

Результаты расчета зенитно-угловых распределений мюонов представлены с точностью до 5 % в виде параметризации для $h = 1.15$ км:

$$I_{\mu}(E_{\mu} > 10_{\text{ГэВ}}, h = 1.15_{\text{км}}, \cos \theta \geq 0.3) = C(\cos \theta - a)^n,$$

где параметры C , a и n для соответствующих моделей адрон-ядерных взаимодействий:

$$\begin{aligned} \text{KM: } C &= 7.40 \times 10^{-7}, \\ a &= 0.16, n = 1.78, 0.3 \leq \cos \theta \leq 1.0 \\ \text{QGSJET-II-03: } C &= 5.39 \times 10^{-7}, \\ a &= 0.15, n = 1.83, 0.3 \leq \cos \theta \leq 1.0 \end{aligned}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью численно-аналитического метода решения транспортных уравнений для мюонов и новых граничных спектров выполнены абсолютные (избавленные от нормировок) расчеты потоков высокоэнергетических мюонов для условий телескопа Baikal-GVD; дана параметризация зенитно-углового распределений мюонов. Проведено сравнение полученных результатов с экспериментальными данными и расчетами разных авторов. По-прежнему сохраняется значительный разброс предсказаний потока мюонов (до 40 %) как фона для поиска и регистрации сигналов от астрофизических нейтрино.

Авторы с благодарностью вспоминают своего учителя С. И. Синеговского за выдвинутые им идеи и инициацию данного исследования. А. Кузьмицкий благодарит В. А. Наумова за полезные советы и обсуждение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аворин А.В. и др. Baikal-GVD – нейтринный телескоп следующего поколения на озере Байкал // Изв. РАН. Сер. физ. 2019. Т. 83, № 8. С. 1016–1018.

Ульзутуев Б.Б. Измерение потока атмосферных мюонов на Байкальском нейтринном телескопе Baikal-GVD: Магистерская диссертация: 03.04.01. Москва. 2023.

Aartsen M.G. et al. Measurement of the Atmospheric ν_e flux in IceCube // Phys. Rev. Letters. 2013. V. 110, N 15. P. 151105.

Abbasi R. et al. Measurement of the atmospheric neutrino energy spectrum from 100 GeV to 400 TeV with IceCube // Phys. Rev. D. 2011. V. 83, N 1. P. 012001.

Adrian-Martinez S. et al. Measurement of the atmospheric ν_{μ} energy spectrum from 100 GeV to 200 TeV with the ANTARES telescope // Eur. Phys. J. C. 2013. V. 73. P. 1–12.

Adrian-Martinez S. et al. Letter of intent for KM3NeT 2.0 // J. Phys. G. 2016. V. 43, N 8. P. 084001.

Ageron M. et al. Dependence of atmospheric muon flux on seawater depth measured with the first KM3NeT detection units // Eur. Phys. J. C. 2020. V. 80. P. 1–11.

Aynutdinov V. et al. The Baikal neutrino experiment: Status, selected physics results, and perspectives // Nucl. Instrum. Meth. A. 2008. V. 588, Iss. 1–2. P. 99–106.

Belolaptikov I. A. et al. The Baikal underwater neutrino telescope: Design, performance, and first results // Astropart. Phys. 1997. V. 7, N 3. P. 263282.

Bugaev E.V. et al. Atmospheric muon flux at sea level, underground, and underwater // Phys. Rev. D. 1998. V. 58. P. 054001.

Desiati P. et al. Response of AMANDA-II to Cosmic Ray Muons // 28th International Cosmic Ray Conference. 2003. V. 3. P. 1373–1376.

Klimushin S.I., Bugaev E.V., Sokalski I.A. Parametrization of atmospheric muon angular flux underwater // Phys. Rev. D. 2001. V. 64, ISS. 1. P. 014016.

Kochanov A.A., Morozova A.D., Sinegovskaya T.S., Sinegovsky S.I. High-energy atmospheric muon flux calculations in comparison with recent measurements // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. V.1181. P.012054.

Kochanov A.A., Sinegovskaya T.S., Sinegovsky S.I. High-energy cosmic-ray fluxes in the Earth atmosphere: Calculations vs experiments // Astropart. Phys. 2008. V. 30, N 5. P. 219–233.

Naumov V.A., Sinegovsky S.I., Bugaev E.V. High-energy cosmic-ray muons under thick layers of matter // Phys. of Atom. Nucl. 1994. V.57, N 3. P. 412–424.

Naumov V.A., Sinegovskaya T.S. Simple method for solving transport equations describing the propagation of cosmic-ray nucleons in the atmosphere // Phys. Atom. Nucl. 2000. V.63, N 11. P. 1927–1935.

Sinegovskaya T.S., Sinegovsky S.I. Prompt muon contribution to the flux underwater // Phys. Rev. D. 2001. V.63. P. 096004.