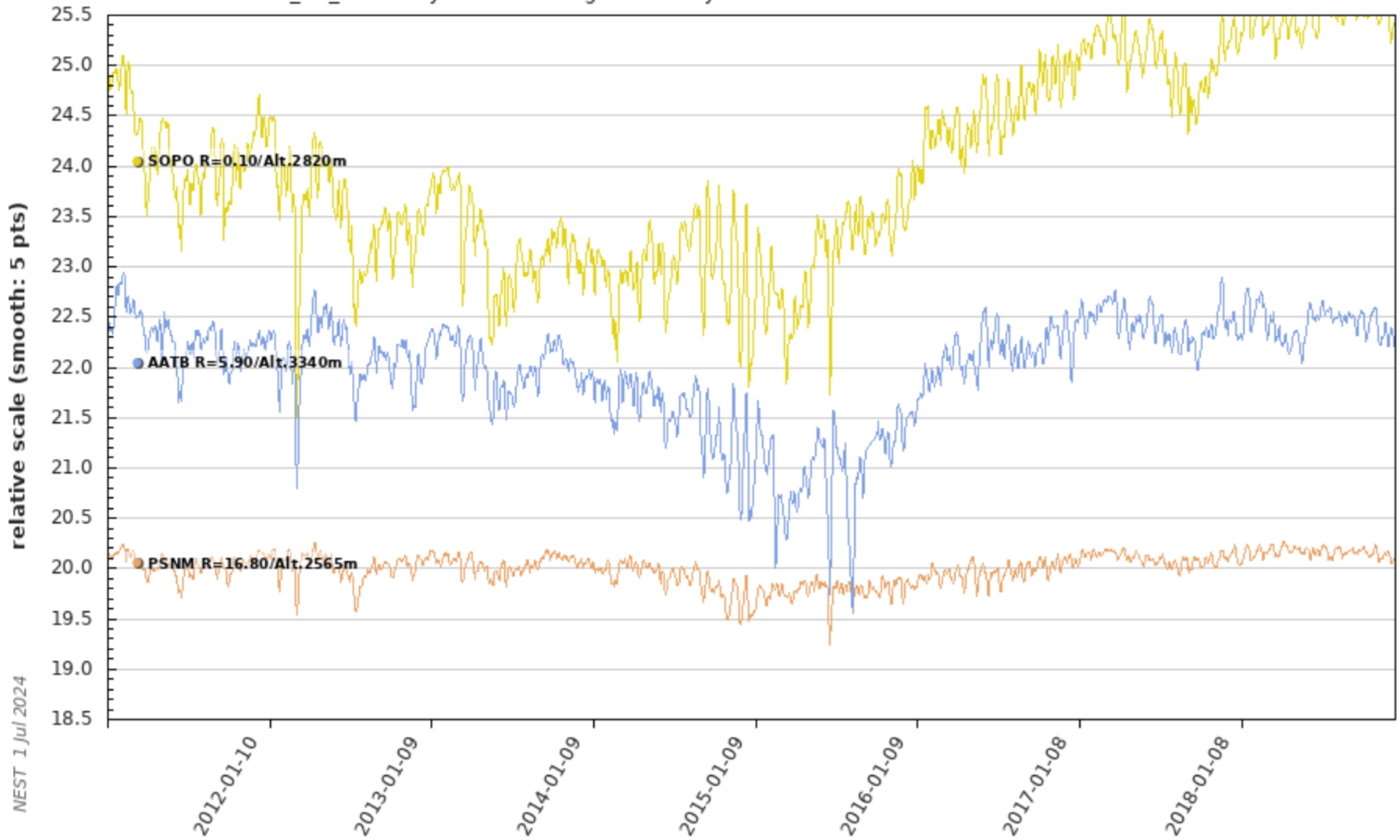


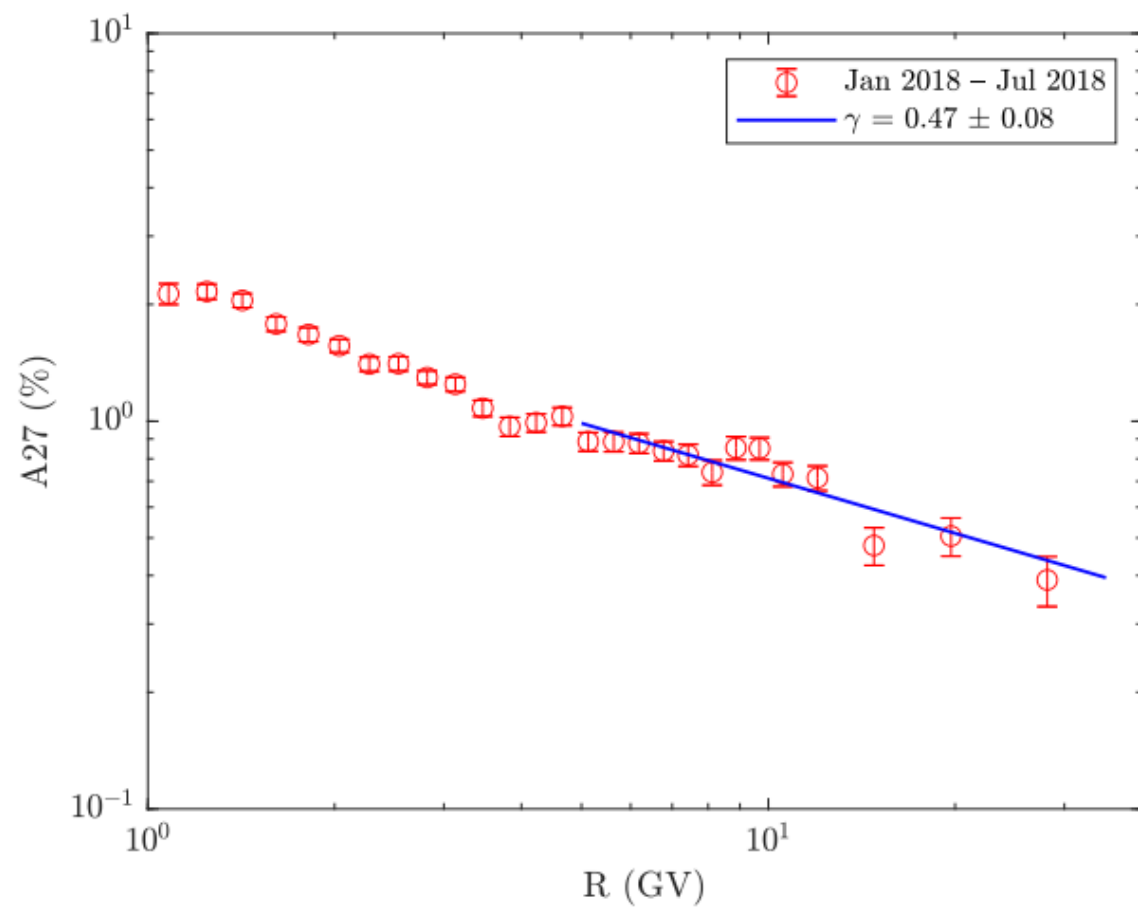
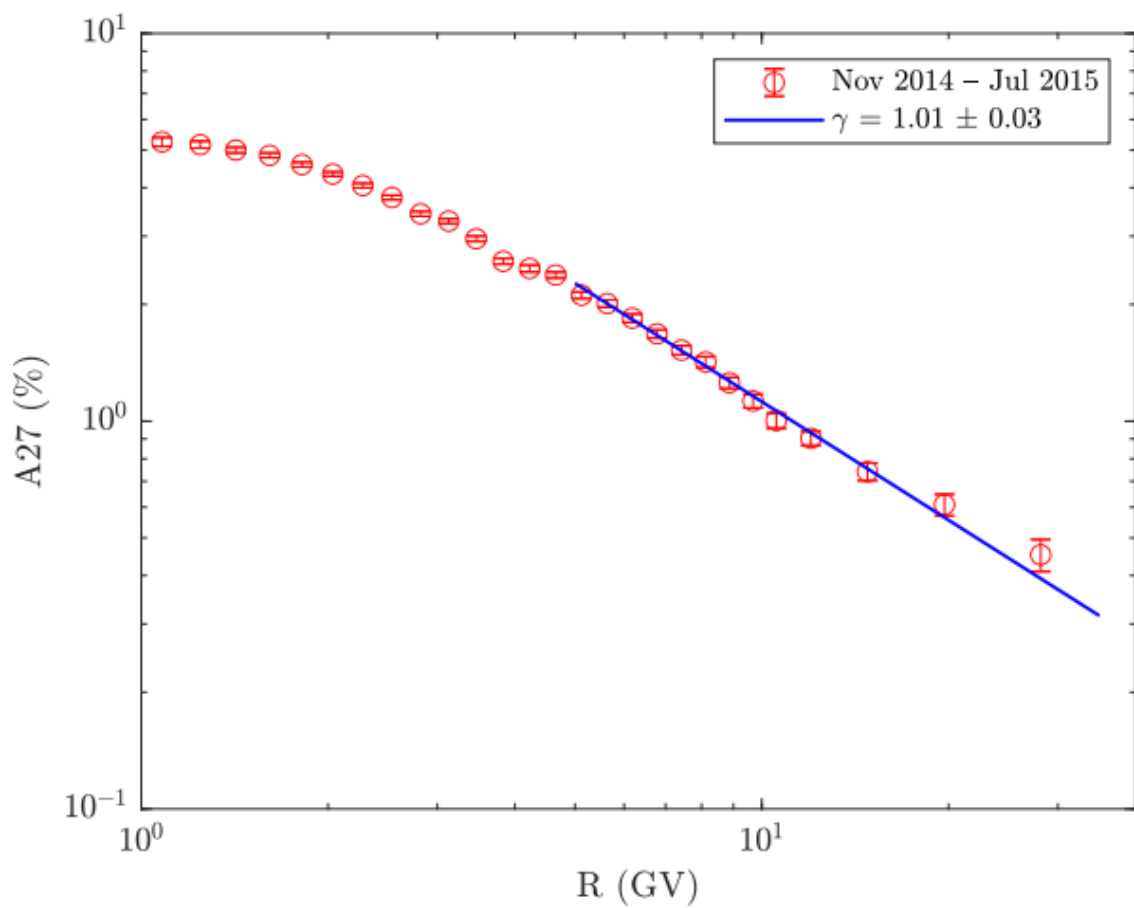
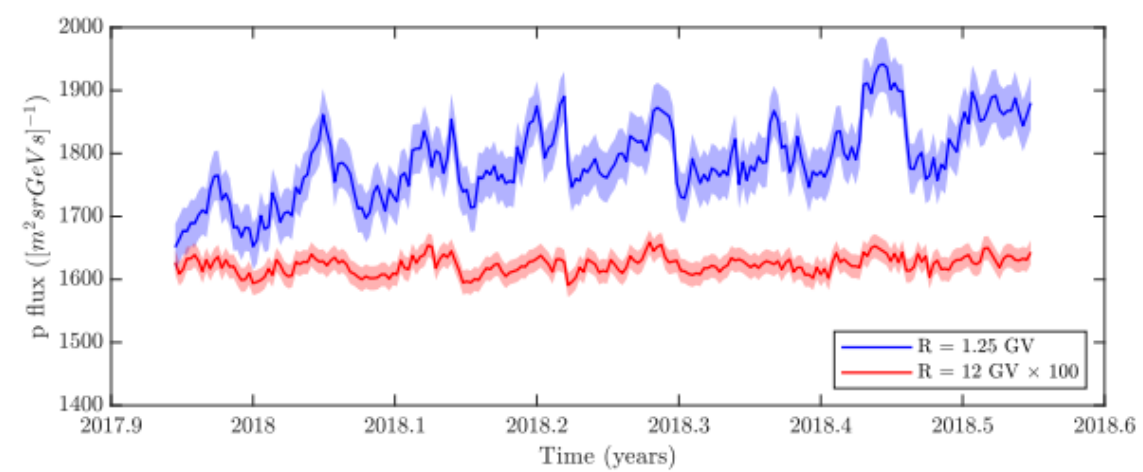
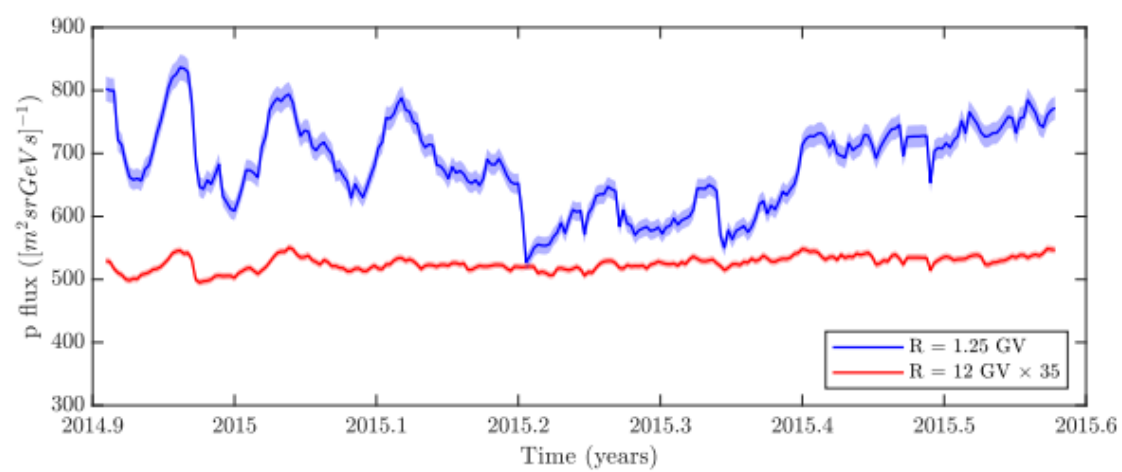
38 Всероссийская конференция по космическим лучам

Возможность применения потенциала
солнечной модуляции для описания
27-дневных вариаций ГКЛ

С.А. Сирук, А. Г. Майоров, Р.Ф. Юлбарисов
НИЯУ МИФИ

Москва 2024 г.





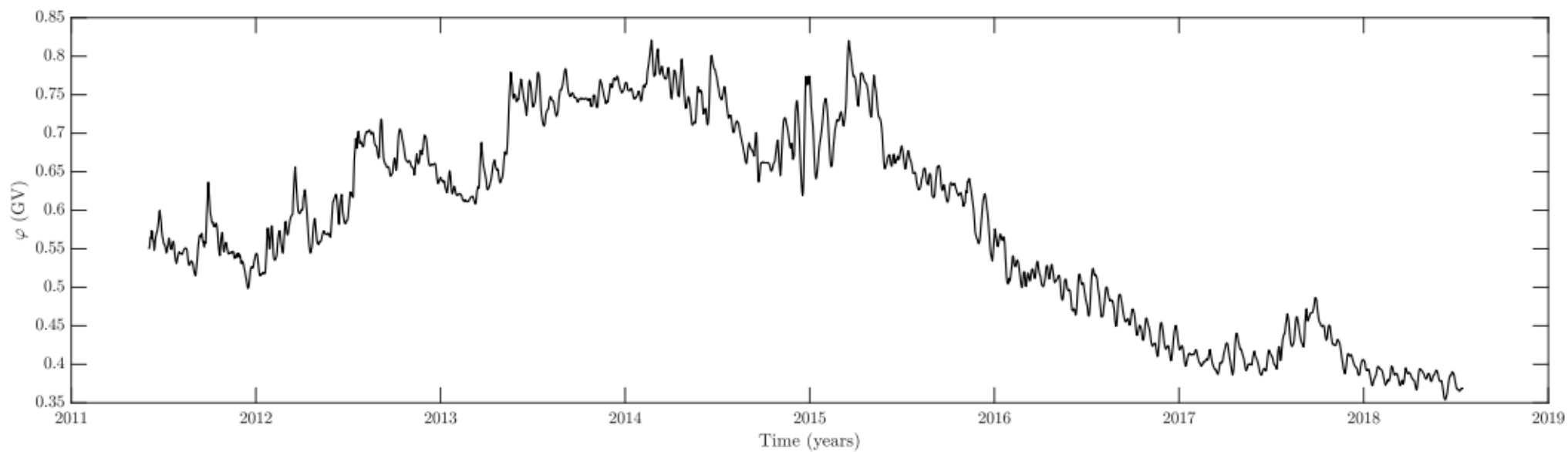
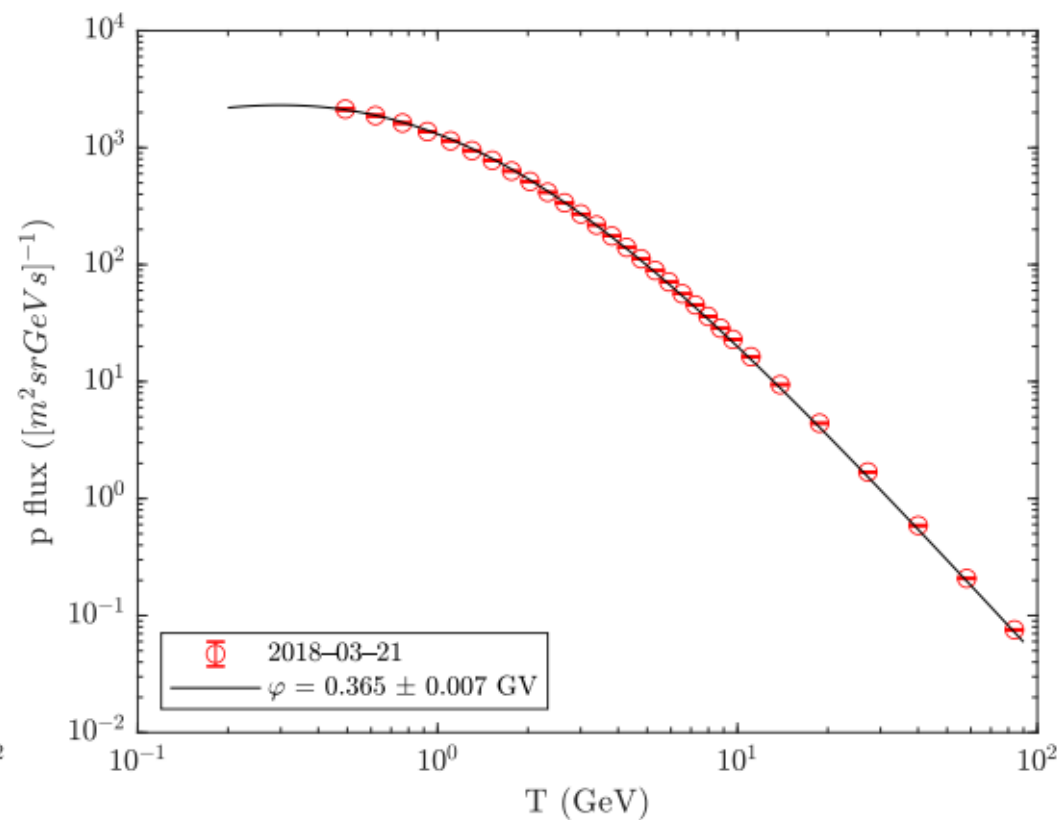
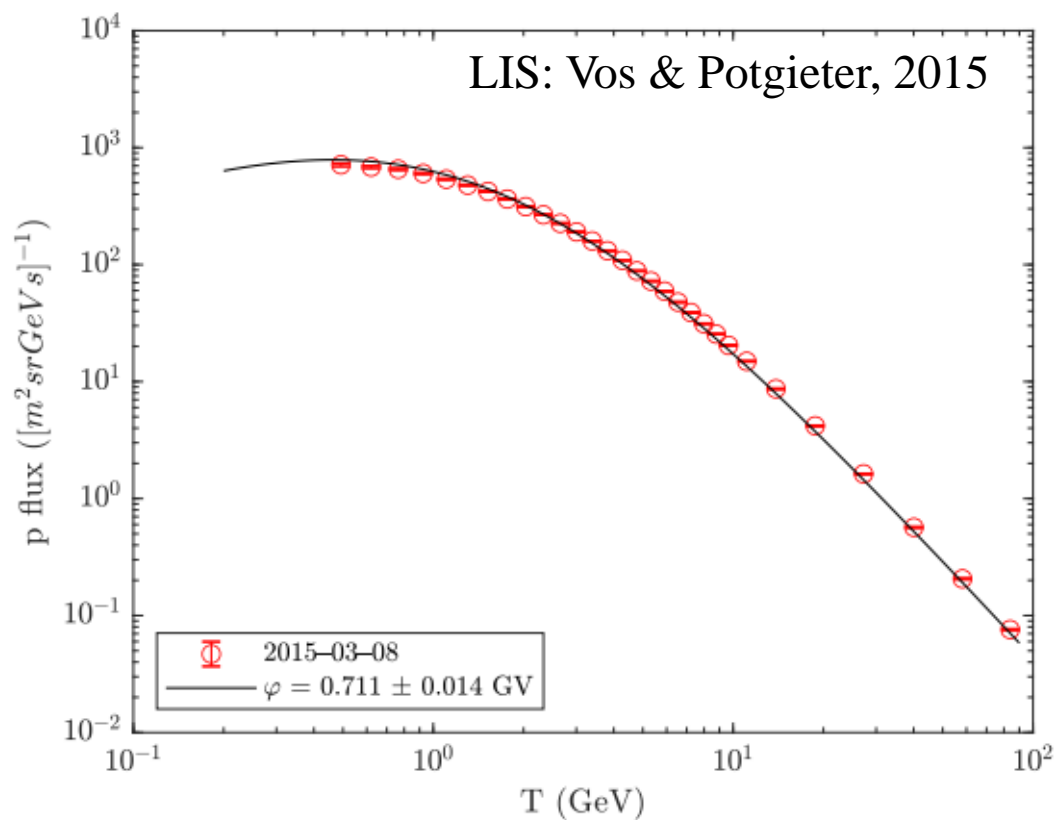
Уравнение переноса КЛ в гелиосфере (Parker, 1965):

$$\frac{\partial f}{\partial t} = -(\mathbf{V} + \mathbf{V}_d) \cdot \nabla f + \nabla \cdot (K \cdot \nabla f) + \frac{1}{3}(\nabla \cdot \mathbf{V}) \frac{\partial f}{\partial \ln p} + Q$$

Упрощения (Gleeson & Axford, 1968): отсутствие источников, квазистационарность, сферическая симметрия, пренебрежение адиабатическими потерями энергии

$$J_i(r, t, T) = \frac{T(T + 2m)}{(T + \Phi_i)(T + 2m + \Phi_i)} J_{LIS_i}(T + \Phi_i)$$

$$\text{где } \Phi_i = \frac{Z_i e}{A_i} \varphi(r, t, T, Z_i / A_i)$$



$$\frac{\Delta J}{J} \sim \frac{\Delta \varphi(R)}{R} \sim \frac{1}{\kappa_2} \text{ — Коэффициент диффузии}$$

- Usoskin I.G., Kovaltsov G.A., Adriani O., [et al.]. Force-field parameterization of the galactic cosmic ray spectrum: Validation for Forbush decreases // *Advances in Space Research*. — 2015. — June. — Vol. 55, no. 12. — P. 2940–2945
- Väisänen P., Usoskin I., Kähkönen R., Koldobskiy S., Mursula K. Revised Reconstruction of the Heliospheric Modulation Potential for 1964-2022 // *Journal of Geophysical Research (Space Physics)*. — 2023. — Vol. 128, no. 4. — e2023JA031352.
- Paizis C., Heber B., Ferrando P., [et al.]. Amplitude evolution and rigidity dependence of the 26-day recurrent cosmic ray decreases: COSPIN/KET results // *Journal of Geophysical Research*. — 1999. — Vol. 104, A12. — P. 28241–28248.
- Modzelewska R., Bazilevskaya G.A., Boezio M., [et al.]. Study of the 27 Day Variations in GCR Fluxes during 2007-2008 Based on PAMELA and ARINA Observations // *The Astrophysical Journal*. — 2020. — Vol. 904, no. 1. — P. 3.

Корректно ли такое описание?

Как должна выглядеть энергетическая зависимость ПМ?

Corti et al., 2016

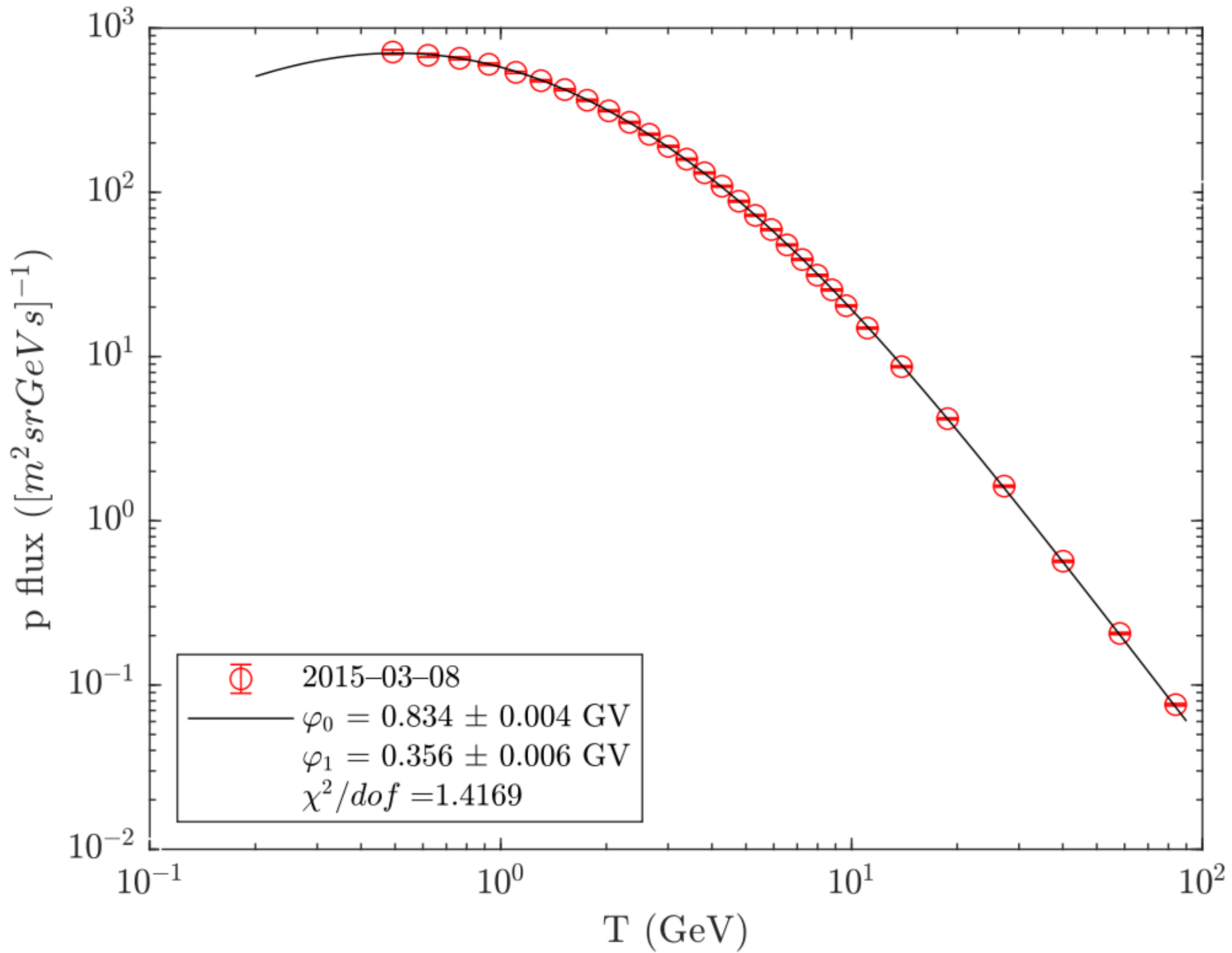
$$\varphi(R, t) = \begin{cases} \varphi_L(t), & R < 0.5 \text{ GV} \\ f(R, \varphi_L(t), \varphi_H(t)), & 0.5 \text{ GV} < R < 5 \text{ GV} \\ \varphi_H(t), & R > 5 \text{ GV} \end{cases}$$

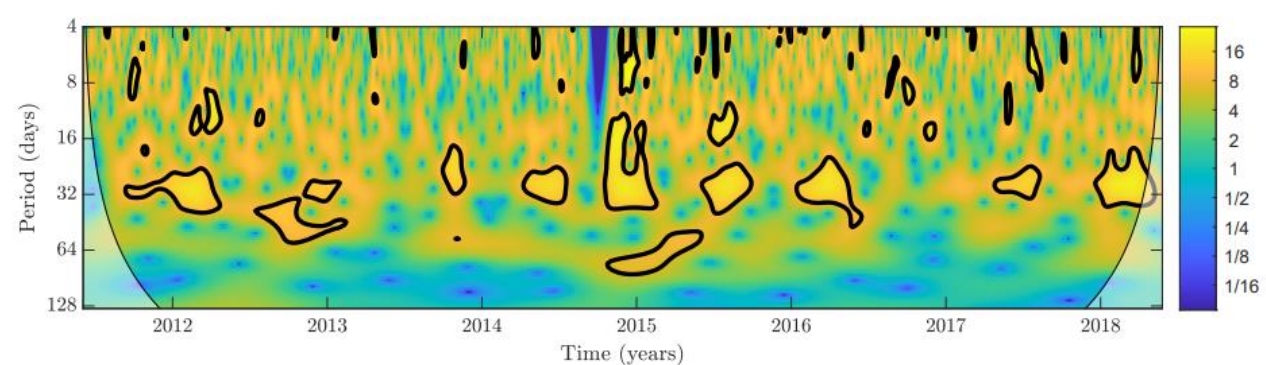
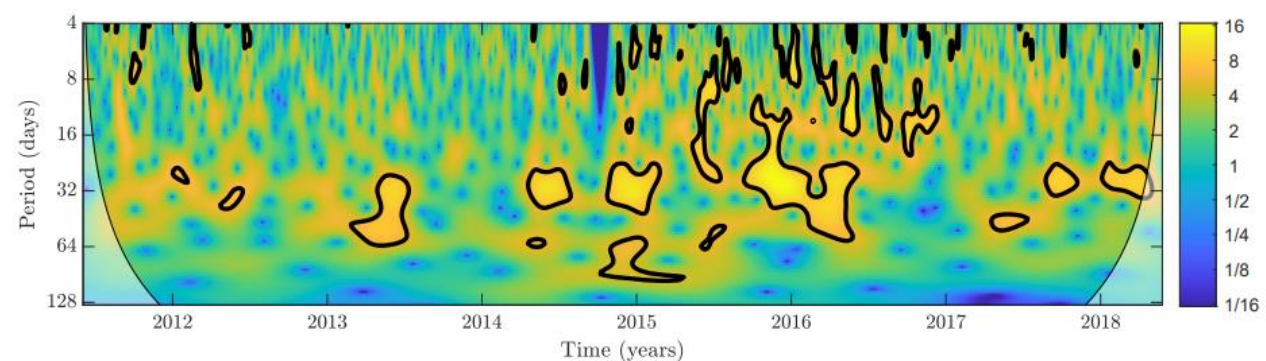
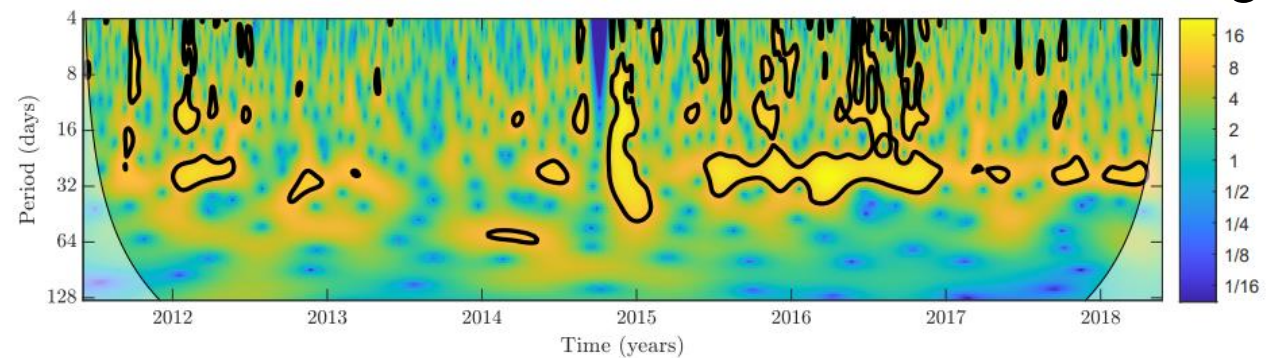
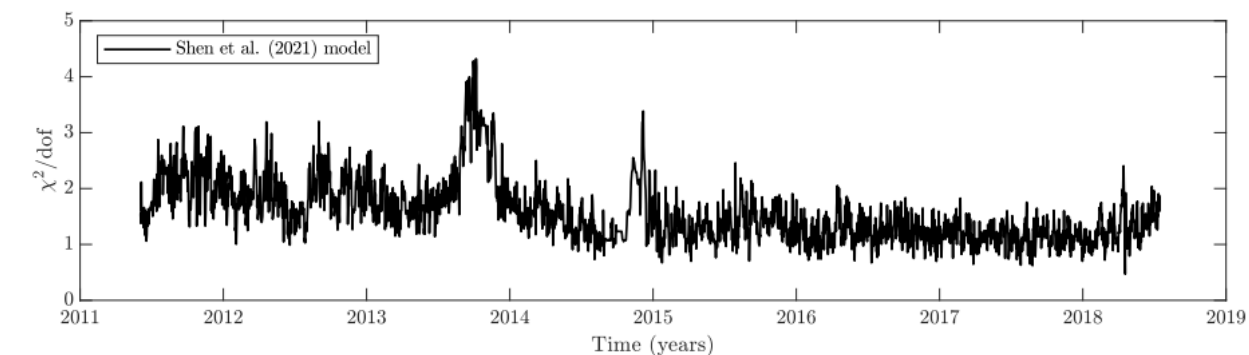
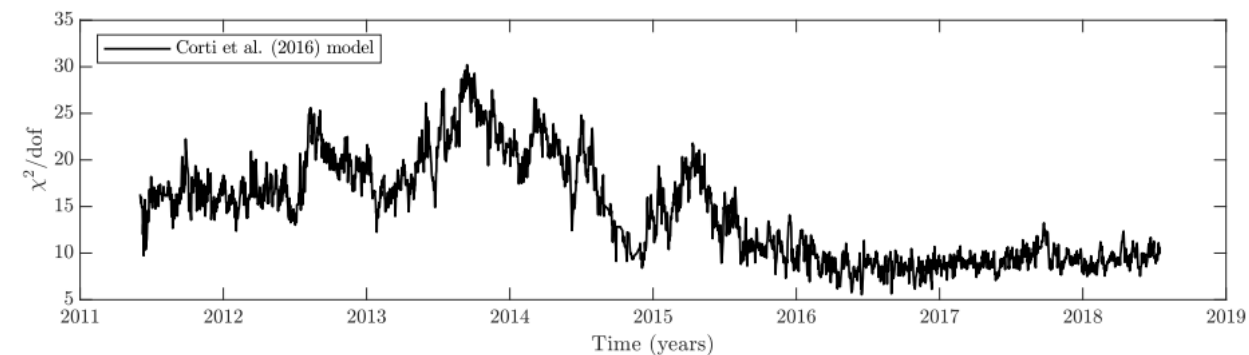
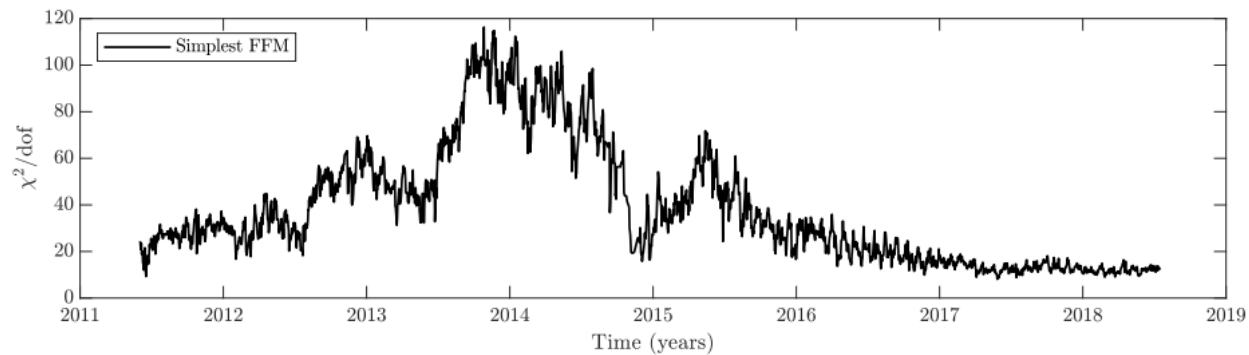
$$R > 5 \text{ GV} \Rightarrow \varphi = \varphi_H \Rightarrow \Delta\varphi = \text{const} \Rightarrow \frac{\Delta J}{J} \sim \frac{1}{R}$$

Shen et al., 2021

$$\varphi(E, t) = \frac{\varphi_0(t)}{\beta} \left(\frac{E}{1 \text{ GeV}} \right)^{\varphi_1(t)} \left(1 + \left(\frac{E}{12.85 \text{ GeV}} \right)^{0.9017} \right)^{-2.514}$$

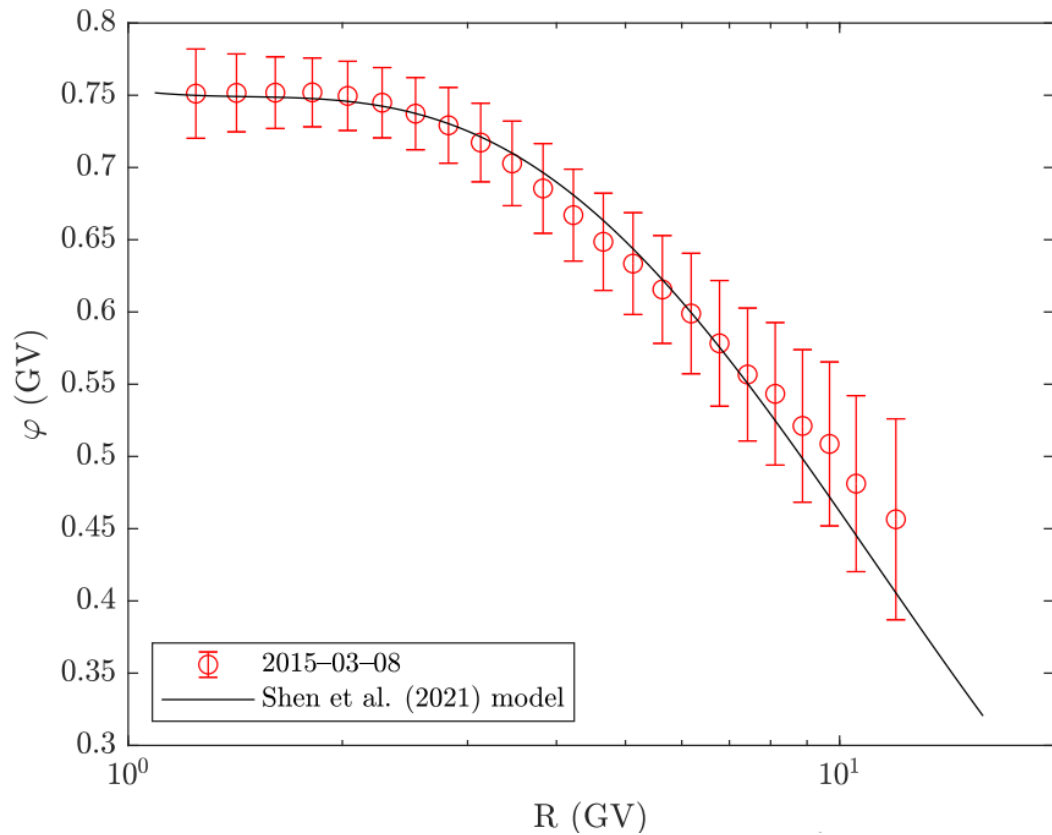
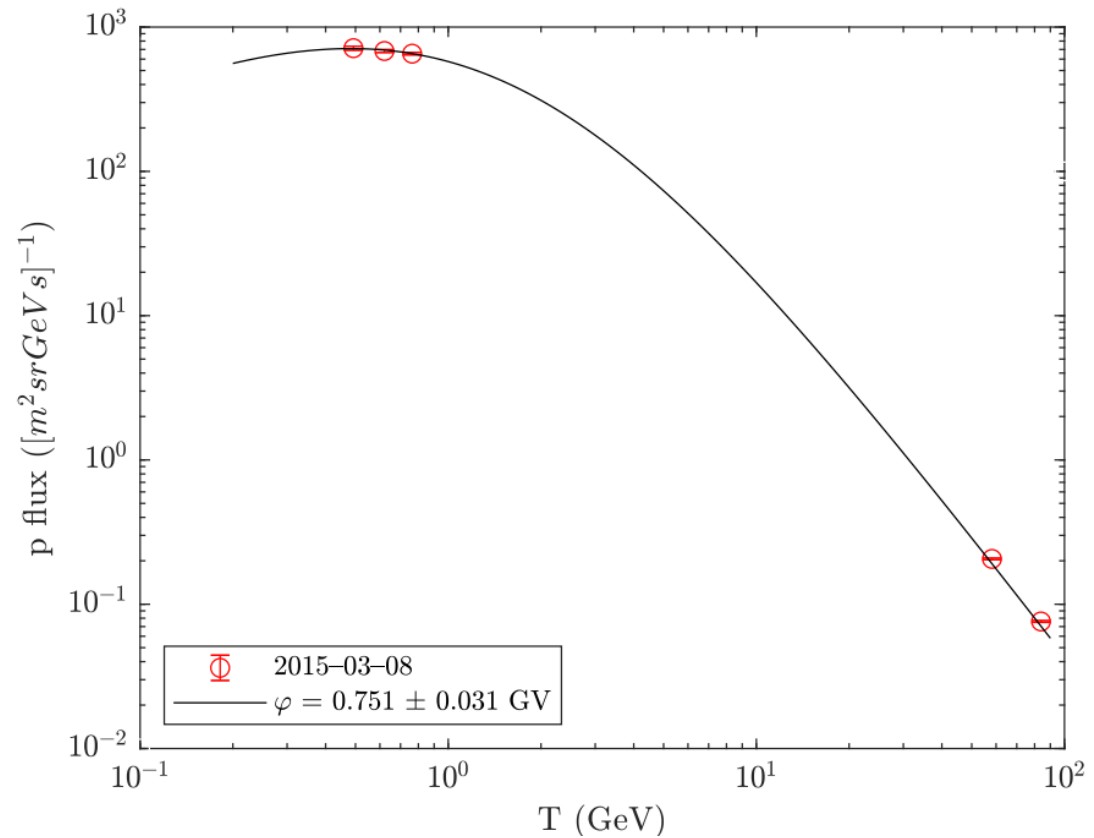
$$\Delta\varphi = \varphi \left(\frac{\Delta\varphi_0}{\varphi_0} + \Delta\varphi_1 \ln \left(\frac{E}{1 \text{ GeV}} \right) \right) \Rightarrow \frac{\Delta J}{J} \sim \frac{\varphi}{R}$$

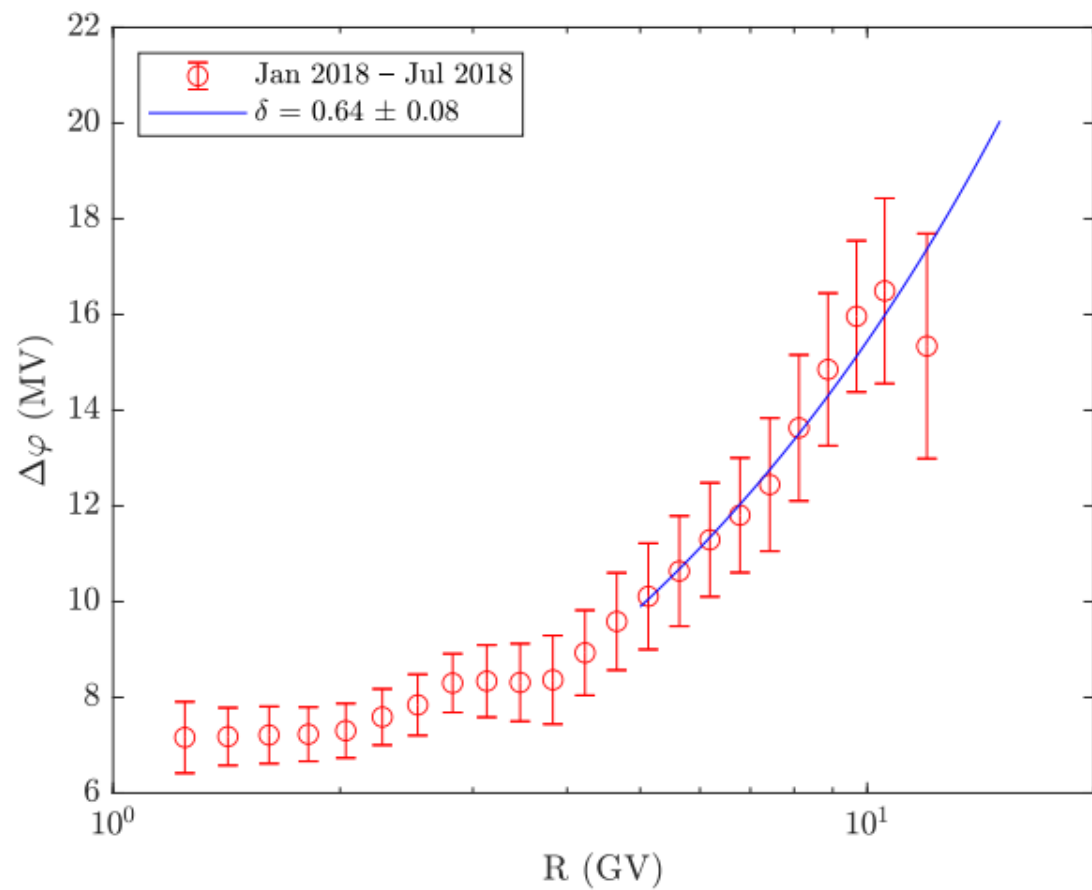
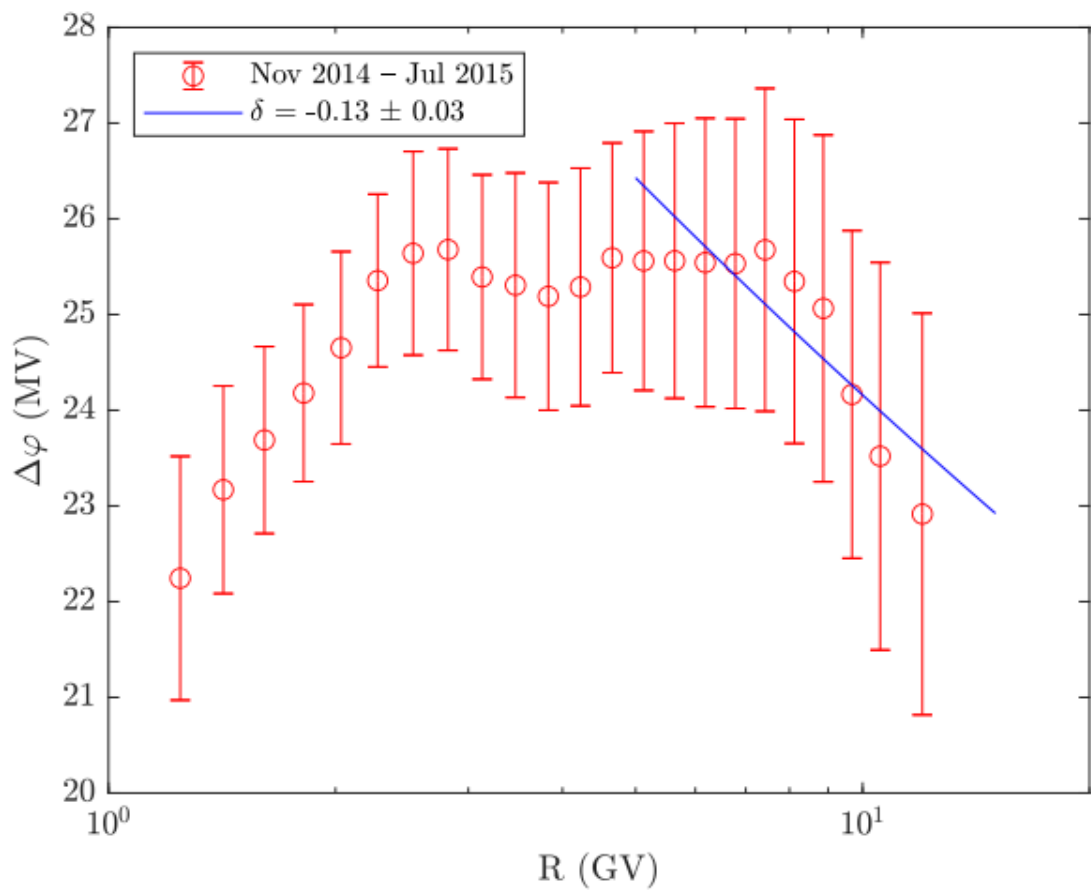
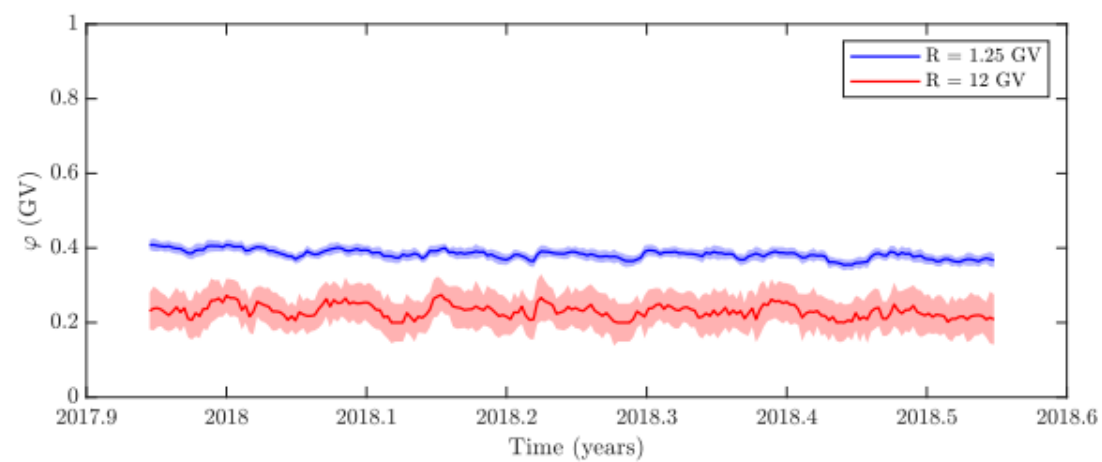
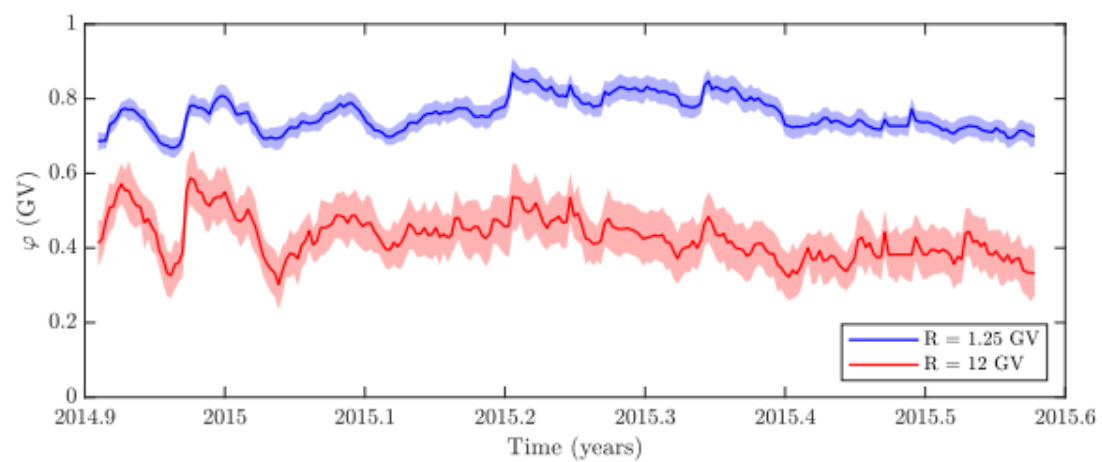




Сверху: простейшая модель; В центре: Corti et al., 2016;
Снизу: Shen et al., 2021

Поточечная аппроксимация спектра ГКЛ

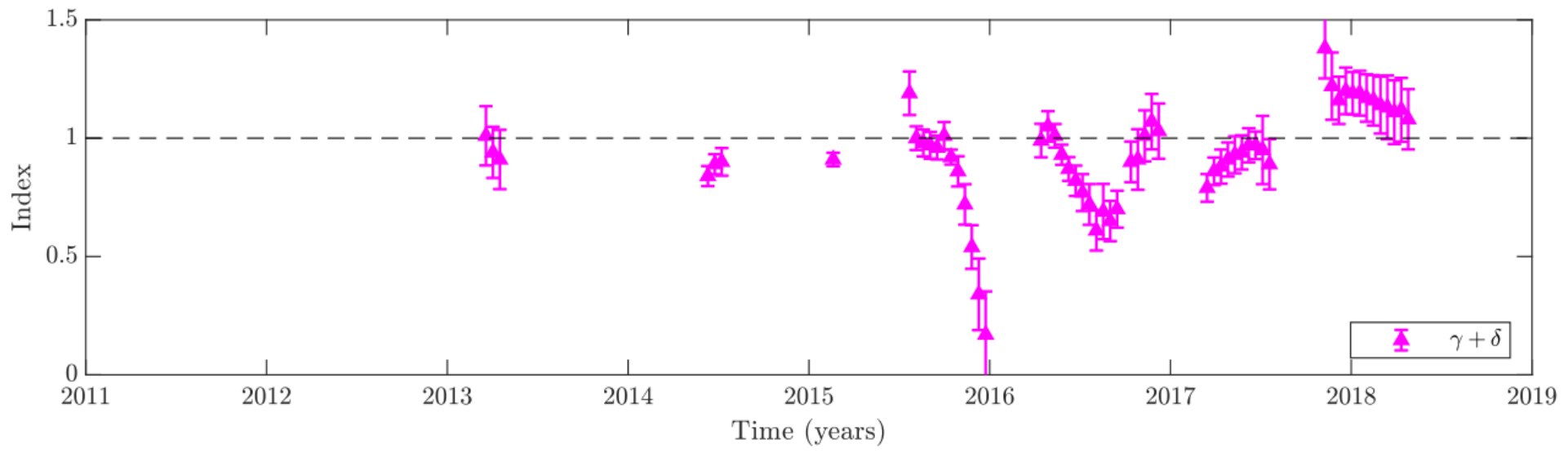
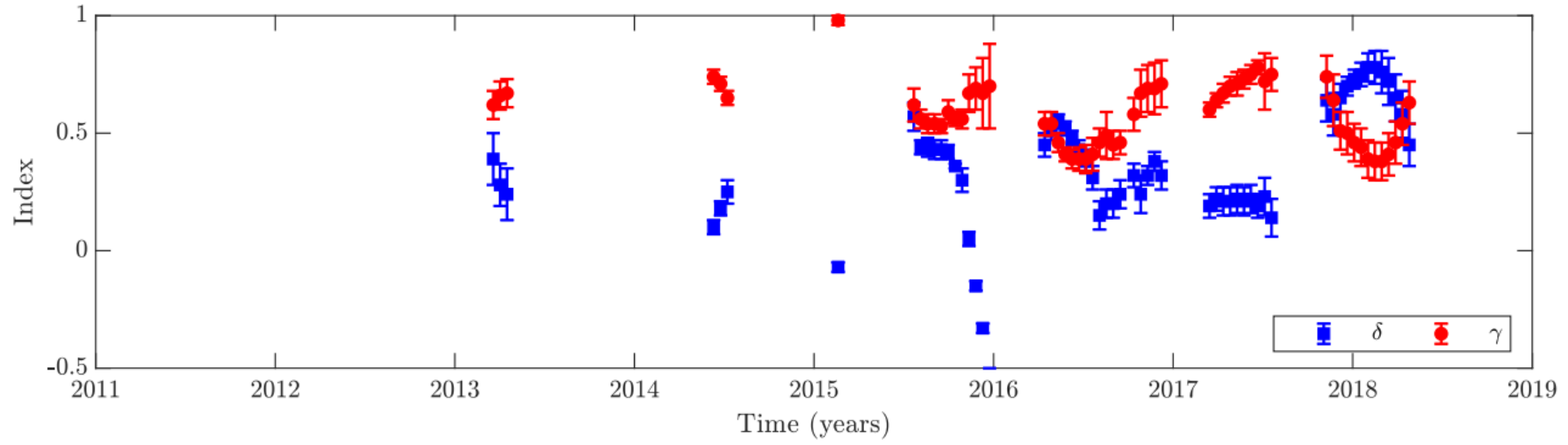


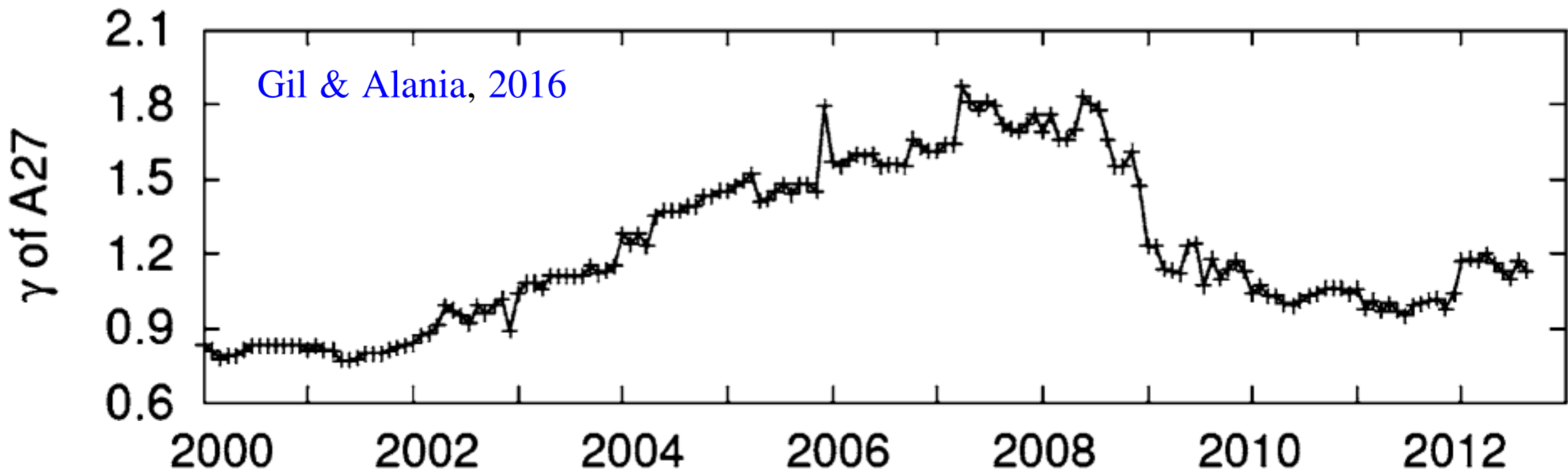
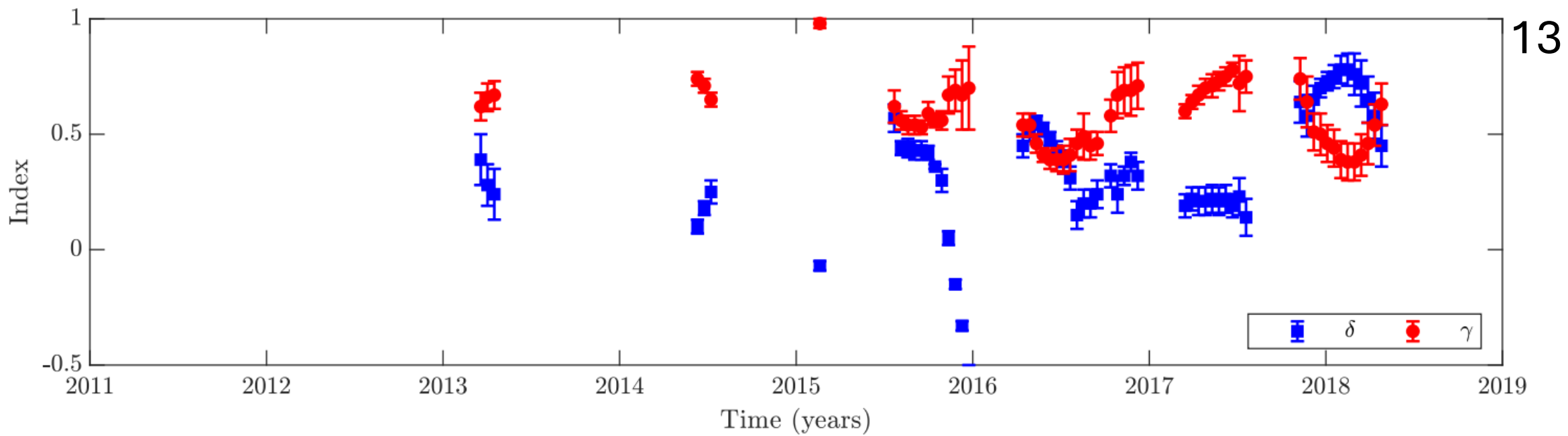


$$\frac{\Delta J}{J} \sim R^{-\gamma}$$

$$\frac{\Delta J}{J} \sim \frac{\Delta\varphi(R)}{R}$$

$$\Delta\varphi \sim R^\delta$$





Выводы

- Двухпараметрическая модель (Shen et al., 2021) позволяет существенно повысить точность описания долговременной модуляции.
- Модель силового поля не воспроизводит энергетическую зависимость амплитуды 27-дневных вариаций ГКЛ.
- Вопрос о зависимости показателя спектра вариаций от фазы солнечного цикла нуждается в дальнейшей проработке.

Спасибо за внимание!