

УДК 524.1

**ПОПЕРЕЧНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ И МЮОНОВ ШАЛ
НА ВЫСОТЕ 4250 м НАД УРОВНЕМ МОРЯ**

¹Н.Б. Курбонов, ²А.Р. Ахадов, ¹З. Умар

**LATERAL DISTRIBUTION OF ELECTRONS AND MUONS OF EAS
AT THE HEIGHT OF 4250 m ABOVE SEA LEVEL**

¹N.B. Kurbonov, ²A.R. Akhadov, ¹Z. Umar

В работе приведены результаты расчетов пространственного распределения электронов и мюонов широкого атмосферного ливня от различных первичных ядер на высоте 4250 м над уровнем моря. В результате моделирован ШАЛ с помощью программы CORSIKA и созданы программы для расчета пространственных распределений частиц.

In the work the results of calculation of lateral distribution of electrons and muons in extensive air shower from different nucleus at the height 4250 m above sea level are given. EAS (extensive air shower) was simulated by CORSIKA program and programs were created to calculate the lateral distribution of particles.

Взаимодействия первичных космических лучей сверхвысоких энергий нельзя изучать прямыми методами из-за малости интенсивности таких частиц. Для этого изучают широкий атмосферный ливень (ШАЛ) образовавшийся в результате взаимодействия первичных космических лучей с ядрами атмосферы. Взаимодействие первичной частицы с ядрами атмосферы приводит к передаче значительной энергии в мягкую компоненту. Для изучения этой компоненты используют поверхностные детекторы, которые регистрируют электронно-мюонную компоненту ШАЛ.

Хотя, в данный момент, для изучения характеристик ШАЛ самым информативным методом является изучение Черенковского света ШАЛ, но оно имеет недостаток в регистрации света в ночное время. Регистрация возможна только в ясные безлунные ночи, которые, как правило, составляют только около 10 % от общего времени. Изучая электронно-мюонную компоненту ШАЛ в любое время года, можно восполнить недостаток информации полученным ЧС. Это и является одной из задач эксперимента «ПАМИР-21», в котором будут использоваться черенковские детекторы и поверхностные детекторы традиционного типа, состоящие из слоев сцинтиллятора и свинца.

Целью данной работы является расчет пространственного распределения электронов и мюонов ШАЛ от различных ядер. Исследование поперечного развития ливня 56 необходимо, в первую очередь потому, что без его знания невозможно определить полное число ливневых частиц той или иной природы на данном уровне наблюдения ШАЛ.

В качестве энергии первичной частицы взята энергия равная 0.1 и 1 ПэВ. Высота детектирования частиц равна 4250 м над уровнем моря, где будет располагаться эксперимент «ПАМИР-21» [Borisov et al., 2013]. Моделирование ШАЛ-а проводилось с помощью программного пакета CORSIKA [Heck et al., 1998] и в качестве модели взята модель QGSJET-1 [Kalmykov, 1997]. В качестве первичных ядер выбраны p, Fe, He, N, S. Угол падения этих ядер с зенитом равнялся 00.

На рис. 1–3 приведены пространственные распределения электронов ШАЛ от различных первич-

ных ядер с энергиями 1014 и 1015 эВ. Порог энергии равен 1, 3 и 10 МэВ.

Надо сказать, что порог выбран для того, чтобы посмотреть как будет влиять толщина поглотителя на наши результаты. Как видно из рисунков, плотность электронов от легких ядер больше плотности электронов от тяжелых ядер. Это объясняется тем, что ШАЛ от легких ядер проникает глубже в атмосферу в сравнении с ШАЛ-ом от тяжелых ядер и при прохождении оно собирает больше электронов.

На рис. 4 сравнены поперечные распределения электронов ШАЛ от первичного ядра Fe с энергией 1 ПэВ для различных порогов энергий (1, 3 и 10 МэВ). Как видно, что подобранные пороги для наших детекторов почти не влияют на определения пространственного распределения электронов.

На рис. 5–7 приведены пространственные распределения мюонов ШАЛ от различных ядер с энергиями 1014 и 1015 эВ. Порог энергии равен 100 МэВ, 1 и 10 ГэВ.

Как видно, в основном мюоны регистрируются вблизи оси ШАЛ-а.

Плотность мюонов от легких ядер меньше плотности электронов от тяжелых ядер. Это объясняется тем, что ШАЛ от легких ядер проникает глубже в атмосферу, чем относительно от ШАЛ-а от тяжелых ядер и в нем еще не родились все мюоны, которые должны родиться.

На рис. 8 сравнены поперечные распределения мюонов ШАЛ от первичного ядра Fe с энергией 1 ПэВ для различных порогов энергий (100 МэВ, 1 и 10 ГэВ). Как видно, подобранные пороги наших детекторов влияют на определения пространственного распределения мюонов.

Подводя итоги нашей работы можно заключить, что:

– Плотность зарегистрированных электронов ШАЛ-а от легких ядер больше плотности электронов ШАЛ-а от тяжелых ядер.

– Плотность зарегистрированных мюонов ШАЛ-а от легких ядер меньше плотности электронов ШАЛ-а от тяжелых ядер.

– Выбранные пороги энергий почти не влияют для поперечного распределения электронов, а для мюонов влияют.

electrons LDF, $E_t=1\text{MeV}$, $h=4250\text{m}$

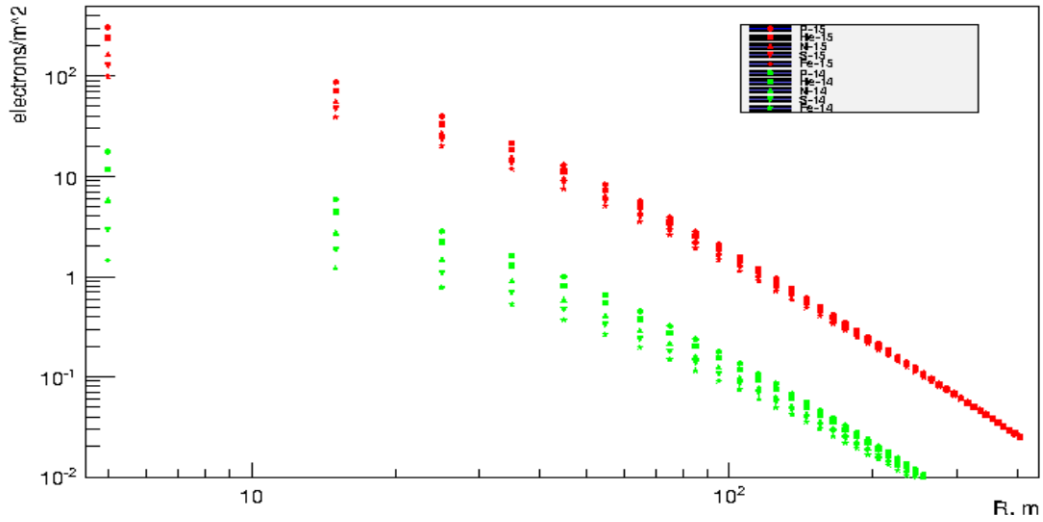


Рис. 1. Пространственное распределение электронов ШАЛ от различных первичных ядер с энергиями 0.1 и 1ПэВ. Порог энергии 1МэВ.

electrons LDF, $E_t=10\text{MeV}$, $h=4250\text{m}$

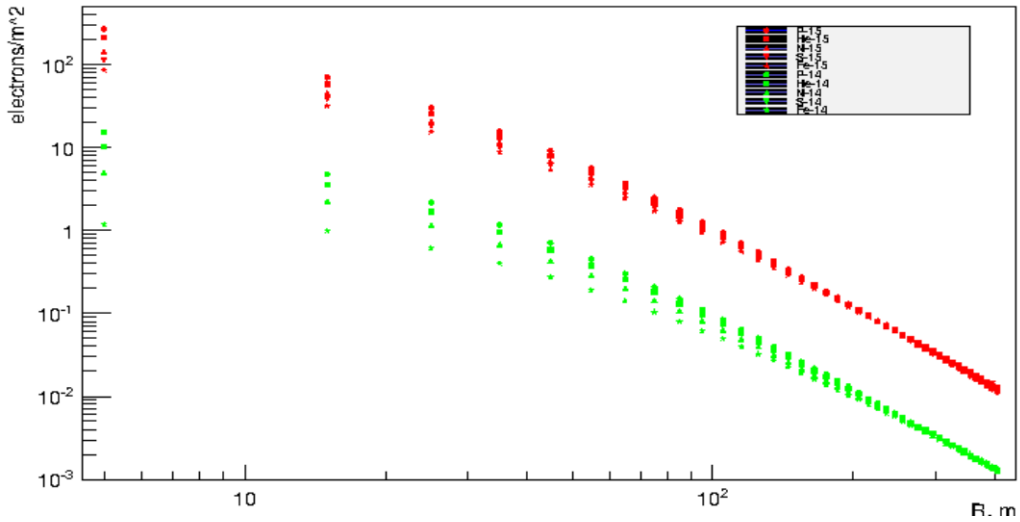


Рис. 2. Пространственное распределение электронов ШАЛ от различных первичных ядер с энергиями 0.1 и 1 ПэВ. Порог энергии 3 МэВ.

electrons LDF, $E_t=3\text{MeV}$, $h=4250\text{m}$

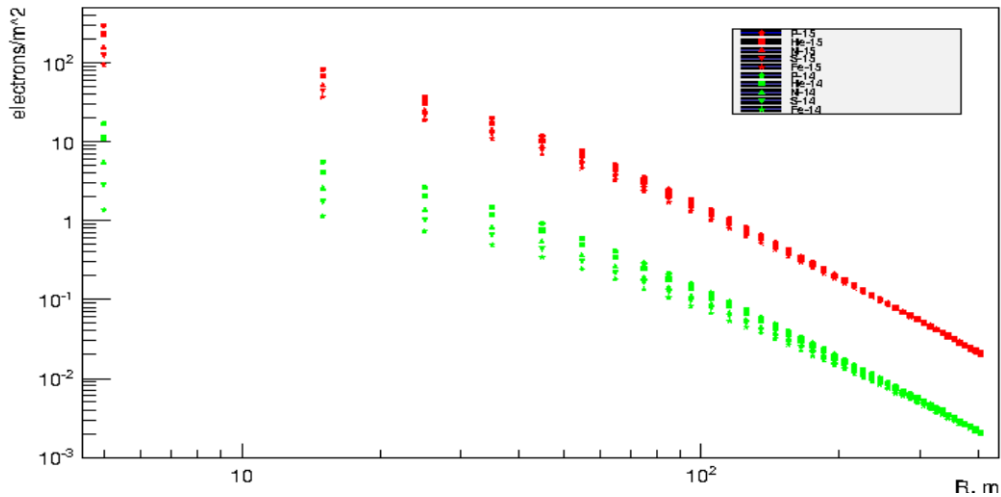


Рис. 3. Пространственное распределение электронов ШАЛ от различных первичных ядер с энергиями 0.1 и 1ПэВ. Порог энергии 10 МэВ.

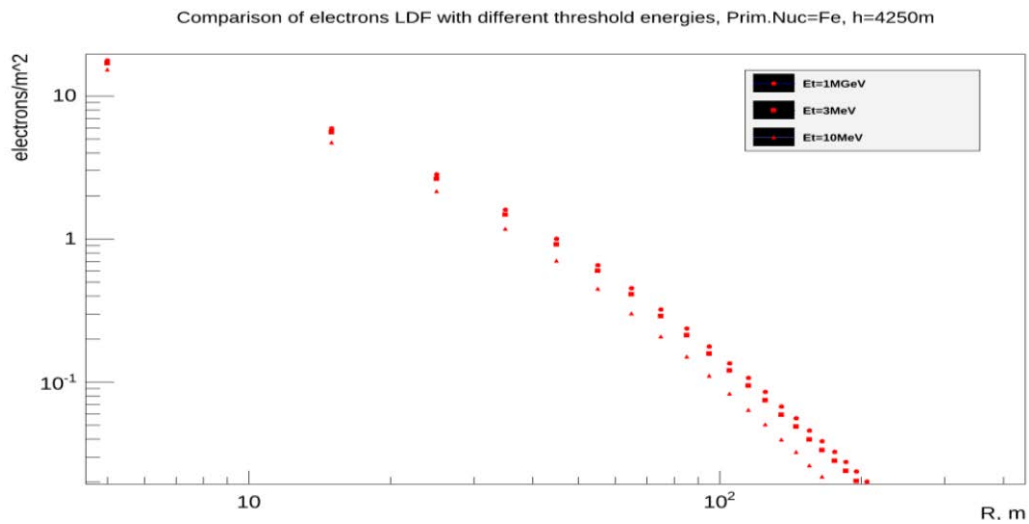


Рис. 4. Поперечные распределения электронов ШАЛ от первичного ядра Fe с энергией 1ПэВ для различных порогов энергий (1, 3 и 10 МэВ).

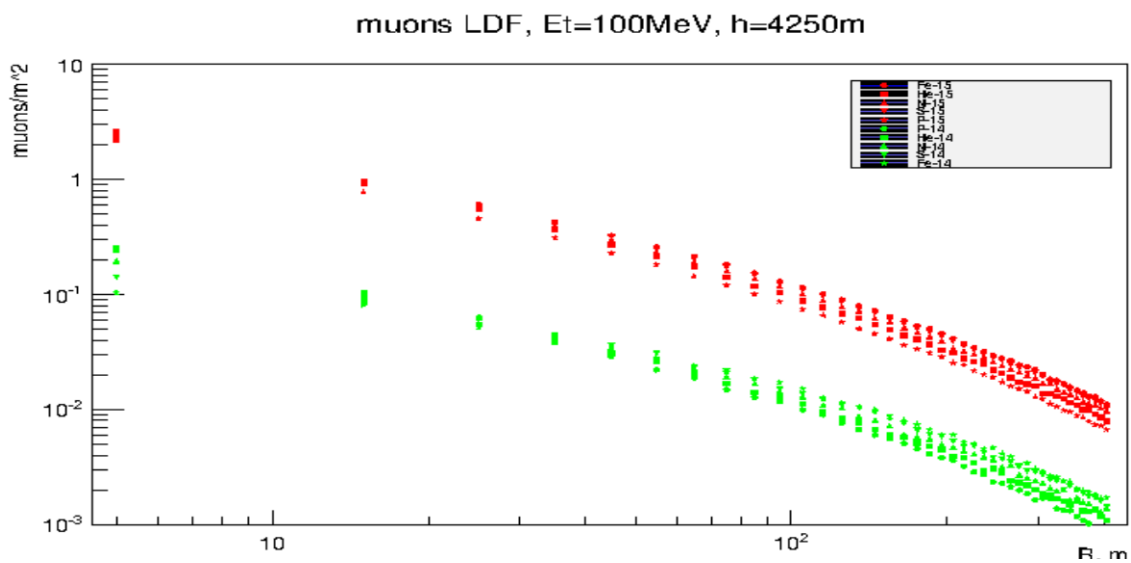


Рис. 5. Пространственное распределение мюонов ШАЛ от различных первичных ядер с энергиями 0.1 и 1 ПэВ. Порог энергии 100 МэВ.

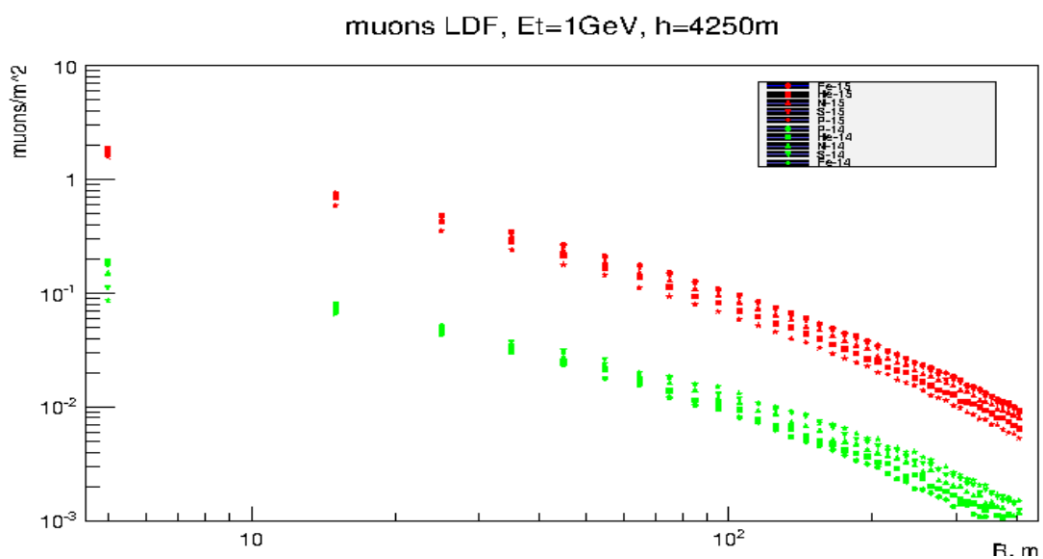


Рис. 6. Пространственное распределение мюонов ШАЛ от различных первичных ядер с энергиями 0.1 и 1 ПэВ. Порог энергии 1 ГэВ.

muons LDF, $E_t=10\text{GeV}$, $h=4250\text{m}$

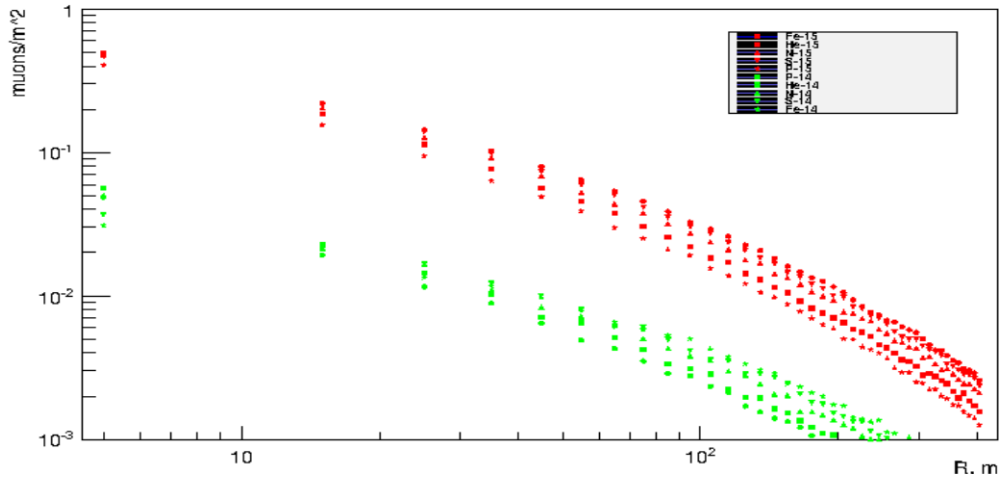


Рис. 7. Пространственное распределение мюонов ШАЛ от различных первичных ядер с энергиями 0.1 и 1 ПэВ. Порог энергии 10 ГэВ.

Comparison of muons LDF with different threshold energies, Prim.Nuc=Fe, $h=4250\text{m}$

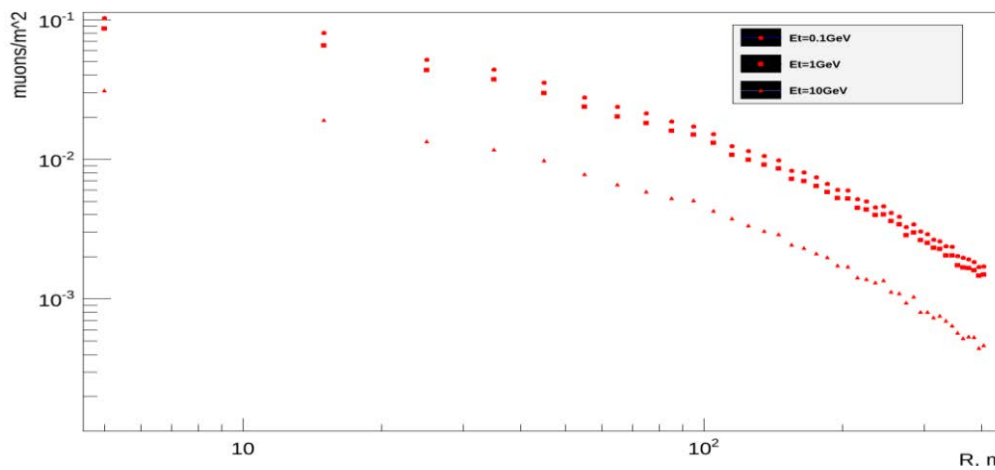


Рис. 8. Сравнение поперечного распределения мюонов ШАЛ от первичного ядра Fe с энергией 1 ПэВ для различных порогов энергий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Borison A.S., Galkin V.I. Design of a Cherenkov telescope for the measurement of PCR composition above 1 PeV // J. Phys. Conference Series. 2013. V. 409, N 1. P. 012089.

Heck D., et al. Report FZKA 6019. 1998. <http://www-ik.fzk.de/corsika/physicsdescription/corsikaphys.html>.

Kalmykov N.N., Ostapchenko S.S., Pavlov A.I. Quark-gluon-string model and EAS simulation problems at ultra-high energies // Nuclear Physics B Proceedings Supplements. 1997. V. 52, N 3. P. 617–28.

¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
²Академия образования Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан