

Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ

Влияние литосферной компоненты магнитного поля Земли на траекторный анализ в магнитосфере

Прошин Сергей

[37 Всероссийская конференция по космическим лучам](#)

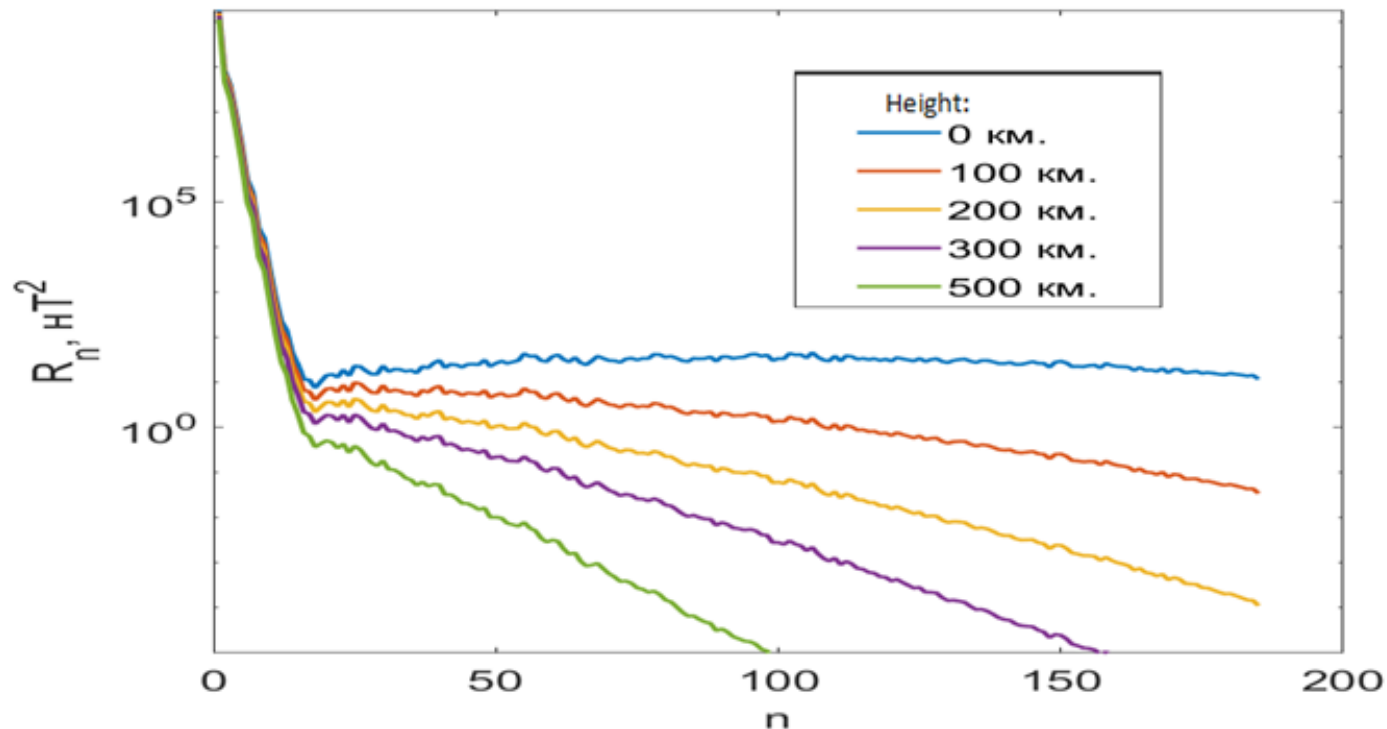
Постановка задачи

- Современные проводимые на околоземной орбите прецизионные измерения позволяют с высокой точностью восстанавливать характеристики регистрируемых частиц, такие как энергия, импульс и направление прилёта.
- Вместе с известной информацией о местоположении приборов, т.е. точке регистрации частицы, появляется возможность детального изучения её природы благодаря процедуре восстановления траектории в магнитном поле Земли.
- Возникает вопрос: насколько хорошо подходит для этой задачи наиболее популярная модель магнитного поля Земли IGRF-13 и стоит ли обратить внимание на другие модели?

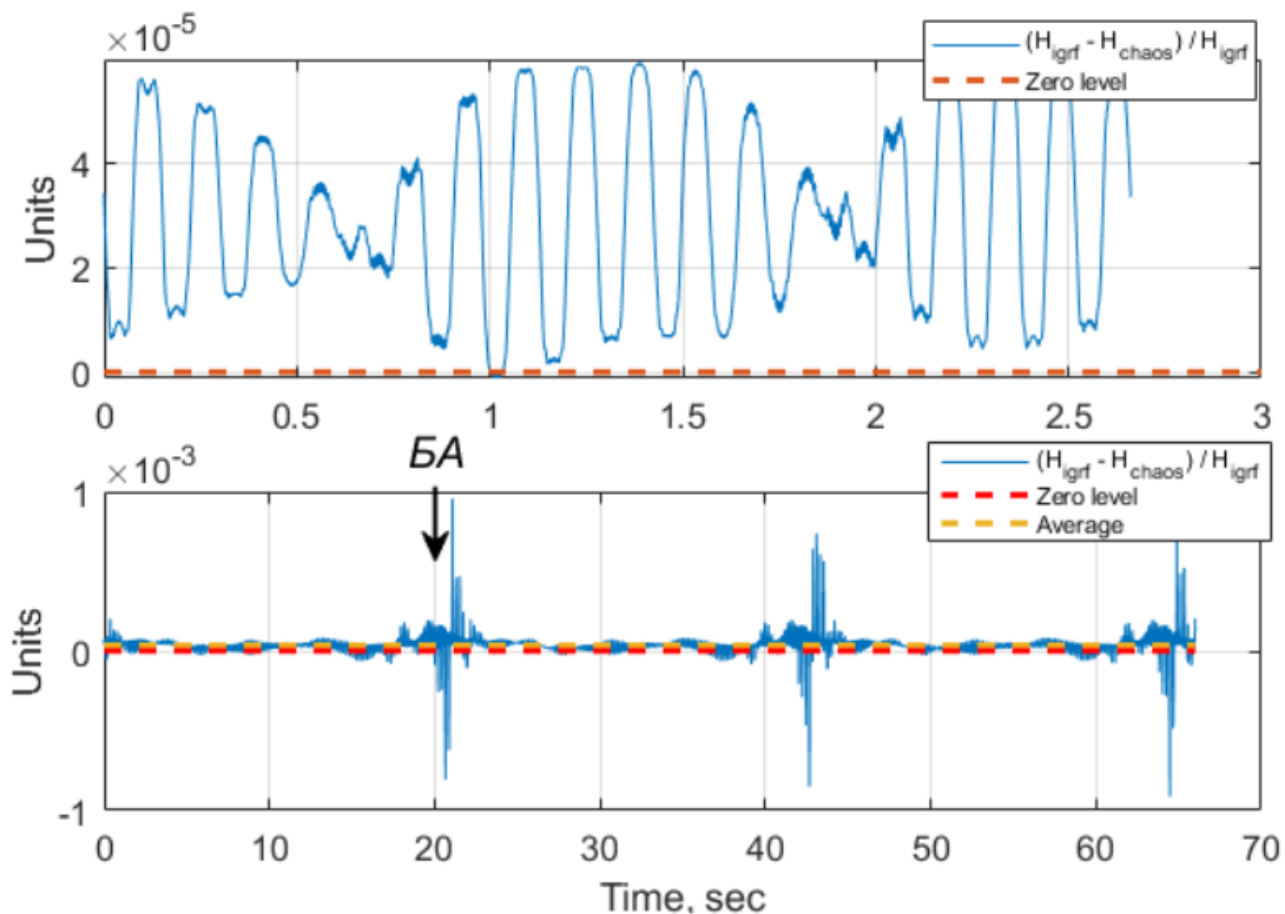
Модели магнитосферы

- IGRF-13 (Разложение главного поля до 13 порядка)
- CHAOS-7.9 (Главное поле до 20 порядка, литосферное – до 110)

Спектр Лоуса (пространственный спектр мощности) для CHAOS-7.9

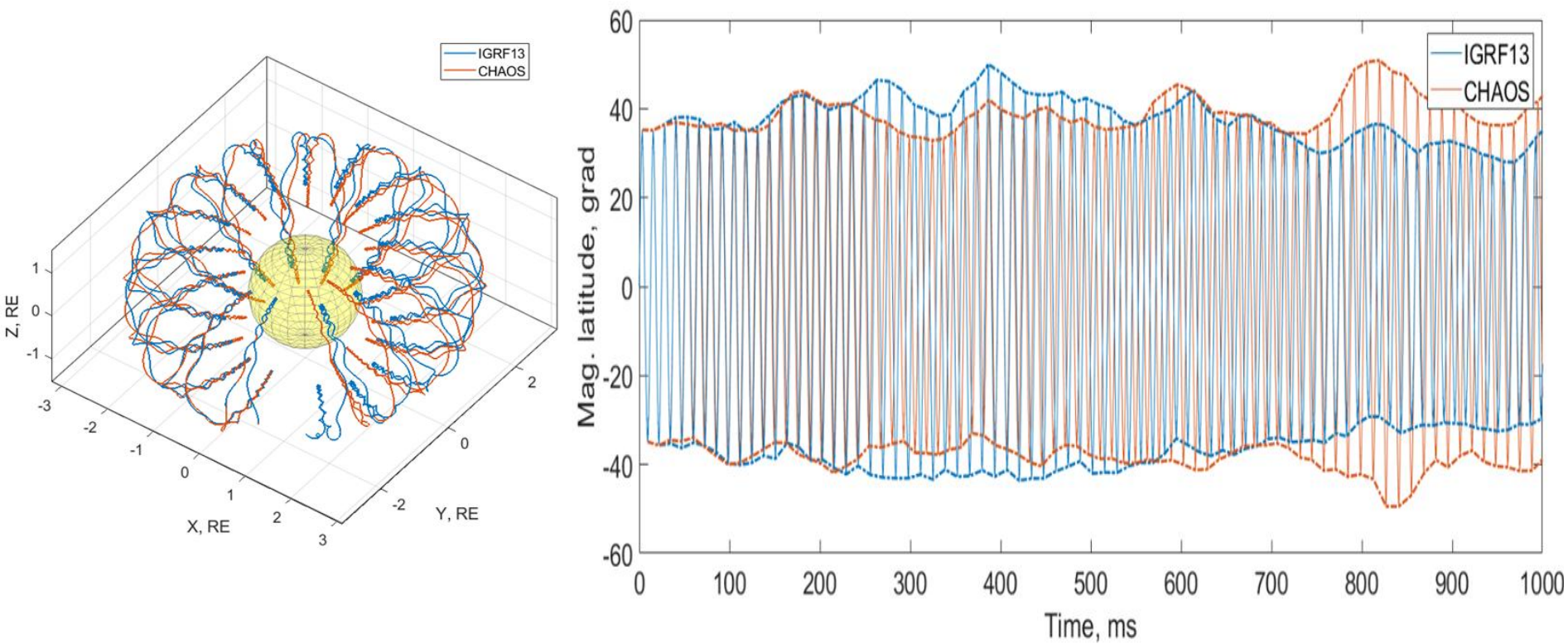


Трассировка захваченных частиц



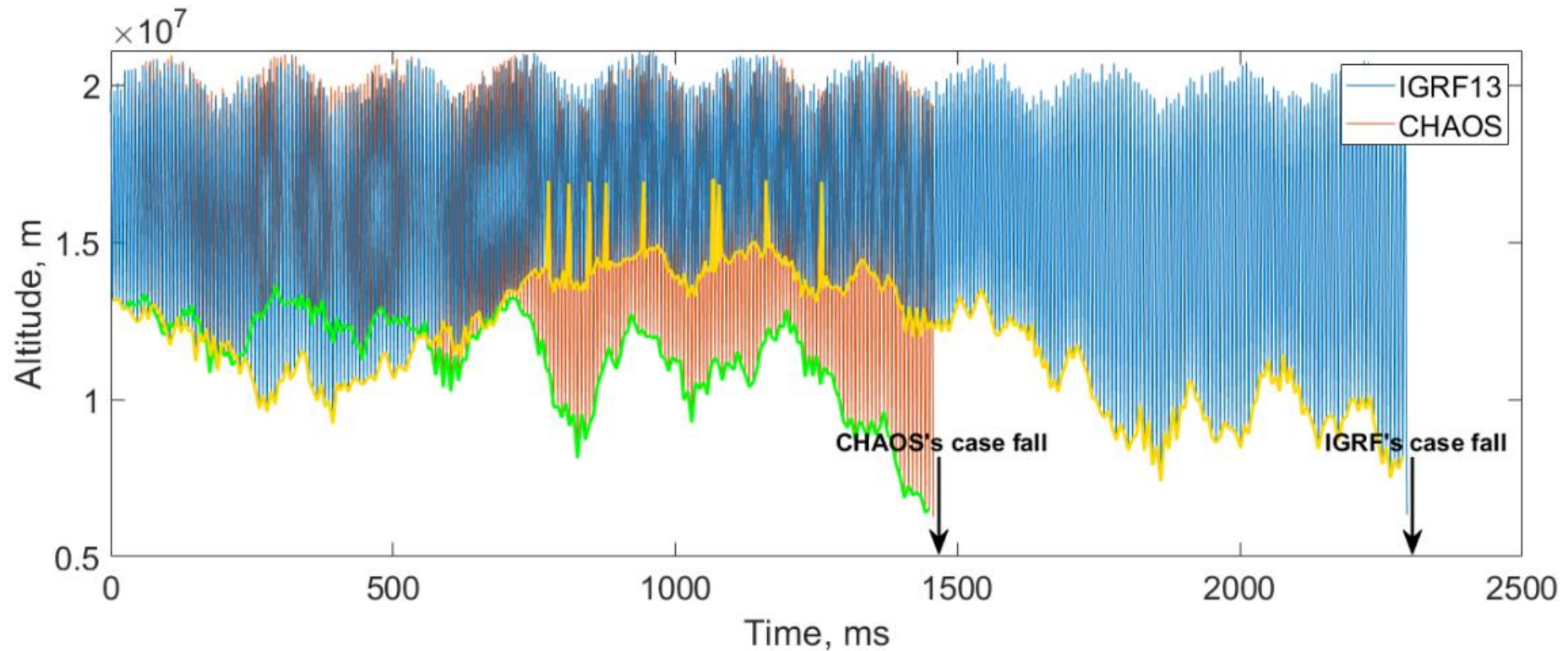
Относительное отклонение между напряженностями полей IGRF и CHAOS в точках траектории 100 МэВ-ного протона, совершающей два оборота вокруг Земли на оболочке L=3 RE (сверху), и три оборота на L=1.2 RE (снизу). Красным пунктиром показан нулевой уровень отклонения, желтым пунктиром (снизу) - средний уровень отклонения.

Трассировка захваченных частиц



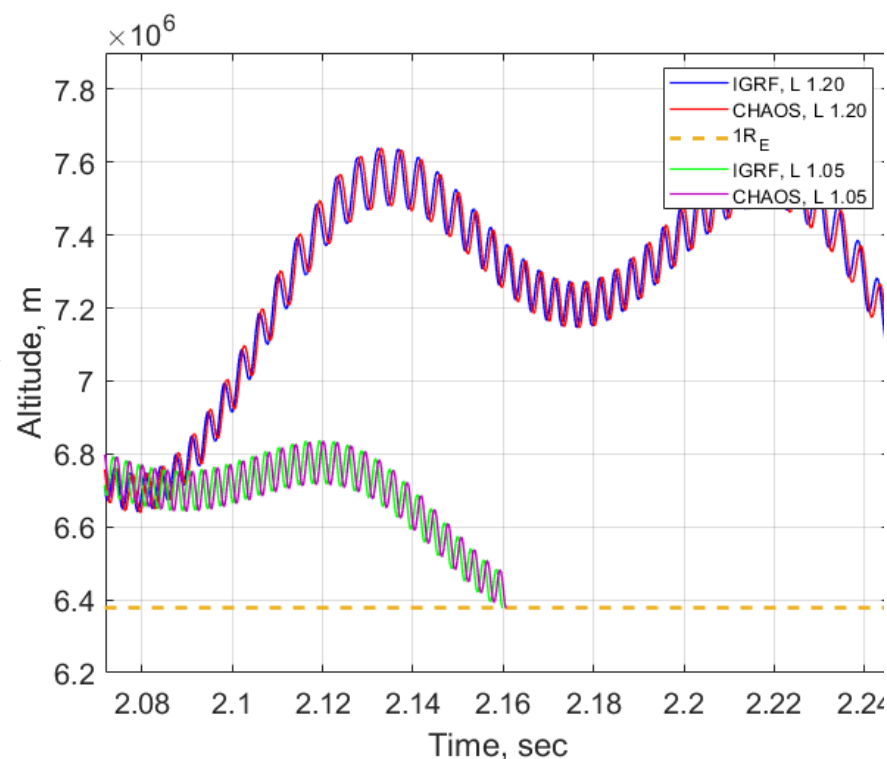
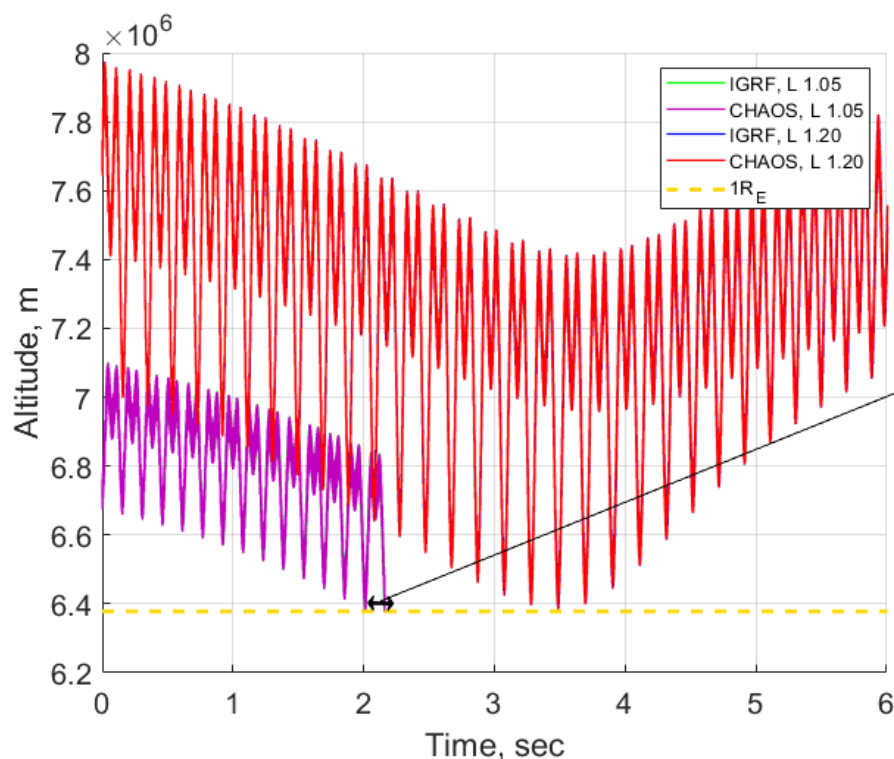
Протон с энергией 100 МэВ (питч-угол=30) запущен на магнитном экваторе с расстояния 3 RE и протрассирован до его падения на поверхность планеты.

Трассировка захваченных частиц



Протон с энергией 100 МэВ (питч-угол=30) запущен на магнитном экваторе с расстояния 3 RE и протрассирован до его падения на поверхность планеты.

Трассировка захваченных частиц



Зависимость расстояния частицы до центра Земли от времени трассировки. Синим показана высота частицы, движущейся в магнитном поле IGRF на оболочке L=1.2, красным - в поле CHAOS на L=1.2, (питч-угол=62) зеленым и фиолетовым - соответственно для IGRF и CHAOS на L=1.05 (питч-угол=90).

Вертикальная ЖГО

1.2 RE

Долгота, град.	Широта, град.	Rc, GV (IGRF)	Rc, GV (CHAOS)	$\Delta(R)_{\text{trace}}$
0	0	8.84	8.84	0.08
10	0	8.92	8.81	0.02
20	0	9.10	9.08	0.13
-10	0	8.14	8.76	0.61
-20	0	8.72	8.72	0.03
0	10	9.40	9.40	0.03
0	20	9.14	8.76	0.39
0	-10	7.76	7.76	0.15
0	-20	4.61	4.82	0.02

Вертикальная ЖГО

1.05 RE (1RE+350km)

Долгота, град.	Широта, град.	R _c , GV (IGRF)	R _c , GV (CHAOS)	$\Delta(R)_{\text{trace}}$
0	0	11.3779	11.3653	0.0381
10	0	11.5440	11.5497	0.0217
20	0	11.7737	11.7814	0.0115
-10	0	11.2718	11.2735	0.0021
-20	0	11.2898	11.2574	0.0201
0	10	12.4101	12.4056	0.0273
0	20	12.2819	12.2721	0.0594
0	-10	8.4480	8.4633	0.0298
0	-20	7.6008	6.0136	1.4616
0	-30	4.55432	4.4224	0.05427
0	-40	3.39861	3.4139	0.00037
-10	-20	6.8581	6.8005	0.0832
-20	-20	8.5413	8.4495	0.0968
-50	-30	8.9921	8.9463	8.9409

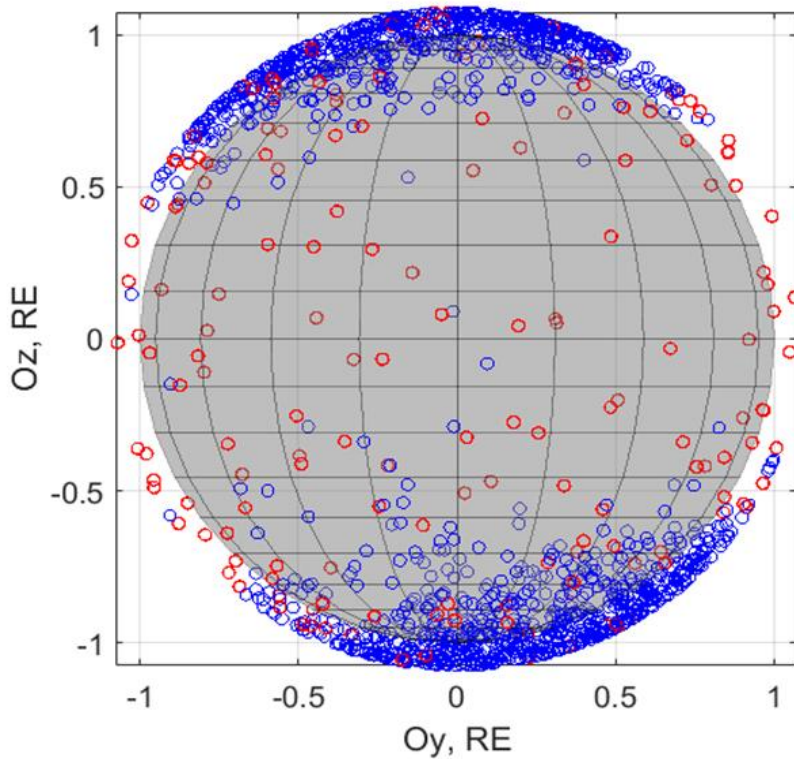
Моделирование ГКЛ в околоземном пр-ве

- начальные координаты (однородно по сфере радиуса 15 RE)
- единичный вектор начальной скорости (изотропно),
- Дифференциальный энергетический спектр и спектр распространённости элементов были получены из данных AMS-02.
- Граничные условия:

CHAOS: $R_{\min}=0.99 \text{ RE}$, $R_{\max}=20 \text{ RE}$

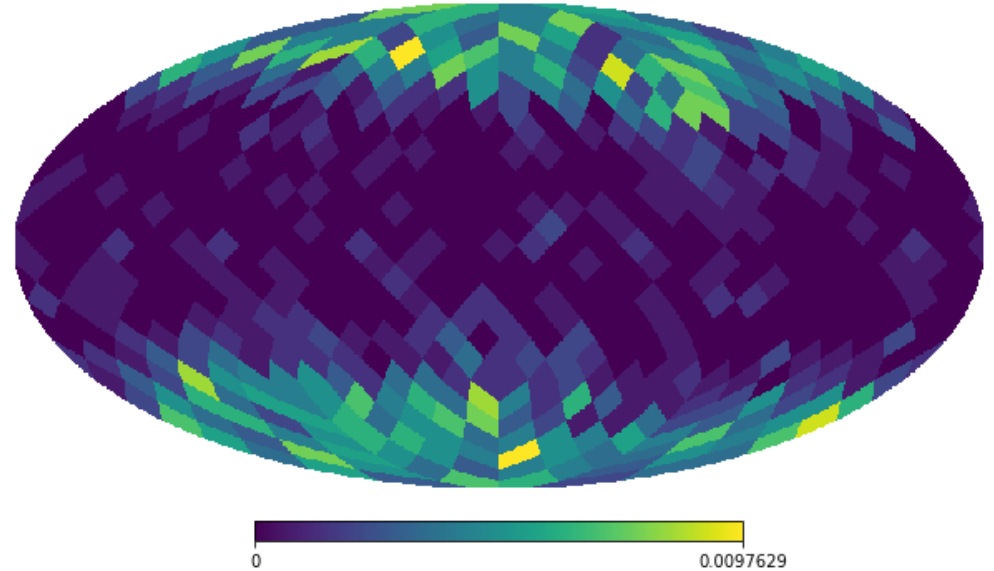
IGRF: $R_{\min}=0.99 \text{ RE}$, $R_{\max}=30 \text{ RE}$

Распределение ГКЛ по сфере



IGRF

$g(p)$ for each pixel. Year=2009. Model='IGRF'. Height=350. $E \geq 0$.



$$\overline{g(p)} = \frac{N(p)}{N_{all}},$$

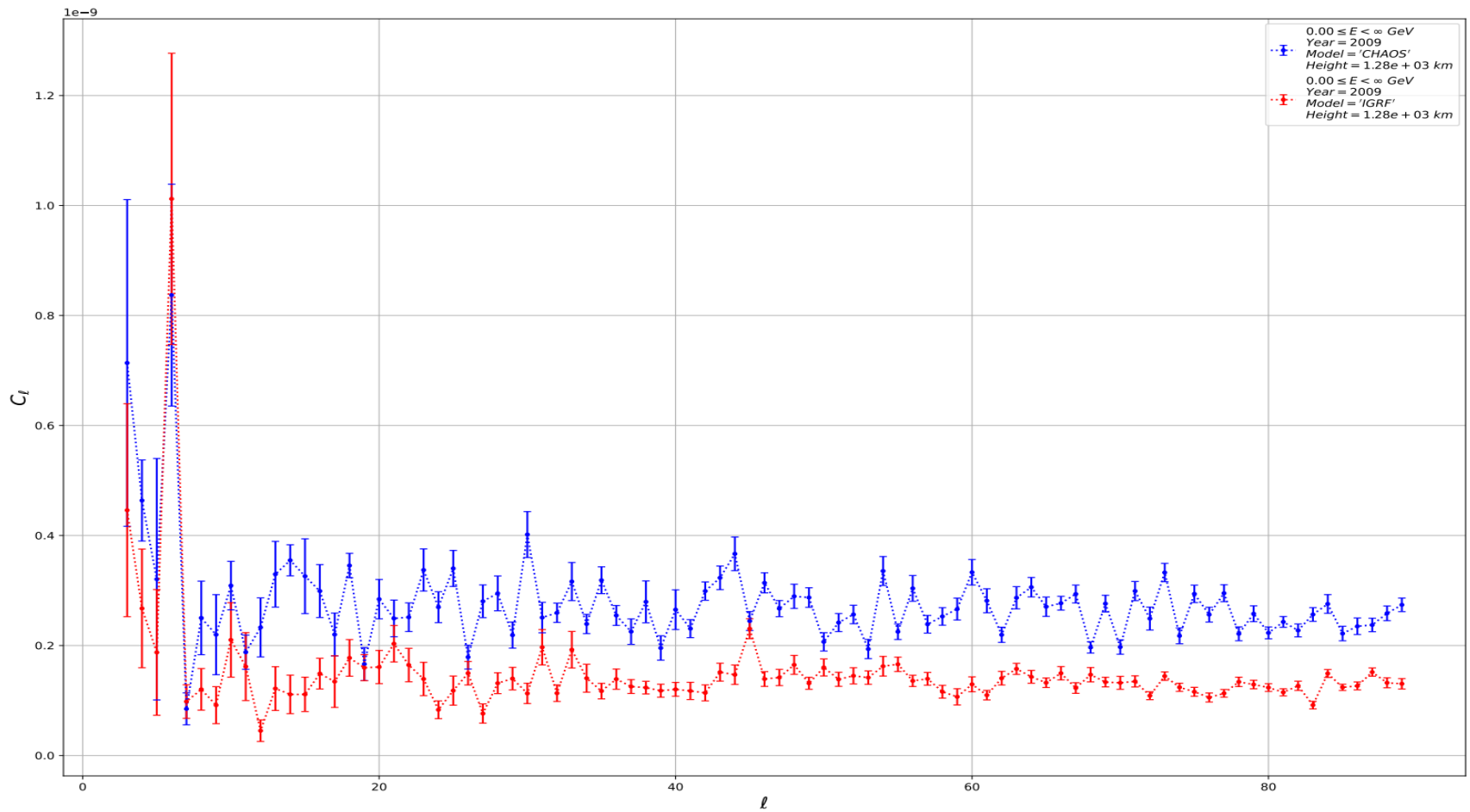
$$g(p) = \sum_{l=0}^{l_{max}} \sum_{m=-l}^l a_{lm} Y_{lm}(p).$$

$$a_{lm} = \frac{4\pi}{N_{pix}} \sum_{p=0}^{N_{pix}-1} Y_{lm}^*(p) g(p).$$

$$C_l = \frac{1}{2l+1} \sum_{m=-l}^l |a_{lm}|^2.$$

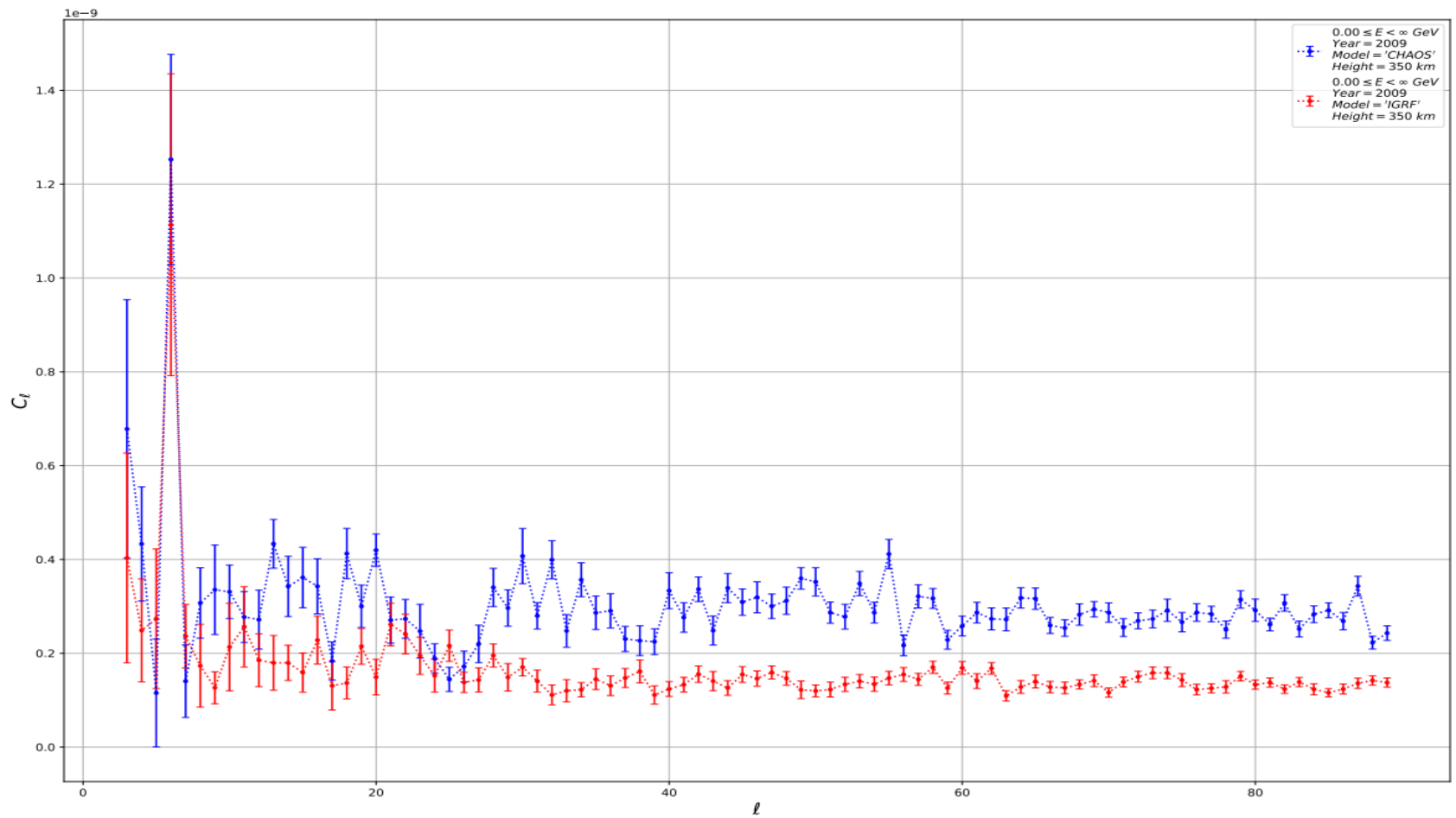
Спектр мощности

1.2 RE



Спектр мощности

1.05 RE (1RE+350km)



Спасибо за внимание