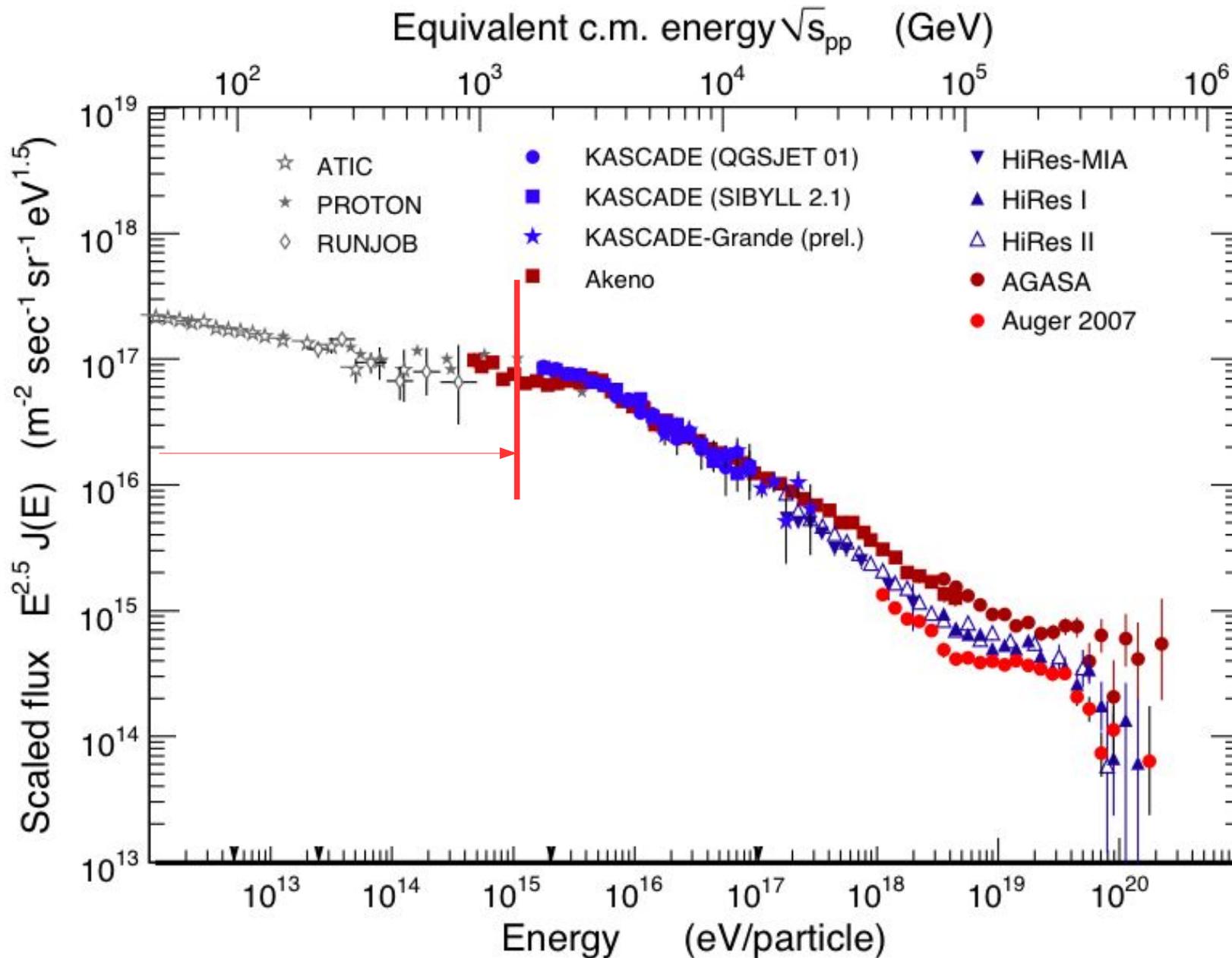


**О возможности
интерпретации колена
космических лучей вблизи
10 ТВ как вклада одного
близкого источника.**

Кудряшов Илья
НИИЯФ МГУ

Область исследований



НА Нуклон

Научная аппаратура Нуклон выведена на орбиту в качестве дополнительной полезной нагрузки к космическому аппарату ДЗЗ Ресурс-П

Рабочая орбита – околокруговая, Солнечно-синхронная, средняя высота 475 км

Срок проведения эксперимента 3 года

Масса НА Нуклон 350кг

Размеры установки без гермоконтейнера (Д*Ш*В)

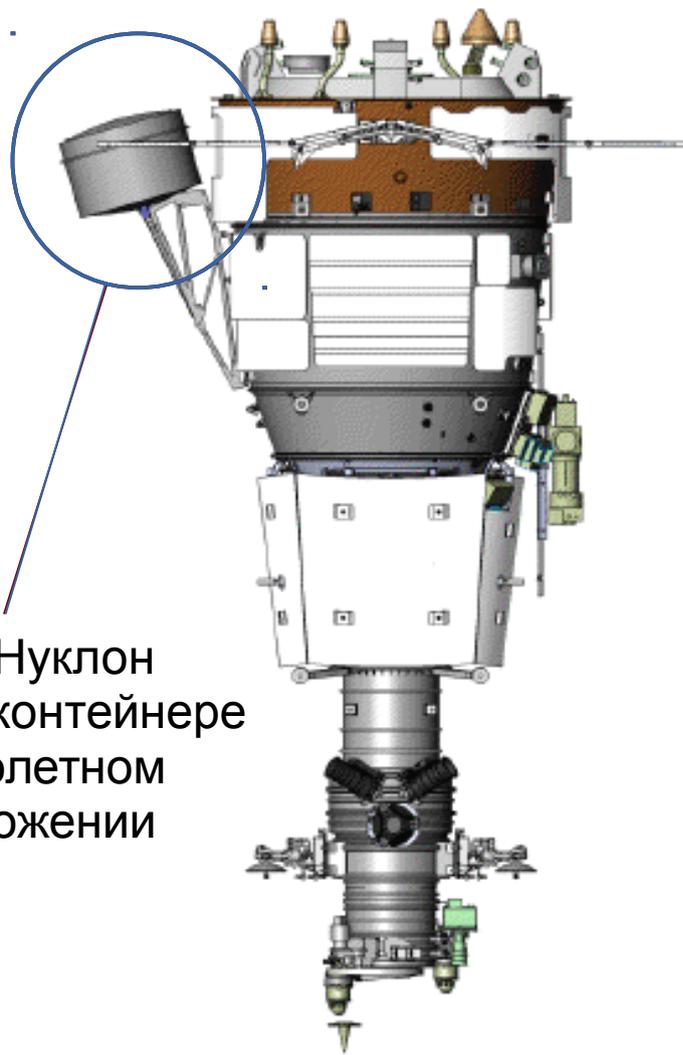
$0.5*0.5*0.45 \text{ м}^3$

Геометрический фактор установки

Нуклон составляет:

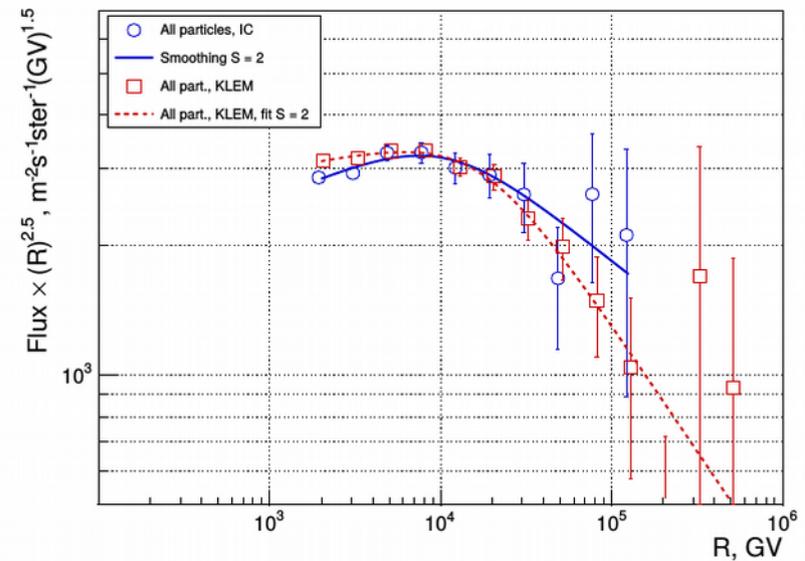
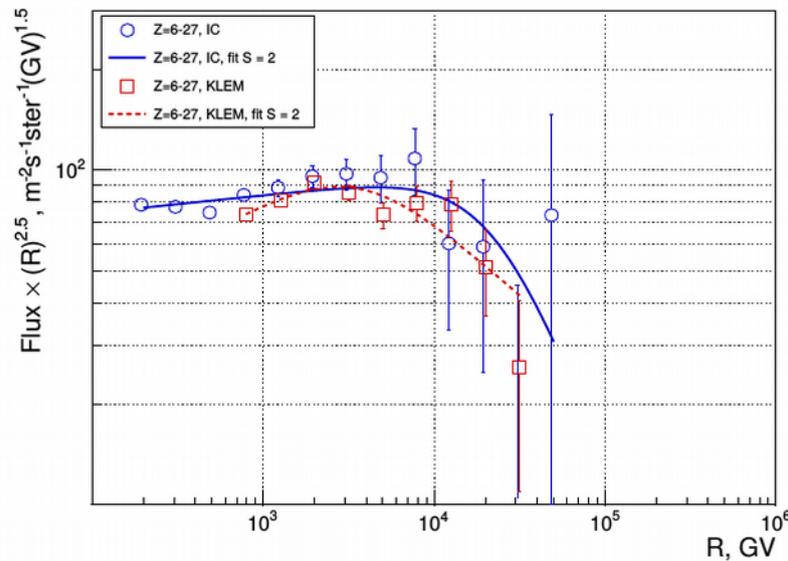
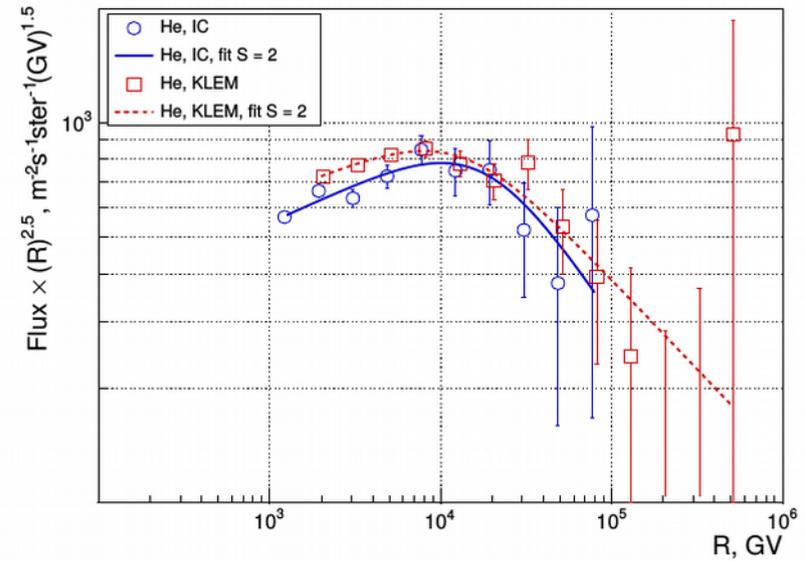
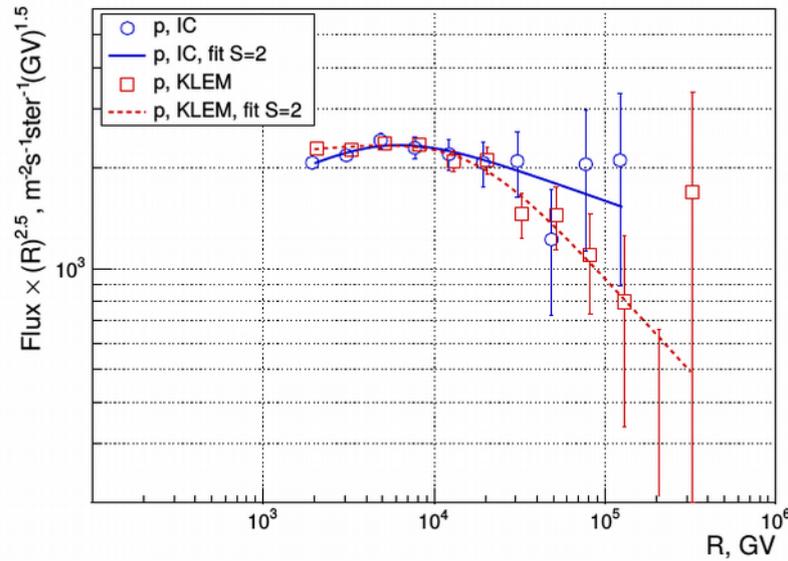
Без мини калориметра: $0.22 \text{ м}^2 \cdot \text{sr}$

С мини калориметром: $0.05 \text{ м}^2 \cdot \text{sr}$



НА Нуклон
в гермоконтейнере
в полетном
положении

Интерпретация универсального колена КЛ в терминах одиночного источника



Новое 10ТВ колено КЛ
Письма в "ЖЭТФ", том 108, № 1, с. 5-13

Общая постановка задачи

Уравнение диффузии КЛ

$$\frac{\partial N}{\partial t} - \nabla(D\nabla N) = Q(E, t, \mathbf{r})$$

$$D_{xx}[R] = D_{xx0} \left(\frac{R}{R_{ref}} \right)^{\text{delta}}$$

Применительно к диффузии КЛ для точечного источника в приближении лампы вспышки

$$F_z(R, r, t) = \frac{C}{4\pi} G(R, r, t) Q_z(R)$$

Где R - жесткость, r - расстояние до источника, t - возраст источника

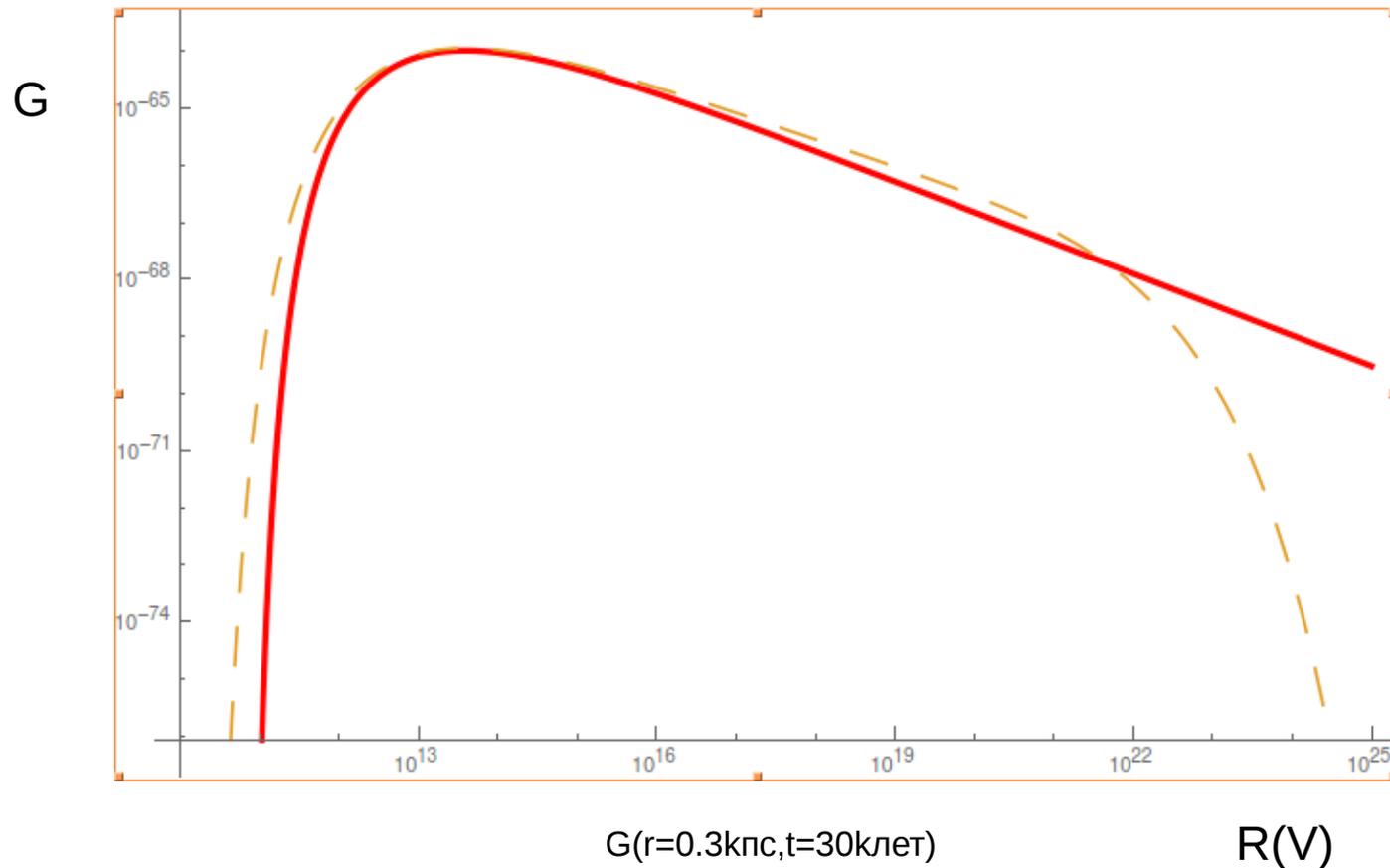
Учитывая резкость излома спектра источник видится одиночным!

Функция Грина

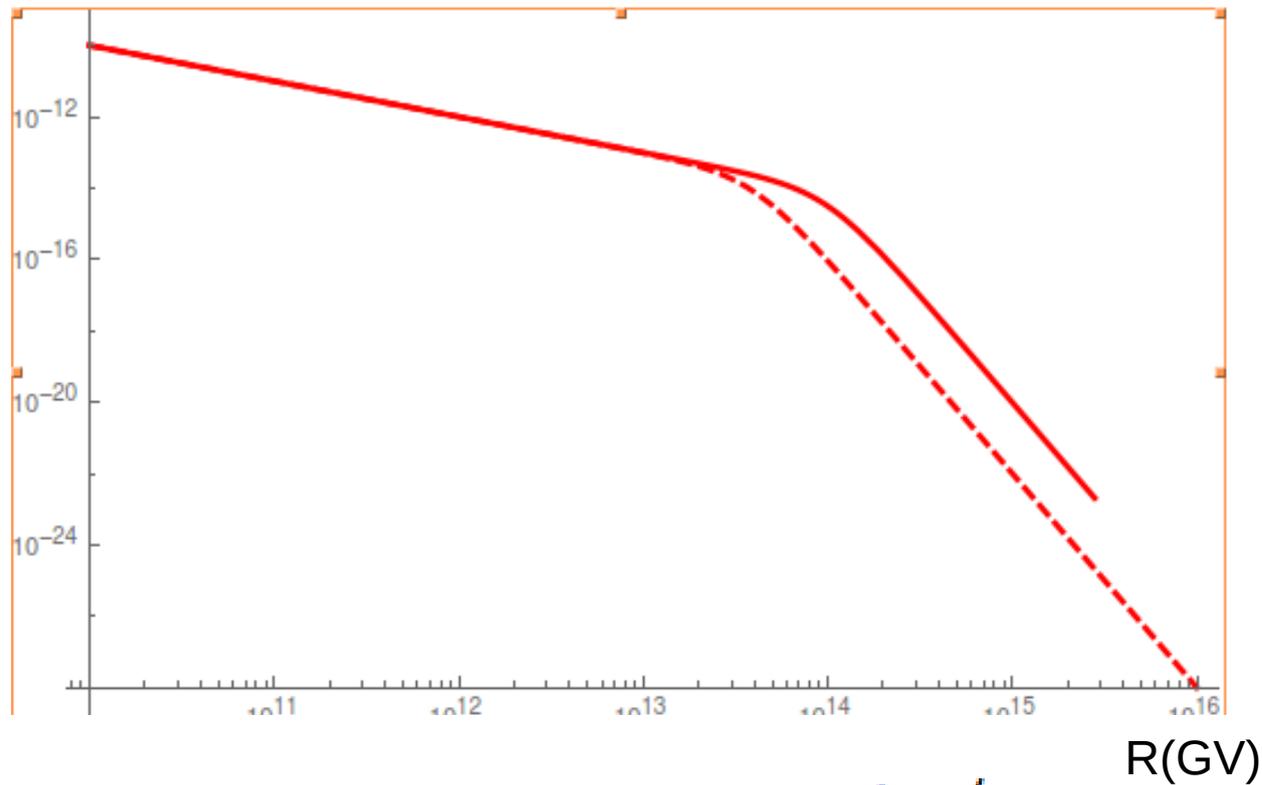
$$G = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\vartheta(t) \cos\left(\left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\pi Z}{H}\right)}{4\pi D H t} \exp\left\{-\left(\frac{x^2 + y^2}{4Dt} + \left(\left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\pi}{H}\right)^2 Dt\right)\right\}$$

Spectrum and Anisotropy of Cosmic Rays at TeV-PeV-energies and Contribution of Nearby Sources

Классическая функция Грина для 3х мерного случая $G = \Theta(t) \left(\frac{1}{4\pi kt}\right)^{3/2} e^{-r^2/4kt}$



Источник-форма спектра и химический состав



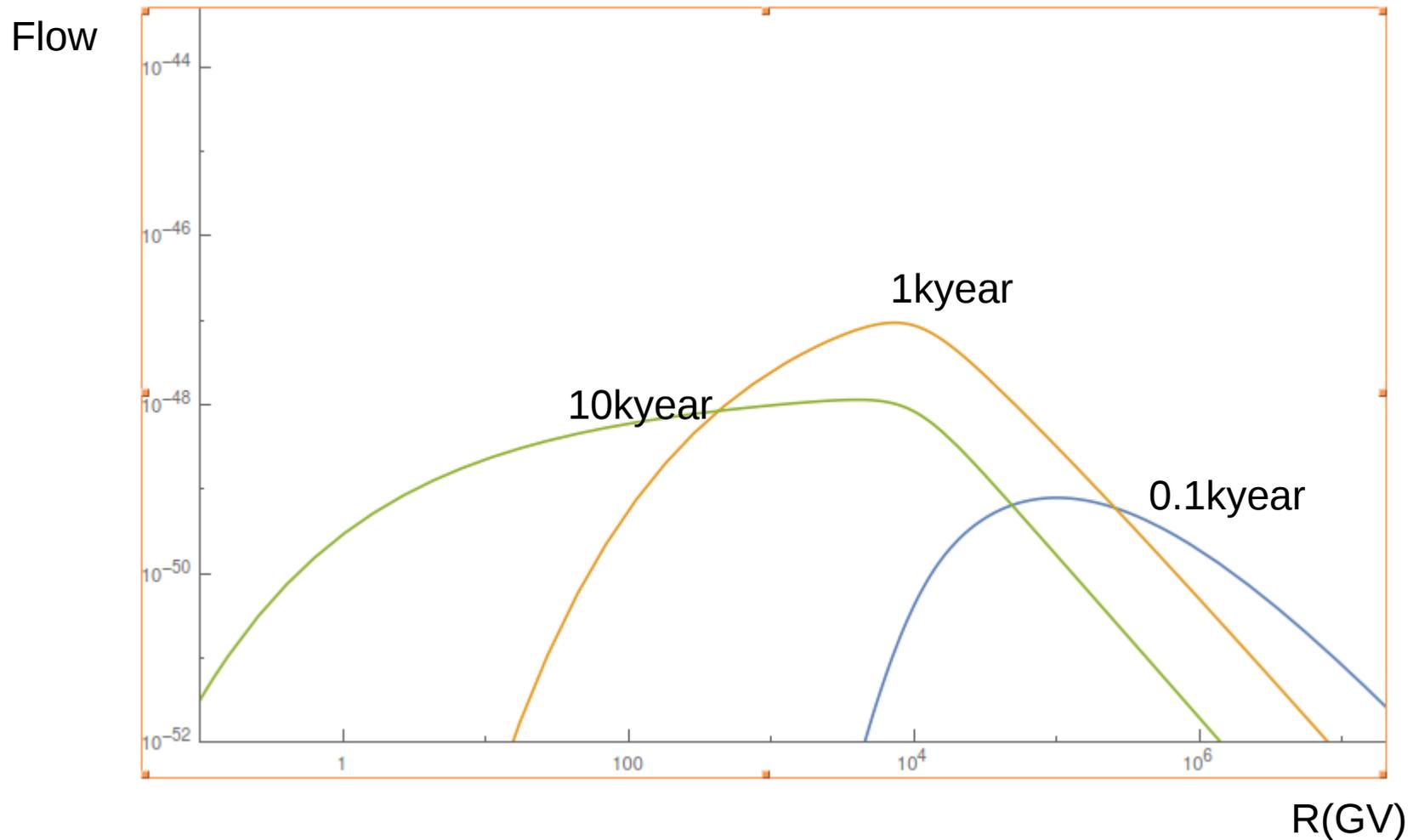
$$* R^{-\gamma_0} \left(1 + \left(\frac{R}{R_{ref}} \right)^{\omega_0} \right)^{-d\gamma_0/\omega_0}$$

$$= \text{NormalCoefficient} = \frac{W_{51} k}{\int_{10^9}^{\infty} \left[R * R^{-\gamma_0} \left(1 + \left(\frac{R}{R_{ref}} \right)^{\omega_0} \right)^{-d\gamma_0/\omega_0} \right] dR \sum_{i=1}^{28} (Z_i A b_i)}$$

$$= Q_z = \frac{c}{4 \pi} Z_i * \text{NormalCoefficient} * R^{-\gamma} \left(1 + \left(\frac{R}{R_{ref}} \right)^{\omega} \right)^{-d\gamma/\omega}$$

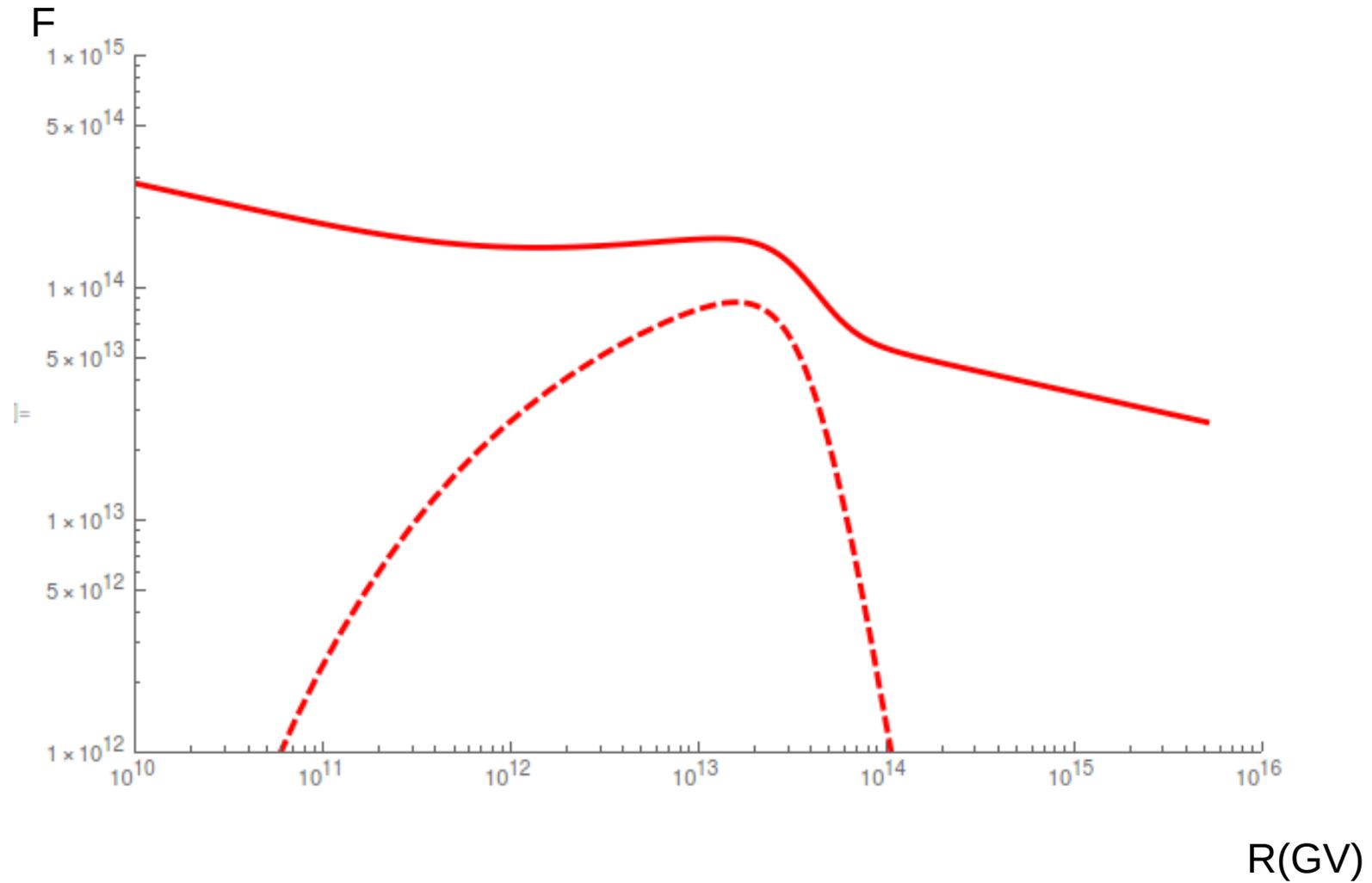
Вклад точечного источника в зависимости от возраста

Расстояние $r = 0.1$ кпарсек

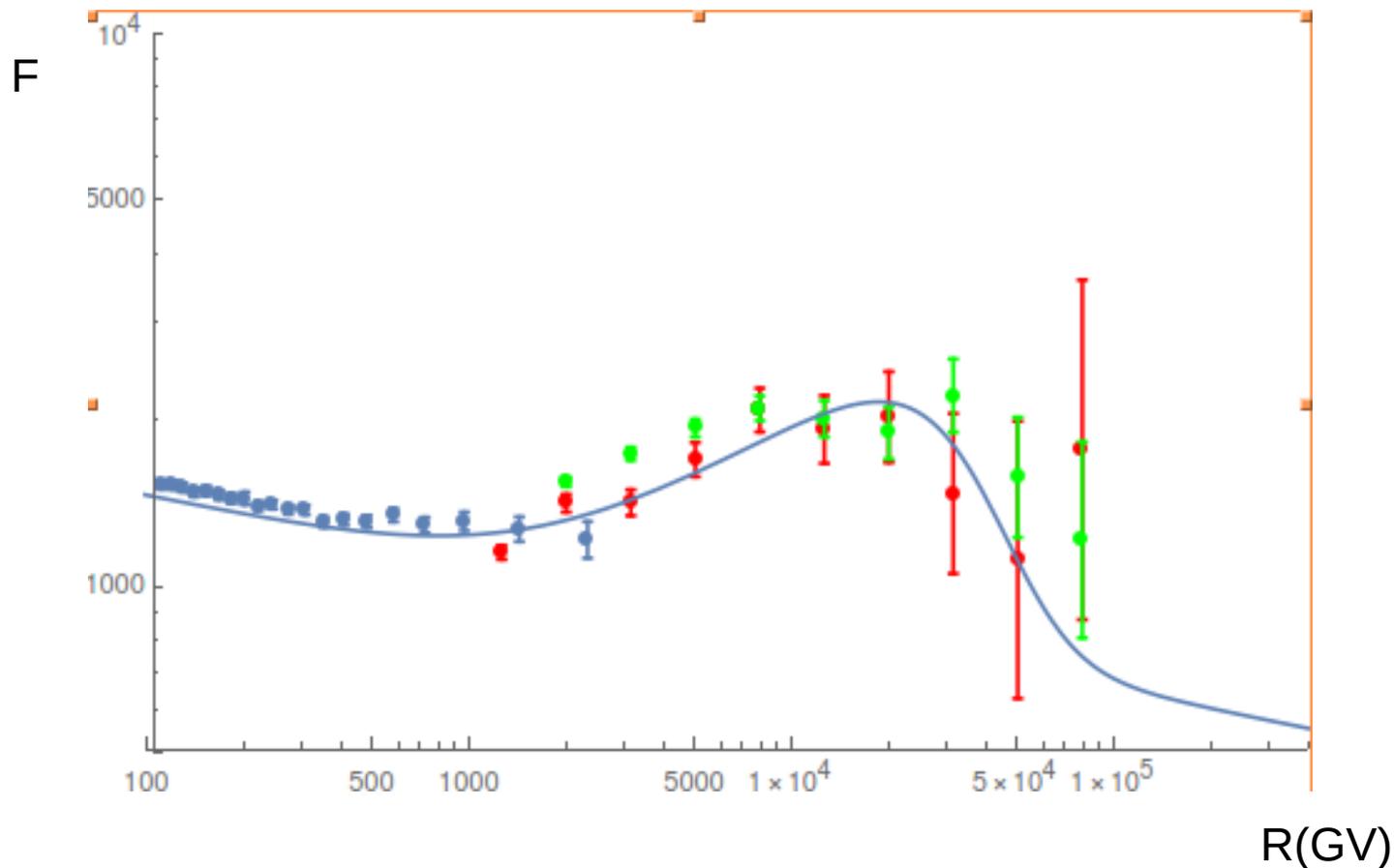


Модель сигнал+фон в приближении источника

ВСПЫШКИ



Решение одномерной задачи для заданного источника



Можно подобрать расстояние, возраст и W , чтобы экспериментальные данные по отдельности описывались оптимально

Аппроксимация многомерной задачи

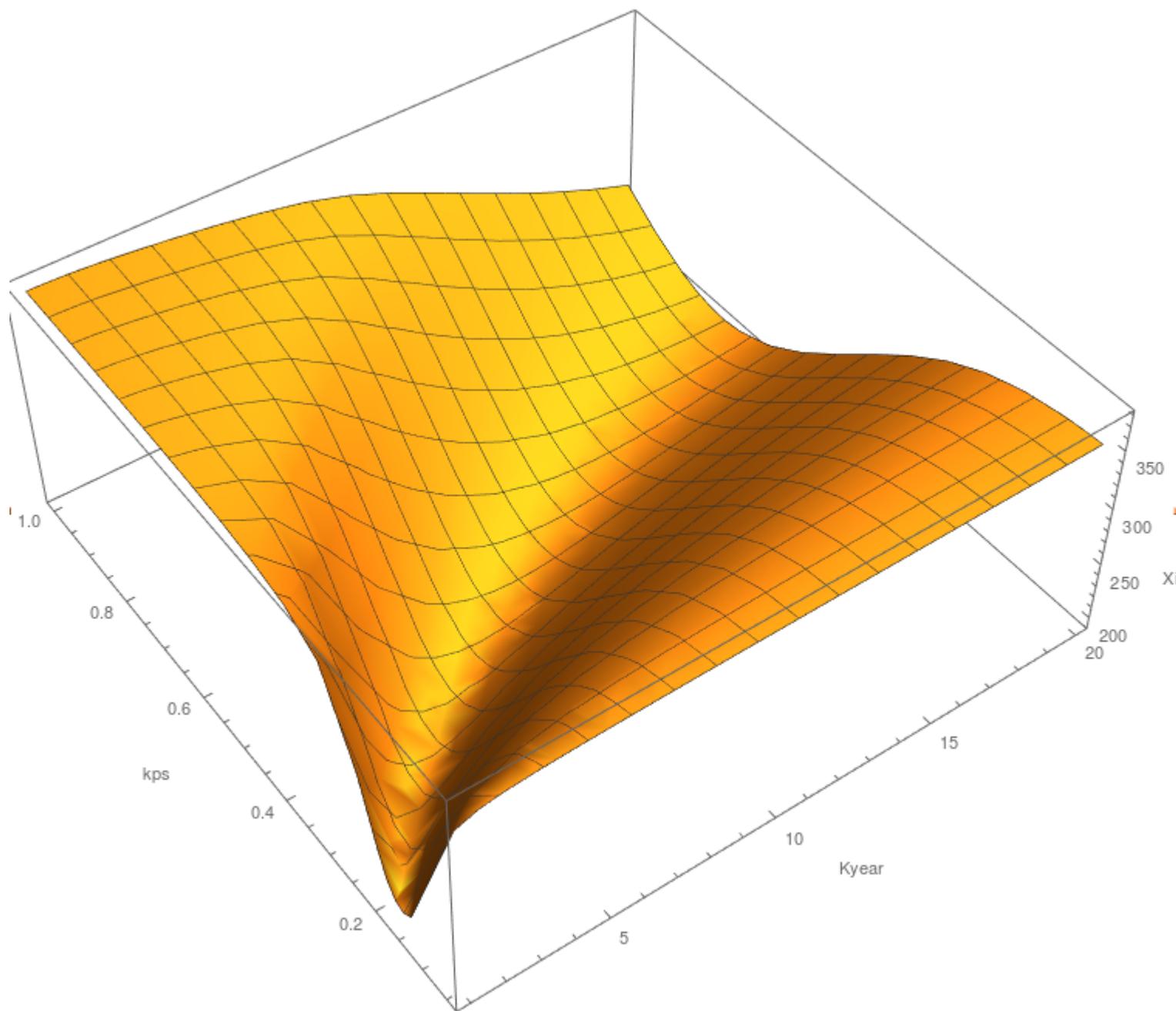
Минимизируется функция

$$\sum_{z=1}^8 \sum_{\text{point}_z} \left(\frac{(F_{zi} - F_{\text{mod}}_{zi}(\tau, r, W, \text{heAbu}, \text{CAbu}, \text{OAbu}))}{\text{error}_{zi}} \right)^2$$

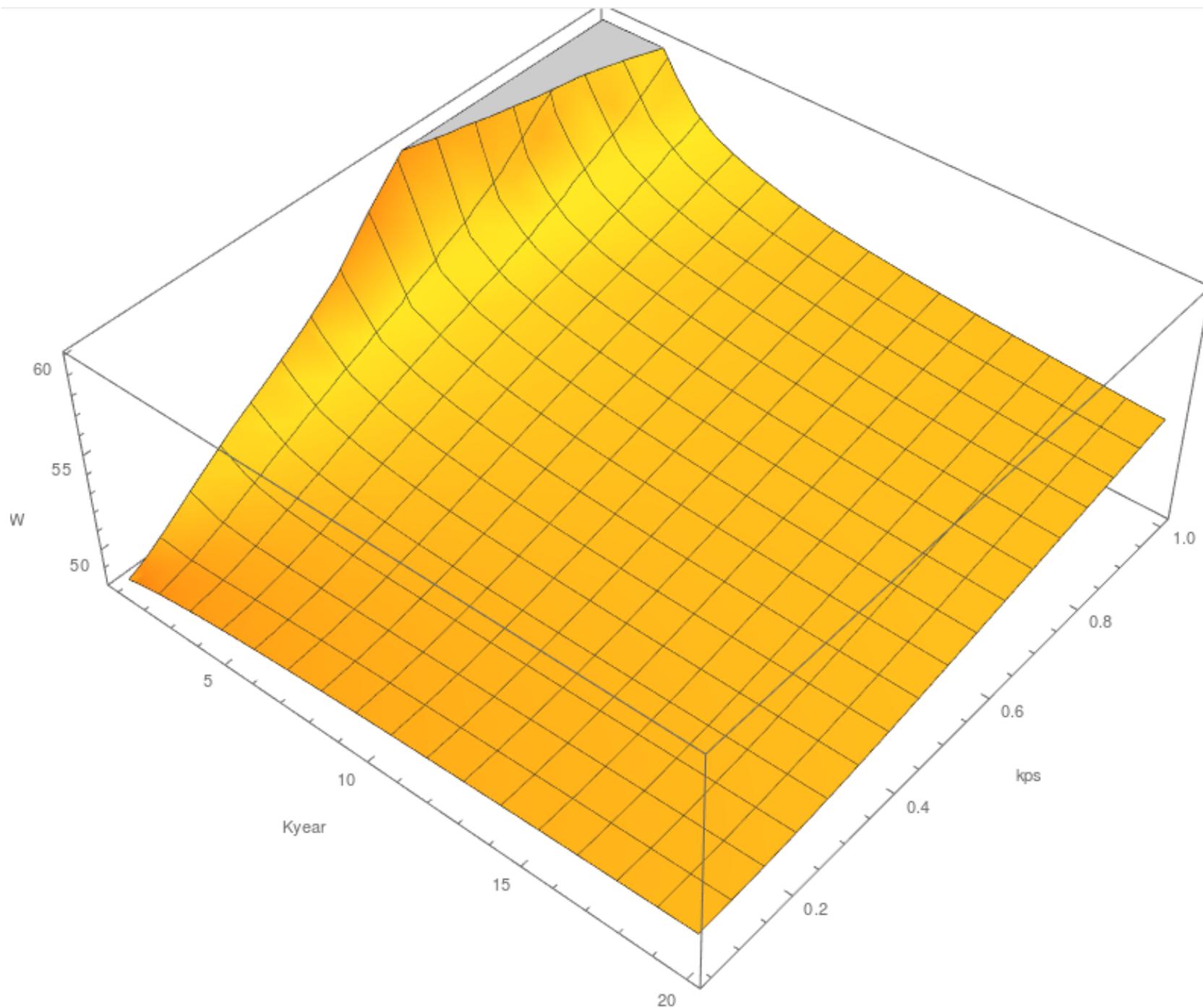
В каждой точке фазового пространства $T < 20$ Клет, $R < 1$ КПарсек
решается задача минимизации с свободными параметрами $W, \text{heAbu}, \text{CAbu}, \text{OAbu}$
 $\{40 < W < 60\}, \{0 < \text{heAbu} < 1\}, \{0 < \text{CAbu} < 1\}, \{0 < \text{OAbu} < 1\}$

Всего аппроксимируется 45 экспериментальных точек в 4х мерном фазовом пространстве свободных параметров для каждой точки пространства $\{T, r\}$.

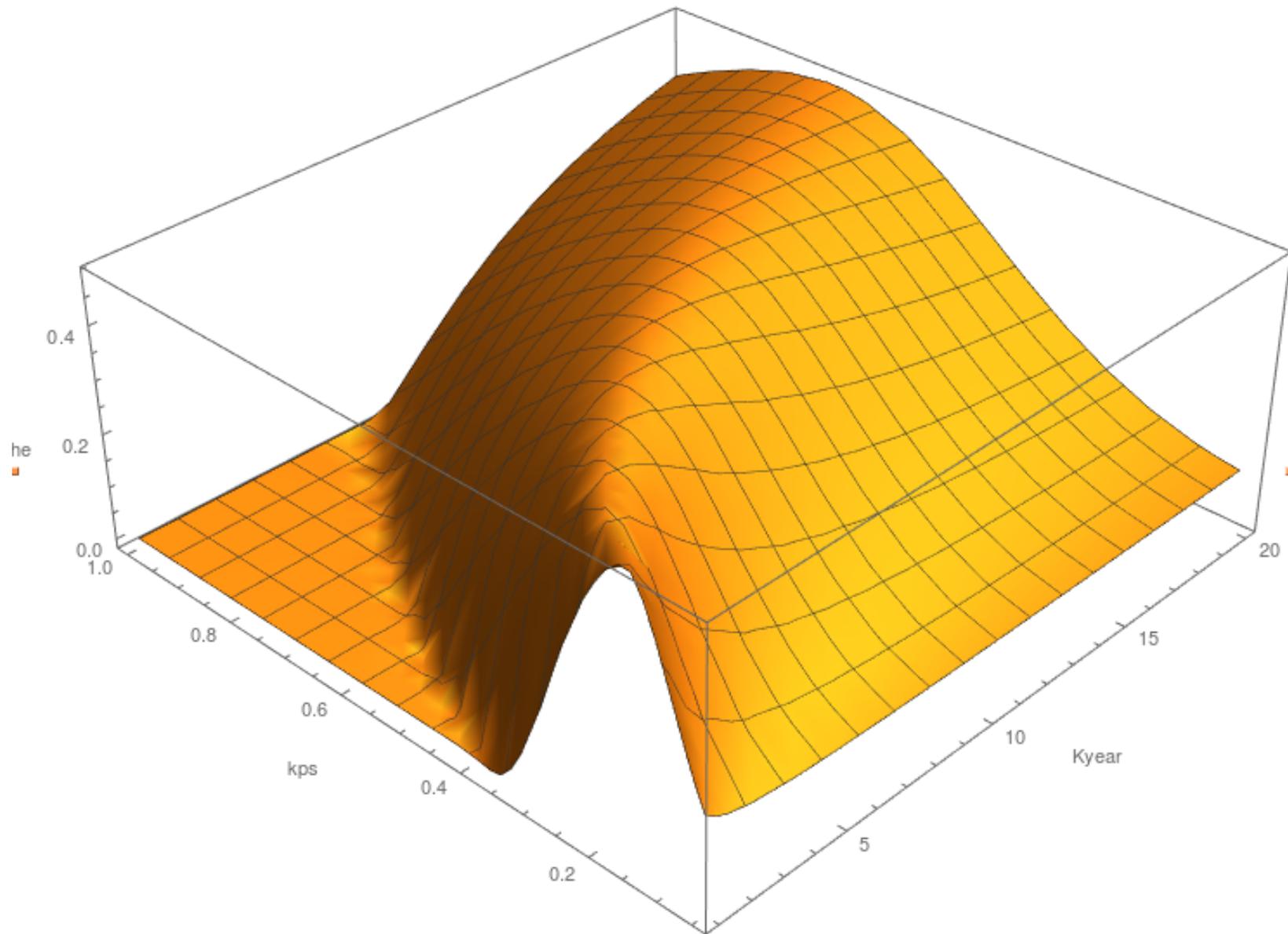
Xi2 аппроксимации



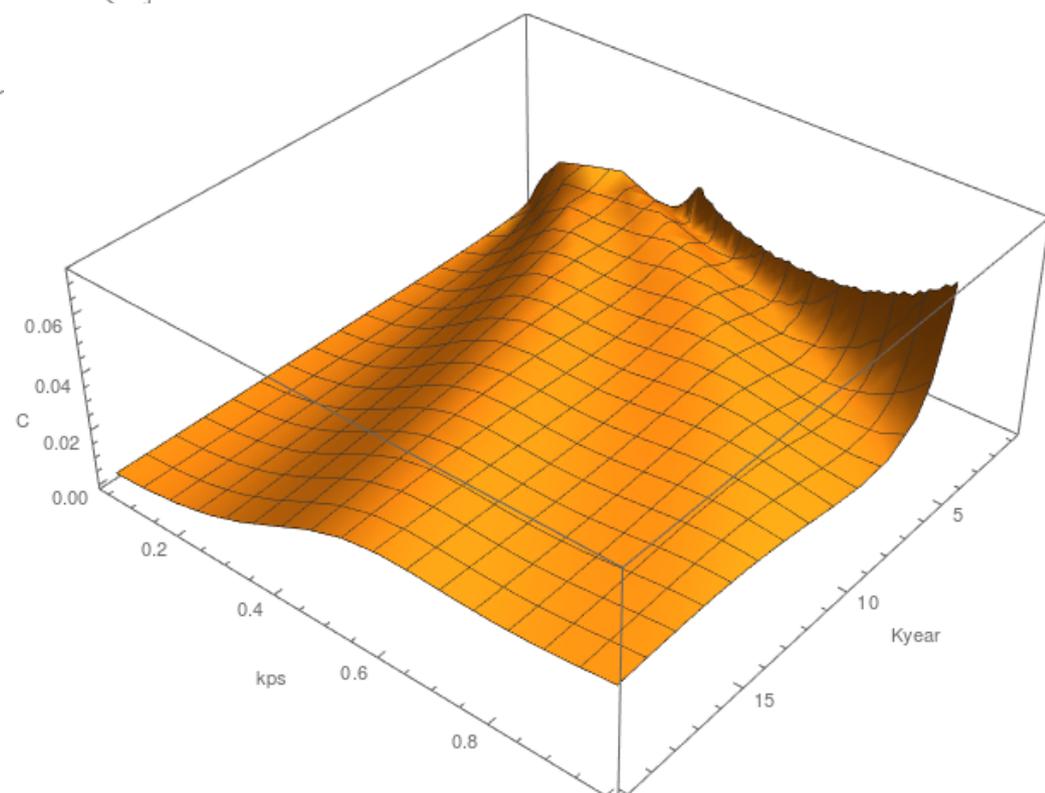
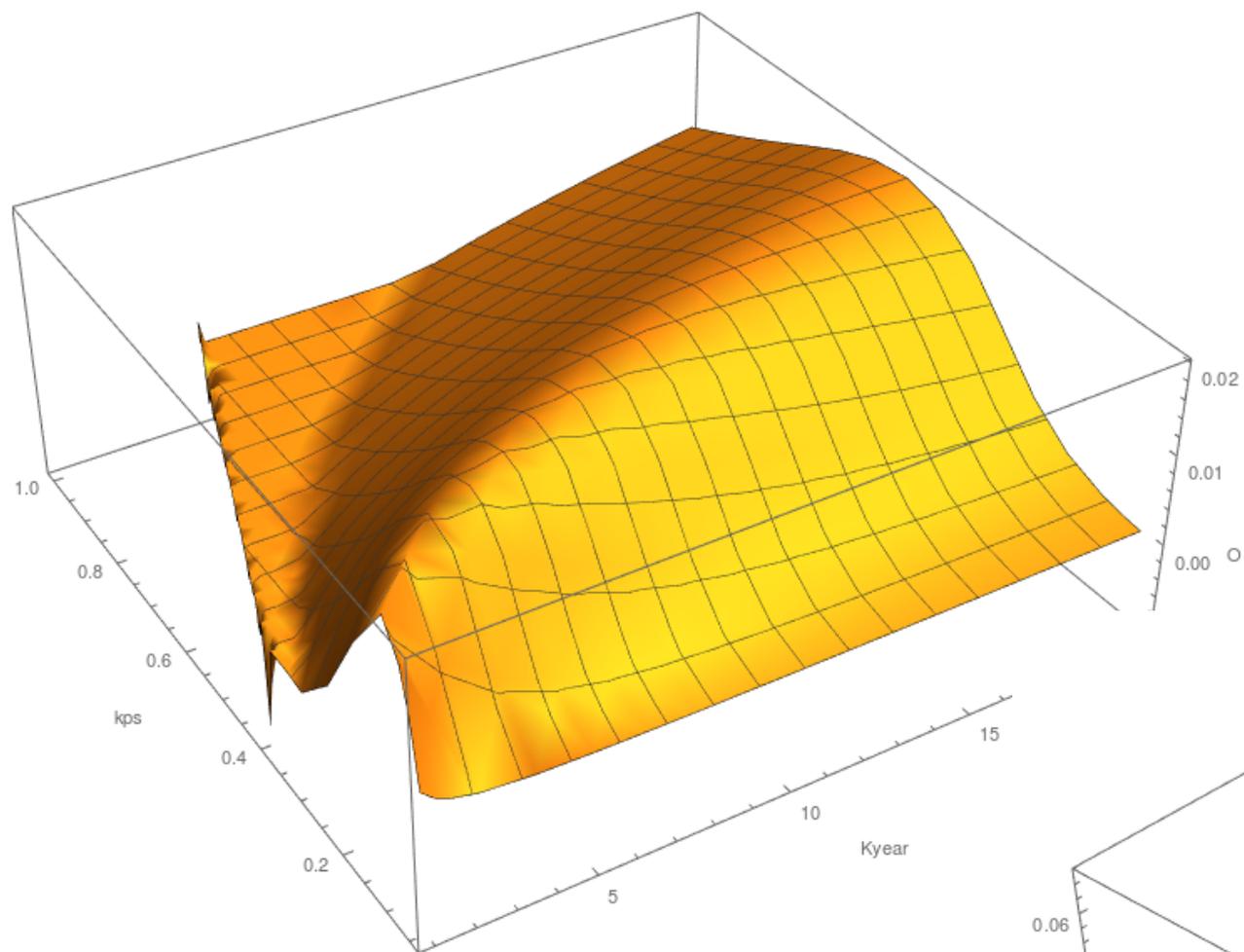
Логарифм мощности источника W



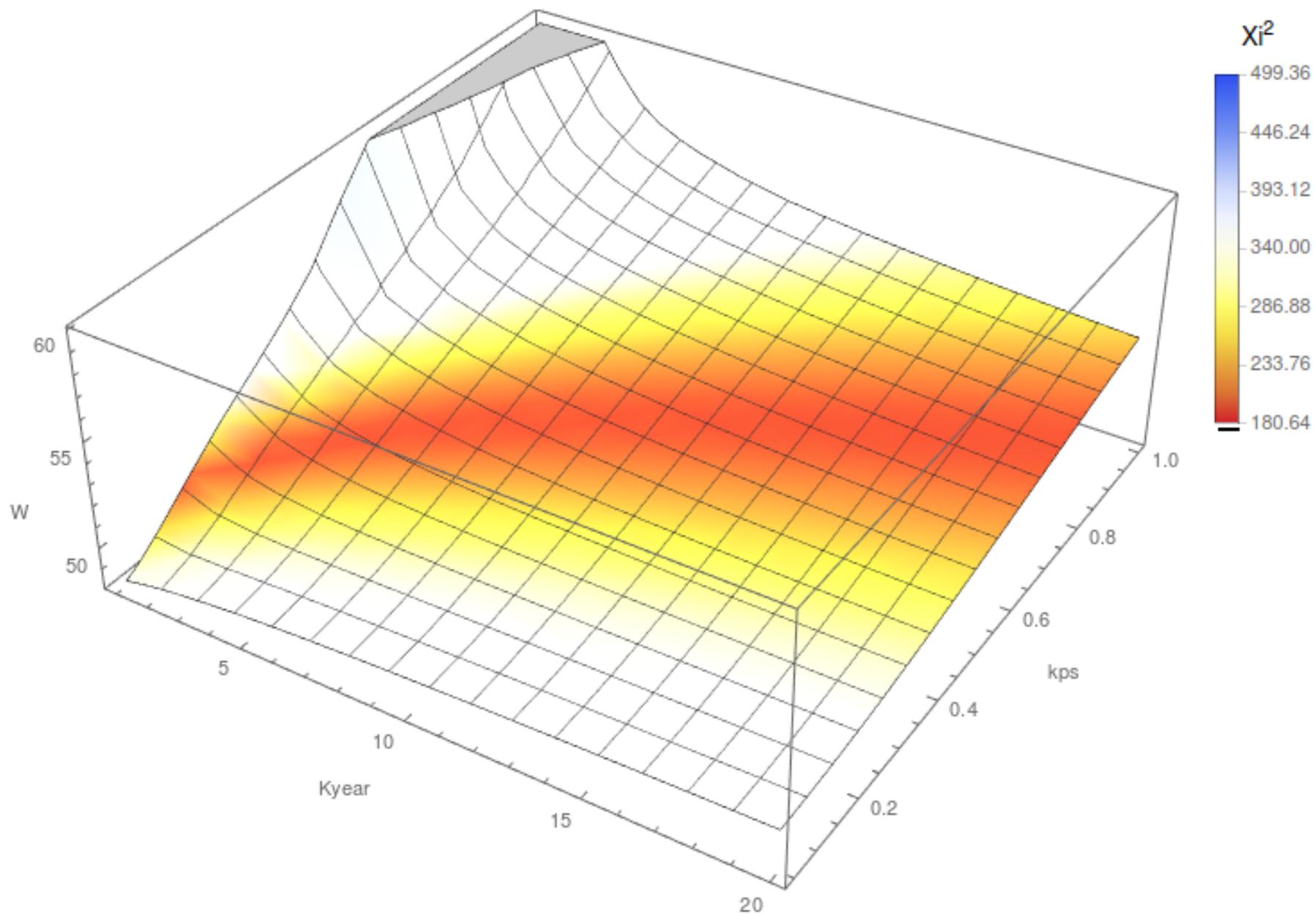
Соотношение h_e/p в источнике



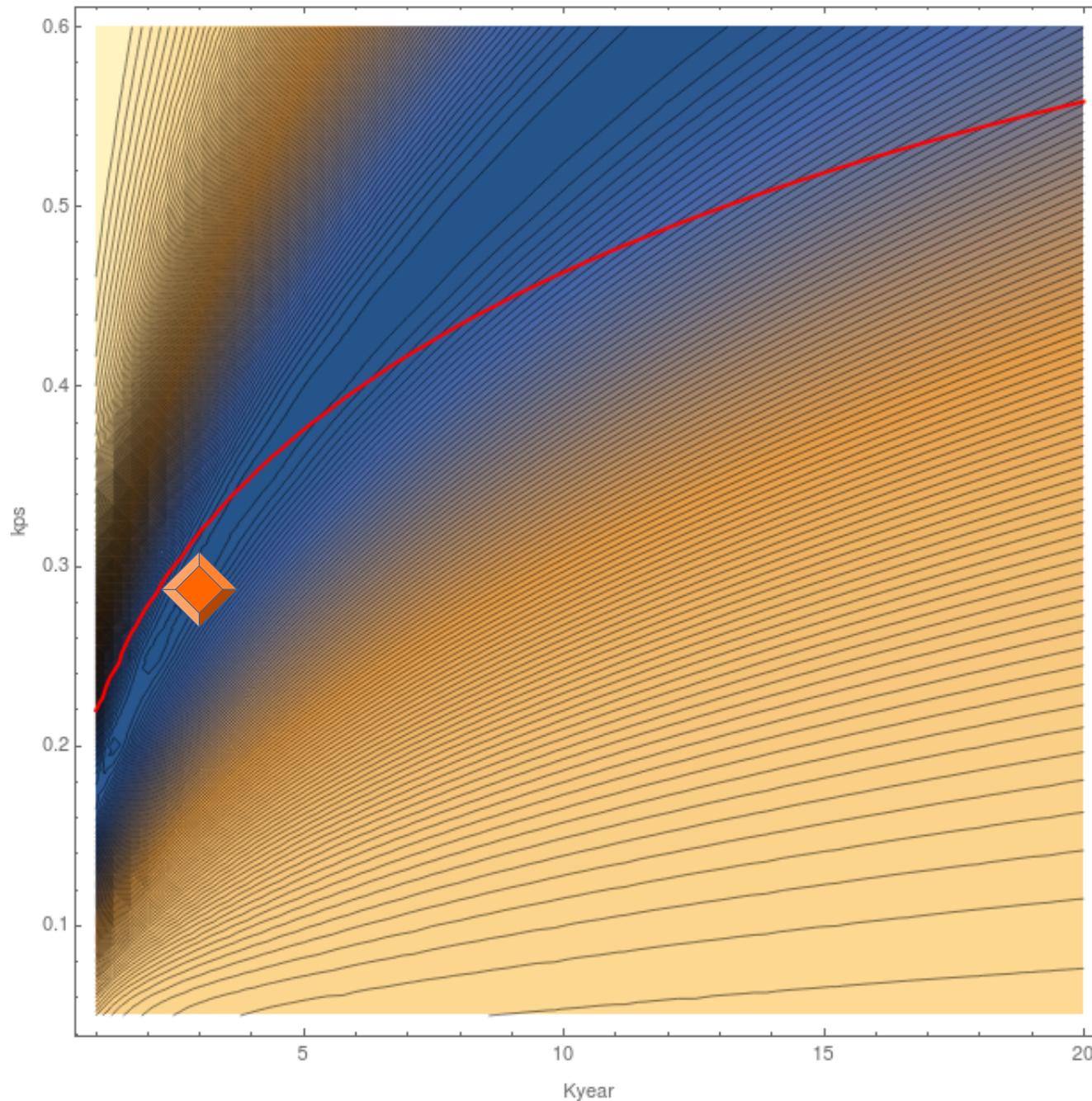
С/Н и О/Н в источнике



Область существования возможных источников



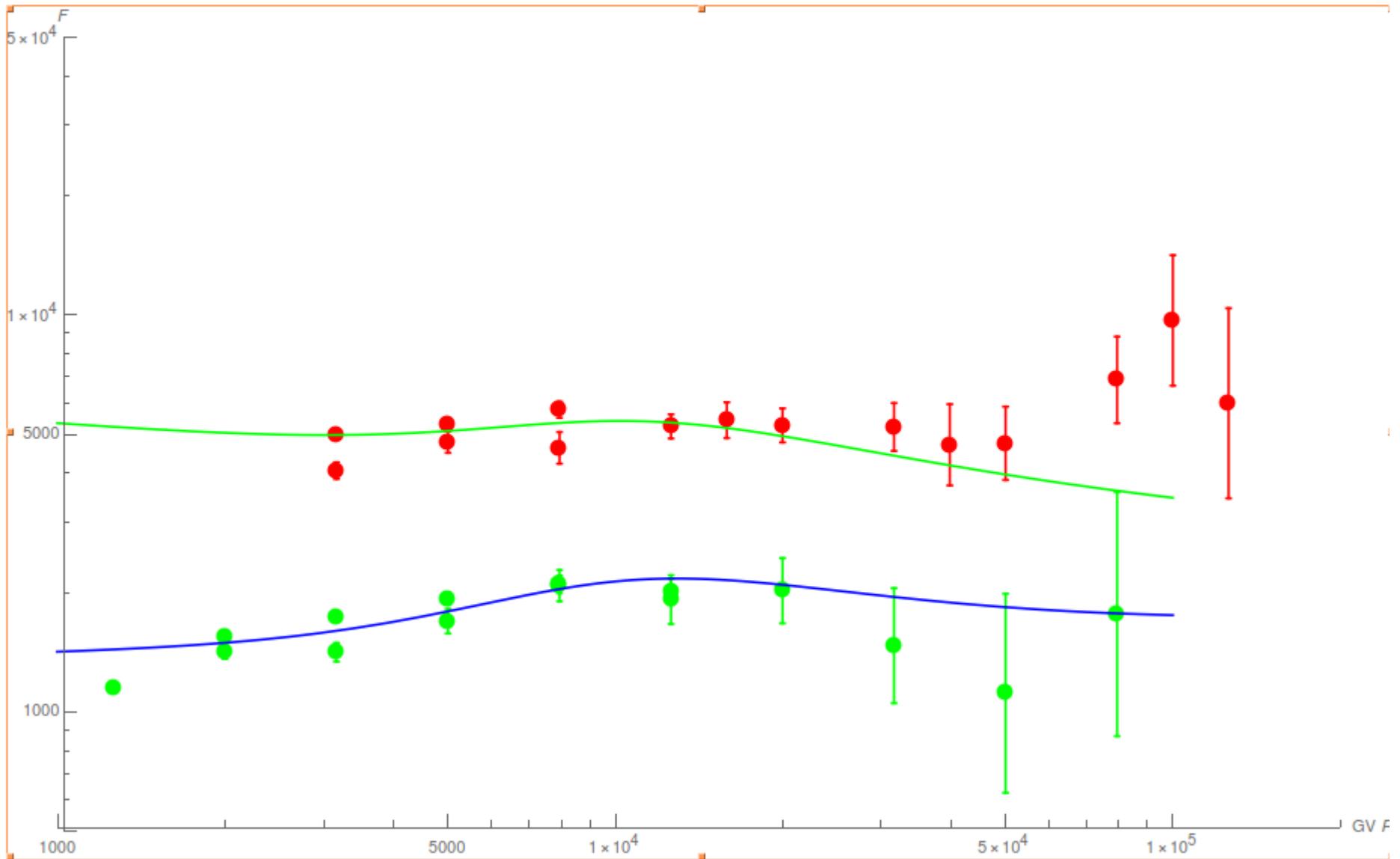
Лучший гипотетический источник



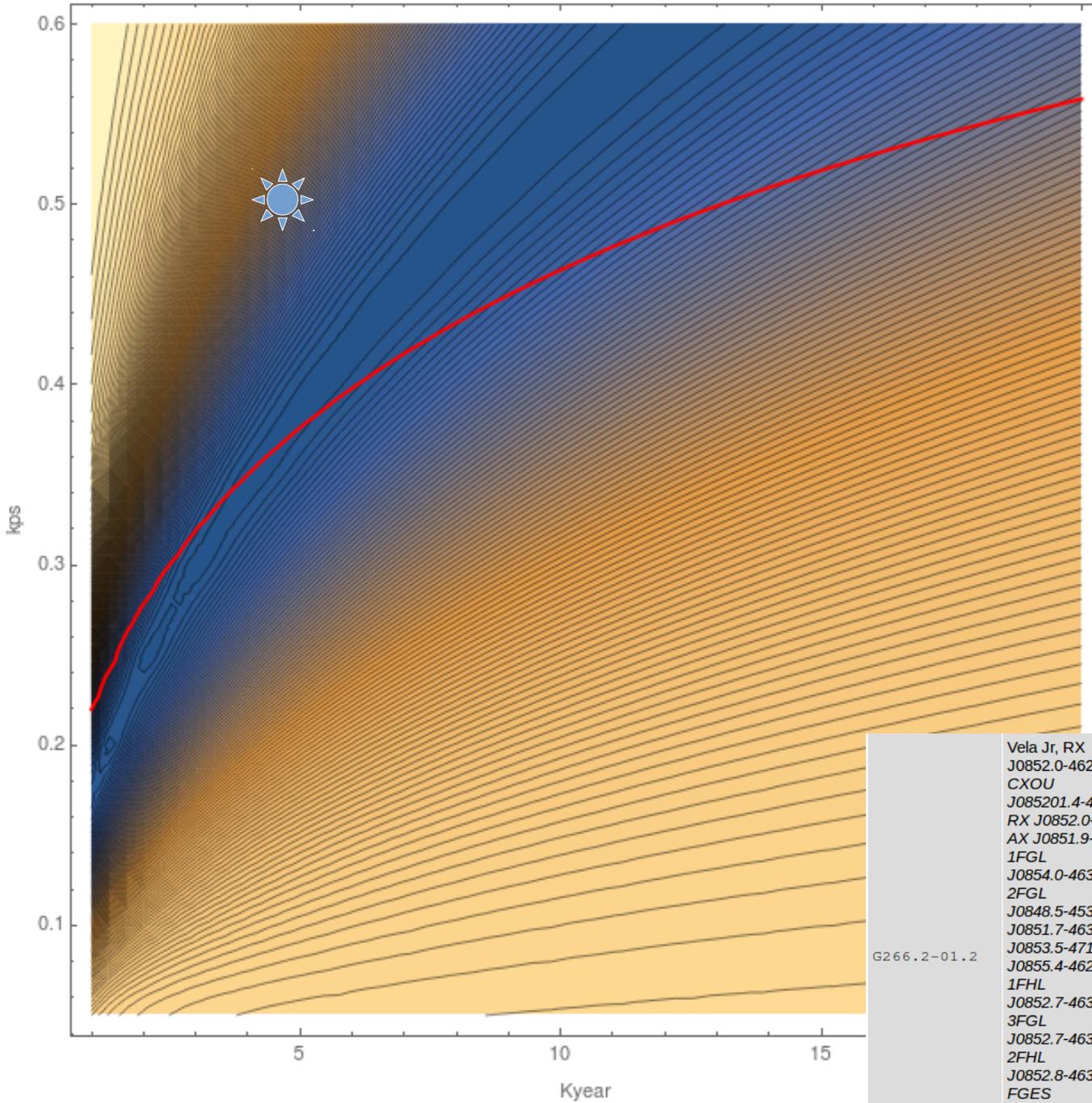
$\chi^2=190$
 $\text{Log}_{10}W=51.2$

Наблюдаемое колено возможно объяснить в терминах близкого источника!

Лучший фит(3000 лет ,300парсек)



Vela Jr в качестве источника



$\chi^2=350$
 $\text{Log}_{10}W=53$

G266.2-01.2	Vela Jr, RX J0852.0-4622, CXOU J085201.4-461753, RX J0852.0-4622, AX J0851.9-4617.4, 1FGL J0854.0-4632, 2FGL J0848.5-4535 and J0851.7-4635 and J0853.5-4711 and J0855.4-4625, 1FHL J0852.7-4631e, 3FGL J0852.7-4631e, 2FHL J0852.8-4631e, FGES J0851.9-4620, 3FHL J0851.9-4620e, HESS J0852-463	overlaps SNR G263.9-3.3 = Vela, contains CCO CXOU J085201.4-461753, PSR J0855-4644 + PWN G266.97-1.00 at the edge	2400 - 5100 yr	0.5 - 1 kpc	shell
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------	-------------	-------

Vela в качестве источника

G263.9-03.3

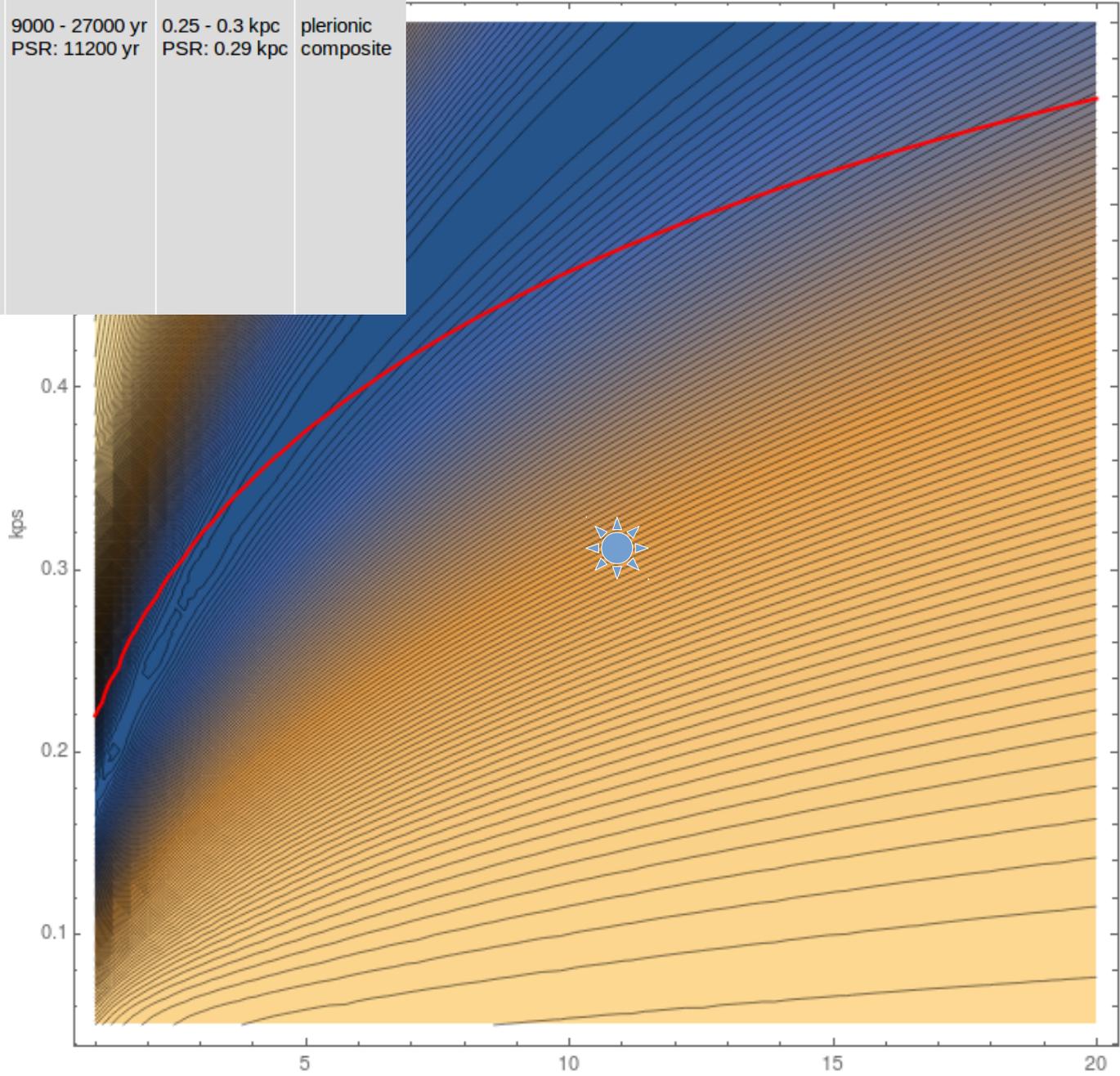
Vela, contains NGC 2736 = Pencil Nebula, *0FGL* J0835.4-4510, *1FGL* J0835.3-4510, *2FGL* J0842.9-4721 and J0835-4510 and J0833.1-4511e, *1FHL* J0833.1-4511e and J0835.3-4510, *3FGL* J0835.3-4510 and J0833.1-4511e and J0838.1-4615 and J0839.1-4739 and J0843.1-4546, *2FHL* J0833.1-4511e and J0835.3-4511, *1AGL* J0835-4509, *HESS* J0835-455

overlaps SNR G260.4-3.4 and SNR G266.2-1.2, contains PSR B0833-45 = J0835-4510 = Vela + PWN Vela X (unrelated to eclipsing binary Vela X-1), interacts with molecular cloud?

9000 - 27000 yr
PSR: 11200 yr

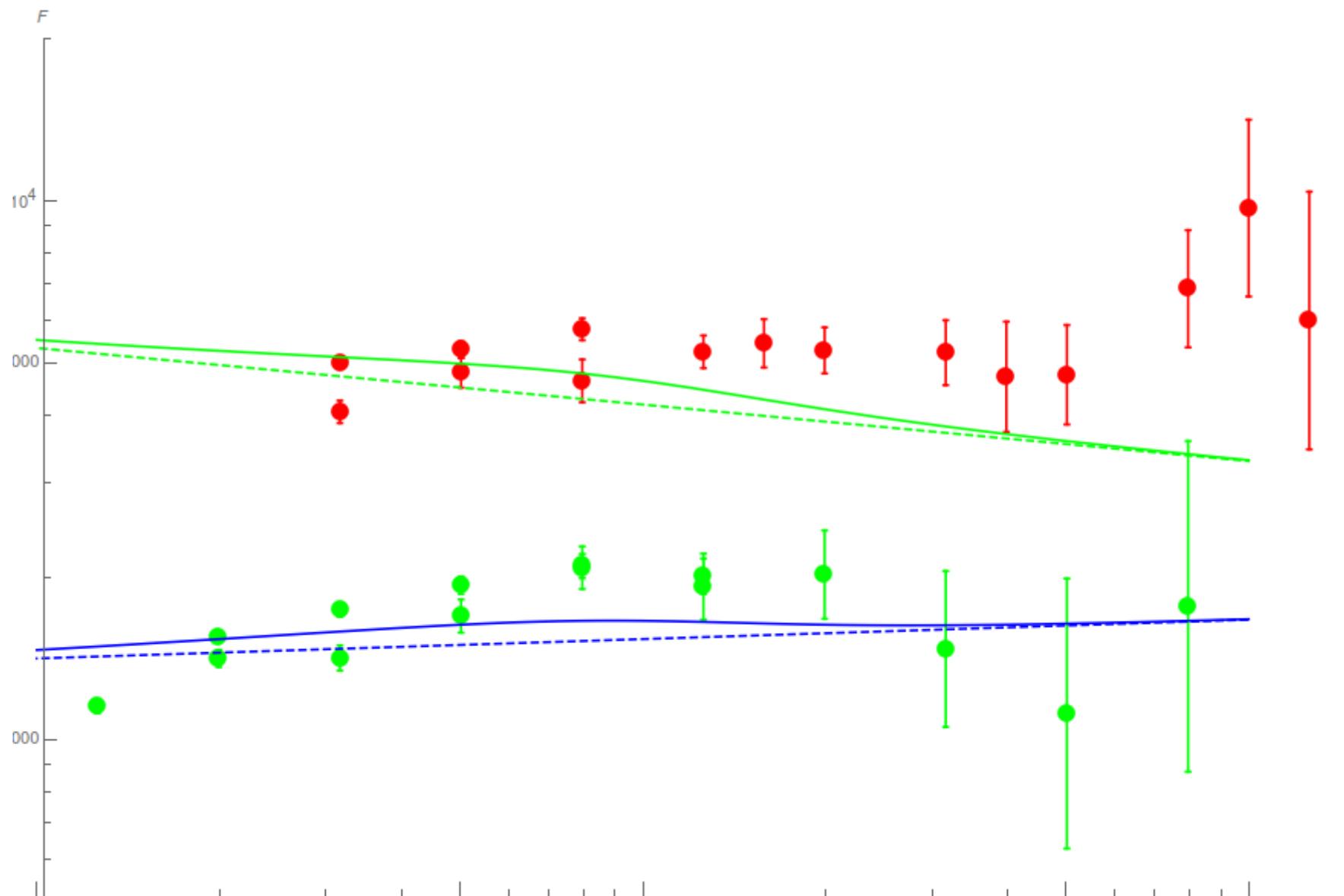
0.25 - 0.3 kpc
PSR: 0.29 kpc

plerionic composite

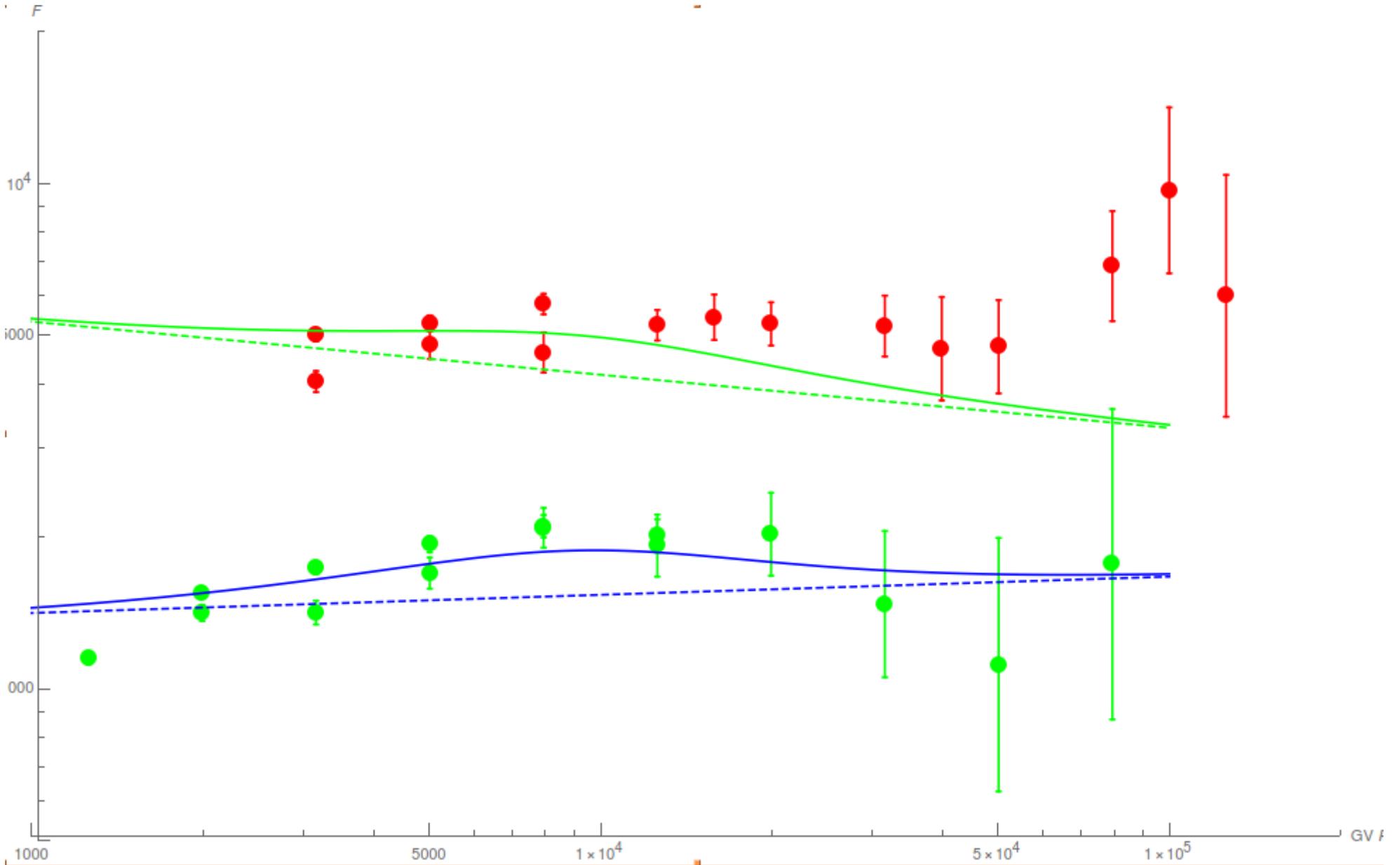


$\chi^2=298$
 $\text{Log}_{10}W=50.3$

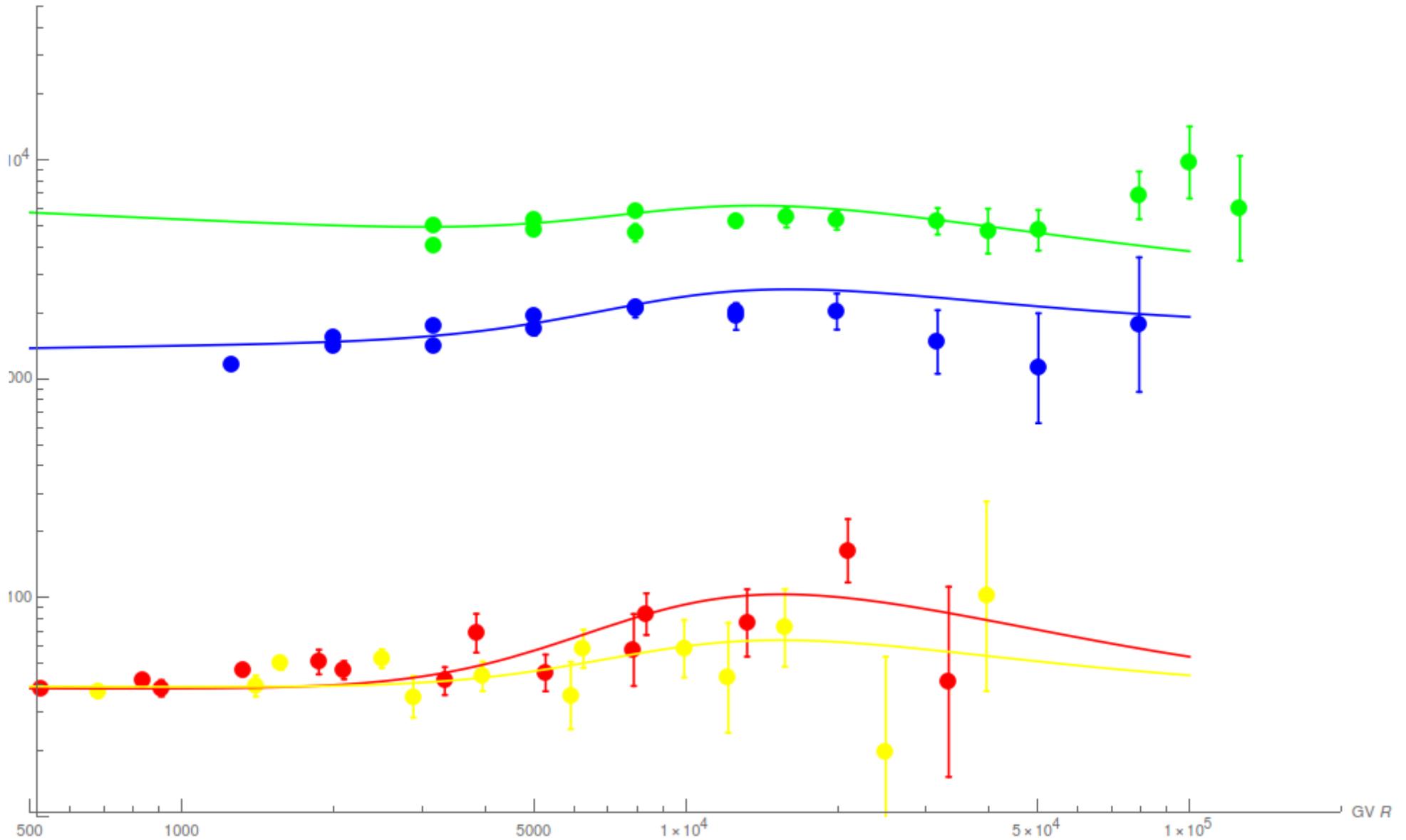
Vela



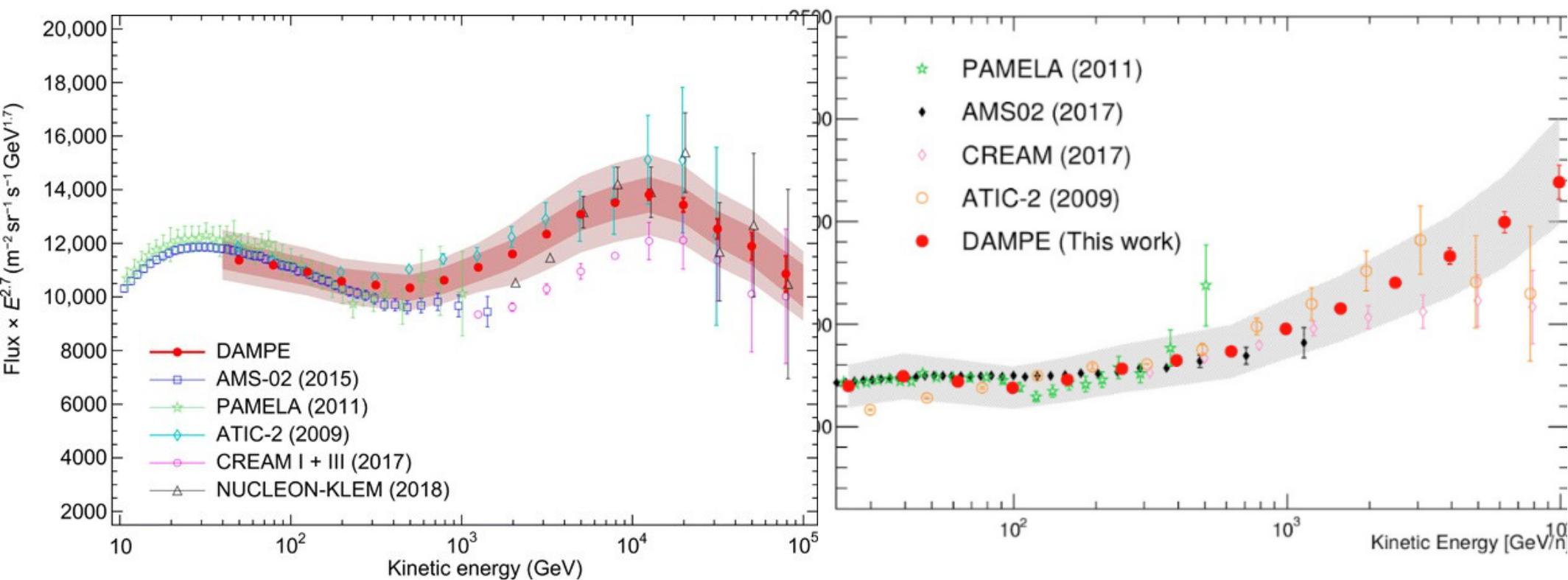
Lupus Loop



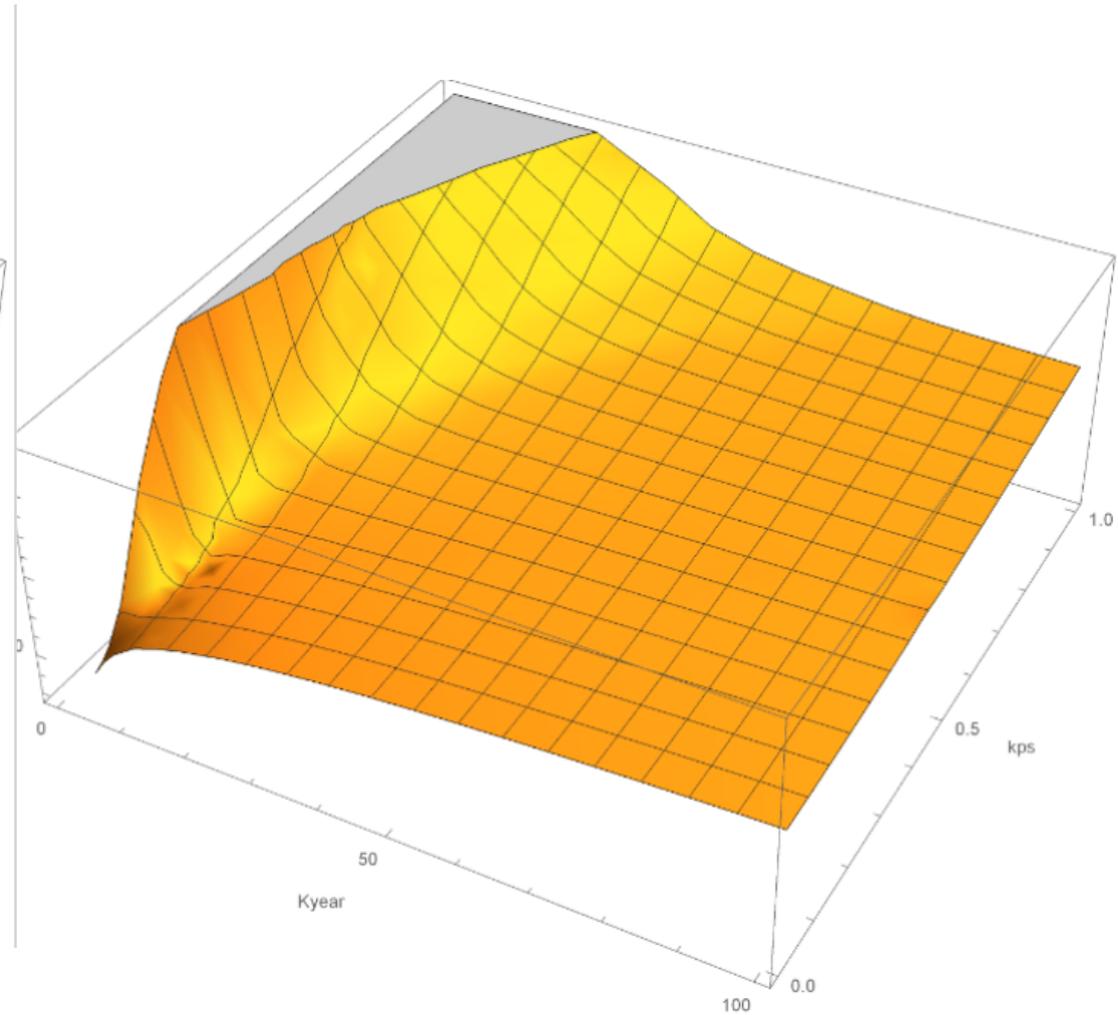
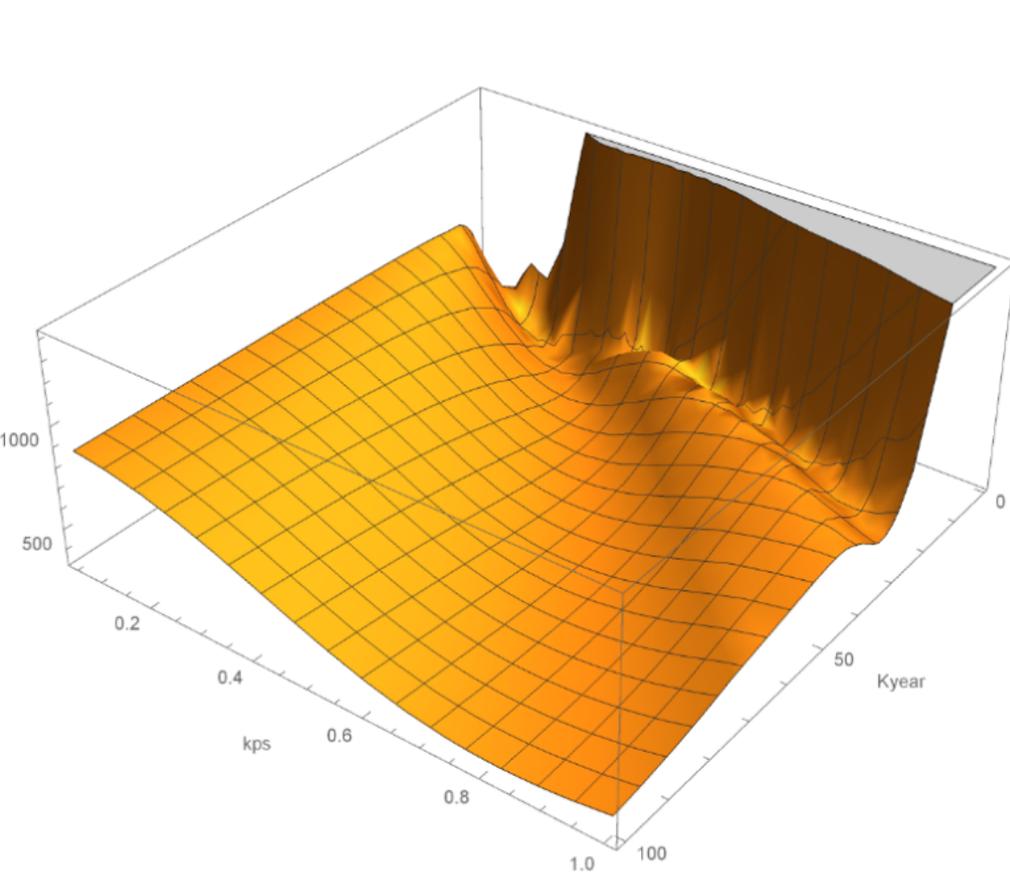
Лучший существующий источник НВ9



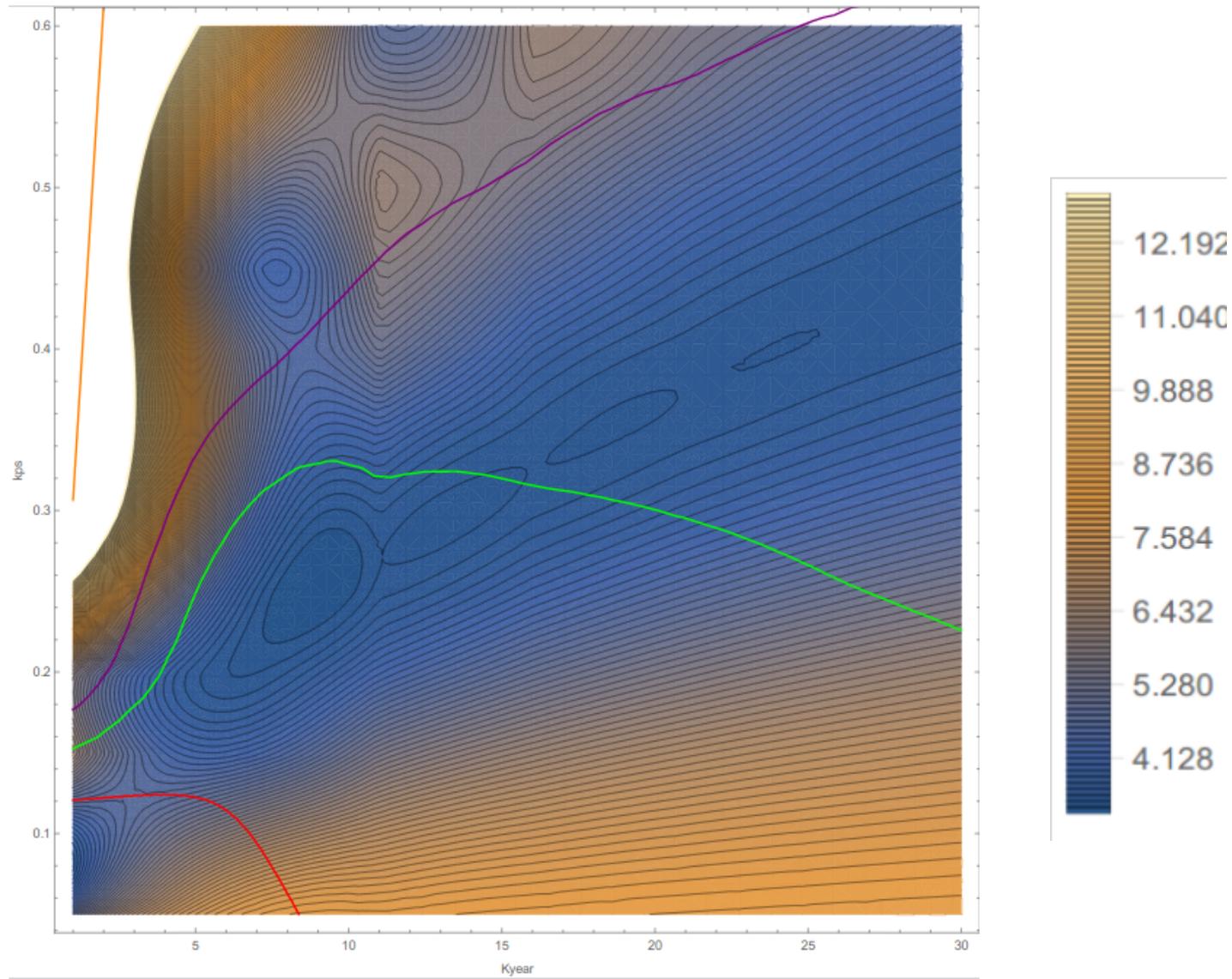
Новые данные -DAMPE



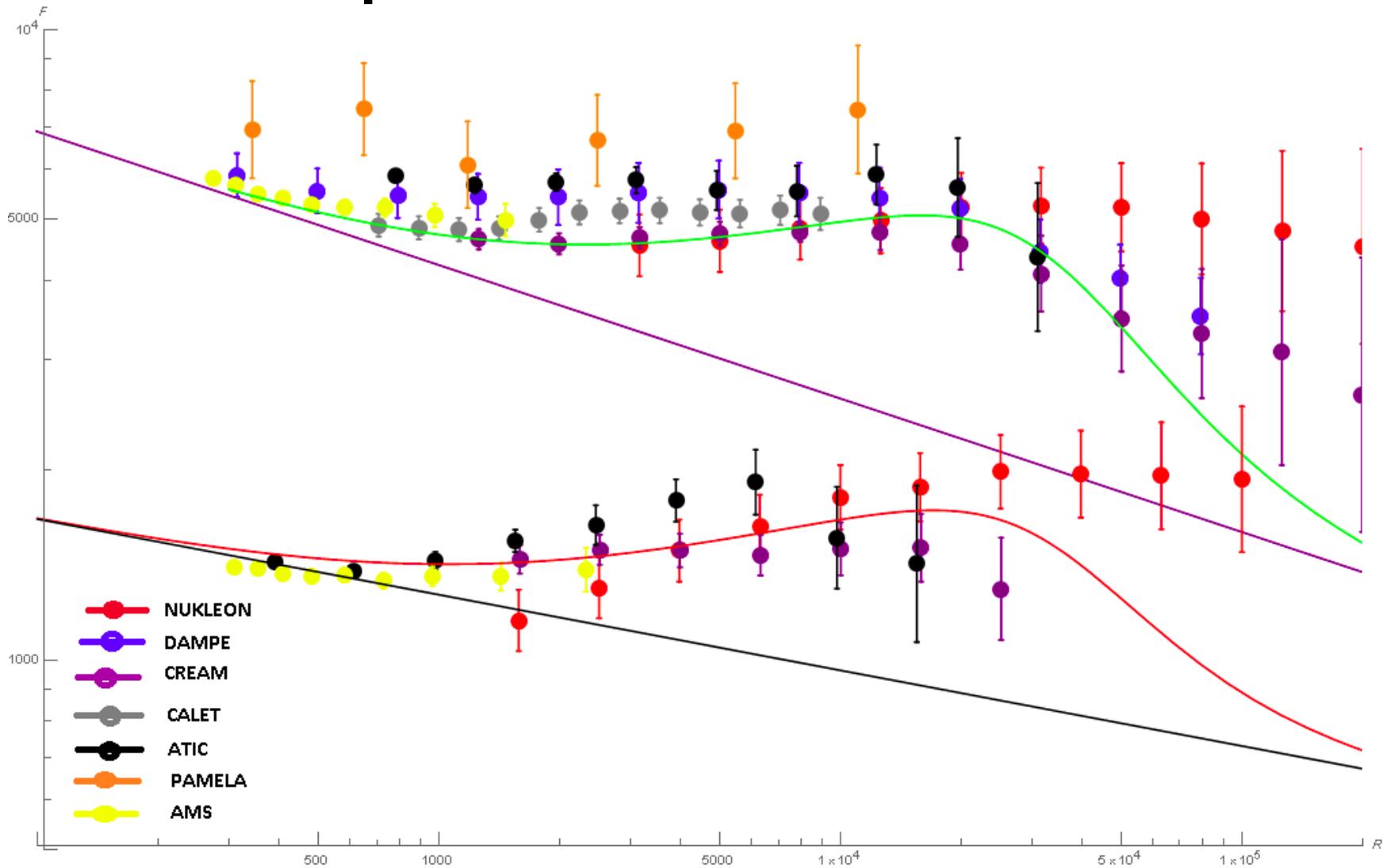
Совокупная аппроксимация всех существующих данных по протонам и гелию



аппроксимация всех существующих данных по протонам и гелию



аппроксимация всех существующих данных по протонам и гелию



Выводы

—

- 1) В измеренных экспериментом Нуклон спектрах наблюдается универсальное колено КЛ $\sim 10\text{ТВ}$
- 2) Для интерпретации этого колена создана математическая модель близкого источника в диффузионном приближении. Показано, что колено может быть интерпретировано в терминах единственного близкого источника. Предложено несколько источников-кандидатов : Vela, Lupus Loop, HB9
- 3) модель расширена на совокупность всех существующих измерений спектров протона и гелия
- 4) в дальнейшем модель будет дополнена экспериментами по измерению спектров металлов и всех частиц с использованием методов штрафных функций

