58
	1	0.16	0.55	0.78	0.30	0.52	0.71	0.33	0.51	0.69
	2	0.06	0.53	0.81	0.12	0.52	0.78	0.13	0.52	0.78
		UT								
		$E_0=30$ ГэВ			$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
0	0	0.25	-0.68	0.64	0.50	-0.56	0.56	0.55	-0.52	0.54
	1	0.16	-0.71	0.64	0.30	-0.64	0.60	0.33	-0.63	0.59
	2	0.06	-0.74	0.63	0.12	-0.71	0.62	0.13	-0.71	0.61

Таблица 2

Компоненты приемных векторов первой гармоники в направлениях $\varphi=34^\circ$ NE и $\theta=26, 44, 55, 63^\circ$

		LT								
		$E_0=30$ ГэВ			$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.22	0.50	0.80	0.49	0.38	0.69	0.55	0.35	0.64
	1	0.15	0.53	0.81	0.31	0.46	0.75	0.34	0.44	0.73
	2	0.09	0.55	0.81	0.16	0.52	0.79	0.17	0.52	0.78
44	0	0.64	0.44	0.51	0.82	0.32	0.30	0.84	0.31	0.31
	1	0.54	0.48	0.57	0.70	0.39	0.40	0.71	0.38	0.40
	2	0.43	0.53	0.62	0.54	0.48	0.52	0.55	0.47	0.52
55	0	0.75	0.25	0.55	0.92	0.07	0.26	0.92	0.05	0.29
	1	0.70	0.29	0.57	0.87	0.12	0.32	0.88	0.11	0.33
	2	0.64	0.33	0.60	0.79	0.19	0.41	0.80	0.18	0.41
63	0	0.78	0.15	0.57	0.95	-0.11	0.19	0.93	-0.13	0.28
	1	0.77	0.16	0.58	0.94	-0.09	0.21	0.93	-0.11	0.27
	2	0.75	0.18	0.60	0.92	-0.05	0.21	0.92	-0.07	0.27
		UT								
		$E_0=30$ ГэВ			$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.22	-0.74	0.59	0.49	-0.64	0.46	0.55	-0.59	0.43
	1	0.15	-0.74	0.62	0.31	-0.69	0.54	0.34	-0.67	0.53
	2	0.09	-0.73	0.65	0.16	-0.72	0.61	0.17	-0.71	0.61
44	0	0.64	-0.45	0.49	0.82	-0.11	0.34	0.84	-0.02	0.32
	1	0.54	-0.50	0.55	0.70	-0.27	0.43	0.71	-0.22	0.41
	2	0.43	-0.55	0.60	0.54	-0.43	0.53	0.55	-0.41	0.53
55	0	0.75	-0.51	0.32	0.92	-0.10	0.12	0.92	0.02	0.11
	1	0.70	-0.53	0.35	0.87	-0.21	0.17	0.88	-0.14	0.16
	2	0.64	-0.56	0.40	0.79	-0.33	0.25	0.80	-0.29	0.24
63	0	0.78	-0.55	0.21	0.95	0.03	0.14	0.93	0.18	0.17
	1	0.77	-0.56	0.23	0.94	-0.04	0.13	0.93	0.09	0.16
	2	0.75	-0.57	0.25	0.92	-0.13	0.13	0.92	-0.03	0.15

Таблица 3
Компоненты приемных векторов первой гармоники в направлениях $\varphi=34^\circ$ NW и $\theta=26^\circ, 44^\circ, 55^\circ, 63^\circ$

LT										
$E_0=30$ ГэВ					$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.21	0.50	0.81	0.48	0.38	0.70	0.54	0.35	0.65
	1	0.14	0.53	0.81	0.30	0.46	0.75	0.33	0.45	0.73
	2	0.08	0.55	0.81	0.15	0.52	0.79	0.16	0.52	0.78
44	0	0.09	0.44	0.87	0.41	0.24	0.80	0.48	0.19	0.75
	1	0.06	0.48	0.85	0.27	0.34	0.82	0.31	0.32	0.80
	2	0.04	0.52	0.83	0.14	0.45	0.82	0.16	0.44	0.82
55	0	-0.07	0.37	0.91	0.26	0.13	0.91	0.36	0.07	0.87
	1	-0.08	0.39	0.90	0.17	0.20	0.91	0.23	0.16	0.89
	2	-0.09	0.42	0.88	0.09	0.28	0.90	0.12	0.26	0.90
63	0	-0.20	0.32	0.92	0.22	-0.01	0.95	0.35	-0.09	0.90
	1	-0.20	0.33	0.91	0.17	0.03	0.95	0.27	-0.04	0.91
	2	-0.20	0.35	0.91	0.10	0.09	0.95	0.18	0.03	0.93
UT										
$E_0=30$ ГэВ					$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.21	-0.74	0.59	0.48	-0.64	0.46	0.54	-0.60	0.43
	1	0.14	-0.74	0.62	0.30	-0.68	0.55	0.33	-0.68	0.53
	2	0.08	-0.74	0.64	0.15	-0.72	0.61	0.16	-0.72	0.61
44	0	0.09	-0.81	0.54	0.41	-0.76	0.34	0.48	-0.72	0.28
	1	0.06	-0.78	0.58	0.27	-0.77	0.44	0.31	-0.76	0.41
	2	0.04	-0.76	0.62	0.14	-0.76	0.54	0.16	-0.76	0.53
55	0	-0.07	-0.86	0.48	0.26	-0.88	0.24	0.36	-0.85	0.18
	1	-0.08	-0.85	0.50	0.17	-0.88	0.31	0.23	-0.86	0.27
	2	-0.09	-0.83	0.53	0.09	-0.86	0.39	0.12	-0.86	0.37
63	0	-0.20	-0.87	0.43	0.22	-0.94	0.11	0.35	-0.90	0.02
	1	-0.20	-0.87	0.44	0.17	-0.94	0.15	0.27	-0.91	0.07
	2	-0.20	-0.86	0.46	0.10	-0.93	0.20	0.18	-0.92	0.14

Таблица 4
Компоненты приемных векторов первой гармоники в направлениях $\varphi=34^\circ$ SE и $\theta=26, 44, 55, 63^\circ$

LT										
$E_0=30$ ГэВ					$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.19	0.77	0.58	0.27	0.80	0.49	0.29	0.80	0.47
	1	0.15	0.74	0.62	0.20	0.76	0.57	0.21	0.77	0.55
	2	0.10	0.69	0.68	0.13	0.71	0.65	0.13	0.71	0.64
44	0	0.42	0.84	0.26	0.38	0.89	0.15	0.36	0.90	0.14
	1	0.40	0.82	0.33	0.38	0.86	0.23	0.38	0.86	0.22
	2	0.37	0.79	0.40	0.37	0.82	0.34	0.36	0.82	0.33
55	0	0.54	0.82	0.13	0.37	0.88	0.23	0.33	0.89	0.25
	1	0.54	0.82	0.15	0.42	0.87	0.21	0.39	0.87	0.22
	2	0.54	0.81	0.17	0.46	0.85	0.20	0.44	0.85	0.21
63	0	0.55	0.80	0.21	0.25	0.88	0.38	0.17	0.89	0.39
	1	0.55	0.80	0.20	0.28	0.87	0.36	0.22	0.88	0.38
	2	0.56	0.80	0.19	0.33	0.86	0.34	0.28	0.87	0.35

Окончание таблицы 4

UT										
$E_0=30$ ГэВ					$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.19	-0.48	0.84	0.27	-0.39	0.85	0.29	-0.37	0.86
	1	0.15	-0.53	0.81	0.20	-0.47	0.83	0.21	-0.46	0.83
	2	0.10	-0.59	0.77	0.13	-0.56	0.78	0.13	-0.55	0.78
44	0	0.42	-0.15	0.86	0.38	0.03	0.89	0.36	0.06	0.90
	1	0.40	-0.22	0.85	0.38	-0.08	0.88	0.38	-0.06	0.88
	2	0.37	-0.30	0.84	0.37	-0.21	0.85	0.36	-0.21	0.85
55	0	0.54	0.13	0.81	0.37	0.31	0.85	0.33	0.34	0.86
	1	0.54	0.09	0.81	0.42	0.26	0.84	0.39	0.28	0.85
	2	0.54	0.04	0.81	0.46	0.18	0.83	0.44	0.19	0.83
63	0	0.55	0.29	0.77	0.25	0.48	0.83	0.17	0.50	0.84
	1	0.55	0.28	0.77	0.28	0.46	0.82	0.22	0.48	0.83
	2	0.56	0.26	0.77	0.33	0.44	0.81	0.28	0.45	0.82

Таблица 5

Компоненты приемных векторов первой гармоники в направлениях $\varphi=34^\circ$ SW и $\theta=26, 44, 55, 63^\circ$

LT										
$E_0=30$ ГэВ					$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.06	0.55	0.81	0.28	0.49	0.77	0.34	0.47	0.75
	1	0.03	0.56	0.82	0.15	0.52	0.80	0.18	0.51	0.79
	2	0.00	0.55	0.82	0.05	0.54	0.81	0.06	0.54	0.81
44	0	-0.07	0.67	0.74	0.04	0.64	0.75	0.08	0.63	0.75
	1	-0.06	0.67	0.73	0.00	0.65	0.75	0.02	0.65	0.75
	2	-0.04	0.67	0.74	-0.02	0.66	0.74	-0.02	0.66	0.74
55	0	-0.18	0.71	0.68	-0.13	0.67	0.72	-0.09	0.66	0.73
	1	-0.17	0.71	0.67	-0.14	0.68	0.71	-0.12	0.67	0.72
	2	-0.15	0.72	0.67	-0.15	0.69	0.70	-0.14	0.69	0.70
63	0	-0.28	0.69	0.66	-0.26	0.62	0.74	-0.21	0.61	0.76
	1	-0.28	0.70	0.66	-0.27	0.62	0.73	-0.23	0.62	0.74
	2	-0.27	0.70	0.65	-0.27	0.63	0.72	-0.25	0.63	0.73

UT										
$E_0=30$ ГэВ					$E_0=70$ ГэВ			$E_0=150$ ГэВ		
θ°	γ	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1	x_1^0	x_1^1	y_1^1
26	0	0.06	-0.74	0.65	0.28	-0.71	0.58	0.34	-0.69	0.56
	1	0.03	-0.74	0.65	0.15	-0.73	0.61	0.18	-0.72	0.61
	2	0.00	-0.75	0.65	0.05	-0.74	0.63	0.06	-0.74	0.63
44	0	-0.07	-0.65	0.75	0.04	-0.67	0.73	0.08	-0.67	0.72
	1	-0.06	-0.65	0.75	0.00	-0.66	0.74	0.02	-0.66	0.73
	2	-0.04	-0.65	0.75	-0.02	-0.66	0.74	-0.02	-0.66	0.74
55	0	-0.18	-0.59	0.78	-0.13	-0.64	0.75	-0.09	-0.65	0.75
	1	-0.17	-0.58	0.79	-0.14	-0.62	0.76	-0.12	-0.63	0.76
	2	-0.15	-0.58	0.80	-0.15	-0.61	0.77	-0.14	-0.61	0.77
63	0	-0.28	-0.57	0.77	-0.26	-0.66	0.70	-0.21	-0.68	0.70
	1	-0.28	-0.57	0.77	-0.27	-0.65	0.71	-0.23	-0.66	0.70
	2	-0.27	-0.56	0.78	-0.27	-0.63	0.72	-0.25	-0.65	0.71

Таблица 6

Компоненты приемных векторов (UT) второй гармоники

θ°	$E_0, \text{ГэВ}$	x_2^0	x_2^1	y_2^1	x_2^2	y_2^2
Вертикаль						
0	30	-0.02	-0.51	0.53	0.02	-0.67
	70	0.29	-0.53	0.64	-0.04	-0.45
	150	0.41	-0.46	0.65	-0.06	-0.36
Направление $\varphi=34^\circ \text{ SW}$						
26	30	-0.27	-0.16	0.64	-0.67	-0.42
	70	-0.23	-0.11	0.71	-0.73	-0.26
	150	-0.22	-0.08	0.73	-0.74	-0.19
44	30	0.08	0.16	0.88	-0.45	0.17
	70	-0.02	0.32	0.80	-0.41	0.44
	150	-0.09	0.34	0.74	-0.39	0.53
55	30	0.24	0.44	0.78	-0.16	0.40
	70	0.02	0.56	0.66	-0.04	0.61
	150	-0.10	0.53	0.57	0.01	0.71
63	30	0.05	0.63	0.55	0.14	0.59
	70	-0.15	0.62	0.45	0.24	0.71
	150	-0.28	0.50	0.35	0.29	0.79
Направление $\varphi=34^\circ \text{ NW}$						
26	30	-0.07	-0.56	0.37	0.22	-0.65
	70	0.29	-0.66	0.42	0.16	-0.42
	150	0.44	-0.59	0.41	0.12	-0.32
44	30	-0.20	-0.52	0.16	0.46	-0.59
	70	0.14	-0.76	0.16	0.42	-0.32
	150	0.33	-0.74	0.10	0.31	-0.21
55	30	-0.34	-0.32	0.02	0.67	-0.51
	70	-0.13	-0.69	0.03	0.67	-0.23
	150	0.02	-0.77	-0.05	0.55	-0.10
63	30	-0.32	-0.38	-0.05	0.78	-0.21
	70	-0.21	-0.66	-0.07	0.77	0.00
	150	-0.01	-0.79	-0.19	0.60	0.15
Направление $\varphi=34^\circ \text{ SE}$						
26	30	-0.37	-0.19	0.47	-0.58	-0.66
	70	-0.30	-0.20	0.58	-0.64	-0.55
	150	-0.26	-0.19	0.63	-0.65	-0.50
44	30	-0.25	0.01	0.70	-0.76	0.04
	70	-0.31	0.08	0.62	-0.80	0.22
	150	-0.33	0.09	0.58	-0.80	0.28
55	30	-0.22	0.21	0.68	-0.61	0.48
	70	-0.35	0.20	0.50	-0.61	0.63
	150	-0.39	0.17	0.40	-0.61	0.68
63	30	-0.36	0.22	0.40	-0.45	0.77
	70	-0.44	0.15	0.24	-0.45	0.84
	150	-0.47	0.07	0.10	-0.45	0.85
Направление $\varphi=34^\circ \text{ NE}$						
26	30	-0.05	-0.57	0.37	0.21	-0.64
	70	0.31	-0.65	0.42	0.16	-0.40
	150	0.46	-0.58	0.41	0.11	-0.31
44	30	0.59	-0.19	0.52	-0.02	-0.19
	70	0.71	0.24	0.45	0.02	0.01
	150	0.64	0.43	0.42	0.08	0.08
55	30	0.74	-0.27	0.23	0.09	-0.12
	70	0.83	0.22	0.14	0.09	-0.01
	150	0.72	0.16	0.13	0.17	0.02
63	30	0.78	0.04	0.25	0.09	0.03
	70	0.77	0.41	0.32	0.08	0.09
	150	0.59	0.65	0.32	0.20	0.16

Таблица 7

Компоненты приемных векторов (LT) второй гармоники

θ°	$E_0, \text{ГЭВ}$	x_2^0	x_2^1	y_2^1	x_2^2	y_2^2
Вертикаль						
0	30	-0.02	0.46	0.57	-0.18	0.65
	70	0.29	0.57	0.61	-0.07	0.45
	150	0.41	0.59	0.54	-0.03	0.36
Направление $\varphi=34^\circ \text{ SW}$						
26	30	-0.27	0.62	0.24	0.55	0.57
	70	-0.23	0.69	0.20	0.65	0.43
	150	-0.22	0.72	0.17	0.68	0.38
44	30	0.08	0.89	0.22	0.48	0.30
	70	-0.02	0.84	0.28	0.50	0.40
	150	-0.09	0.78	0.29	0.50	0.47
55	30	0.24	0.83	0.40	0.25	0.40
	70	0.02	0.73	0.49	0.19	0.60
	150	-0.10	0.63	0.47	0.16	0.69
63	30	0.05	0.62	0.56	0.01	0.61
	70	-0.15	0.53	0.56	-0.06	0.75
	150	-0.28	0.41	0.45	-0.09	0.84
Направление $\varphi=34^\circ \text{ NW}$						
26	30	-0.07	0.30	0.60	-0.37	0.58
	70	0.29	0.34	0.70	-0.26	0.36
	150	0.44	0.33	0.63	-0.19	0.28
44	30	-0.20	0.10	0.53	-0.59	0.46
	70	0.14	0.07	0.77	-0.48	0.21
	150	0.33	0.01	0.74	-0.38	0.13
55	30	-0.34	-0.02	0.32	-0.77	0.33
	70	-0.13	-0.05	0.68	-0.70	0.06
	150	0.02	-0.14	0.76	-0.56	-0.04
63	30	-0.32	-0.10	0.37	-0.81	0.02
	70	-0.21	-0.15	0.64	-0.74	-0.19
	150	-0.01	-0.29	0.76	-0.54	-0.29
Направление $\varphi=34^\circ \text{ SE}$						
26	30	-0.37	0.44	0.25	0.41	0.78
	70	-0.30	0.56	0.27	0.48	0.69
	150	-0.26	0.61	0.27	0.51	0.64
44	30	-0.25	0.69	0.11	0.75	0.24
	70	-0.31	0.63	0.08	0.83	0.19
	150	-0.33	0.58	0.07	0.84	0.20
55	30	-0.22	0.70	0.15	0.71	0.36
	70	-0.35	0.52	0.15	0.74	0.48
	150	-0.39	0.42	0.12	0.75	0.52
63	30	-0.36	0.42	0.17	0.63	0.64
	70	-0.44	0.26	0.12	0.64	0.71
	150	-0.47	0.11	0.06	0.65	0.72
Направление $\varphi=34^\circ \text{ NE}$						
26	30	-0.05	0.30	0.61	-0.36	0.57
	70	0.31	0.34	0.70	-0.25	0.35
	150	0.46	0.33	0.62	-0.19	0.27
44	30	0.59	0.50	0.44	-0.02	0.24
	70	0.71	0.47	0.45	-0.02	0.17
	150	0.64	0.46	0.55	-0.06	0.20
55	30	0.74	0.15	0.53	-0.12	0.10
	70	0.83	0.05	0.49	-0.09	0.03
	150	0.72	0.04	0.63	-0.17	0.03
63	30	0.78	-0.18	0.48	-0.10	-0.03
	70	0.77	-0.26	0.53	-0.11	-0.08
	150	0.59	-0.23	0.72	-0.23	-0.11