

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЧАСТИЦ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ RUSCOSMICS

Е.А. Михалко, Е.А. Маурчев

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия
mikhalko@pgia.ru

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE DETECTOR FOR DETERMINING ANGULAR DISTRIBUTIONS OF PARTICLES FOR THE RUSCOSMICS SOFTWARE PACKAGE

E.A. Mikhalko, E.A. Maurchev

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia
mikhalko@pgia.ru

Аннотация. Для вычисления характеристик потоков вторичных космических лучей (КЛ) на станции нейтронного монитора Апатиты используется программный комплекс RUSCOSMICS [Maurchev et al., 2015, 2016; Agostinelli et al., 2003]. Одной из важнейших задач астрофизики КЛ является определение угловых распределений частиц в атмосфере Земли. Для этого нами был составлен алгоритм и написано программное обеспечение для интеграции в наши модели детектирующего объема, выполняющего эту функцию.

Ключевые слова: объектно-ориентированное программирование, численное моделирование, физика частиц.

Annotation. To calculate the characteristics of the secondary cosmic ray (CR) fluxes at the Apatity neutron monitor station, the RUSCOSMICS [Maurchev et al., 2015, 2016; Agostinelli S et al., 2003] software package is used. One of the most important tasks of astrophysics of cosmic rays is to determine the angular distributions of particles in the Earth's atmosphere. For this, we have compiled an algorithm and written software for integration into our models of the detection volume that performs this function.

Keywords: object-oriented programming, numerical modeling, particle physics.

ВВЕДЕНИЕ

При моделировании прохождения протонов КЛ через атмосферу Земли программным комплексом RUSCOSMICS частица последовательно проходит через слои воздуха, при этом производится расчет ее трека и трека вторичной компоненты. При этом детектирующие объемы собирают информацию об интенсивности потоков, скорости ионизации и т. д. Немаловажной задачей физики КЛ является расчет угловых распределений частиц относительно перпендикулярного направления рабочего объема модели. На рис. 1 представлен типовой трекинг для протона с энергией $E=100$ ГэВ. Синим цветом представлены положительно заряженные частицы, красным — отрицательно, зеленым — нейтральные. Направление движения первичной частицы обозначено стрелкой, рабочий объем также выделен синим цветом.

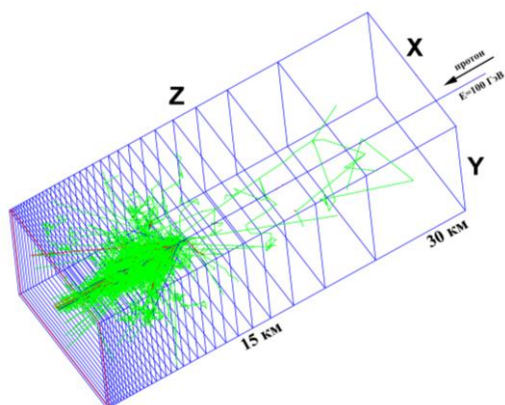


Рис. 1. Типовая иллюстрация прохождения протона первичных КЛ с энергией 100 ГэВ через атмосферу Земли

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА УГЛА ОТКЛОНЕНИЯ ВТОРИЧНОЙ ЧАСТИЦЫ

Детектирующий объем устроен таким образом, что при пересечении его границ собирается информация о ее начальных (Z_1, Y_1, Y_1) и конечных (Z_2, Y_2, Y_2) координатах. После определяется направление движения в верхнюю ($Z_2-Z_1>0$) или нижнюю ($Z_2-Z_1<0$) полуплоскость. На конечном этапе производится вычисление косинуса угла относительно перпендикуляра рабочего объема модели (рис. 2, 3).

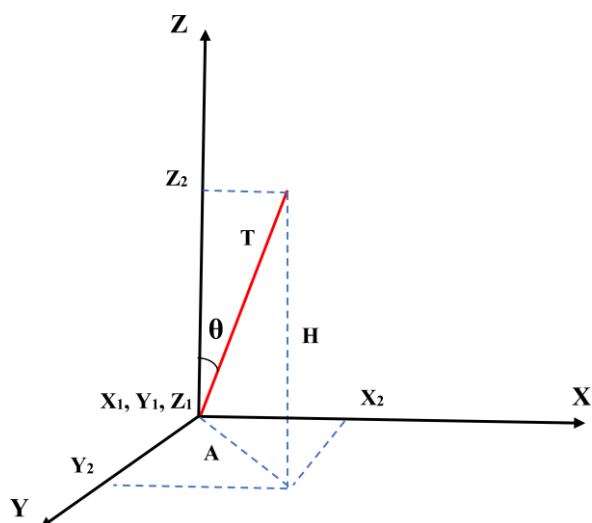


Рис. 2. Схематичное представление трека частицы, движущейся в верхнюю полуплоскость, в детектирующем объеме с указанием всех необходимых для расчета координат и углов

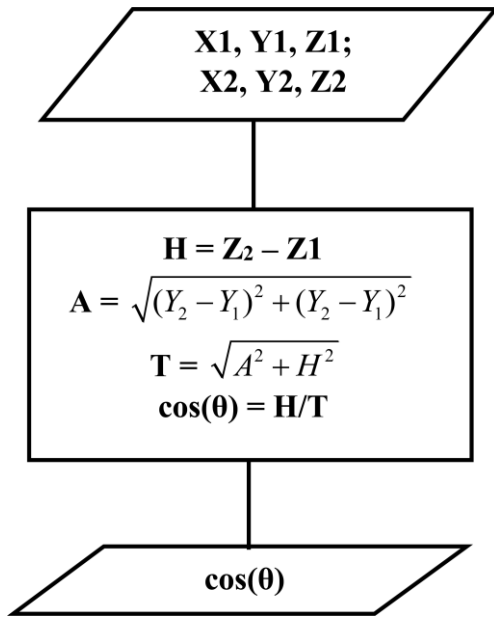


Рис. 3. Алгоритм расчета косинуса угла отклонения частицы, движущейся в верхнюю полушарность

РЕЗУЛЬТАТ

В ходе расчета по представленной методике получают зависимости, позволяющие оценить направление движения вторичных частиц КЛ в атмосфере Земли. Типовые графики представлены на рис. 4.

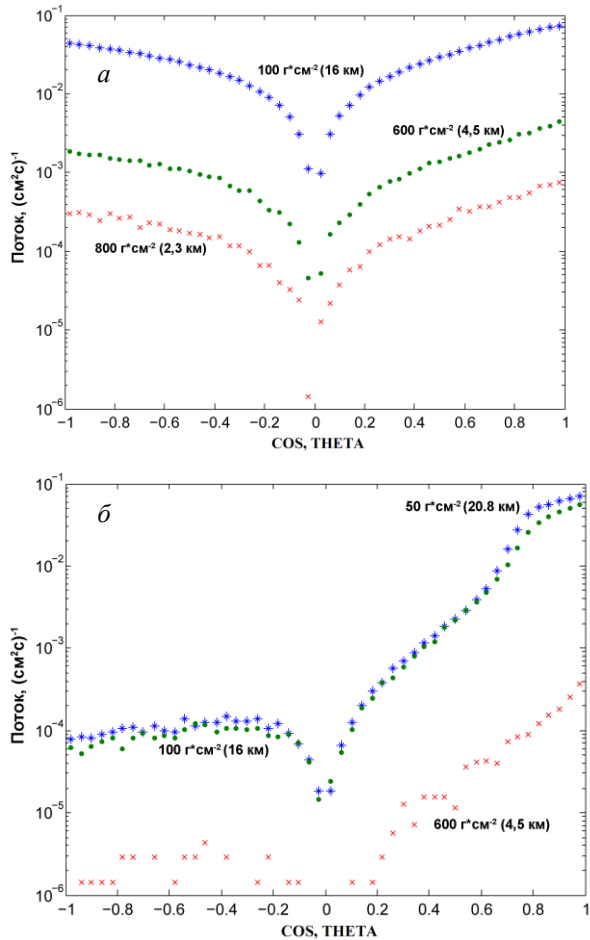


Рис. 4. Типовые графики угловых распределений частиц вторичных КЛ, нейтроны (а) и протоны (б), на различных глубинах атмосферы Земли

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была создана программная реализация для определения косинуса угла направления движения частиц КЛ относительно перпендикуляра рабочего объема модели атмосферы Земли. Полученный код интегрирован в соответствующий модуль RUSCOSMICS.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00626. The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-32-00626.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Agostinelli S., et al. Geant4 — A Simulation Toolkit // Nuclear Instruments and Methods. 2003. A 506. P. 250–303. DOI: [10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8).

Maurchev E.A., Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B. A new numerical model for investigating cosmic rays in the Earth's atmosphere // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2015. V. 79, N 5. P. 657–659.

Maurchev E.A., Balabin Yu.V. RUSCOSMIC — the new software toolbox for detailed analysis of cosmic rays interactions with matter // Solar-Terr. Phys. 2016. V. 2, N 4. P. 3–10.