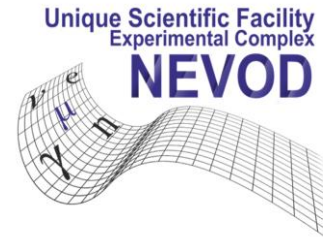


Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ»



# Сравнение моделей ядро-ядерных взаимодействий, используемых в программе CORSIKA

Научный руководитель:

проф., д.ф.-м.н.

Петрухин А. А.

Студент:

Николаенко Р. В.

# Модели адронных взаимодействий при высоких энергиях, используемые в программе CORSIKA v.77402

Model (version)	Features
DPMJET-III (2017.1)	Dual Parton Model with soft chains and multiple minijets
EPOS-LHC (v3400)	Improved NEXUS features. LHC data is taken into account to constrain model parameters
NEXUS (3.97)	Combines features of the former VENUS and QGSJET
QGSJET-01d	Pomeron parameterization for the elastic hadron-nucleon scattering amplitude
QGSJET-II-04	Includes Pomeron loop and the cross-section is tuned to LHC data
SIBYLL (2.3d)	Based on the QCD mini-jet model
VENUS (4.12)	Developed to simulate ultra-relativistic heavy ion collisions

### **Варианты расчётов для каждой модели:**

- Рассматривается первое взаимодействие космических лучей с атмосферой.
- Ядром-мишенью выбран азот, как самый распространённый газ в атмосфере.
- В качестве первичных частиц взяты протоны и ядра гелия, азота и железа.
- Два значения энергии первичной частицы:  $E_0 = 10^{14}$  эВ и  $E_0 = 10^{18}$  эВ.
- Каждый набор данных имеет статистику  $10^5$  событий.

### **В результате обработки результатов моделирования:**

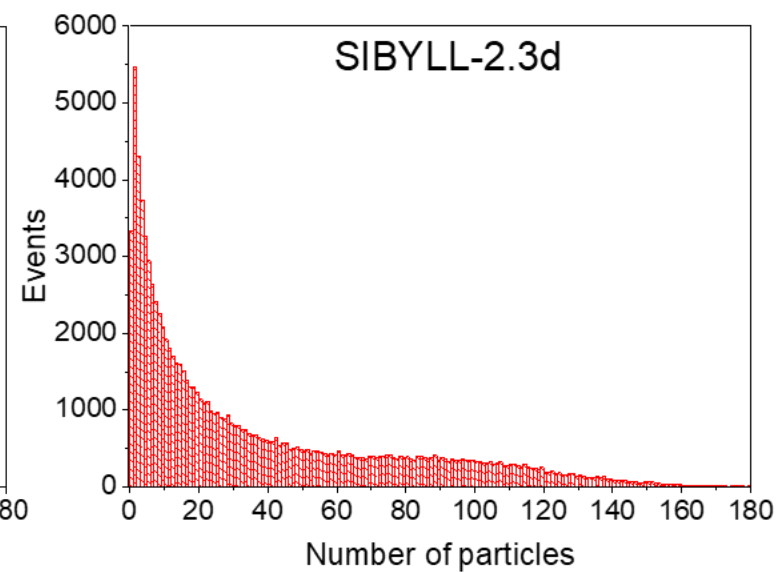
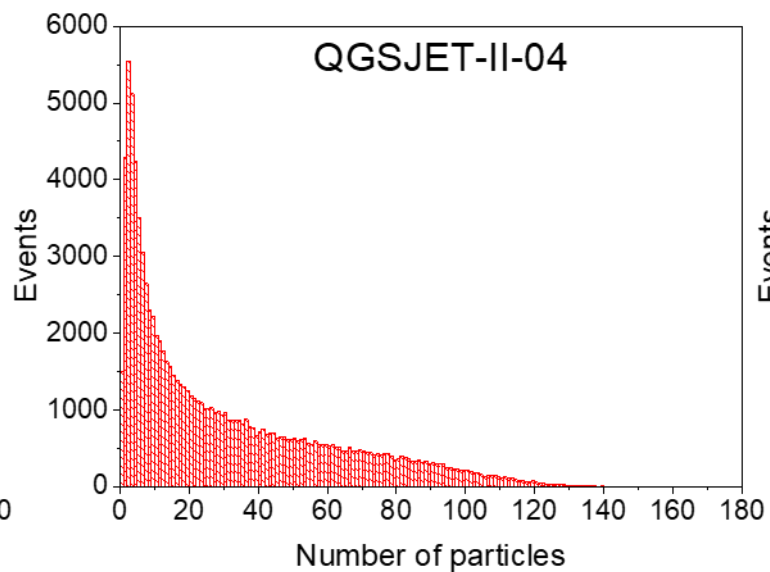
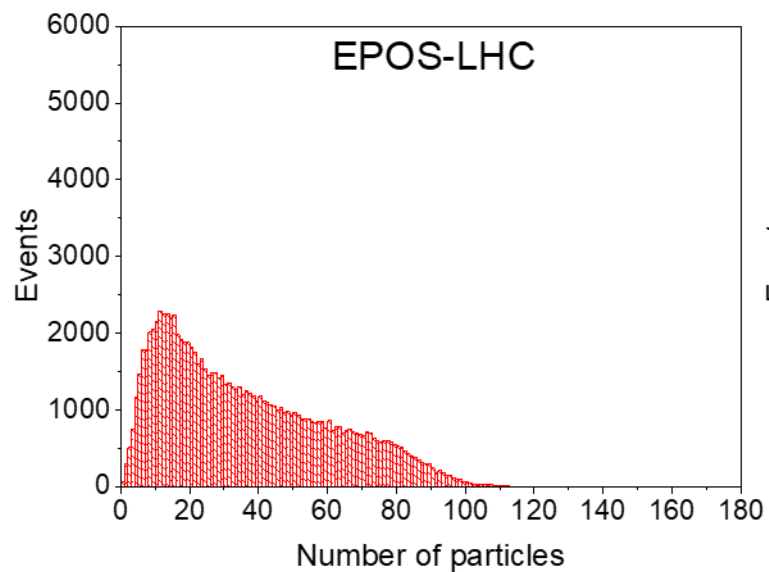
- Строятся распределения и определяются средние значения числа частиц каждого типа, образованных в результате взаимодействия.
- Рассчитываются зависимости доли энергии взаимодействия, уносимой частицами разных типов, от массы первичной частицы.
- Проводится проверка выполнения законов сохранения.

Взаимодействия азот-азот,  $E_0 = 10^{18}$  эВ

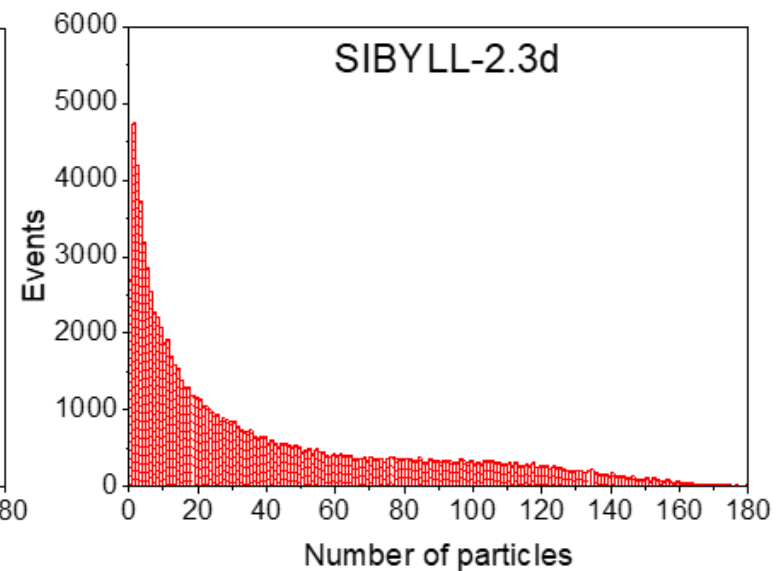
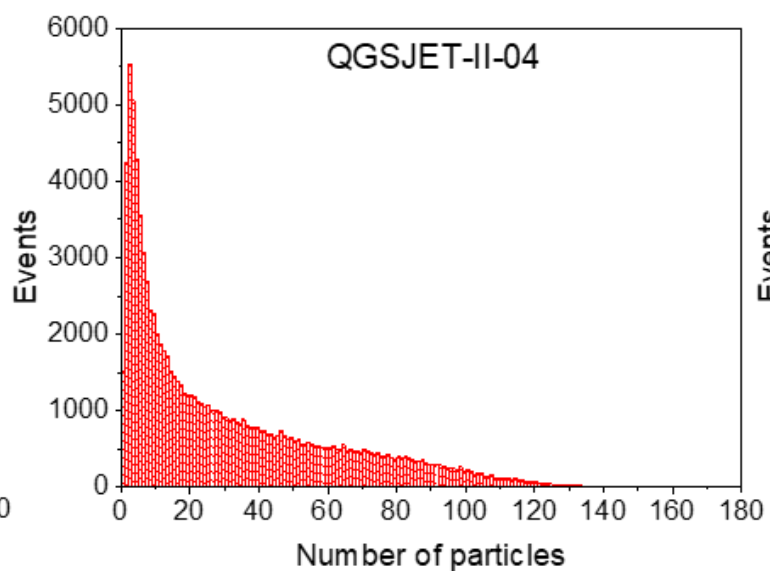
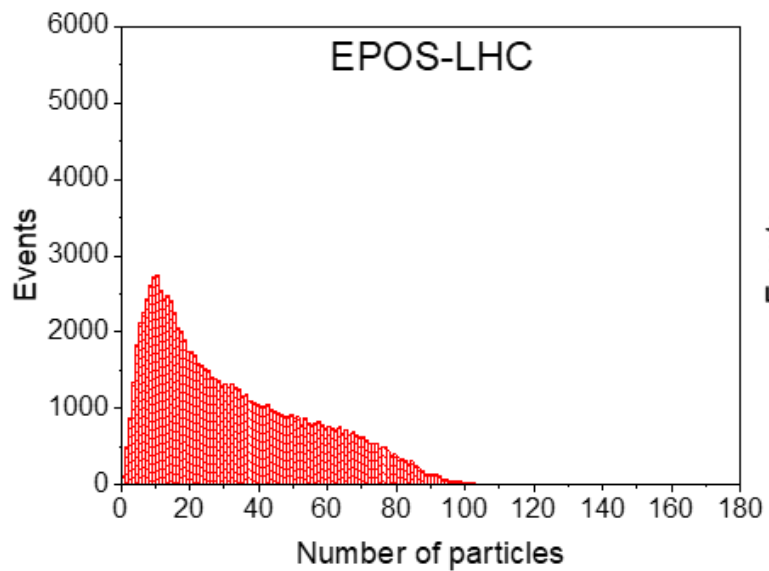
Тип частицы	Среднее число частиц			
	EPOS-LHC	QGSJET-II-04	SIBYLL-2.3d	DPMJET-III
$\gamma$	4.7	0	7.4	1835
Нейтральные пионы	144	296	73	0.02
Заряженные пионы	295	571	137	1495
Нейтральные каоны	38.7	67.7	28.9	123
Заряженные каоны	39.7	68.1	28.9	125
Нуклоны	33.6	41.3	38.6	115
Антинуклоны	18.6	30.8	26.1	88.9
Ядра ( $A \geq 2$ )	0.37	1.42	1.03	0

# Распределения числа вторичных нуклонов, взаимодействия железо-азот, $E_0 = 10^{18}$ эВ

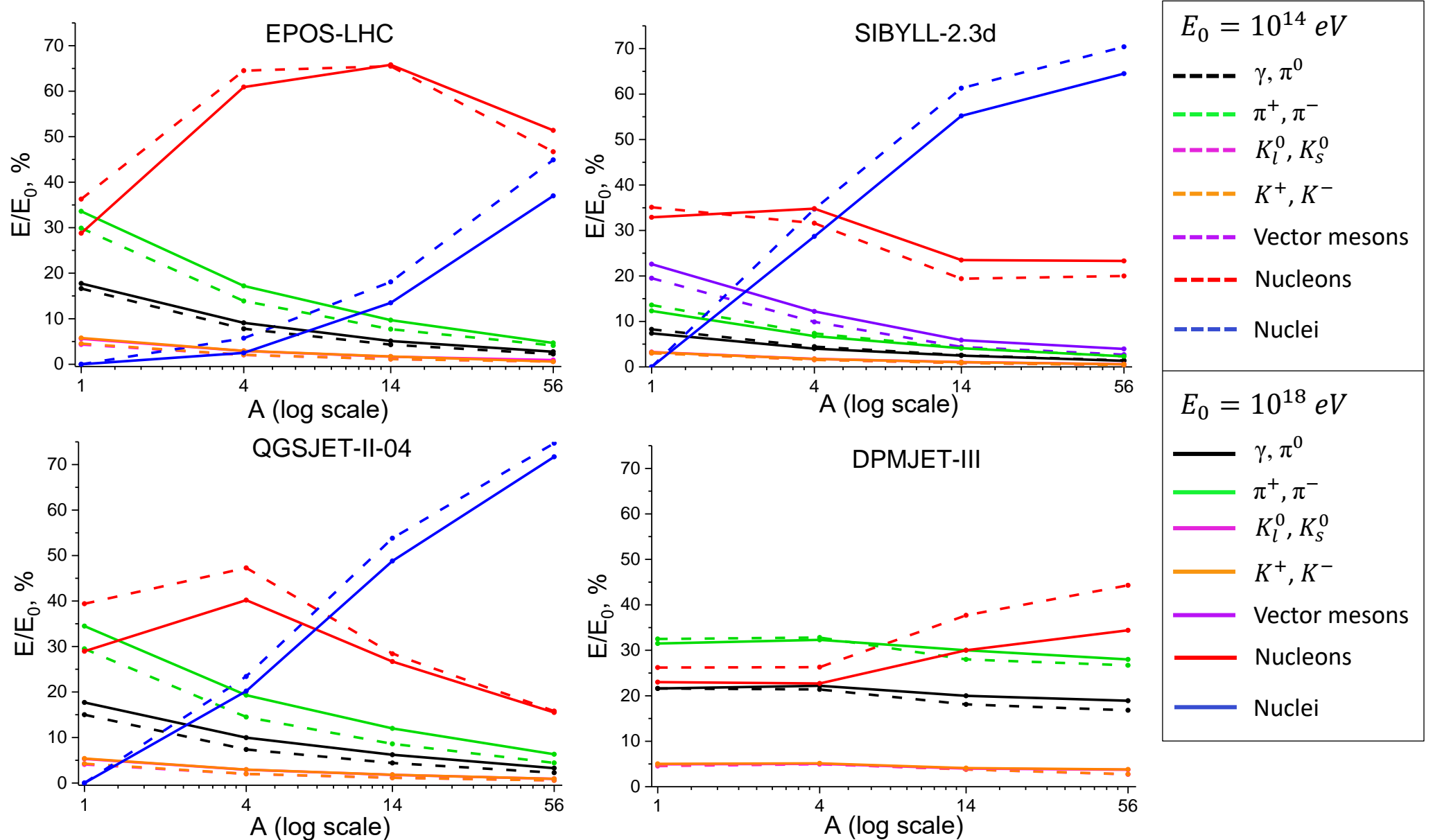
Нейтроны



Протоны

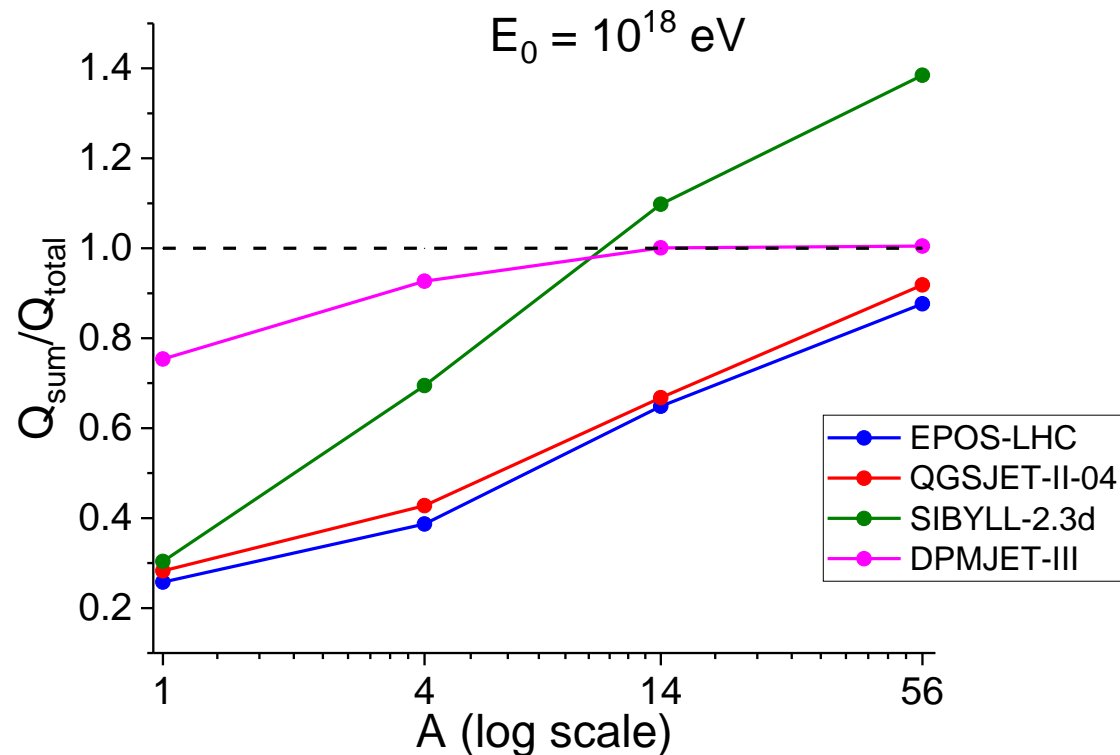
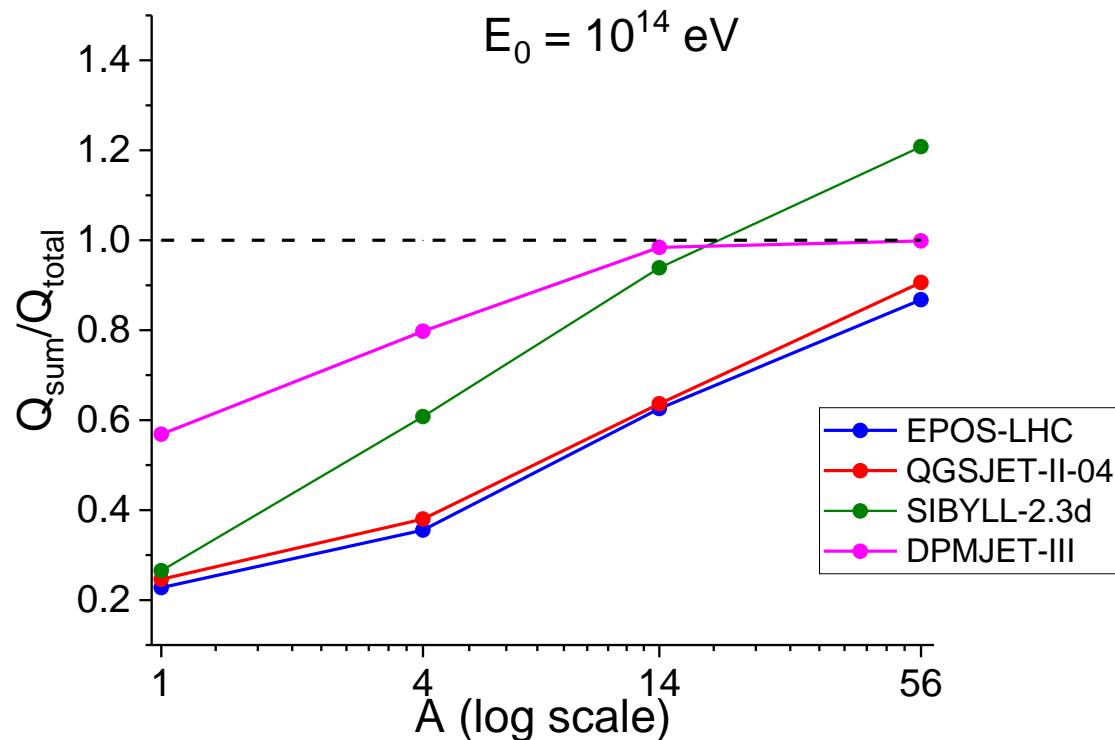


# Зависимости доли энергии взаимодействия, уносимой частицами разного типа, от массы первичной частицы



# Проверка выполнения закона сохранения электрического заряда

Суммарный заряд всех частиц, образованных в результате взаимодействия,  $Q_{sum}$  в действительности должен быть равен суммарному заряду частиц до взаимодействия,  $Q_{total}$ . Предполагая пренебрежение осколками ядра-мишени, должно быть  $\frac{Q_{sum}}{Q_{total}} \leq 1$ .



# Заключение

- Проведено сравнение четырёх моделей адронных взаимодействий, применяемых для описания ядро-ядерных взаимодействий в программе CORSIKA.
- Построены распределения числа частиц разных типов, образованных в первом взаимодействии, и определены средние значения их количества. Результаты для модели DPMJET-III радикально отличаются от других моделей.
- Построены зависимости доли энергии взаимодействия, уносимой частицами разных типов, от массы первичной частицы. Полученные зависимости сильно различаются для разных моделей, но слабо зависят от энергии взаимодействия в рамках одной и той же модели.
- Проведена проверка выполнения закона сохранения электрического заряда. Результаты, полученные для модели SIBYLL-2.3d, показывают нарушение закона сохранения.