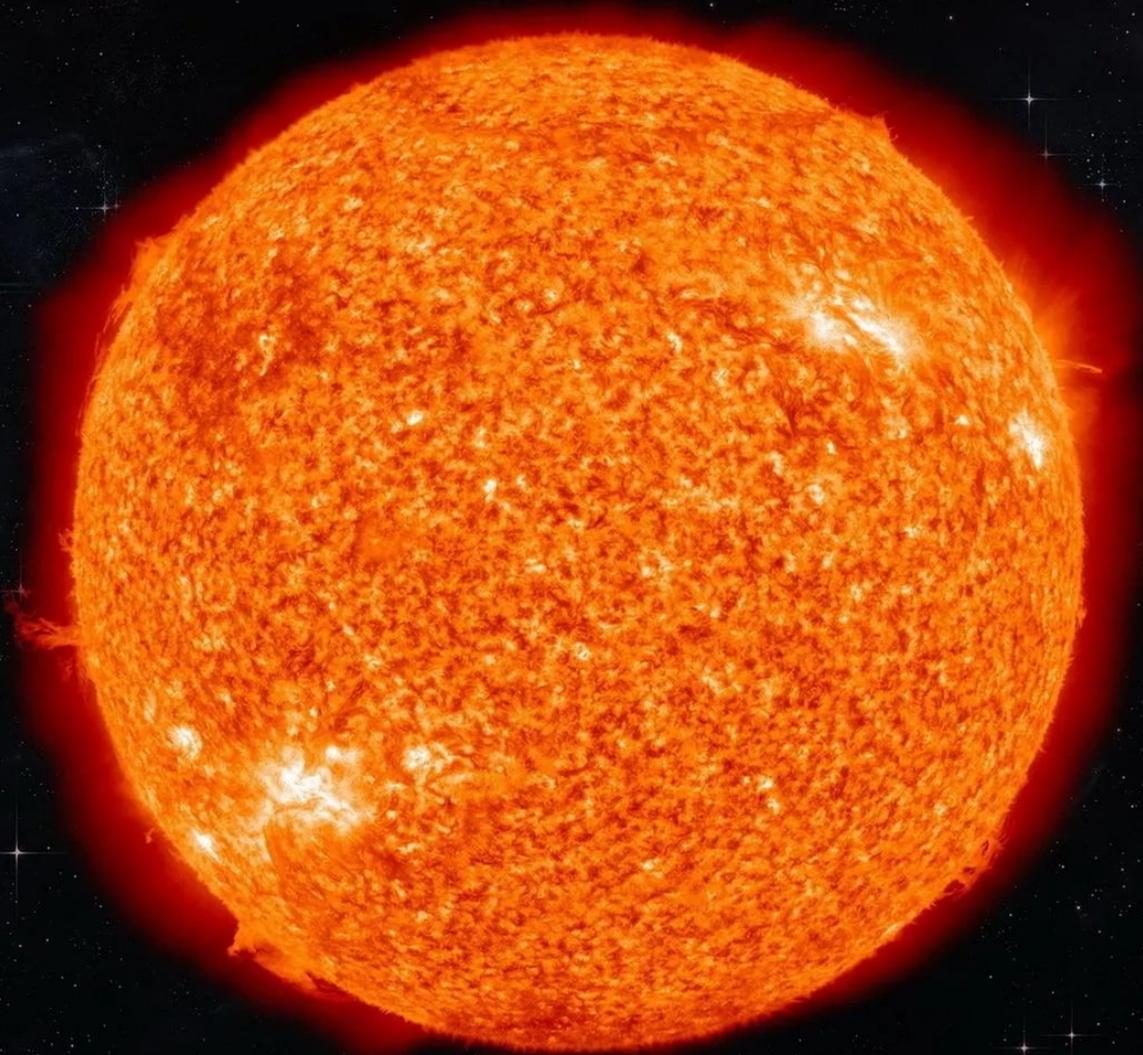


Звездные хромосферы



Хромосфера — слой звездной атмосферы между фотосферой и короной.

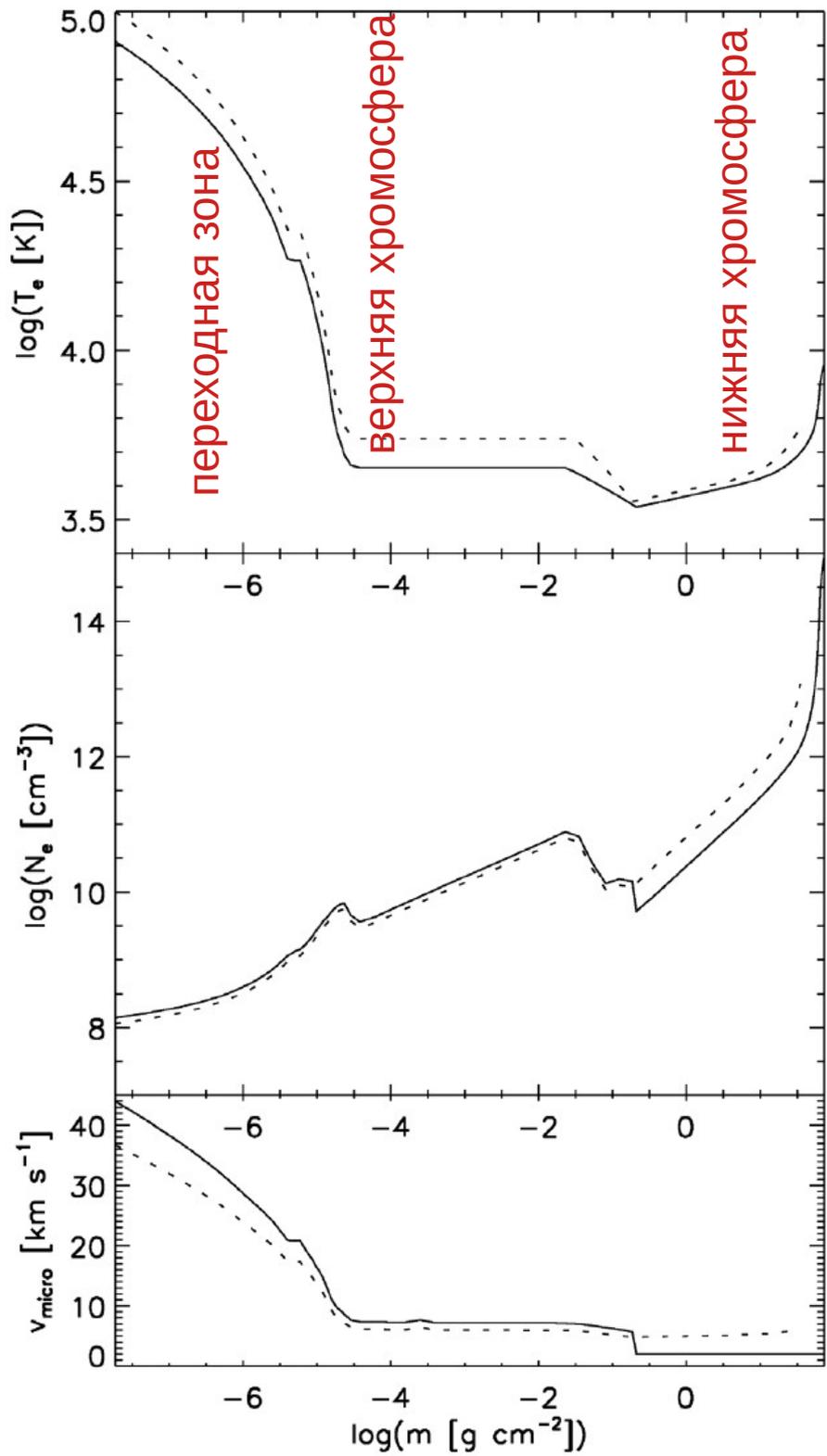
Характеризуется существенным понижением плотности (экспоненциальное падение) и давления вещества по сравнению с фотосферой. Поэтому интенсивность излучения хромосферы крайне слабая, и она бывает видна только во время солнечных затмений или с помощью коронографов или в узких фильтрах.

Цвет хромосферы красный, то есть видны холодные более плотные слои хромосферы.

Хромосфера делится на нижнюю холодную с температурным минимумом, более горячую верхнюю, которая примыкает к переходной зоне (ближе к короне) с резким повышением температуры.

Увеличение турбулентных скоростей с высотой, особенно в переходной зоне. Истечение вещества.

Корона



фотосфера

Оптическая толщина в хромосфере $\log \tau_{\text{ros}} < -6$

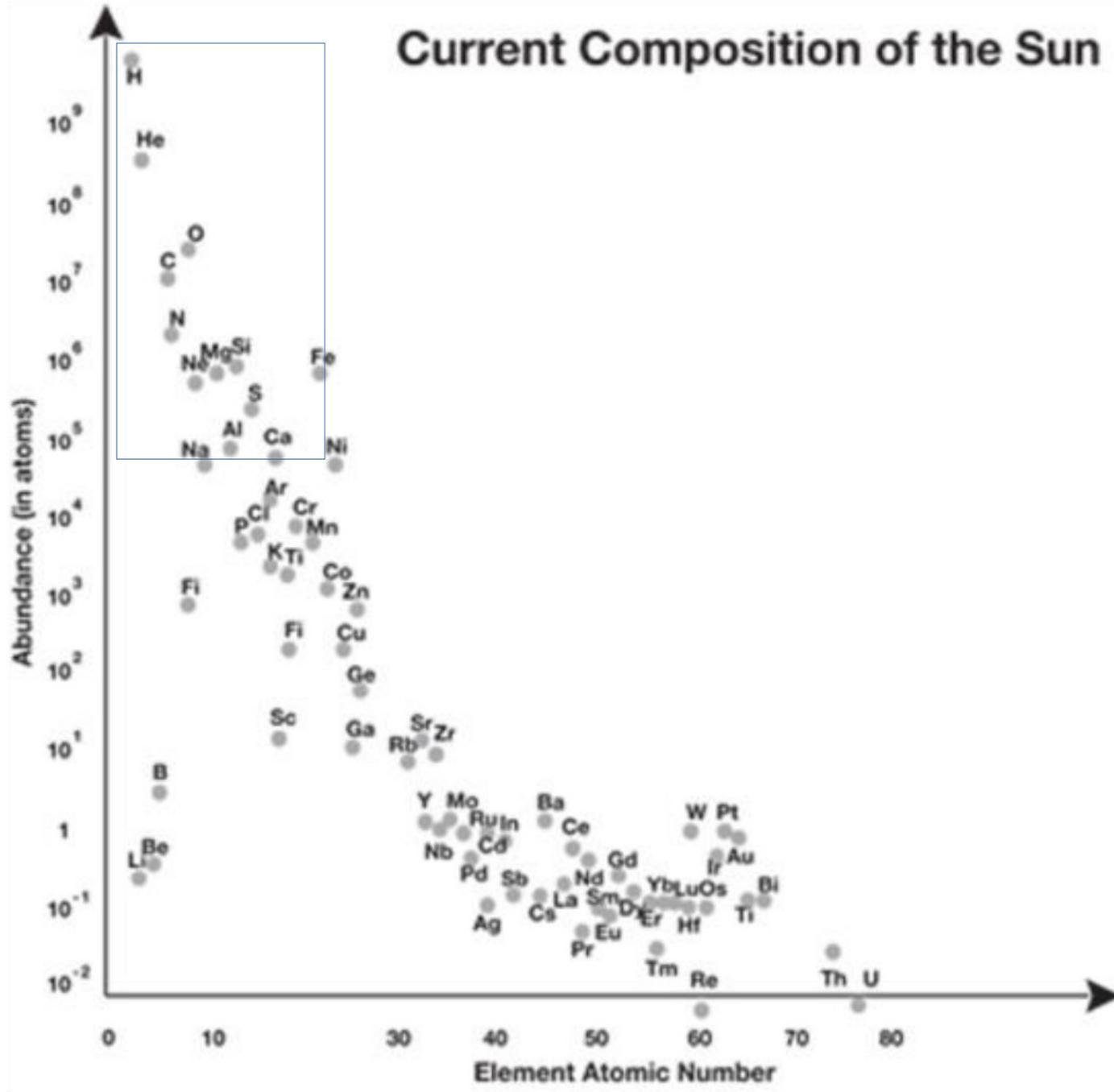
$$I = I_0 e^{-\tau}$$

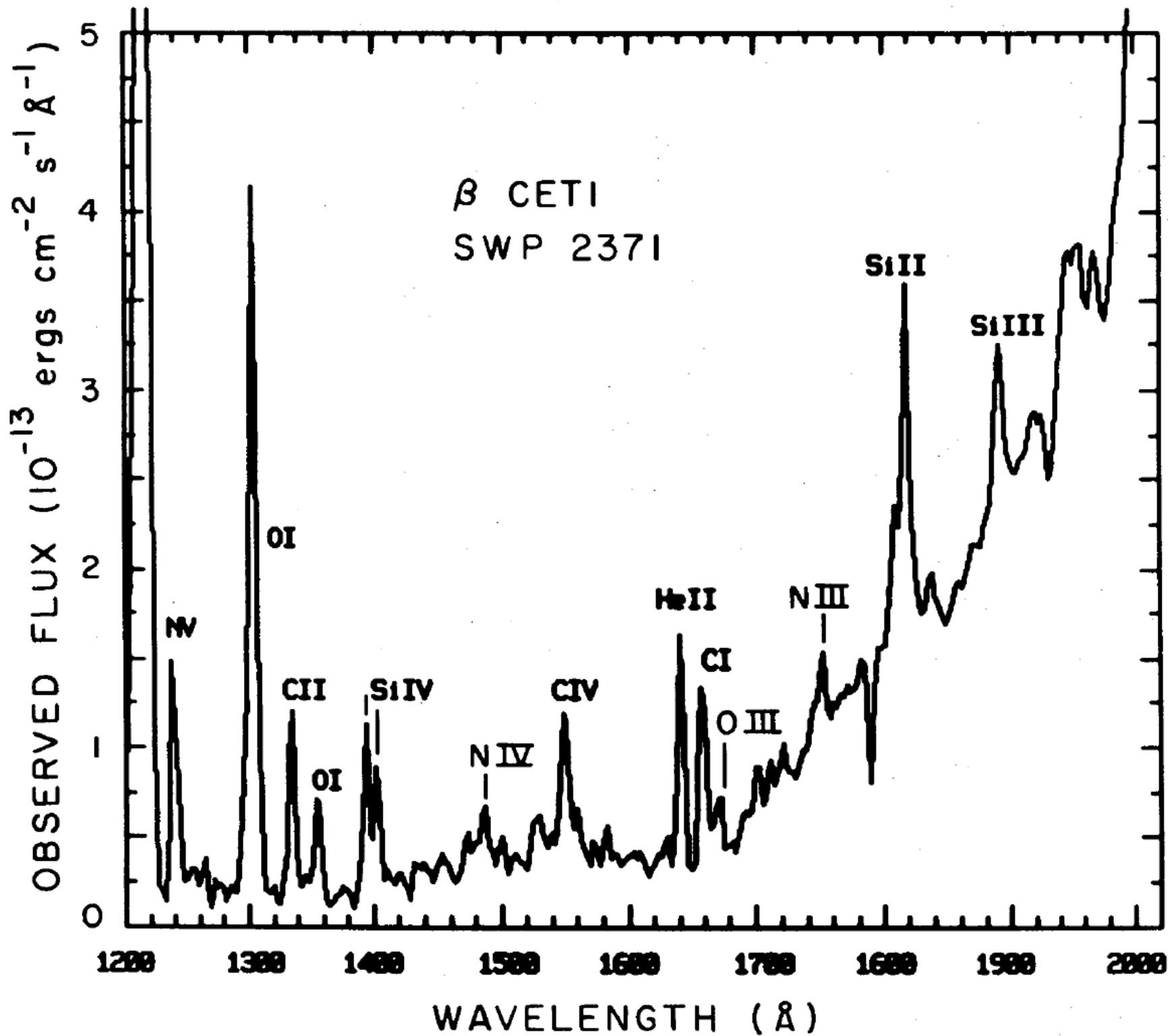
$$\frac{I}{I_0} \approx 1 - \tau > 1 - 10^{-6} = 0.999999$$

Поглощение почти отсутствует, за исключением резонансных и сильных линий элементов с большим содержанием (H, He, ...)

Поэтому в спектре хромосферы доминируют линии излучения (b-b переходы) элементов с относительно большим содержанием (H, He, C, N, O, Si, Mg, ...), большинство из которых расположено в ультрафиолетовом диапазоне.

Current Composition of the Sun





Коэффициент излучения, профиль излучения ψ_ν

$$\eta_\nu^{spont} = n_j A_{ji} \psi_\nu h\nu_{ij} / 4\pi \quad \text{Излучение при спонтанных переходах –}$$

изотропное,

$$\eta_\nu^{stim} = n_j B_{ji} I_\nu \psi_\nu h\nu_{ij} / 4\pi \quad \text{при вынужденных имеет угловое}$$

распределение I_ν

$$\frac{A_{ji}}{B_{ji}} = \frac{2h\nu_{ij}^3}{c^2} \quad f_{ij} = \frac{mc^3}{8\pi^2 e^2} \frac{A_{ji}}{\nu_{ij}^2} \frac{g_j}{g_i}$$

$$\eta_\nu^{spont} \sim n_j A_{ji} \nu_{ij} \sim n_j f_{ij} \nu^3$$

$$\eta_\nu^{stim} \sim n_j A_{ji} I_\nu \nu_{ij}^{-2} \sim n_j f_{ij} I_\nu$$

То есть интенсивность излучения зависит от концентрации электронов на верхнем уровне

$$\frac{n_j}{n(\text{ion})} \sim T$$

Из уравнения Больцмана

$$\frac{n(\text{ion})}{N(\text{elem})} \sim T, P, N_{e^-}$$

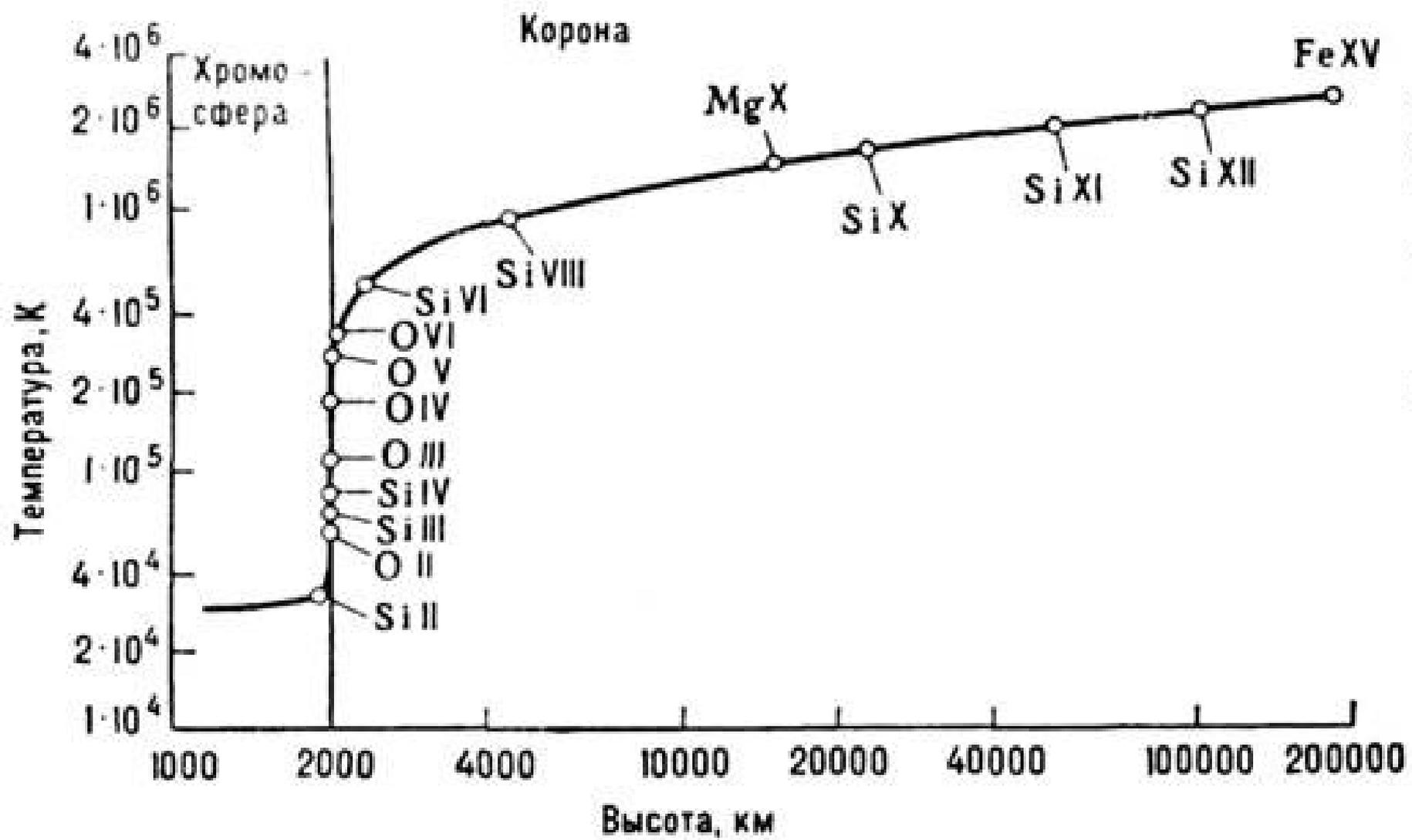
Из уравнения Саха

Интенсивность, а также поток в линии определяется распределением величин:

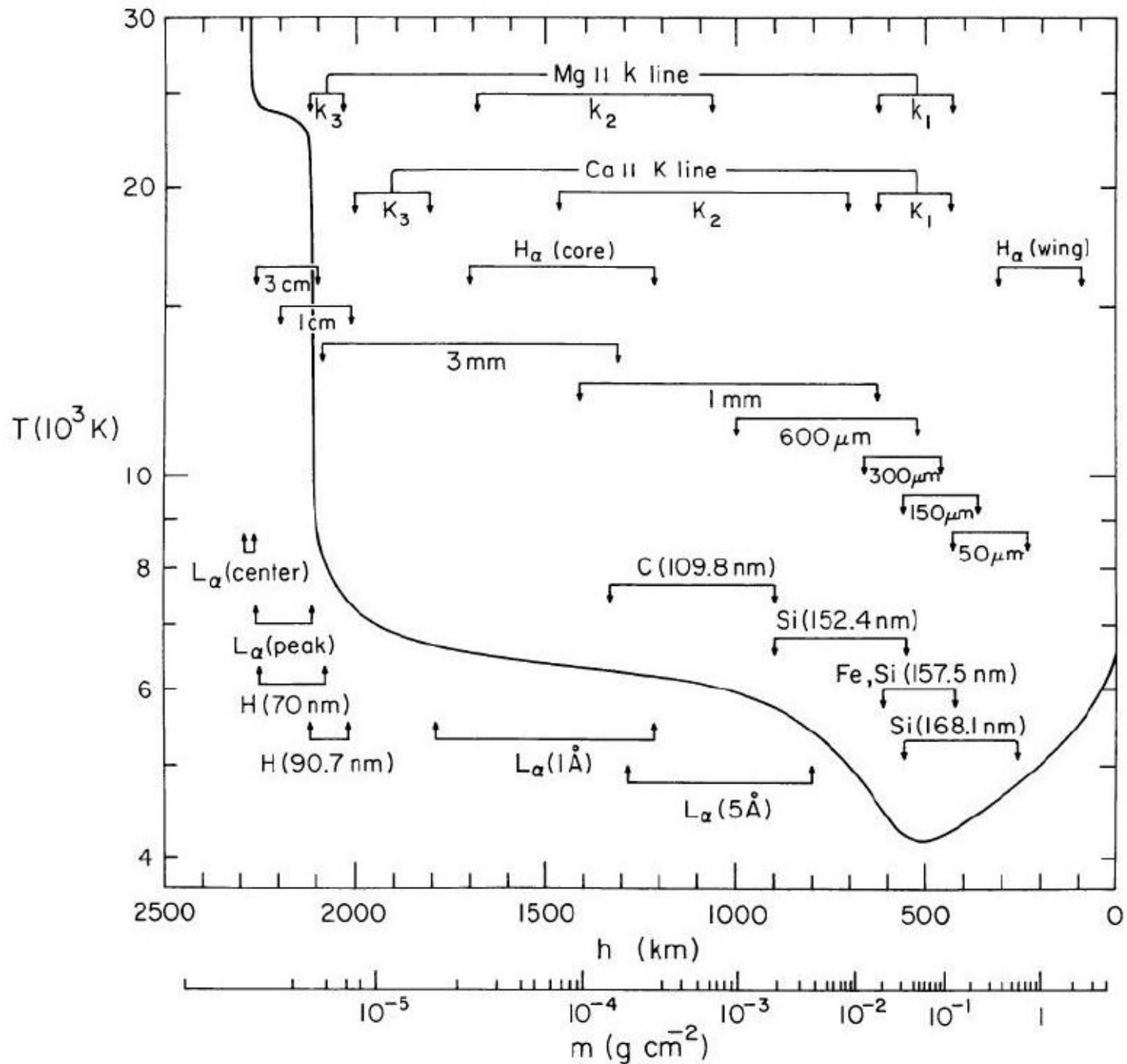
$$I \sim N(\text{elem}), T, P(\text{or } N), N_{e^-}$$

Но поскольку эти величины сильно изменяются в хромосфере, то область формирования линий излучения может быть сильно ограниченной, и первом приближении можно говорить о локальных величинах T, P, N_e

Проблема: нам плохо известны распределения T, P, N_e в звездных хромосферах, поскольку сильное влияние оказывают гидродинамические явления



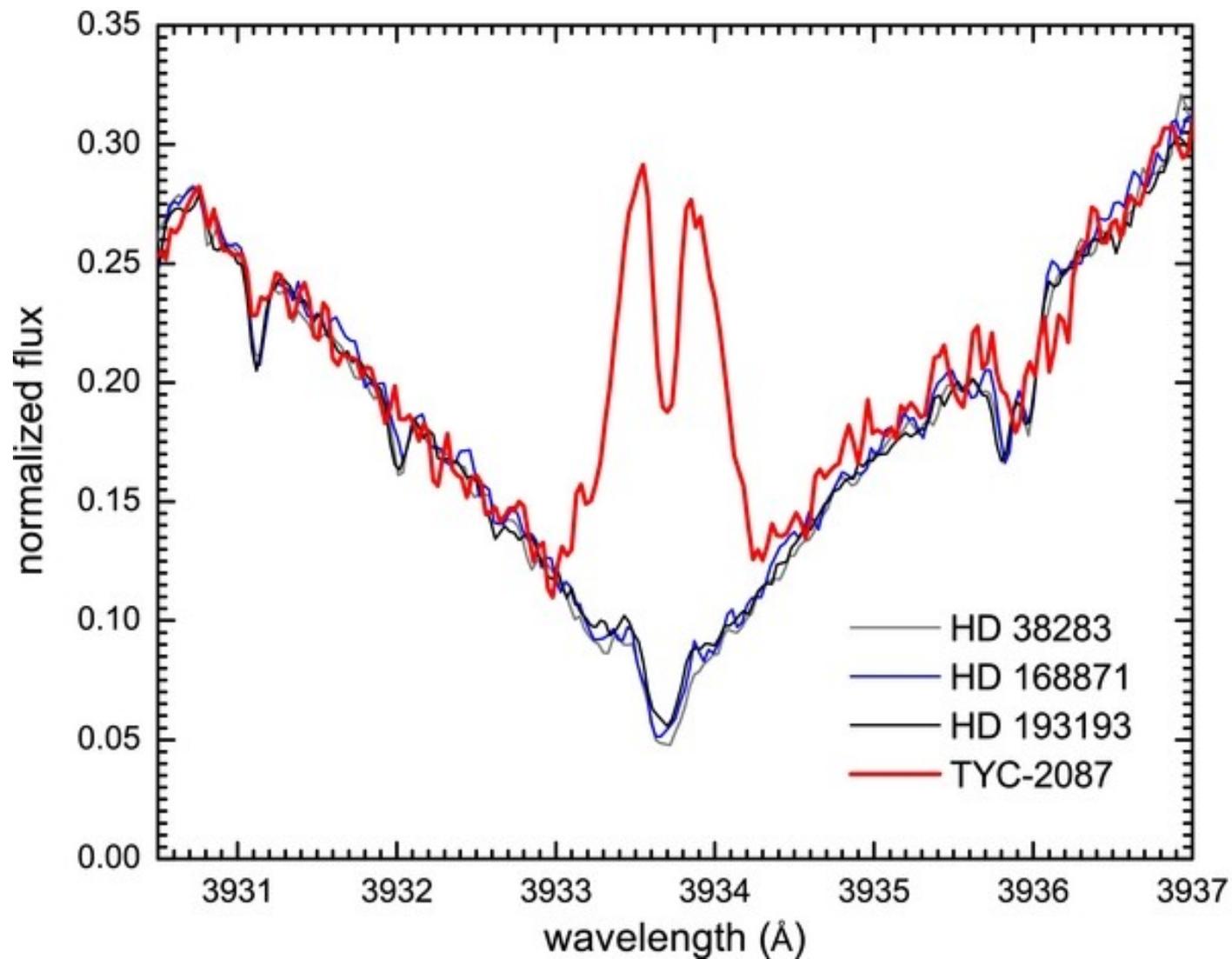
Поток в Н и К Са II, отн.ед.



Vernazza J.E., Avrett E.H., and Loeser R. The Solar Chromosphere. III. Models of the EUV Brightness Components of the Quiet Sun. The Astrophysical Journal Supplement Series, 45:635-725, 1981 April.

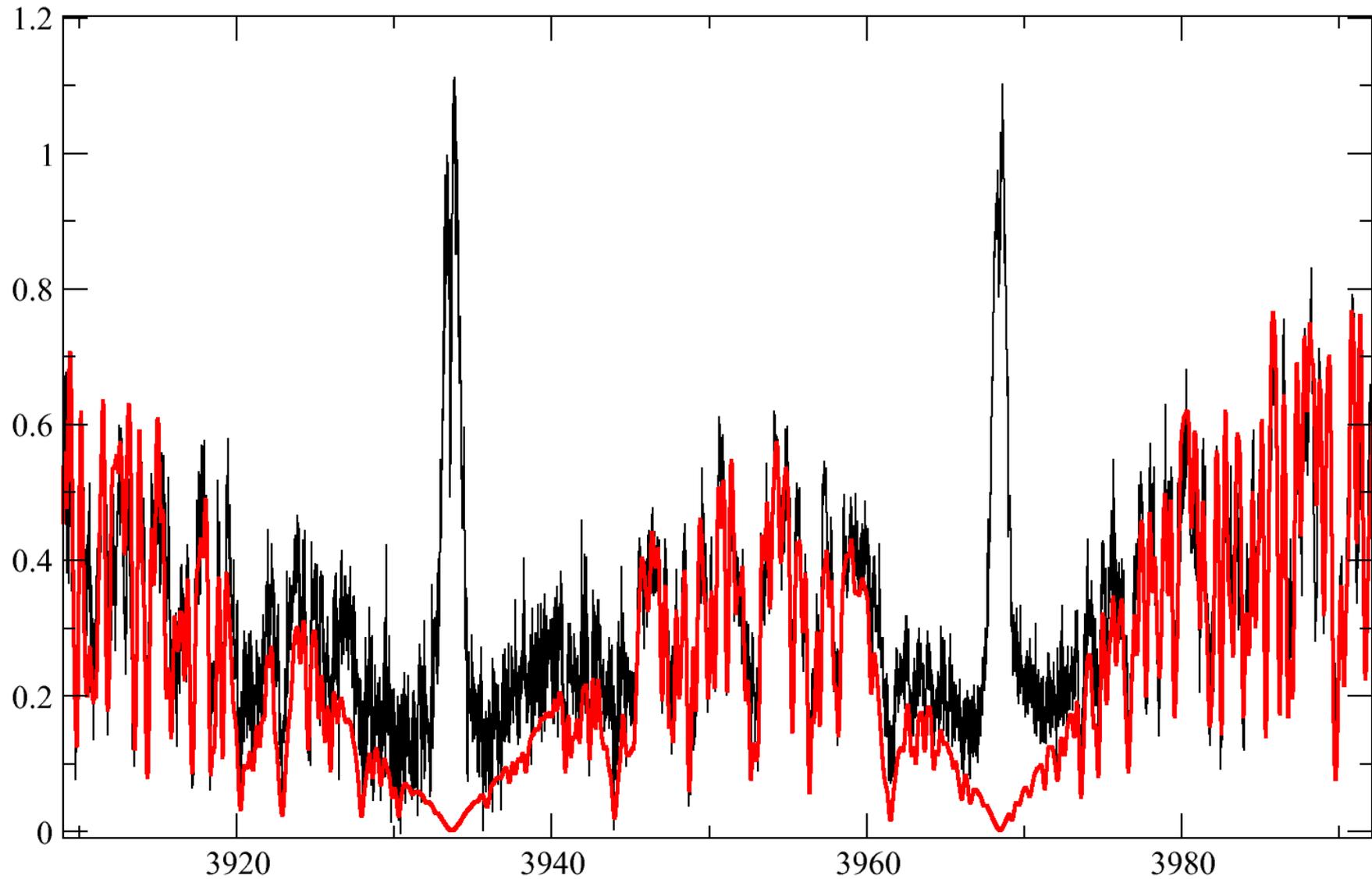
Самые встречающиеся индикаторы звездных хромосфер

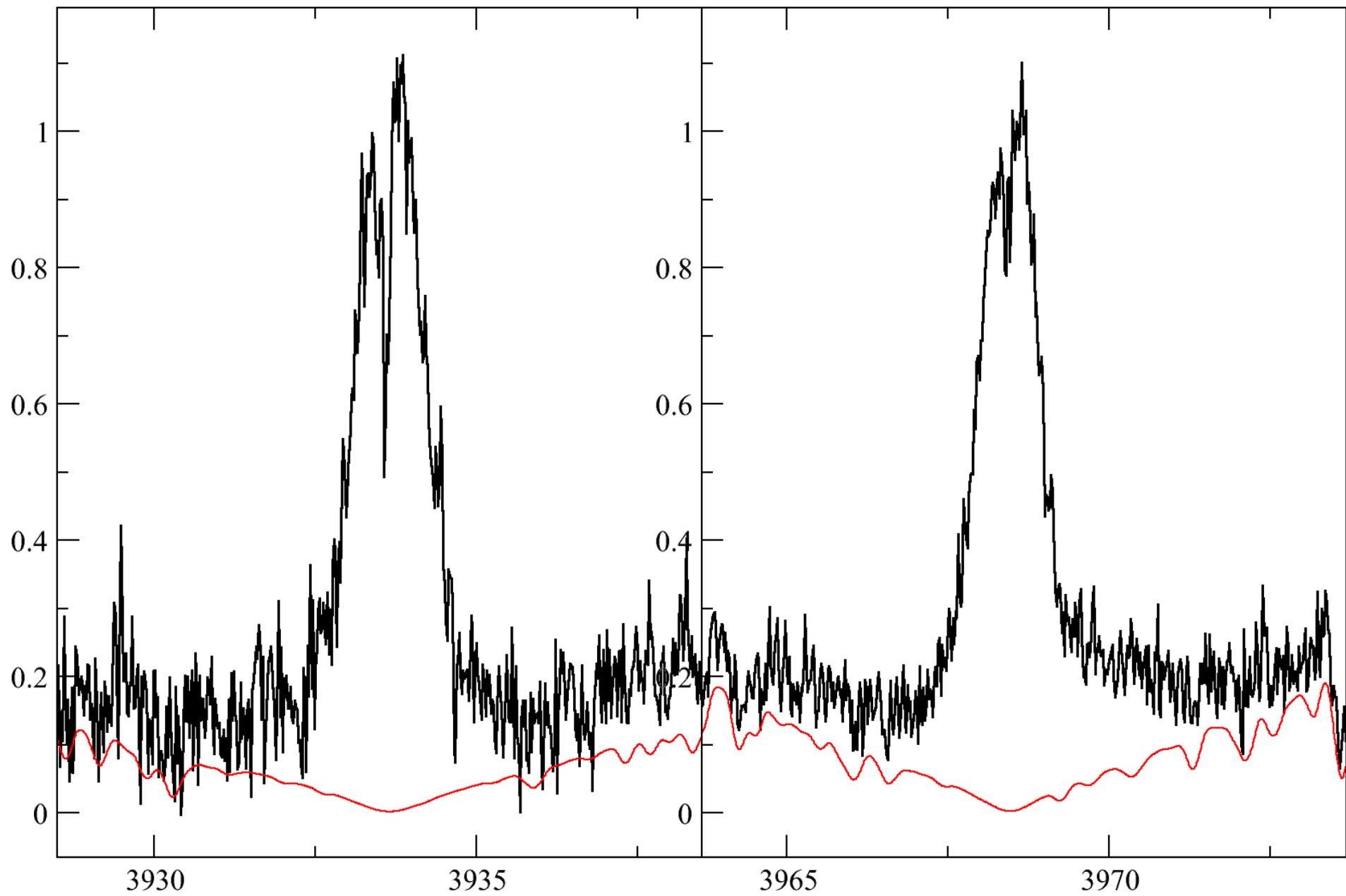
Эмиссионные ядра линий H и K CaII



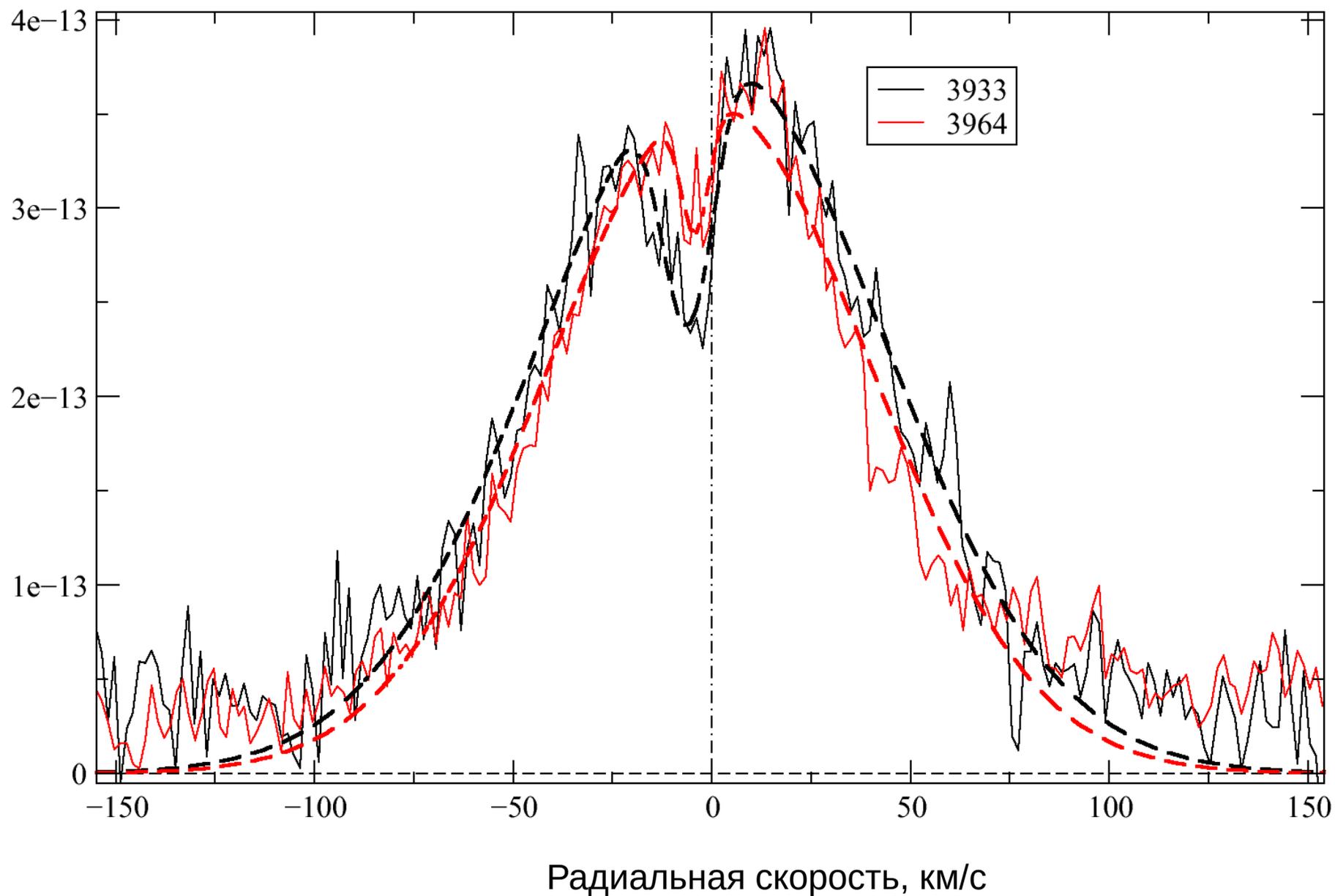
Самые встречающиеся индикаторы звездных хромосфер

Эмиссионные ядра линий H и K CaII



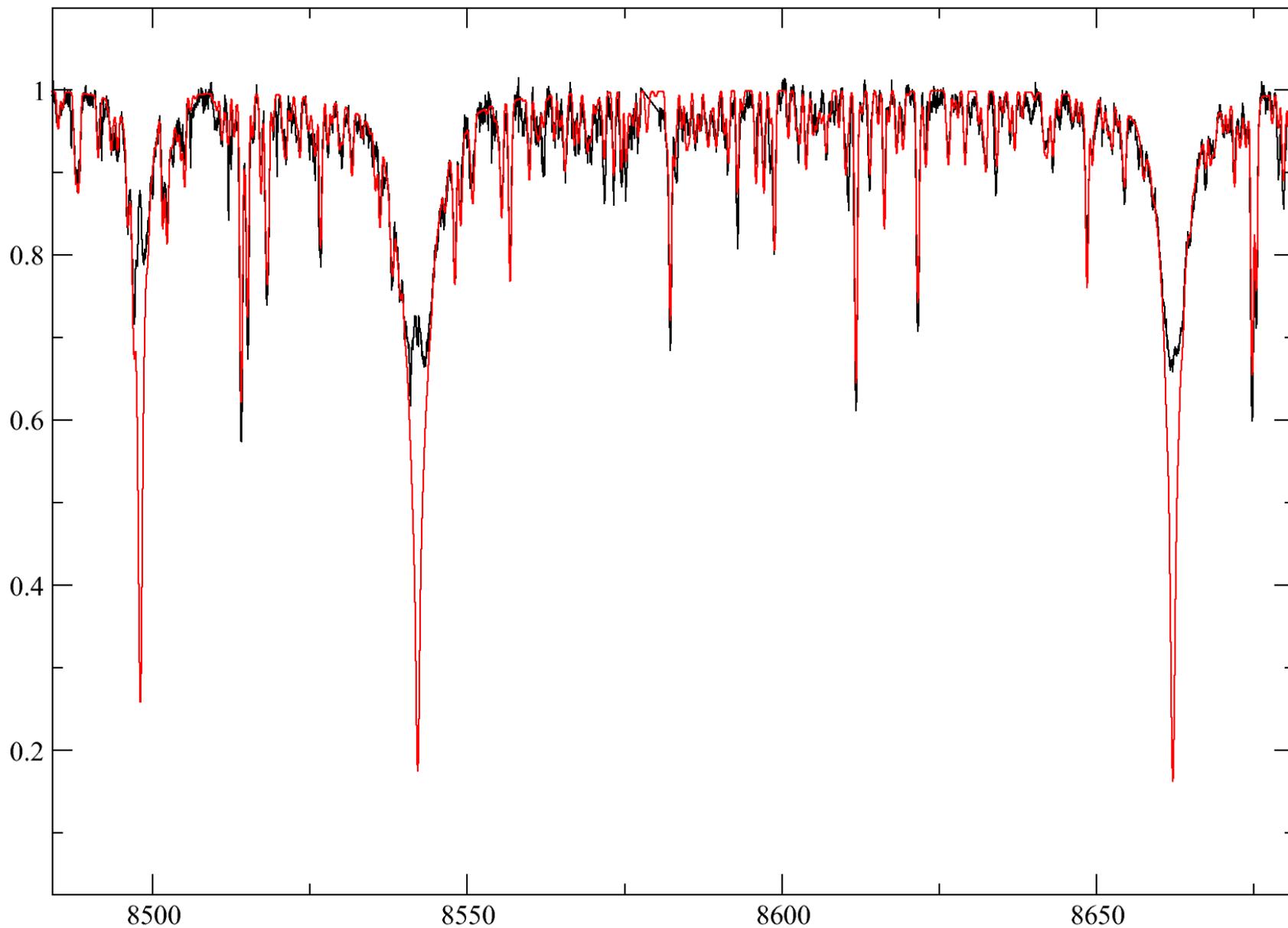


Профили линий НК CaII в шкале скоростей с вычтенным звездным спектром

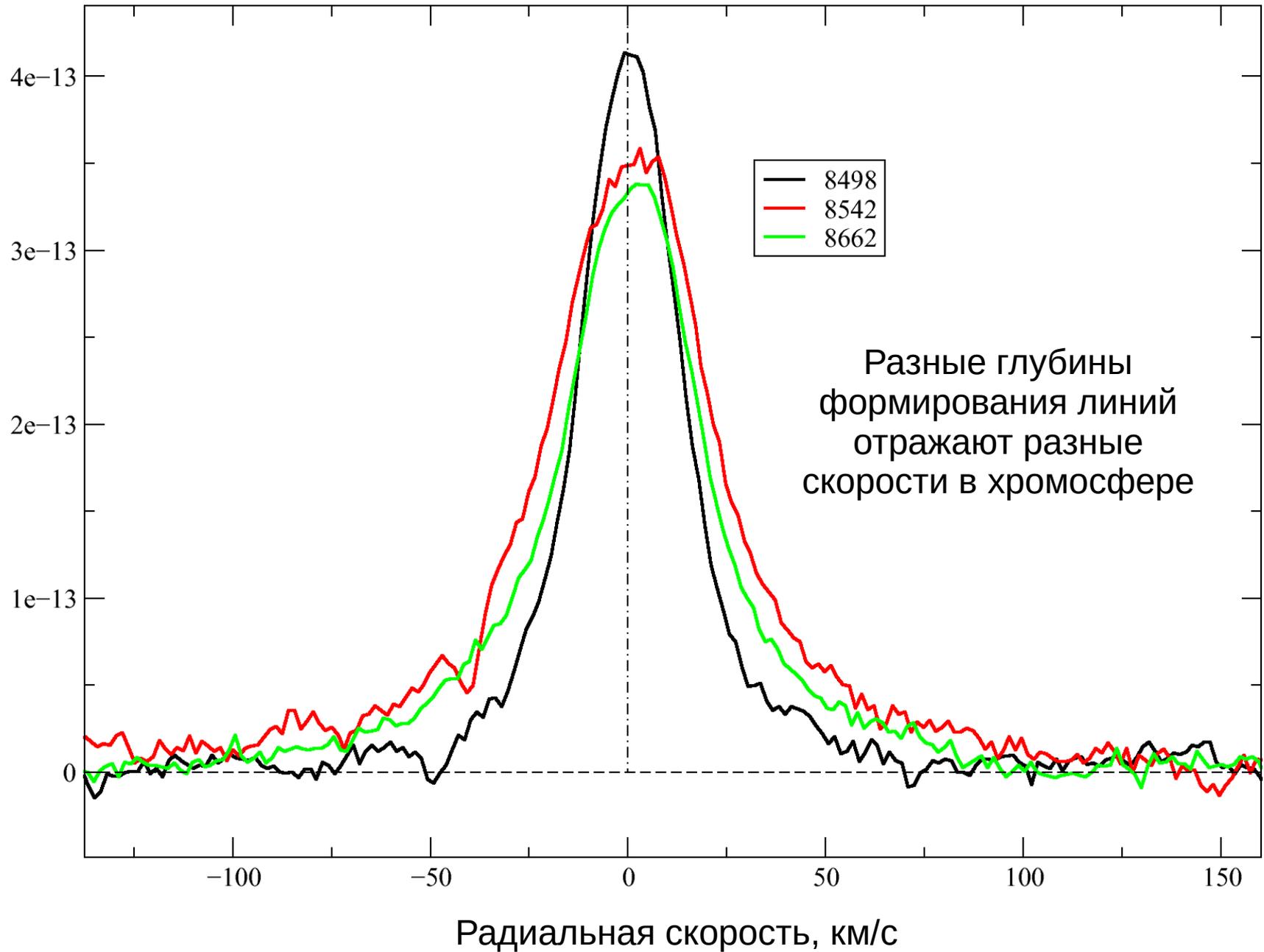


Самые встречающиеся индикаторы звездных хромосфер

Присутствие эмиссии в ядрах инфракрасных линий CaII

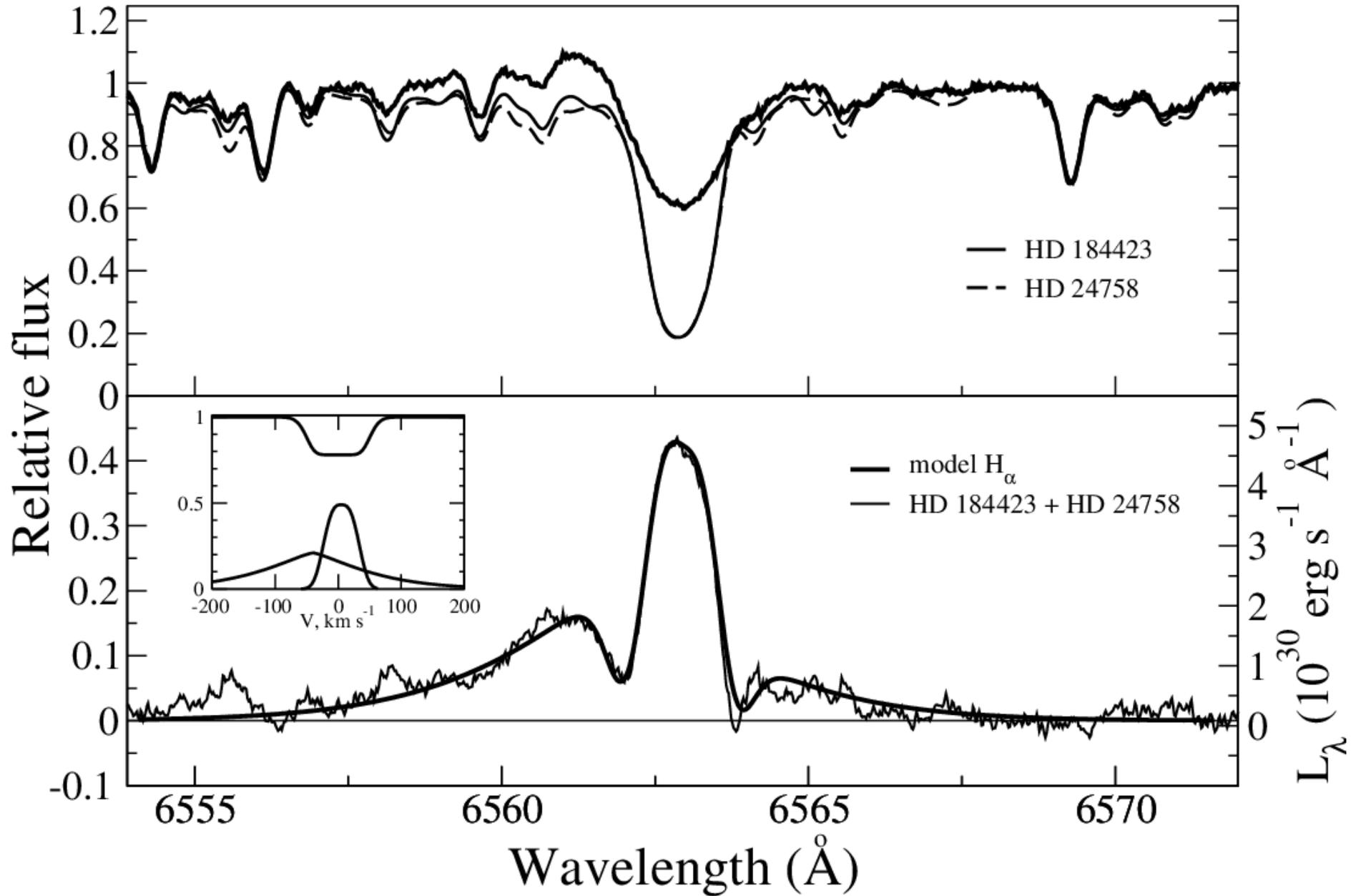


Профили линий CaII в шкале скоростей с вычтенным звездным спектром



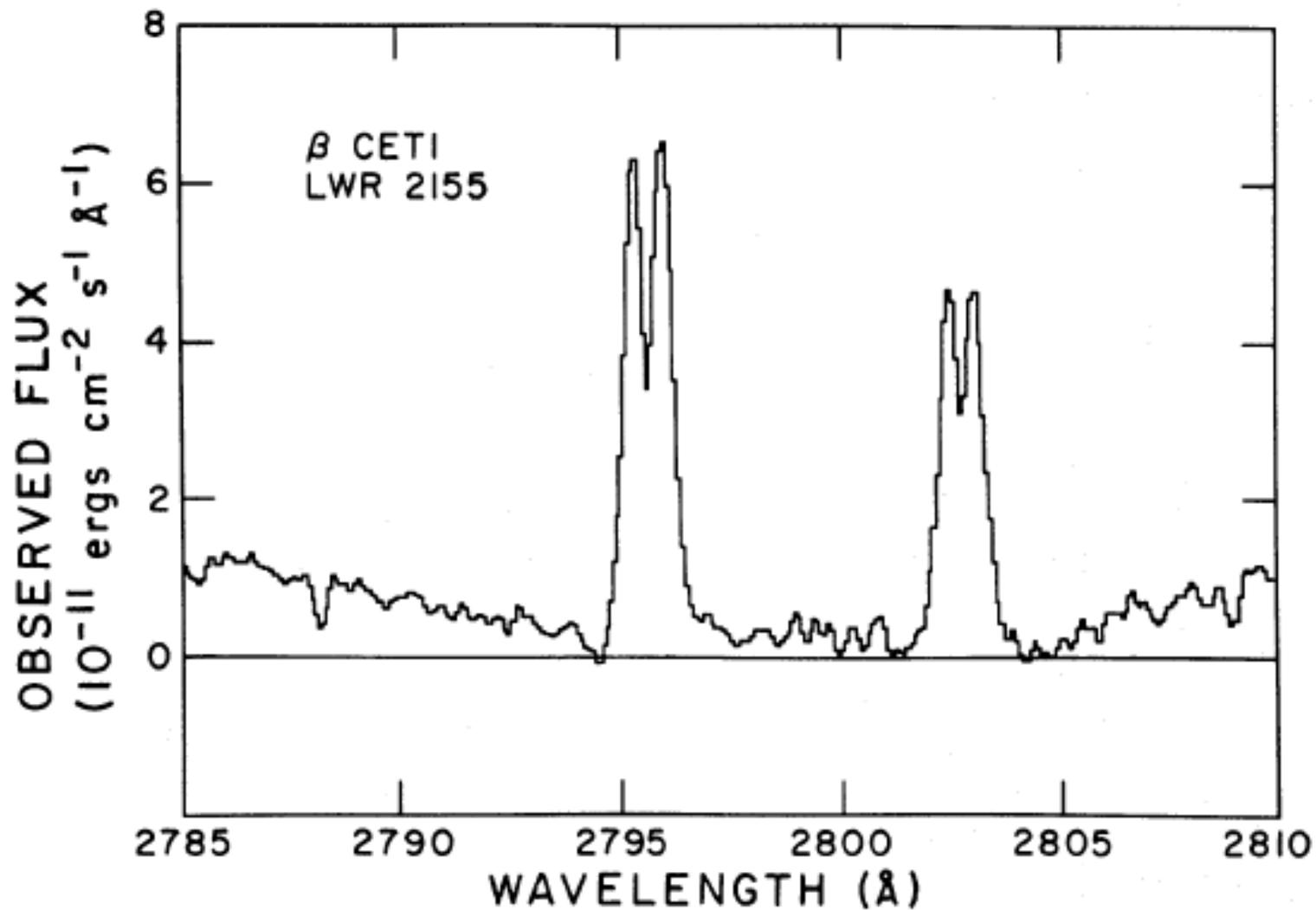
Самые встречающиеся индикаторы звездных хромосфер

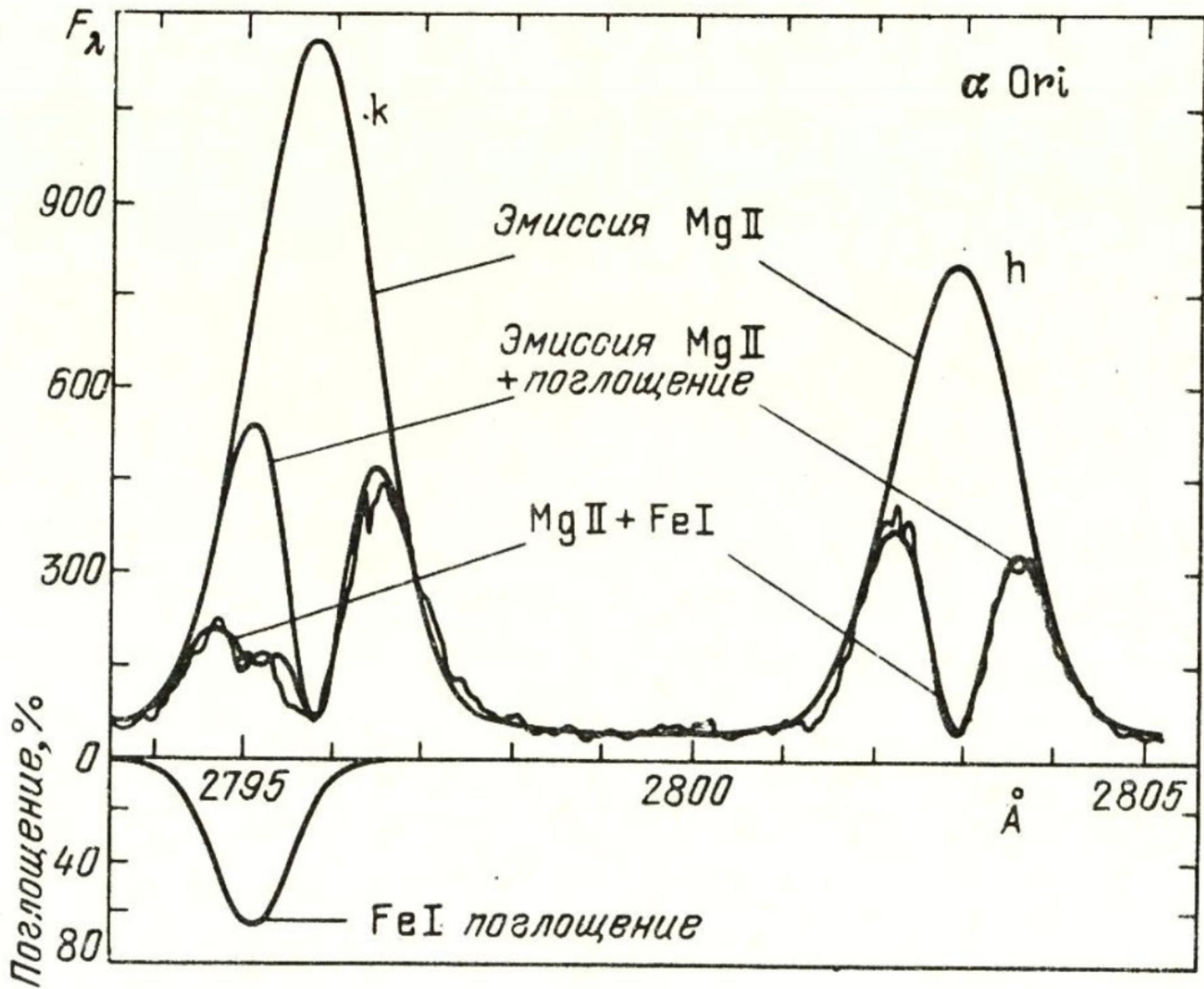
H α



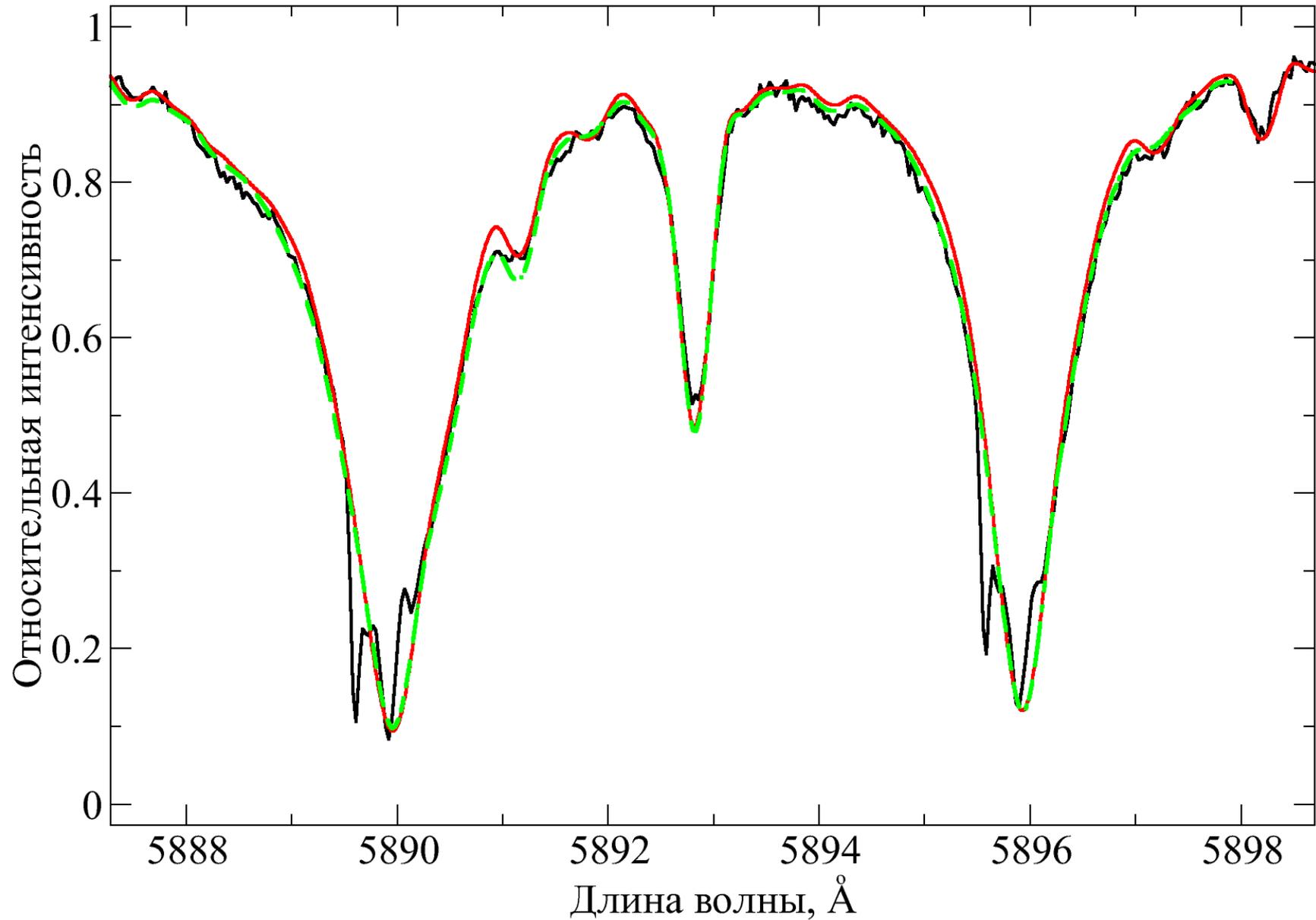
Самые встречающиеся индикаторы
звездных хромосфер

MgII 2800A

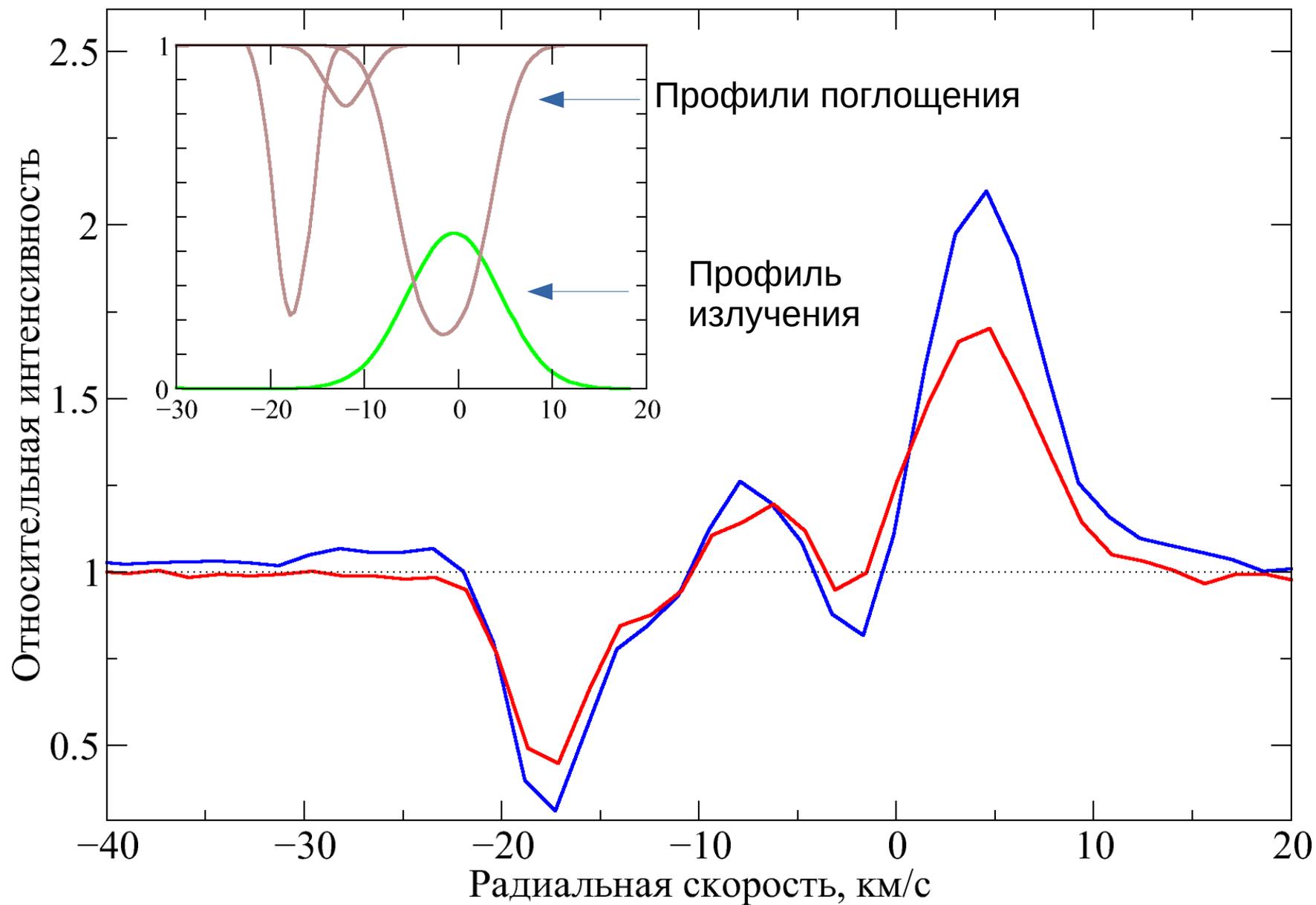




Моделирование сложных профилей
резонансного дуплета NaI D_{12В} спектре
активного гиганта PZ Mon



Профили линий NaI в шкале скоростей с вычтенным звездным спектром



Наблюдаемый профиль

$$y = (y_{\star} + y_{em}) \times y_{ab1} \times y_{ab2} \times y_{ab3}$$

ЭМИССИОННЫЙ КОМПОНЕНТ

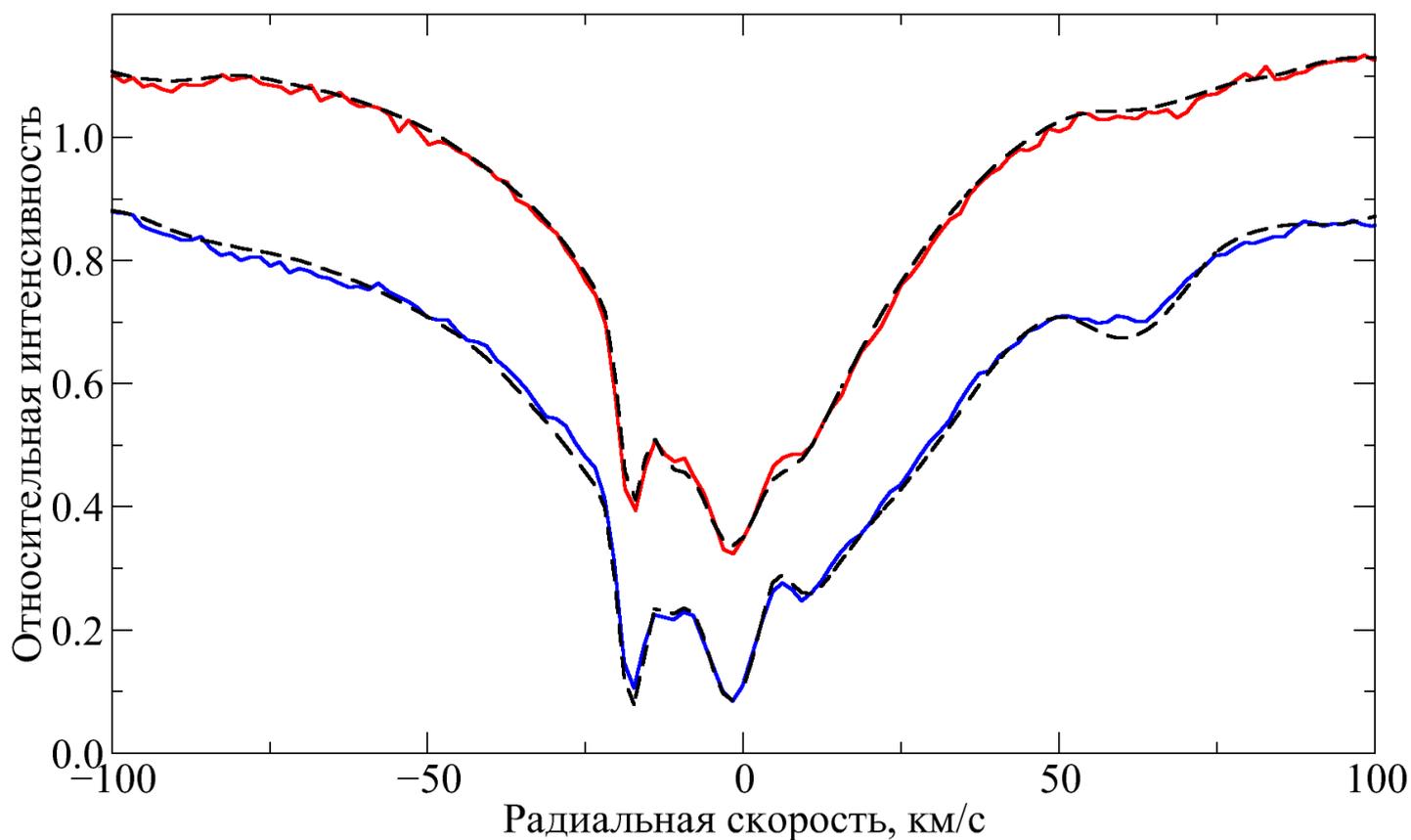
$$y_{em} = y_0 \times e^{-\frac{(v - v_0)^2}{b^2}}$$

Абсорбционные компоненты

$$y_{ab} = e^{-\frac{N f \lambda}{3768 \sqrt{\pi} b}} \times e^{-\frac{(v - v_0)^2}{b^2}}$$

Параметры, полученные при аппроксимации наблюдаемых профилей модельными

Тип	v , км с ⁻¹	y_0	$N \times 10^{11}$, см ⁻²	b , км с ⁻¹
Изл	-0.5 ± 0.3	0.45 ± 0.10	–	7.0 ± 0.4
Погл	-1.6 ± 0.2	–	15 ± 2	4.8 ± 0.3
Погл	-17.6 ± 0.1	–	5.8 ± 0.3	2.2 ± 0.1
Погл	-12.0 ± 0.3	–	1.0 ± 0.3	3 ± 1



Поле скоростей в атмосфере звезд К-гигантов с хромосферами

Оценка по ширинам эмиссий в ядрах сильных линий и глубин их образования

