

ЕЖЕГОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЛОМОНОСОВКИЕ ЧТЕНИЯ»

Влияние Ξ -гиперонов на характеристики нейтронных звезд

Насакин А.И., Михеев С.А., Потокин А.М., Третьякова Т.Ю., Ланской Д.Е.

26 марта 2026 г.
Москва

Взаимодействие Скирма

$$\begin{aligned} V_{YN}(\vec{r}_N, \vec{r}_Y) = & u_0(1 + y_0 P_\sigma) \delta(\vec{r}_Y - \vec{r}_N) + \\ & + \frac{1}{2} u_1 \left[\vec{P}'^2 \delta(\vec{r}_Y - \vec{r}_N) + \delta(\vec{r}_Y - \vec{r}_N) \vec{P}^2 \right] + \\ & + u_2 \vec{P}' \delta(\vec{r}_Y - \vec{r}_N) \vec{P} + \\ & + \frac{3}{8} u_3 (1 + y_3 P_\sigma) \left[n_N \left(\frac{\vec{r}_Y + \vec{r}_N}{2} \right) \right]^\gamma \delta(\vec{r}_Y - \vec{r}_N) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\Lambda\Lambda}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = & \lambda_0 \delta(\vec{r}_1 - \vec{r}_2) + \\ & + \frac{1}{2} \lambda_1 \left[\vec{P}'^2 \delta(\vec{r}_1 - \vec{r}_2) + \delta(\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \vec{P}^2 \right] \end{aligned}$$

Список использованных параметризаций:

NN: KDE0v1, MSL0, NRAPR, Rs, SGI, SGII, Sk273, SkI3, SkMP, SkM*, SkO, SKRA, Skxs20, SLy4, SLy230a, SV-sym32, T1, T3, T4

AN: HPL2, LYI, LYII, LYIII, SKSH2, SLL4, SLL4', YBZ1, YBZ2, YBZ5, YBZ6, YMR

AA: SAA3'

EN: GZSb0, GZSb1, GZSb2, GZSb3, GZSb4, GZSa3, GZSb4

Нейтронные звезды

- Химическое равновесие

$$\begin{cases} \mu_p + \mu_e = \mu_n \\ \mu_e = \mu_\mu \\ \mu_\Lambda = \mu_n \\ \mu_{\Xi^-} + \mu_p = \mu_n \\ \mu_{\Xi^0} = \mu_n \end{cases}$$

- Приливная деформируемость

$$Q_{ij} = -\lambda \varepsilon_{ij}$$

$$\Lambda = \frac{\lambda}{M^5}$$

- Уравнение Толмана-Оппенгеймера-Волкова

$$\frac{dP}{dr} = \frac{G [\rho(r) + P(r)/c^2][m(r) + (4\pi r^3 P(r)/c^2)]}{r^2 [1 - (2Gm(r)/rc^2)]}$$

$$\frac{dm}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r)$$

- GW170817

$$M_{chirp} = 1.186^{+0.001}_{-0.001} \quad M_{chirp} = \frac{(m_1 m_2)^{3/5}}{(m_1 + m_2)^{1/5}}$$

$$\bar{\Lambda} \leq 900 \quad \bar{\Lambda} = \frac{16(m_1 + 12m_2)m_1^4 \Lambda_1 + (m_2 + 12m_1)m_2^4 \Lambda_2}{(m_1 + m_2)^5}$$

$$m_1 = 1.4M_\odot \rightarrow \Lambda = 70 - 580$$

$$R = 10.5 - 13.3 \text{ км}$$

- Наиболее массивные нейтронные звезды

PSR J0740+6620, $M = 2.08 \pm 0.07 M_\odot$
 PSR J0952-0607, $M = 2.35 \pm 0.17 M_\odot$

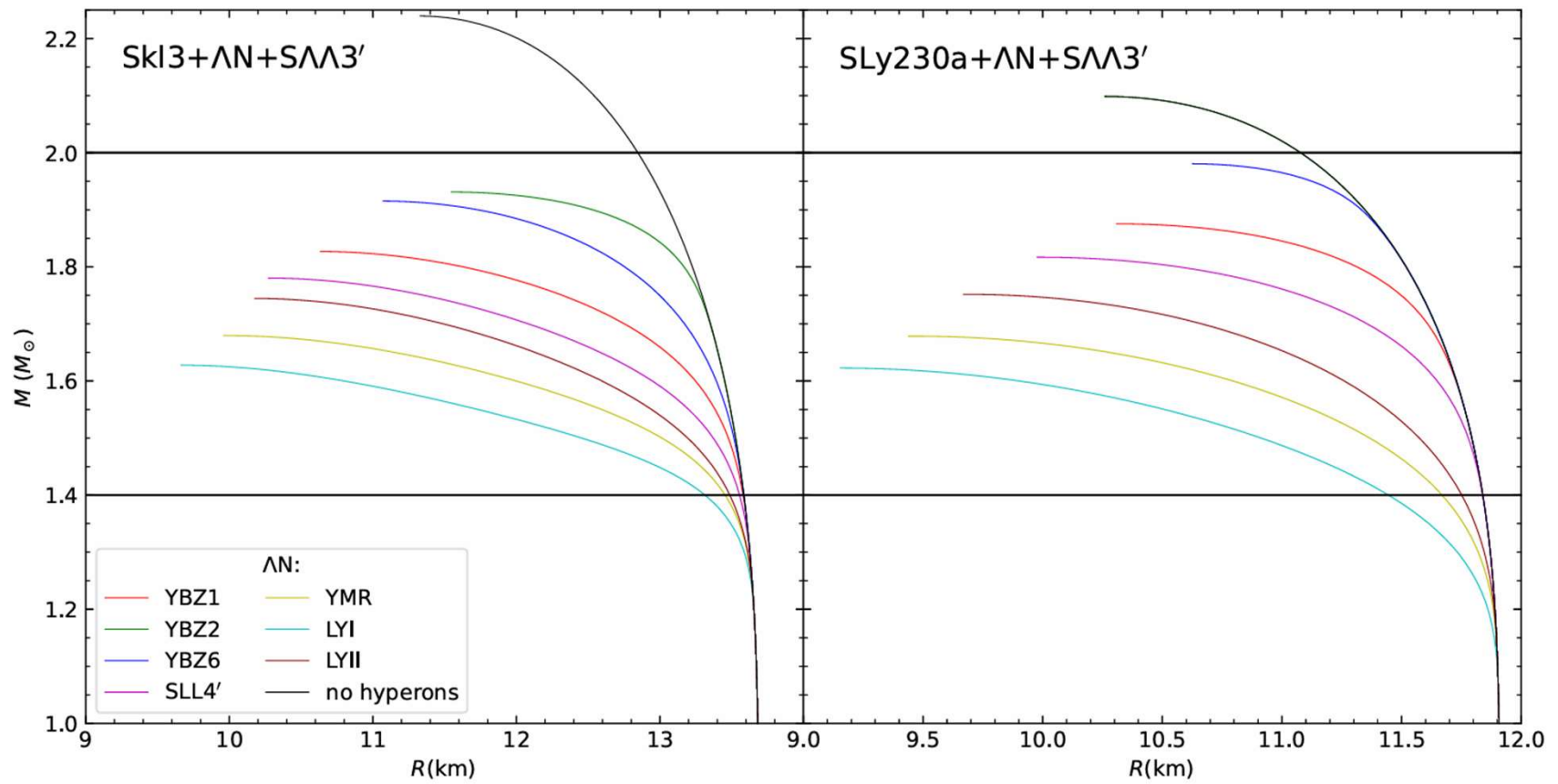
HYPERON PUZZLE!

B. Abbott et al. (LIGO + Virgo), PRL (2017)

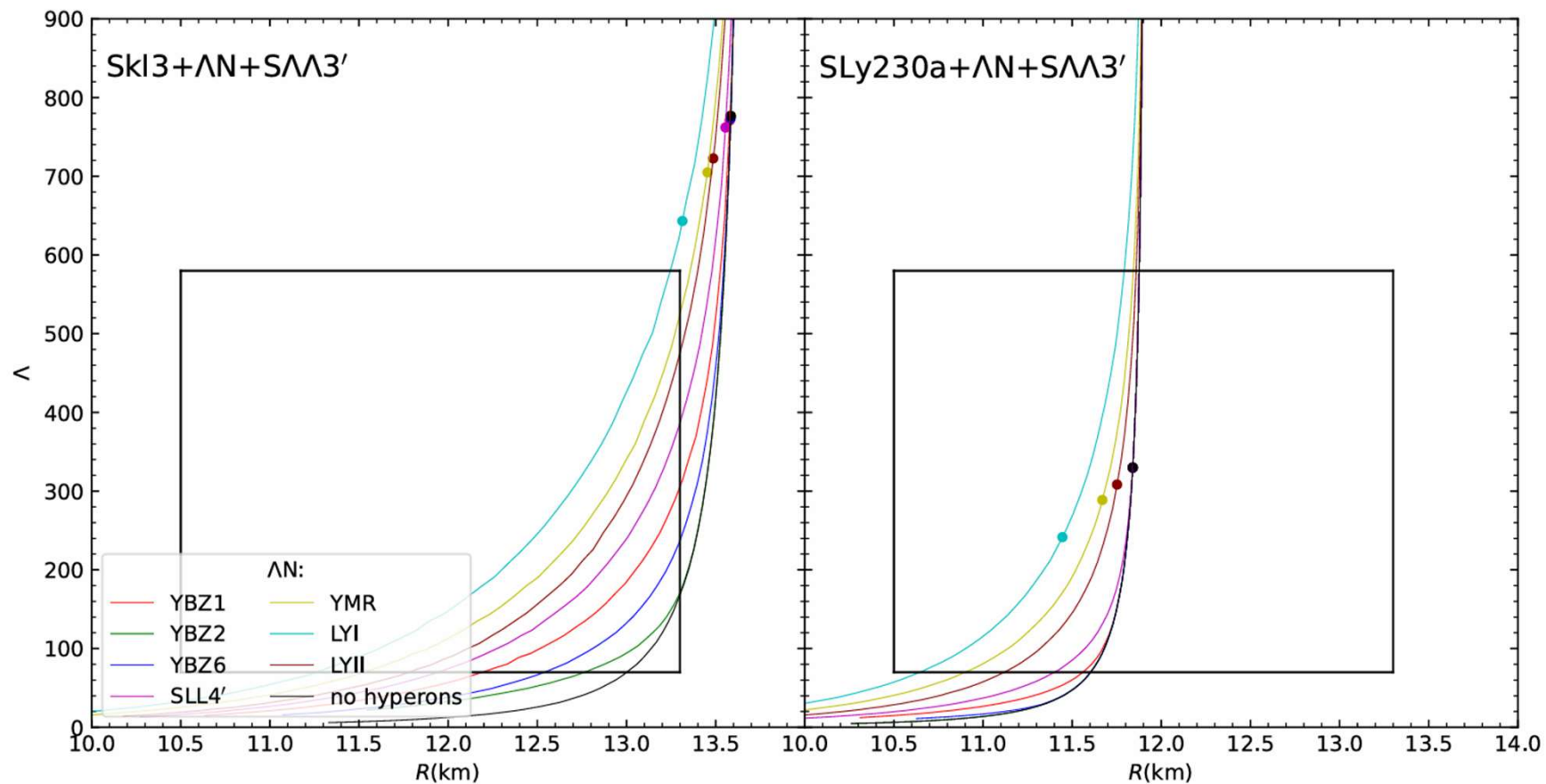
B. Abbott et al. (LIGO + Virgo), PRL (2018)

B. Abbott et al. (LIGO + Virgo), PRX (2019)

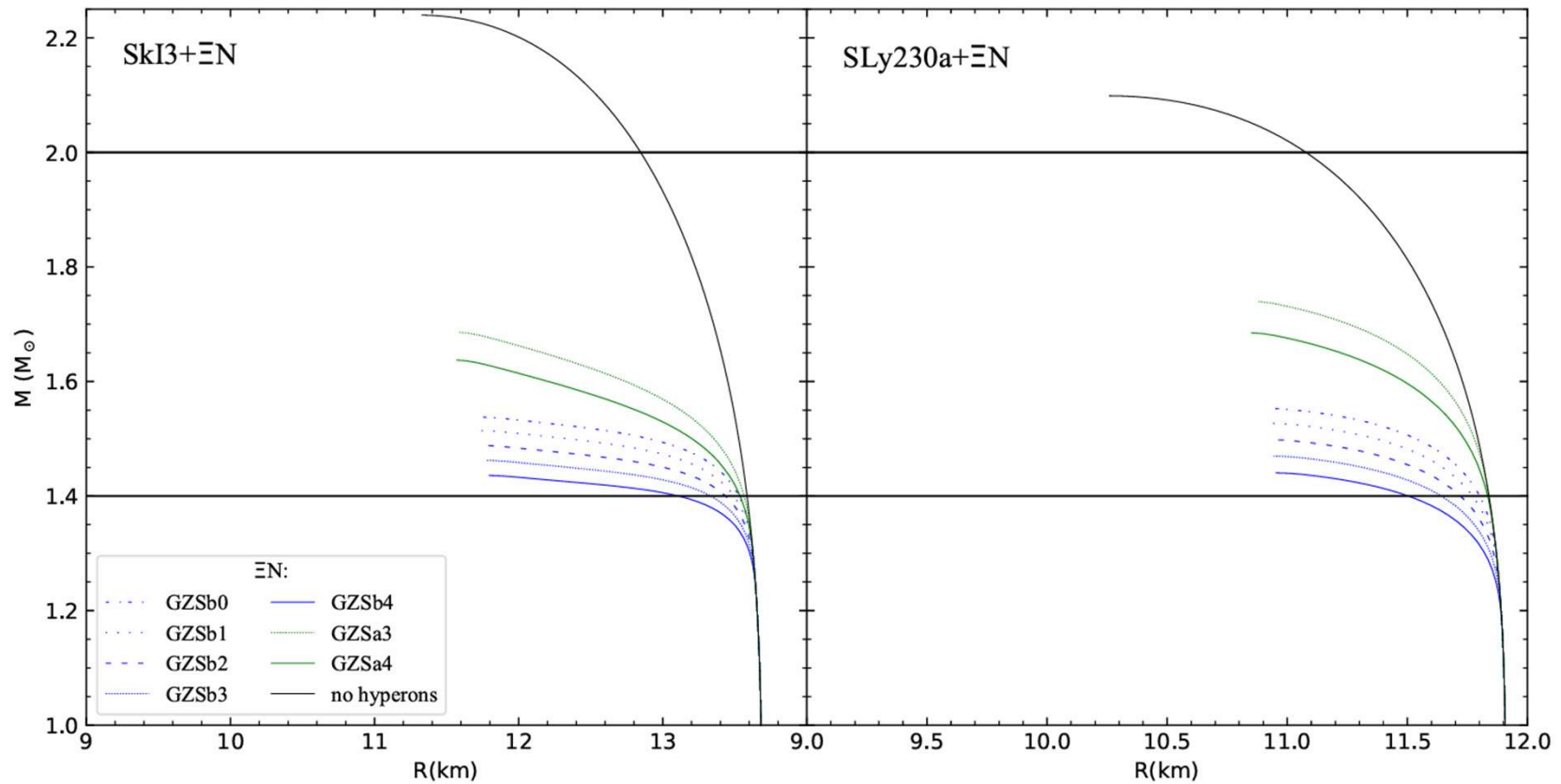
Зависимость массы от радиуса для НЗ в случае материи с Λ - гиперонами



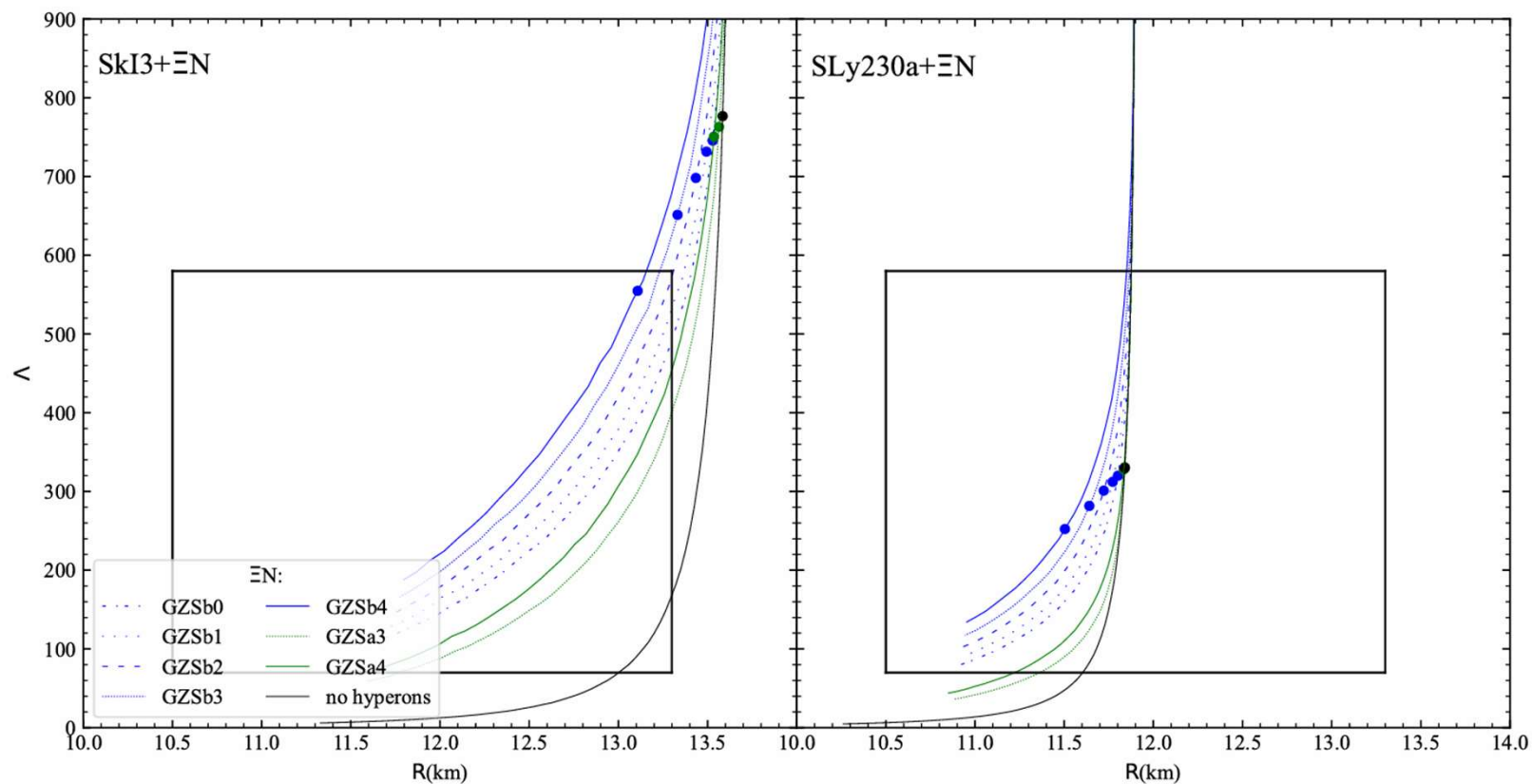
Коэффициент приливной деформируемости H_3 для случая материи с Λ - гиперонами



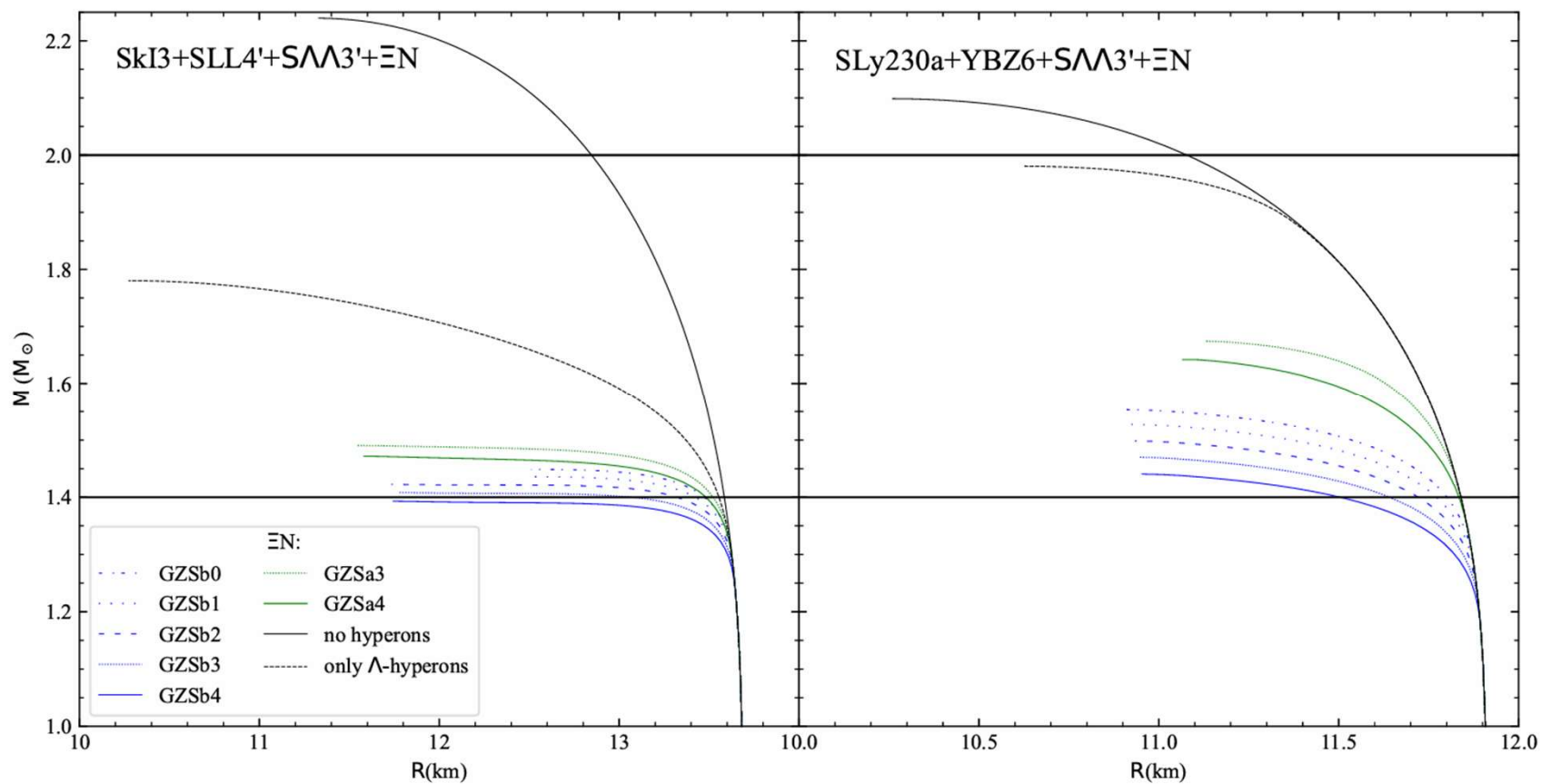
Зависимость массы от радиуса для НЗ в случае материи с Ξ – гиперонами, но без Λ – гиперонов



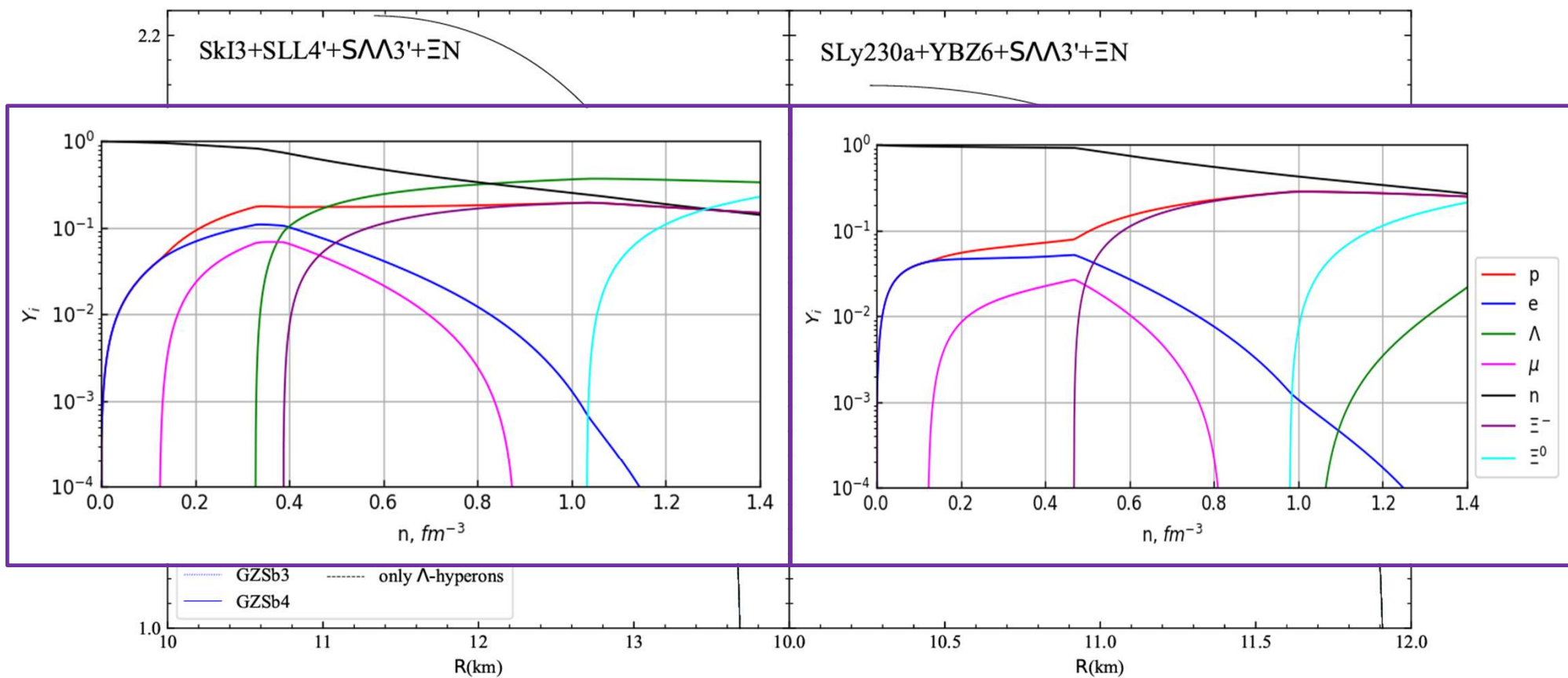
Коэффициент приливной деформируемости λ_3 в случае материи с Ξ – гиперонами, но без Λ -гиперонов



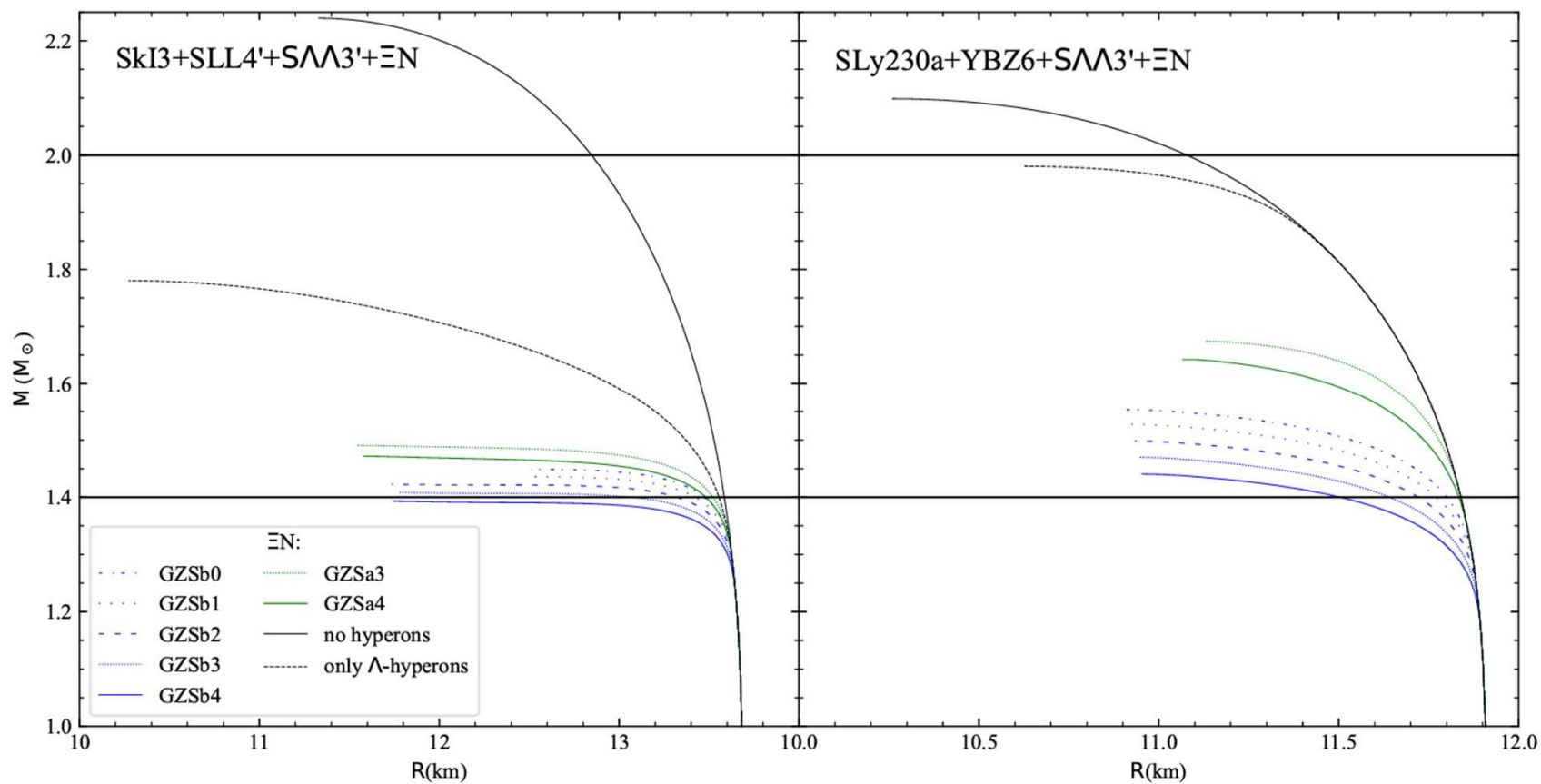
Зависимость массы от радиуса для НЗ в случае материи с Λ – и Ξ – гиперонами



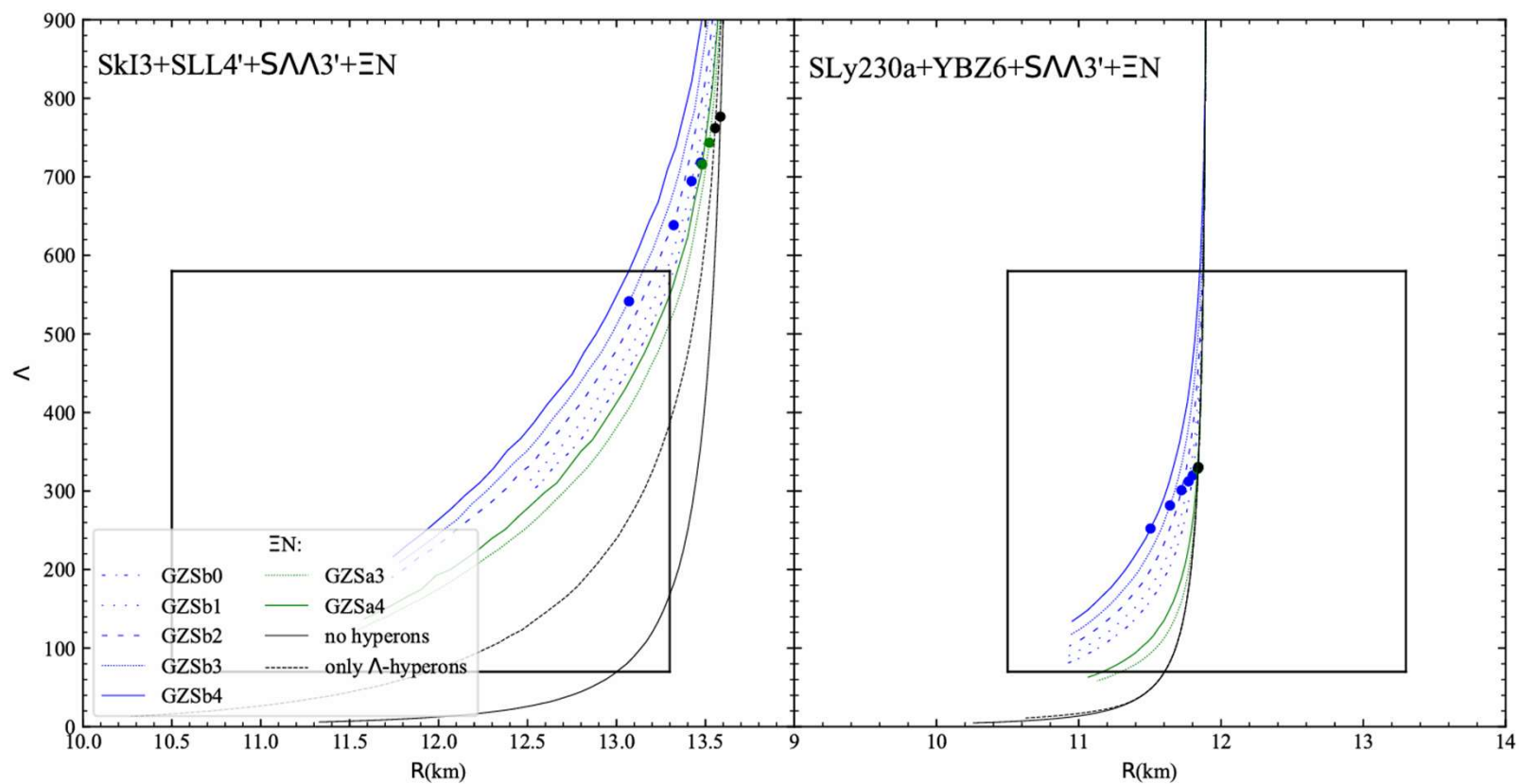
Зависимость массы от радиуса для НЗ в случае материи с Λ – и Ξ – гиперонами



Зависимость массы от радиуса для НЗ в случае материи с Λ – и Ξ – гиперонами

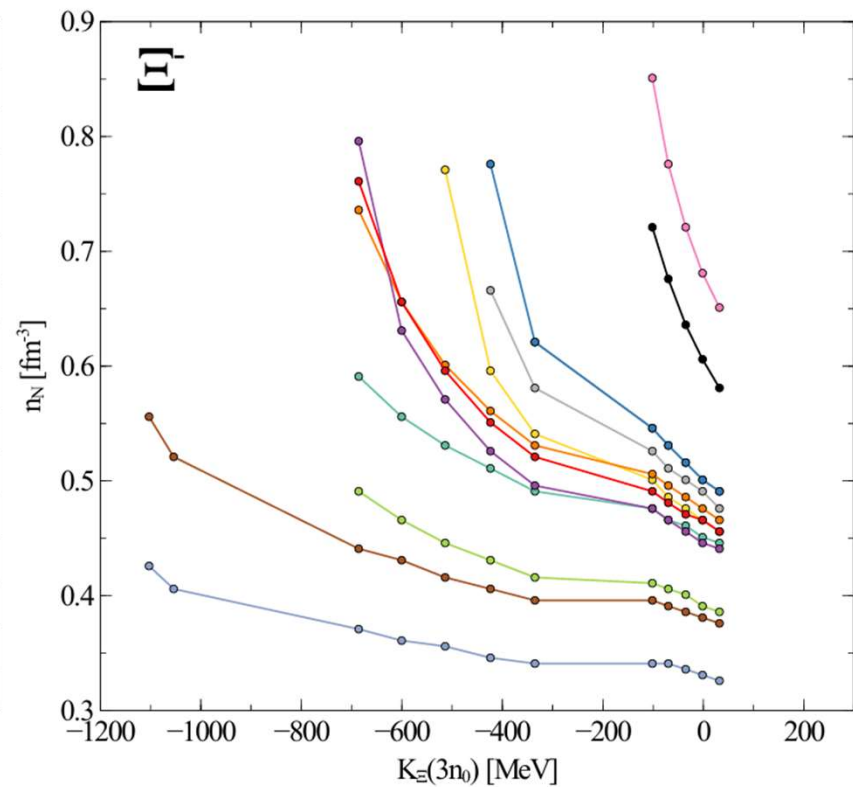
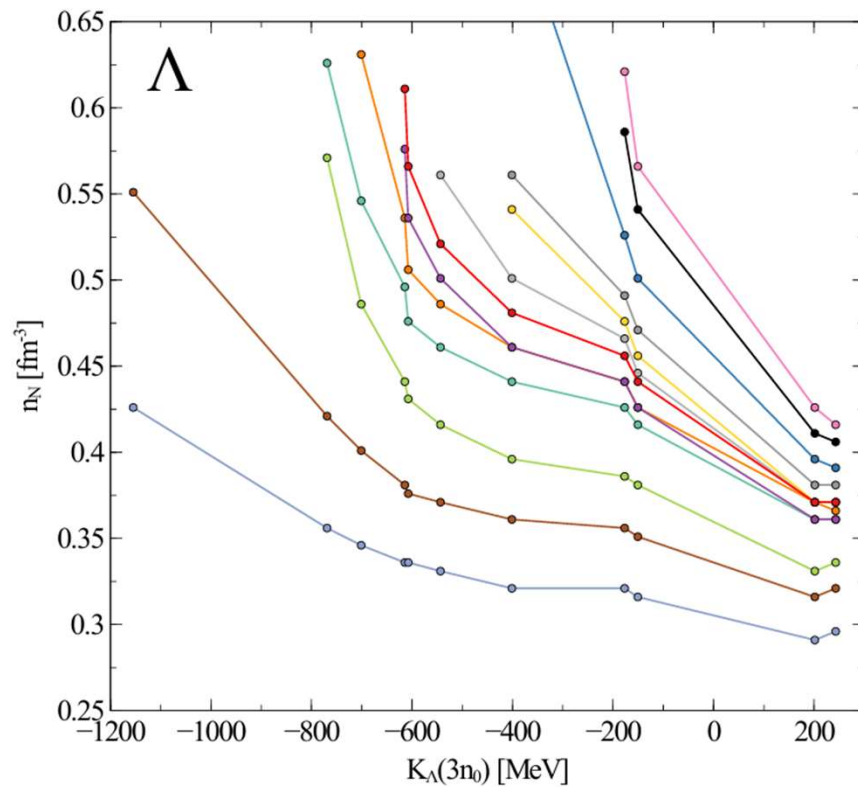


Коэффициент приливной деформируемости H_3 в случае материи с Λ – и Ξ – гиперонами

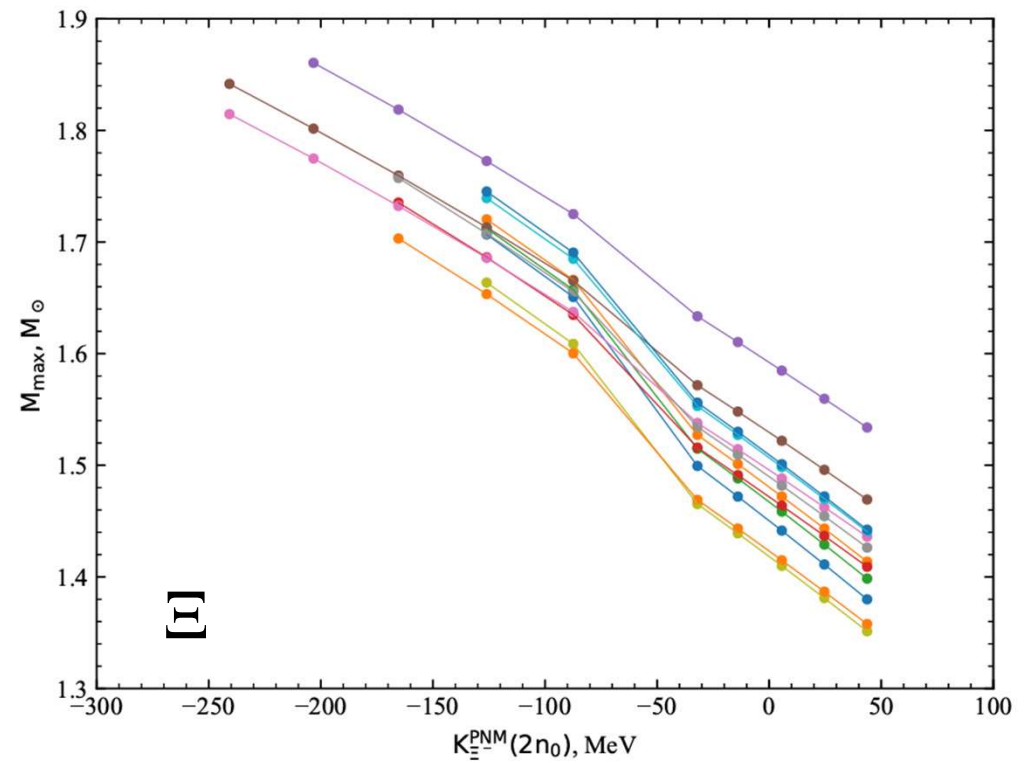
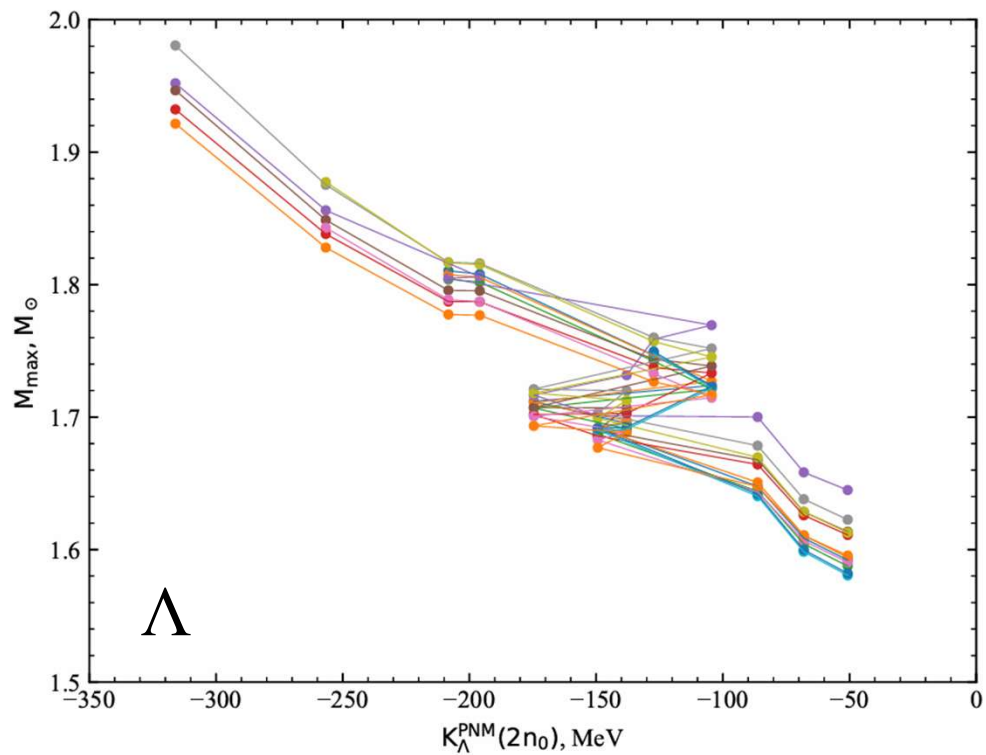


Зависимость точки появления гиперонов от сжимающей способности гиперон-нуклонного взаимодействия

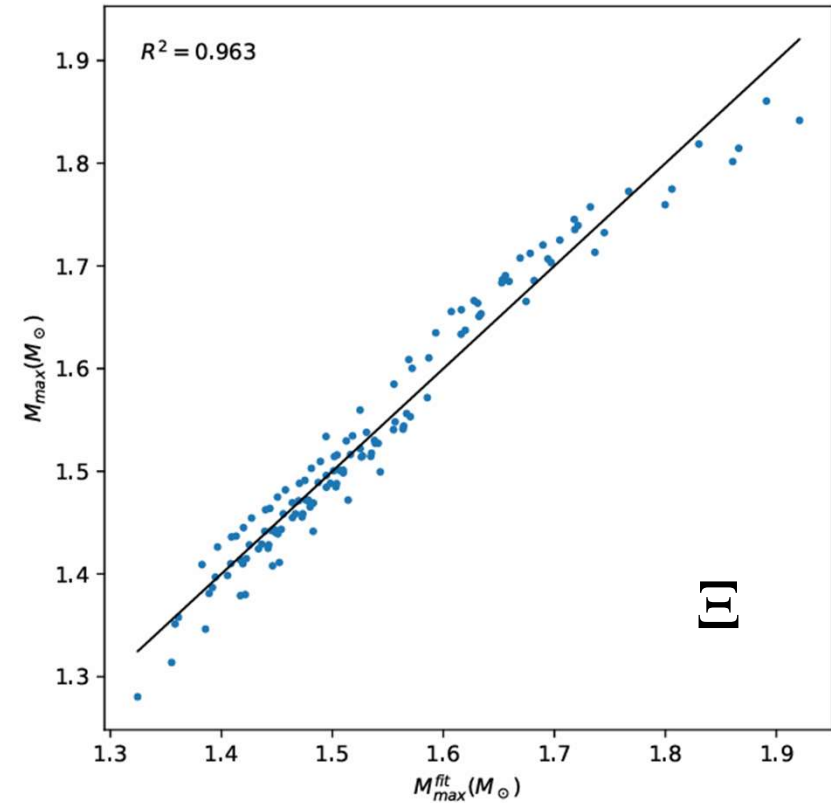
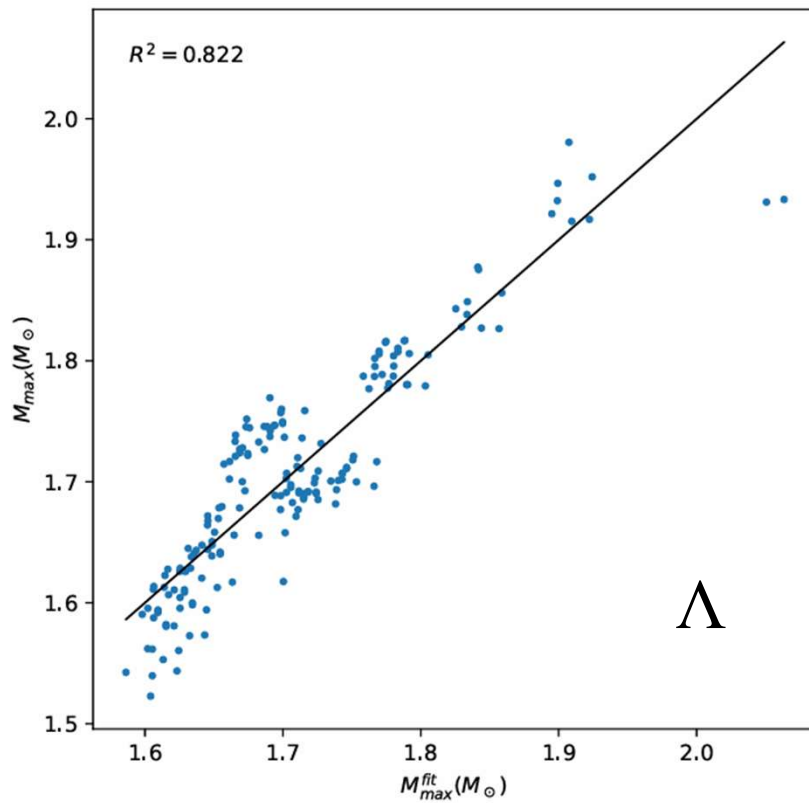
$$K_Y(n_N) = 3n_N \frac{dD_Y}{dn_N}$$



Зависимость максимальной массы НЗ от сжимающей способности гиперон-нуклонного взаимодействия



$$M_{max}^{fit} = aK_{\infty} + bL + cK_Y^{PNM}(2n_0) + d$$



Заключение

- Подавление появления одного типа гиперонов (Λ) не решает *hyperon puzzle*, поскольку возникают другие (Ξ).
- Включение гиперонов (Λ , Ξ) систематически уменьшает приливную деформируемость и радиус нейтронной звезды с массой $1,4M_{\odot}$. Однако этих изменений может быть недостаточно, чтобы привести несостоятельные модели к согласию с ограничениями.
- Мы предлагаем линейную параметризацию для максимальной массы НЗ, выделяя ключевые свойства, оказывающие наибольшее влияние.

Спасибо за внимание