



Циклы пятенной активности звезд поздних спектральных классов

И.Ю. Алексеев¹, А.В. Кожевникова²,

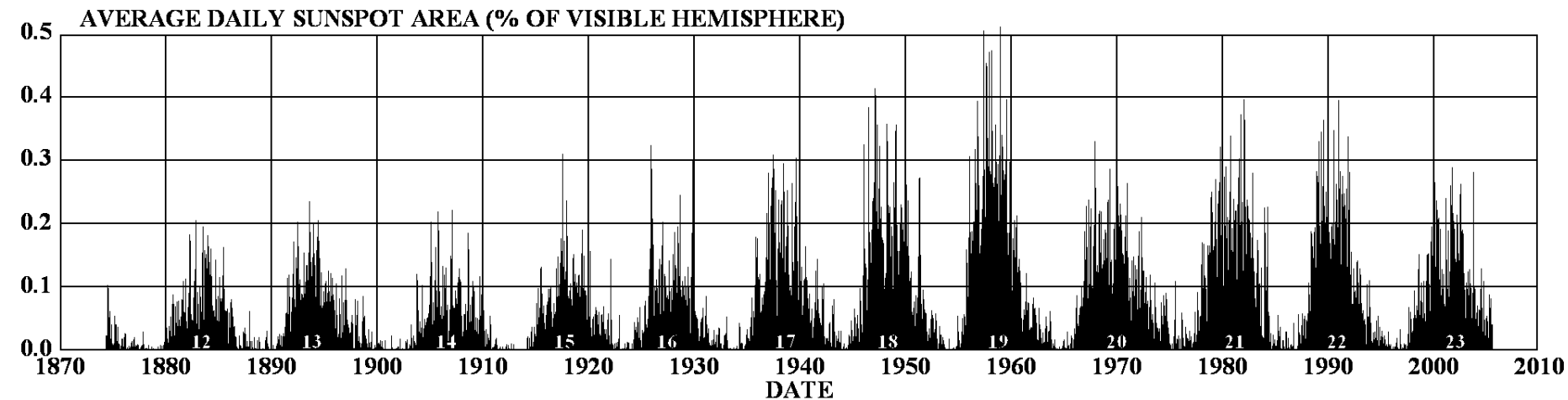
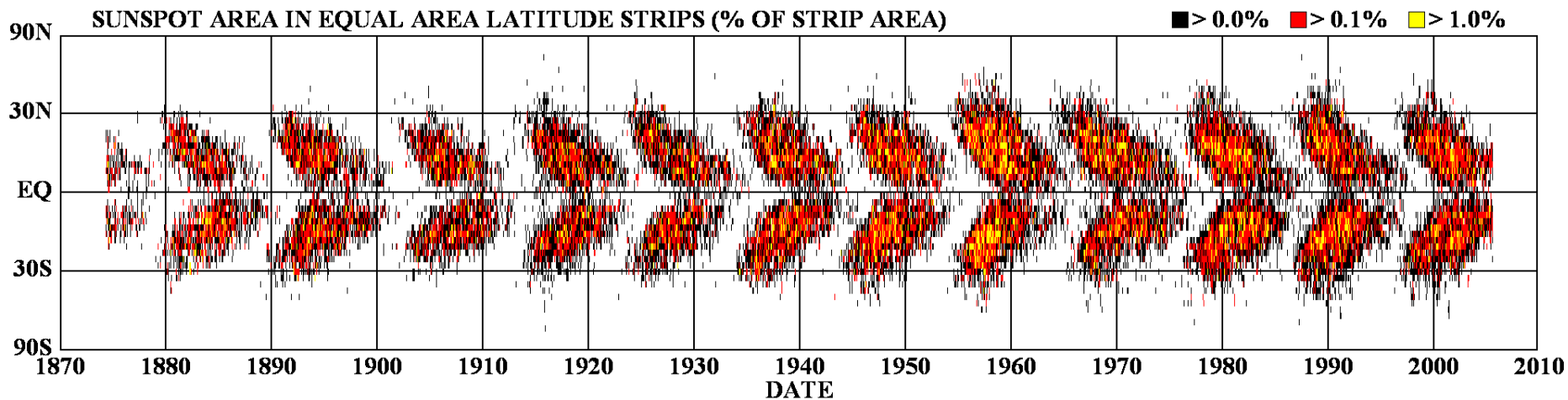
О.В. Козлова¹

¹Крымская астрофизическая обсерватория,

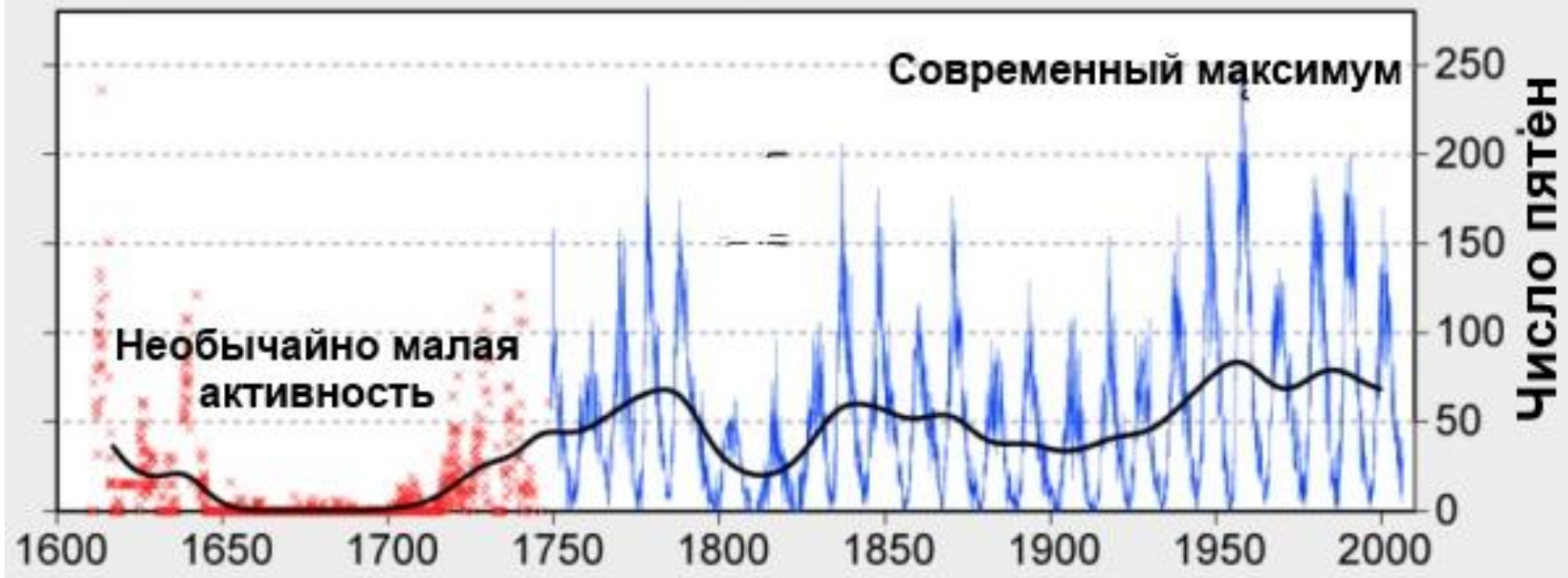
²Уральский Федеральный университет



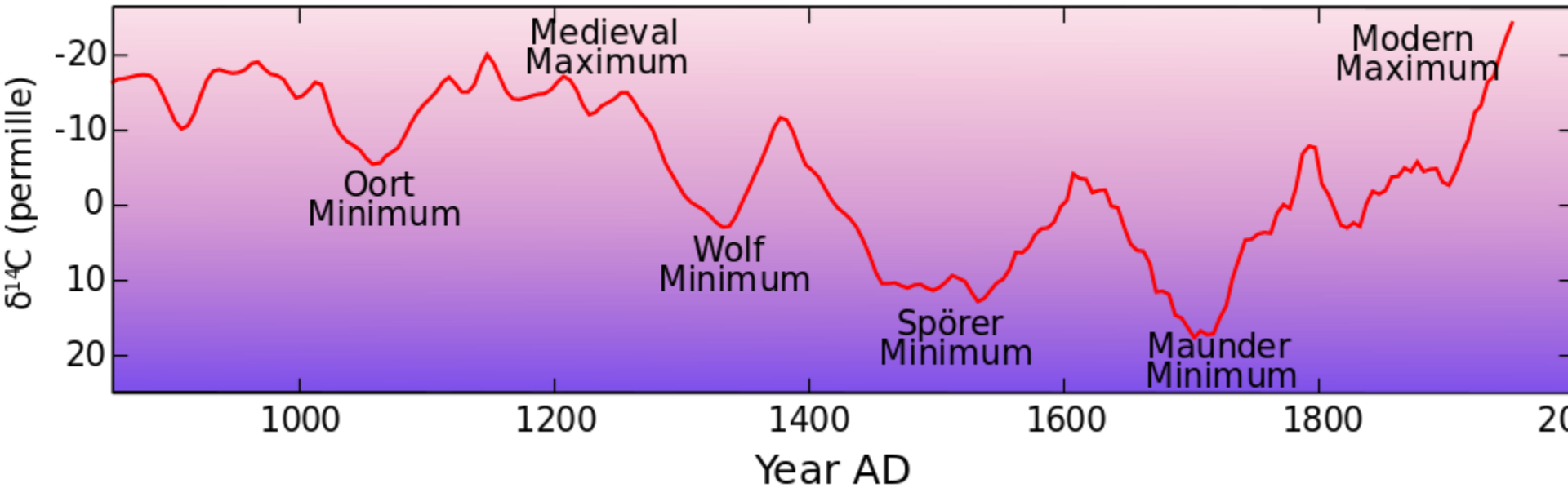
DAILY SUNSPOT AREA AVERAGED OVER INDIVIDUAL SOLAR ROTATIONS

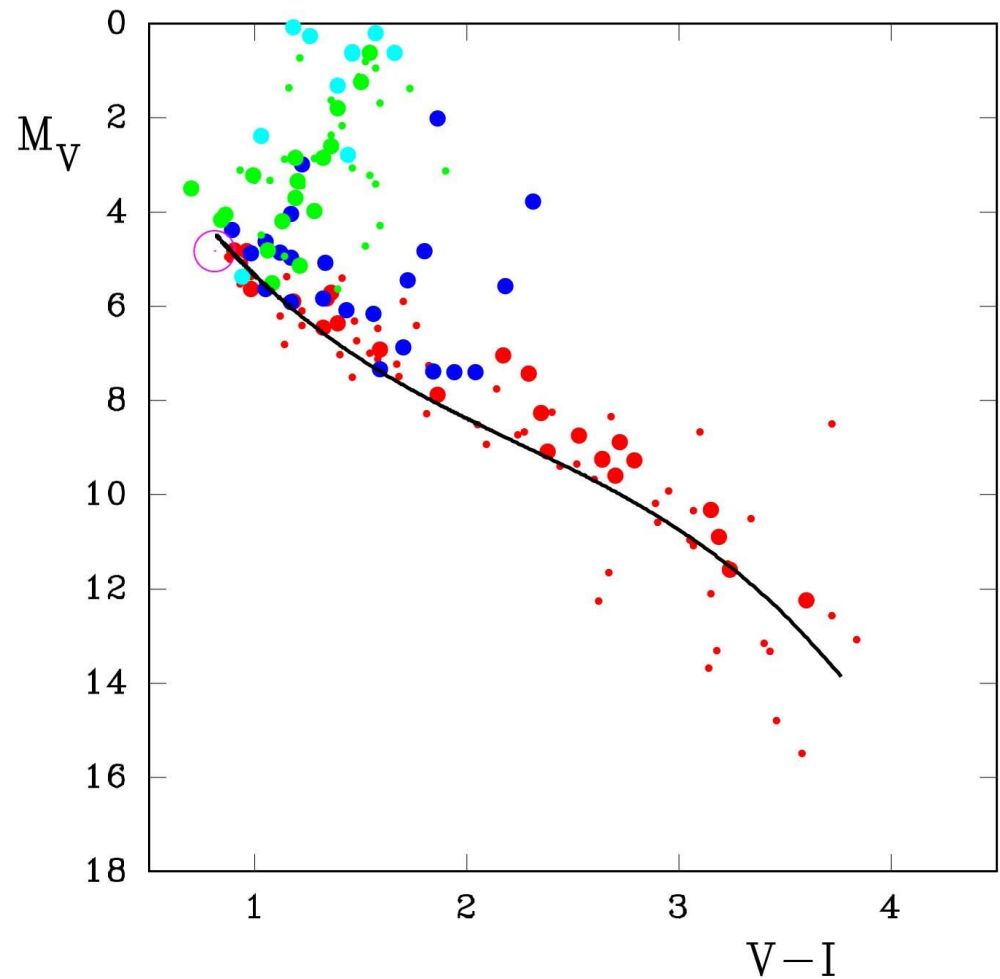
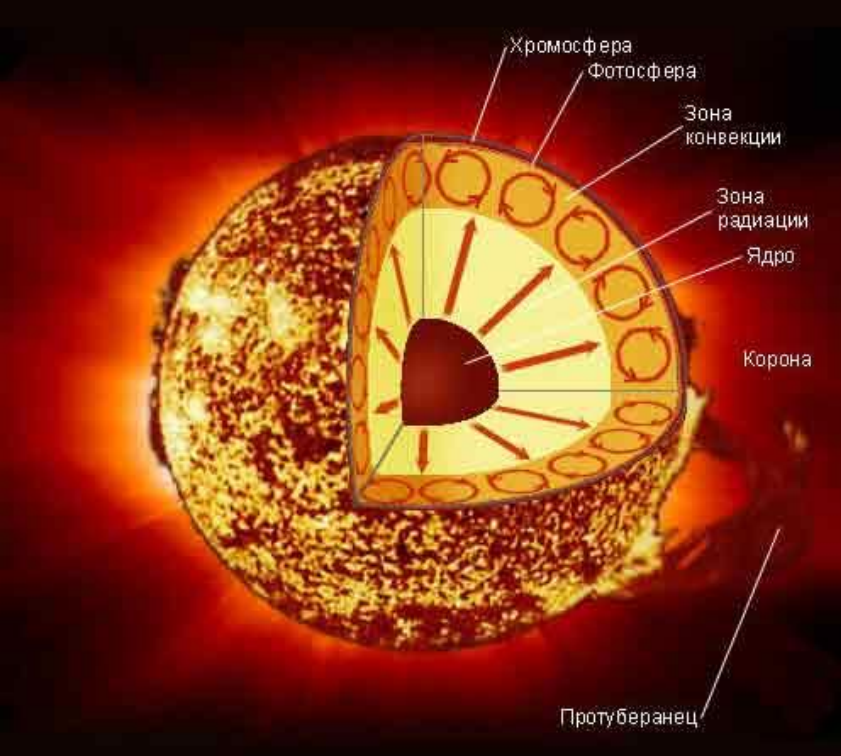


Годы



Solar Activity Events in ^{14}C

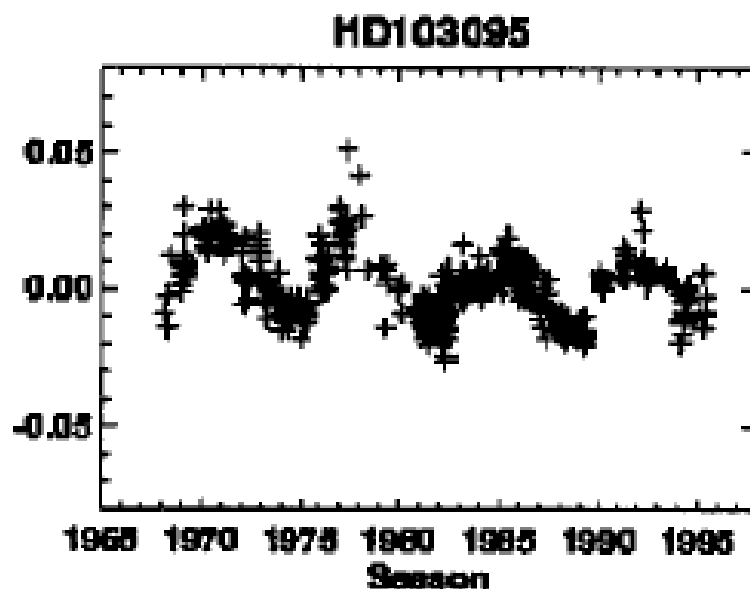
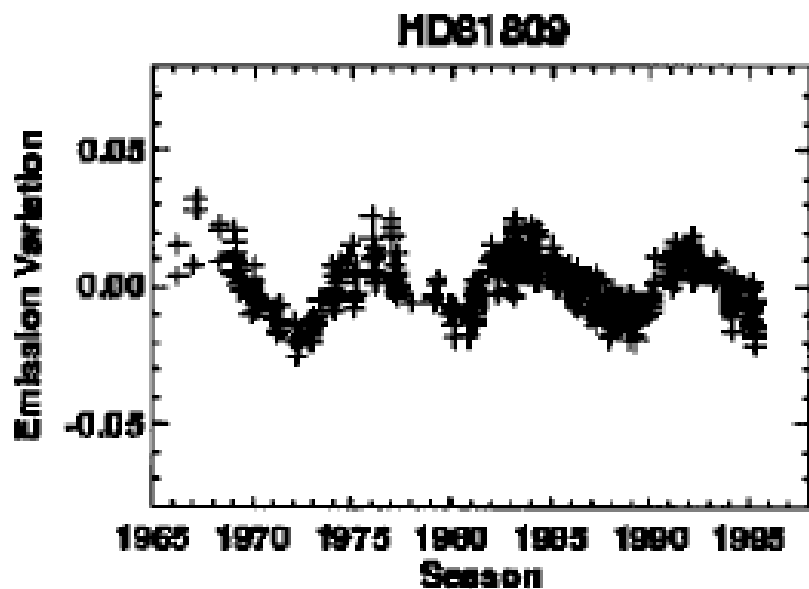
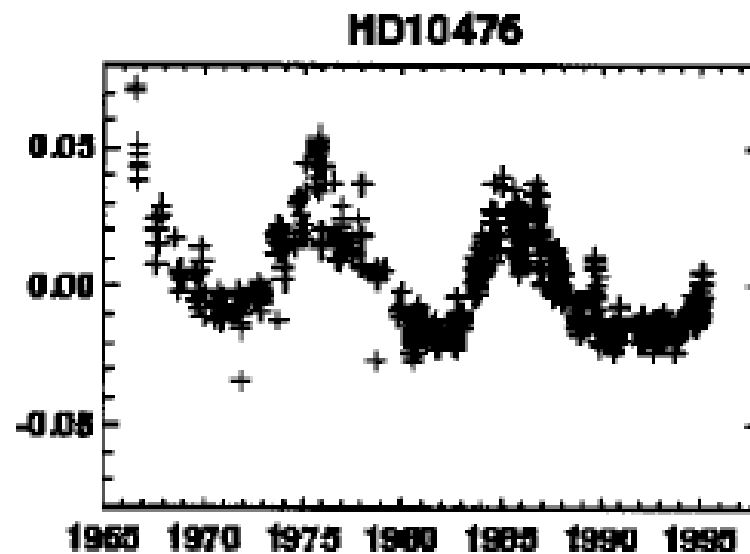
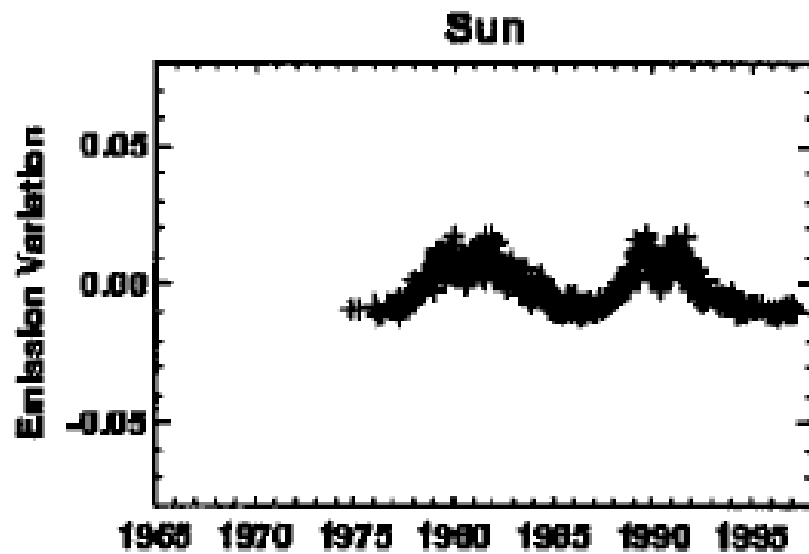




Типы активных звёзд:

- **BY Dra** (FV – MV)
- **RS CVn** (G-K III-IV + F-G IV-V)
- **PMS**
- **FK Com** (G-K II-III)
- **W UMa**

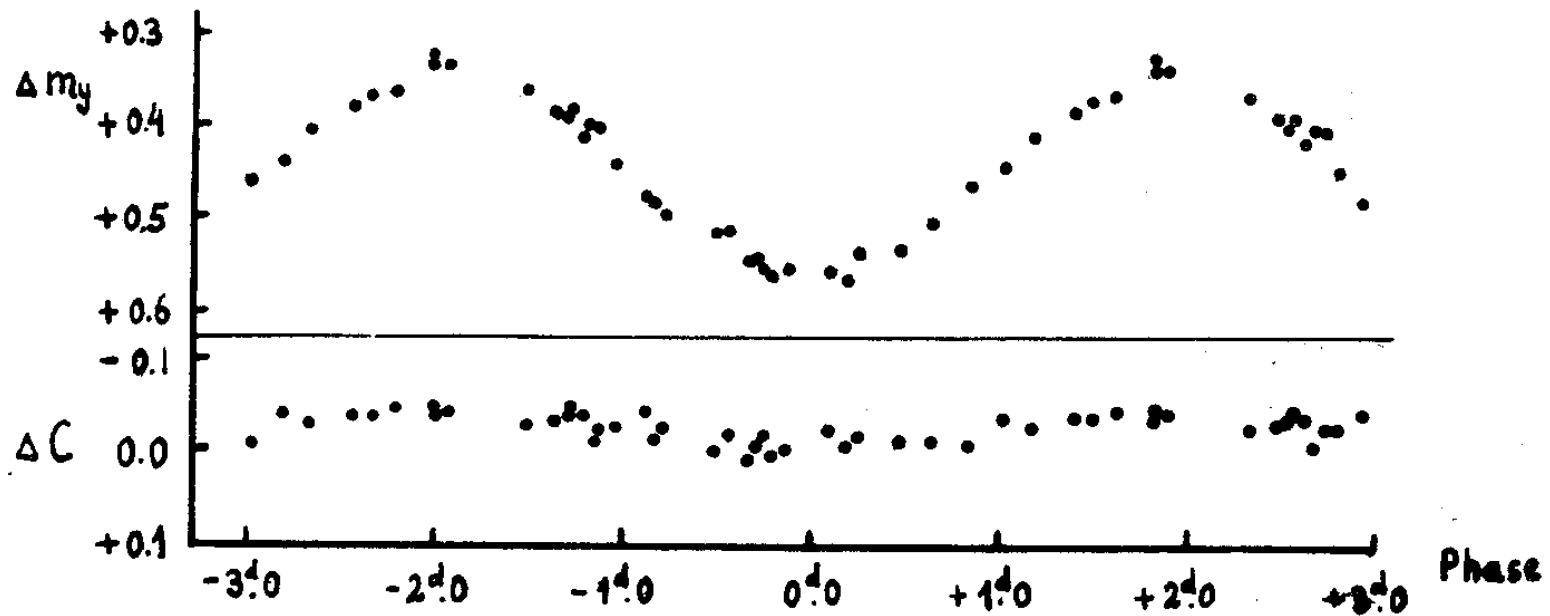
Обзоры: Berdyugina S.V., 2005, *Liv. Rev. Sol. Phys.*, 2, 8
 Strassmeier K.G., 2009, *A. Ap. Rev.*, 17, 251
 Алексеев И.Ю., 2006, *Афз.*, 49, 303



Циклы активности в линиях CaII, Radick, 2000

Циклы активности

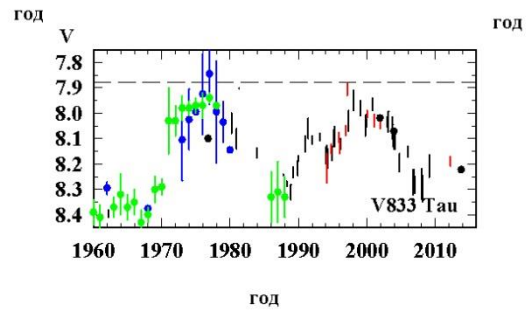
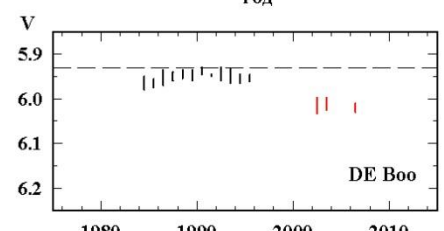
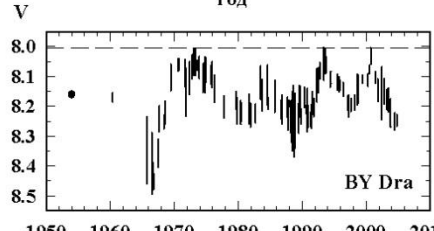
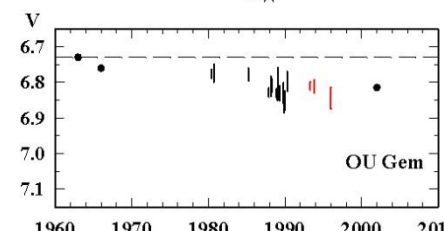
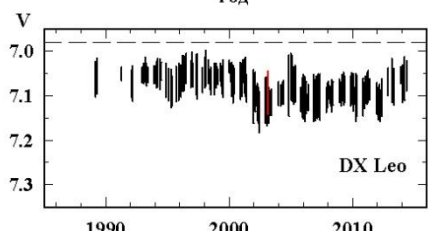
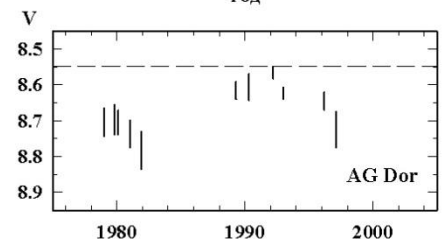
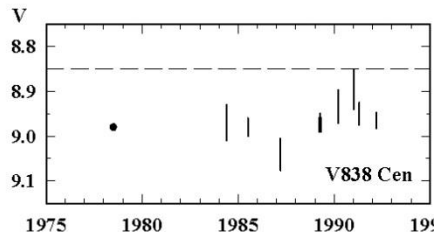
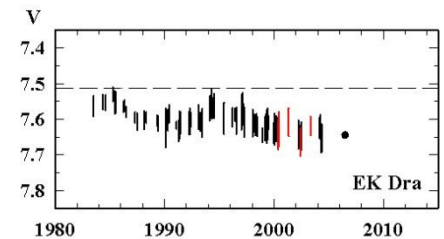
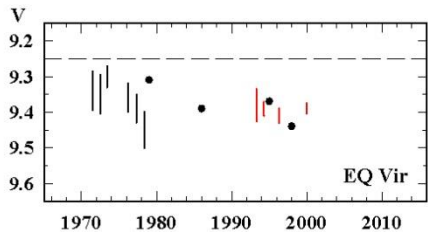
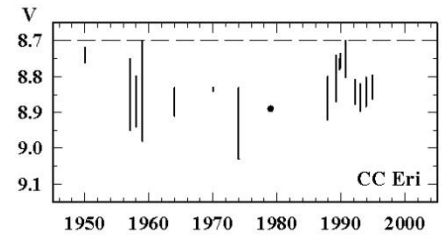
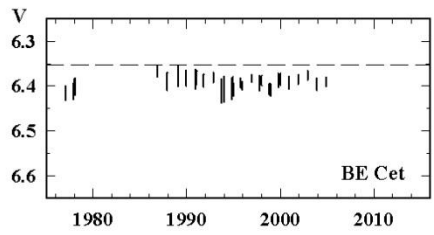
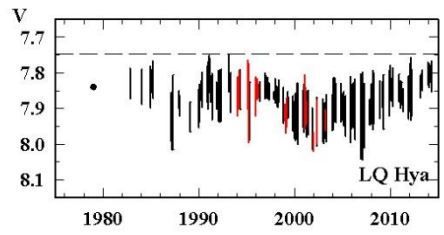
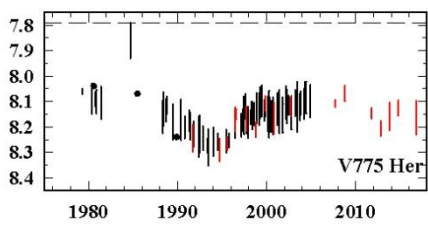
- Пятенная активность
 - Электрофотометрия (Чугайнов, 1973)
 - Фотопластинки (Phillips, Hartmann, 1978)
 - Площади и широты пятен (Алексеев и Кожевникова, 2016 – 2018)
 - Flip-flop (Verdyugina, 1998)
 - Дифференциальное вращение (Verdyugina et al, 2002)
- Хромосферы (CaII НК Wilson, 1978)
- Хромосферы (H α , Алексеев, Козлова, 2017)
- Вспышки (Алексеев и Гершберг, 1996)



Chugainov P.F. (Cr.Ap.O),
1966, IBVS 122.

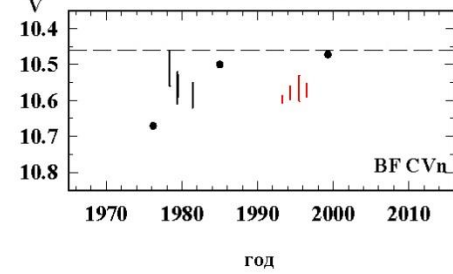
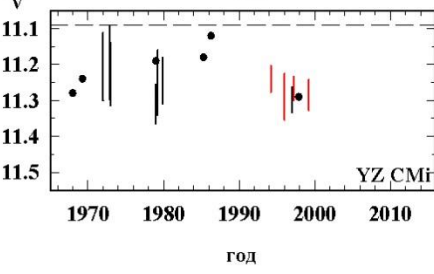
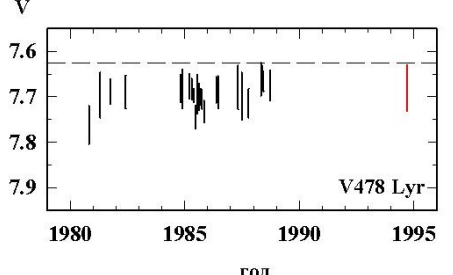
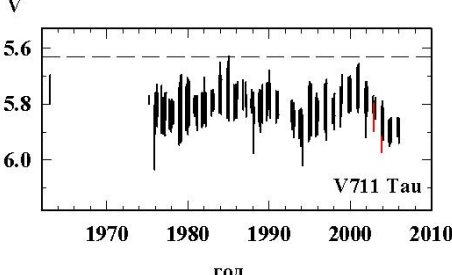
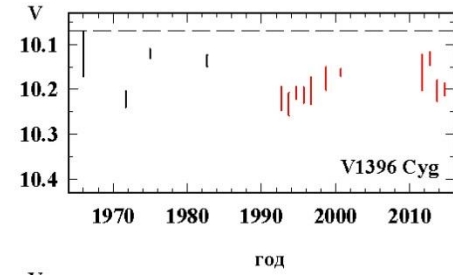
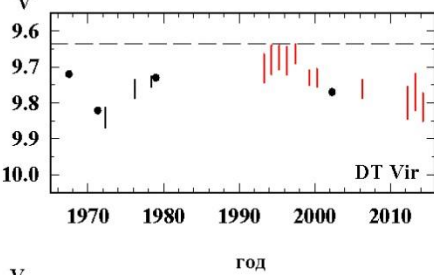
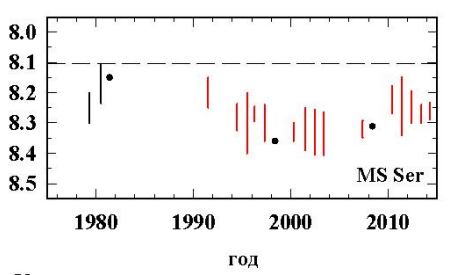
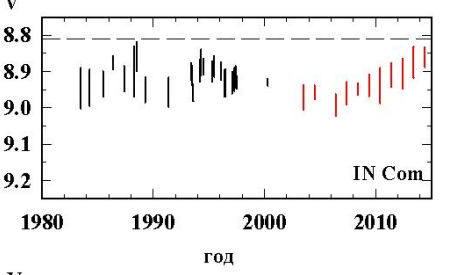
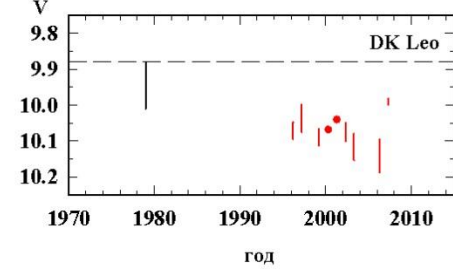
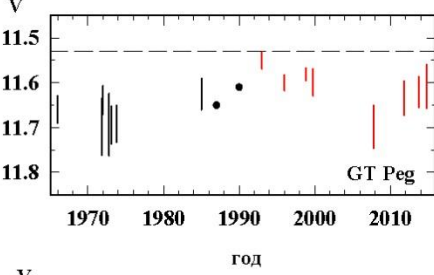
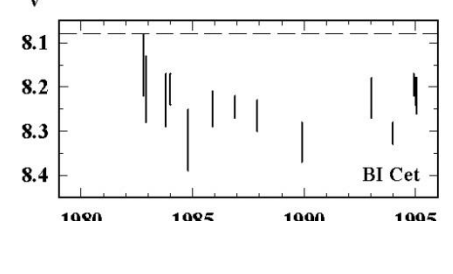
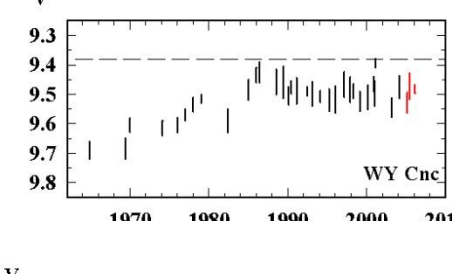
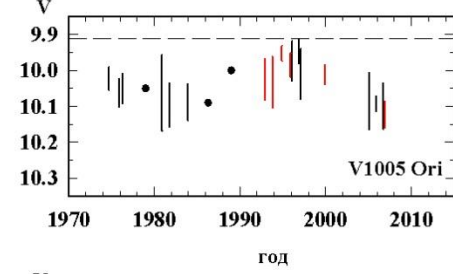
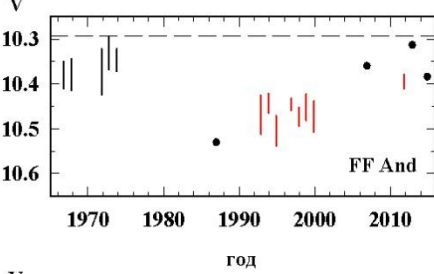
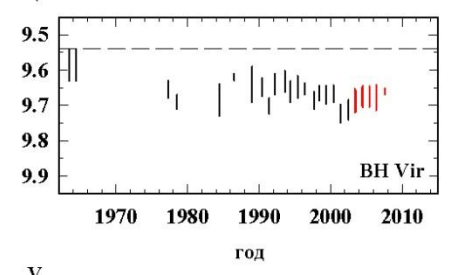
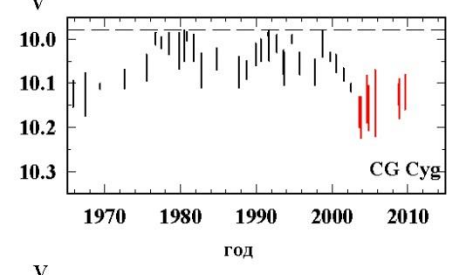
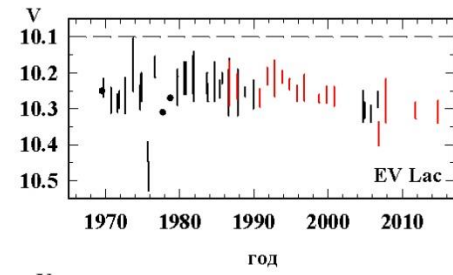
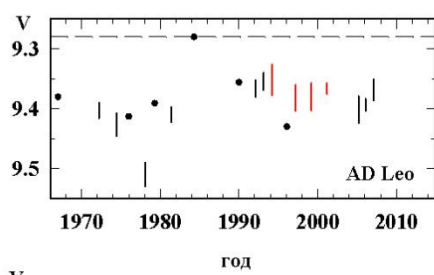
BY Dra, 1965.

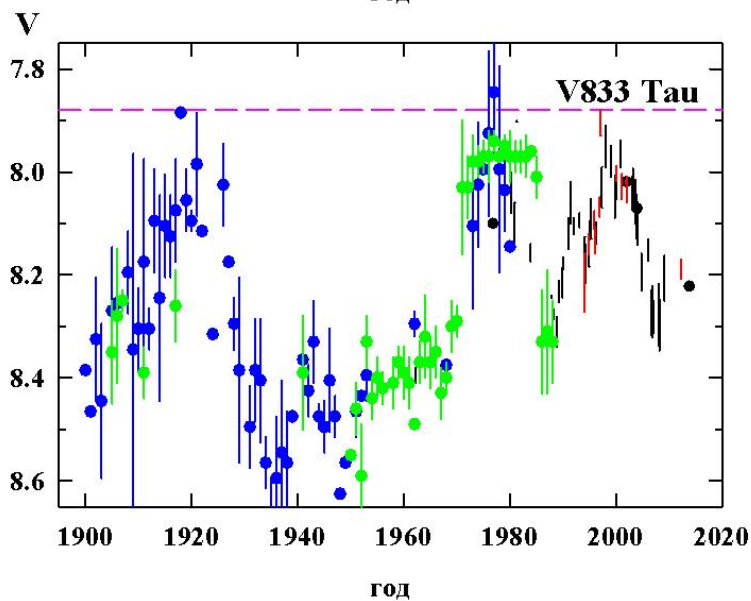
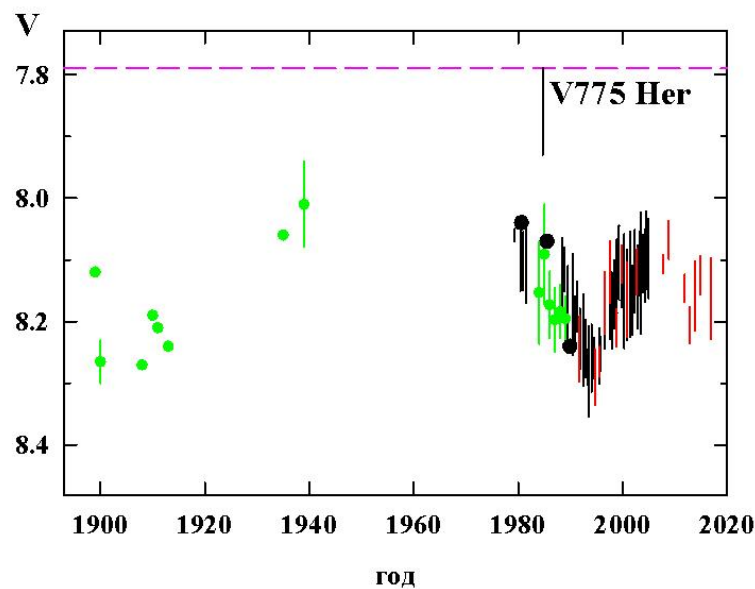
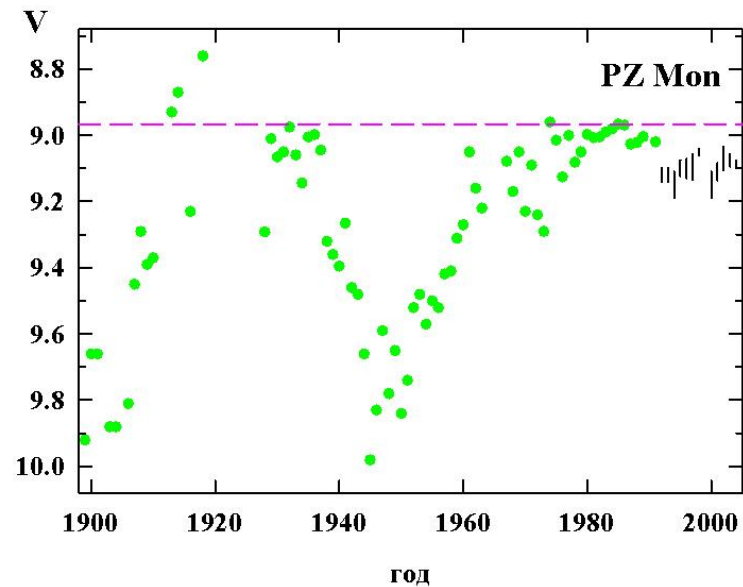
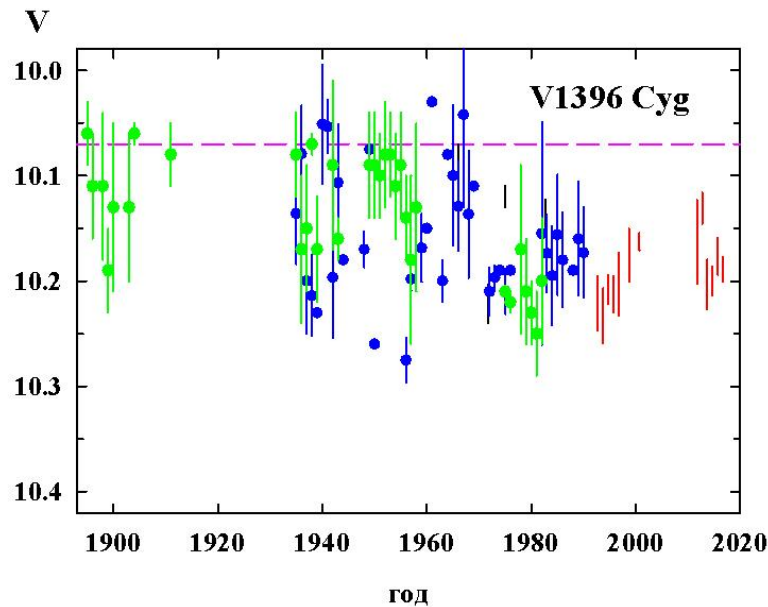
$\Delta V = 0.^m23$, $P = 3.^d8$.



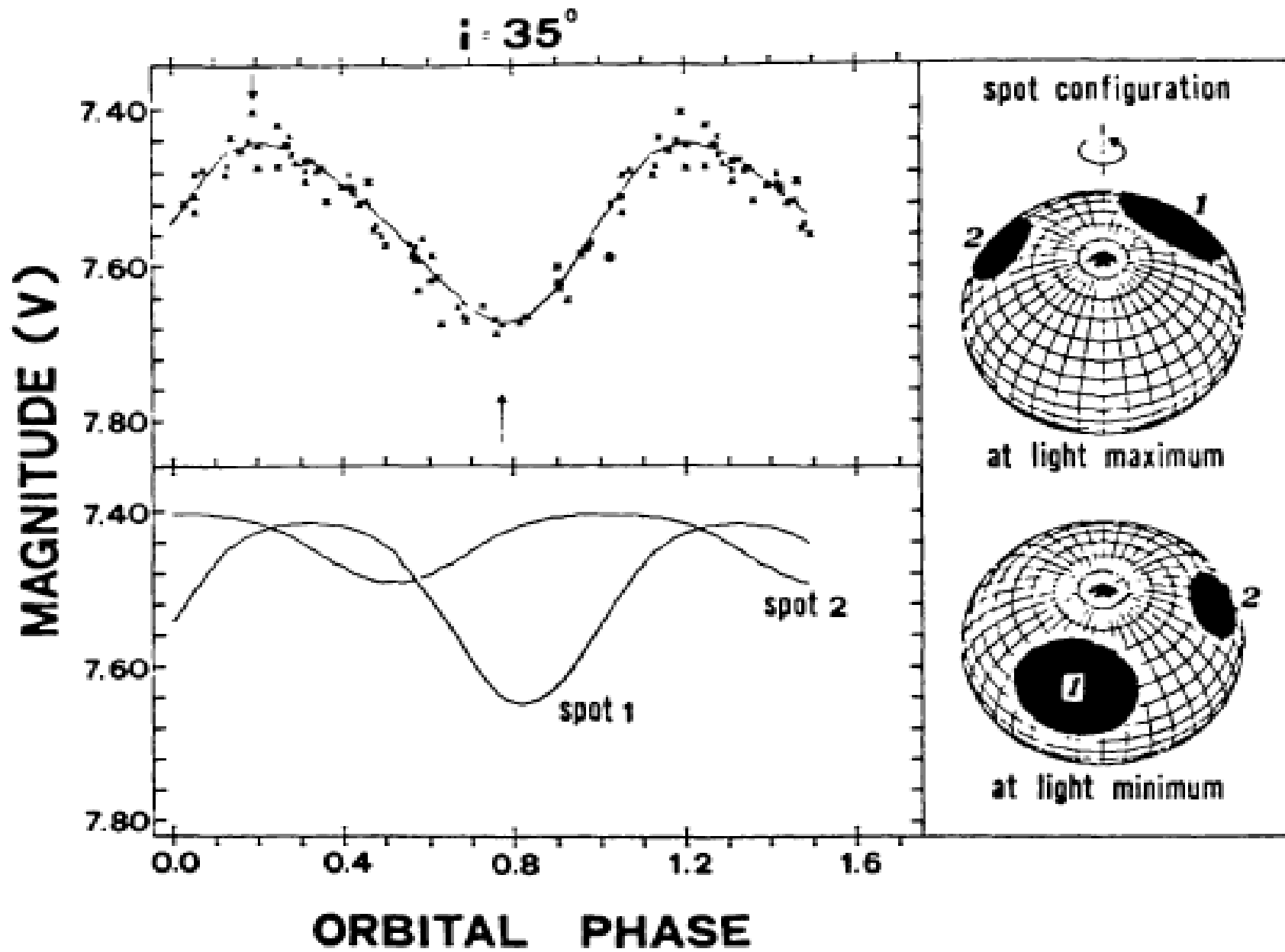
Циклы активности звёзд по много-летним фотометрическим наблюдениям. Красные вертикальные линии – наши наблюдения, черные – данные литературы.

Длительности циклов от 5 до 40 лет



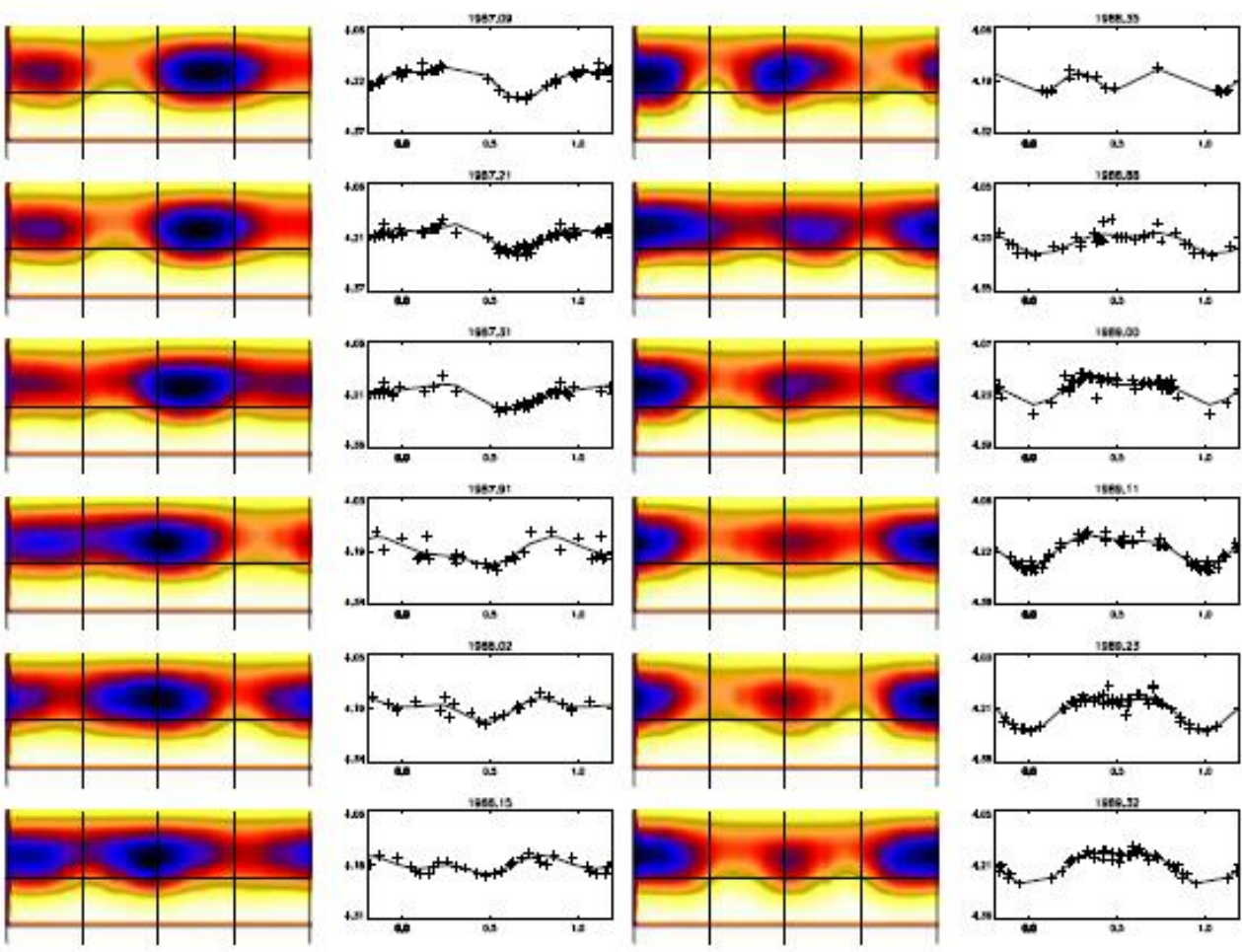


Вековые изменения блеска запятненных звезд по фотографическим (Бондарь, 2000, 2018) и фотоэлектрическим наблюдениям.



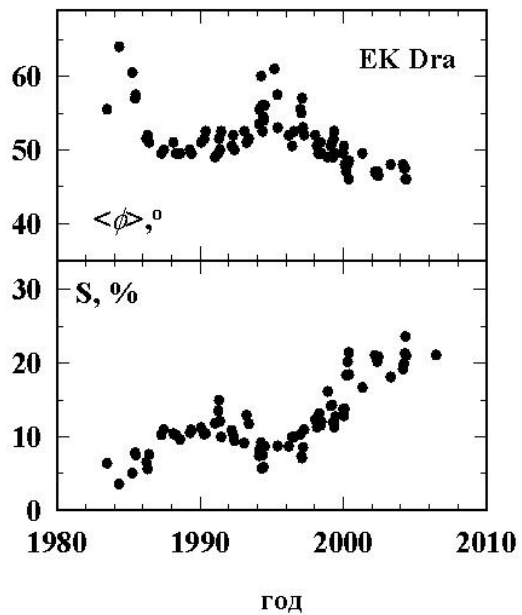
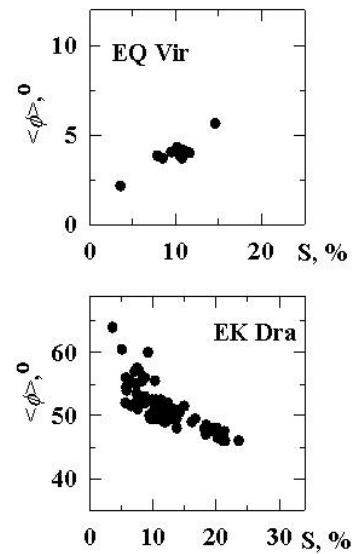
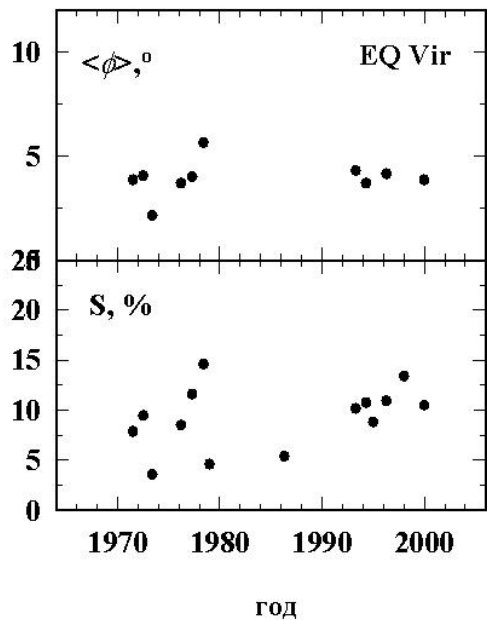
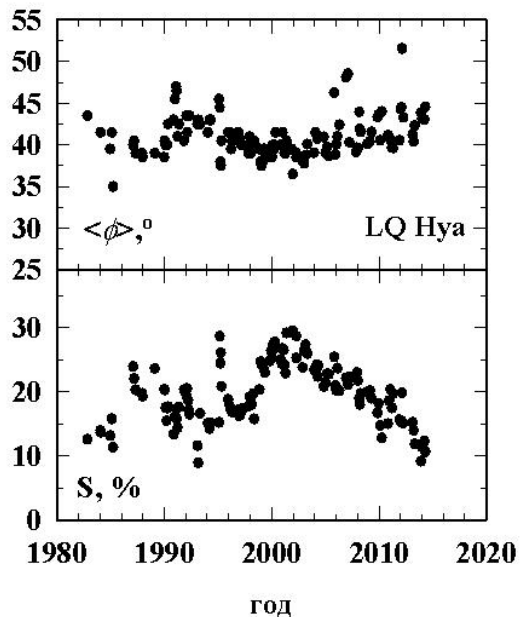
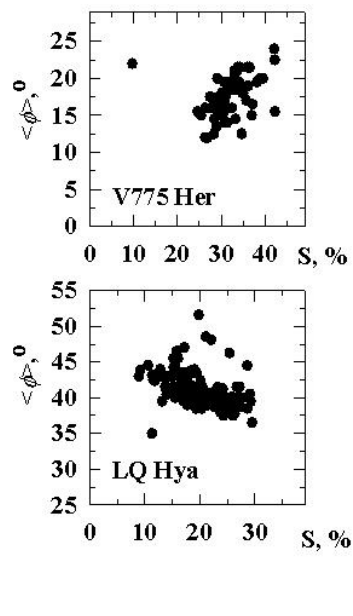
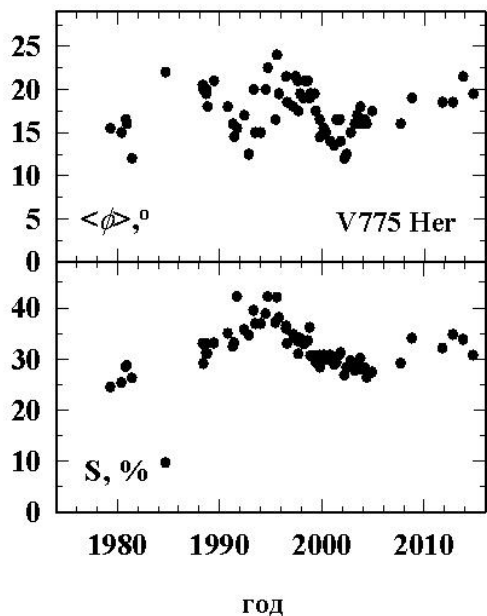
Henry G.W., Eaton J.A., Hamer J., Hall D.S., 1995, ApJS 97, 513

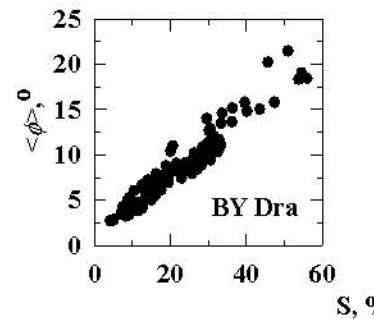
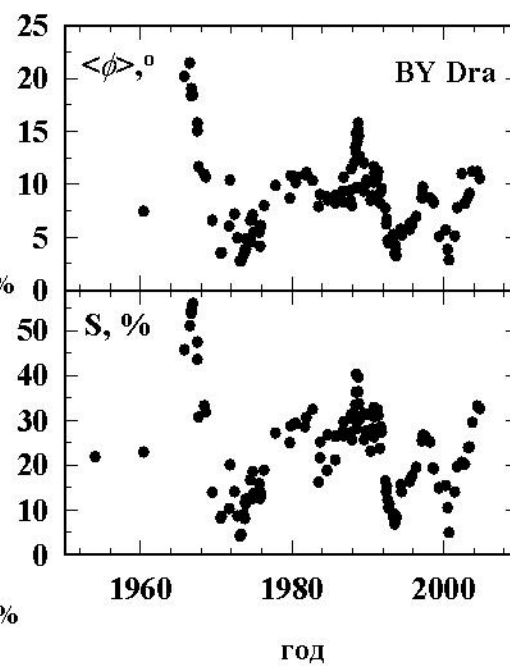
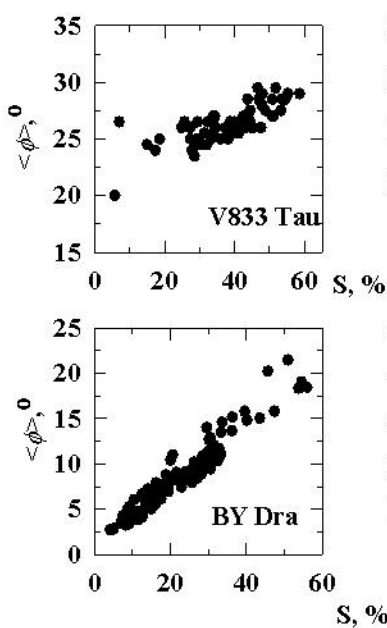
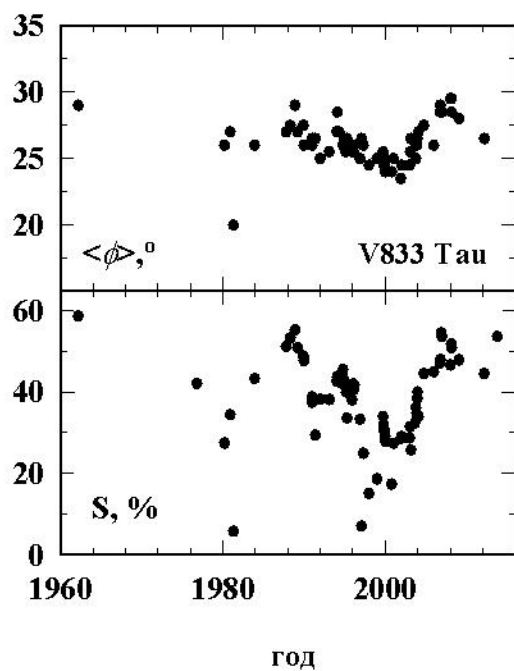
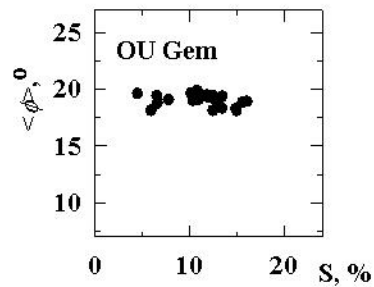
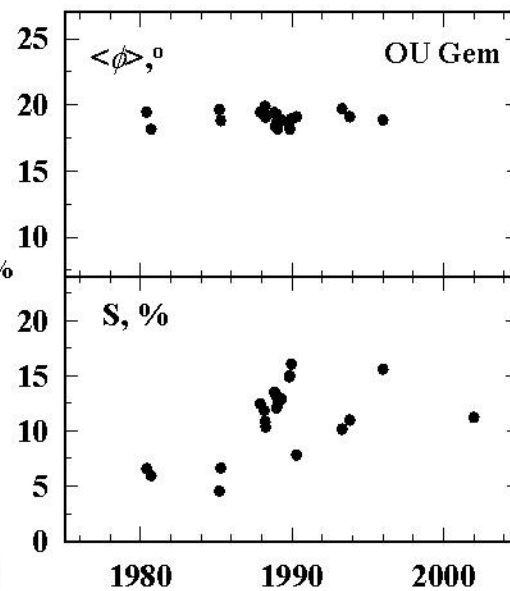
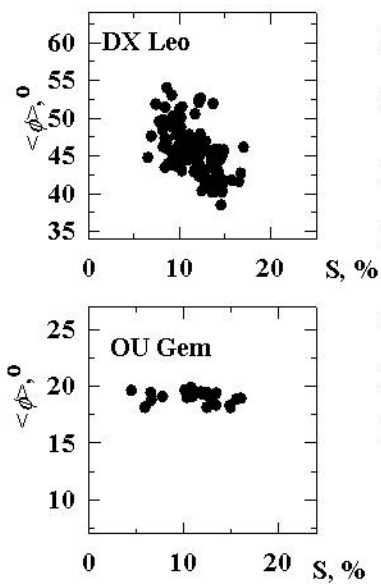
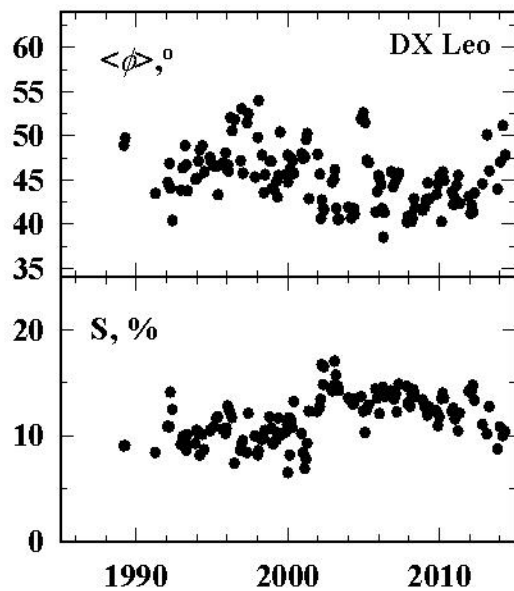
$Y = HX + \xi$
 $\Phi(X) = \chi^2(X) + \lambda R(X)$,
 Y – наблюдения,
 ξ – шум,
 $\chi^2(X)$ – сумма невязок,
 X – искомое распределение,
 $R(X)$ – стабилизирующий член,
 λ – параметр регуляризации



σ Gem: Berdyugina, Henry; 2006

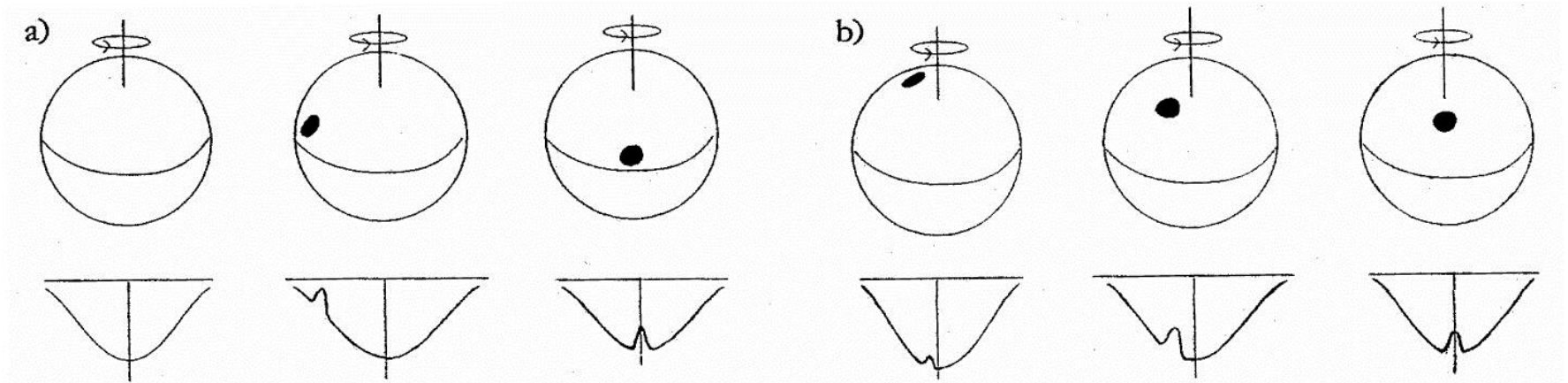
Примеры изменения средней широты пояса запятненности $\langle\phi\rangle$ в северном полушарии и общей площади пятен S в зависимости от времени (панели по краям). В центре – корреляции значений S и $\langle\phi\rangle$ для всех эпох наблюдений.





- GK карлики. 13 звезд; 769 эпох;
8 – дрейф к полюсу; 5 – дрейф к экватору; 6 – циклы; 6 – оценки $\delta\phi$; 3 – Gleissberg
- M карлики. 12 звезд; 226 эпох;
11 – дрейф к полюсу; 6 – циклы; 3 – оценки $\delta\phi$; 1 – Gleissberg
- RS CVn – короткопериодические. 4 звезды; 116 эпох;
2 – дрейф к полюсу; 2 – циклы; 2 – оценки $\delta\phi$
- RS CVn – классические. 12 звезд; 658 эпох;
3 – дрейф к полюсу; 4 – дрейф к экватору; 9 – циклы; 6 – оценки $\delta\phi$
- rTTs. 10 звезд; 185 эпох;
4 – дрейф к экватору; 5 – циклы; 4 – оценки $\delta\phi$
- Всего: 51 звезда; 28 – циклы; 4 – Gleissberg; 24 – дрейф к полюсу; 13 – дрейф к экватору; 21 – оценки $\delta\phi$.

Допплеровское картирование



- $V \sin i > 20 \text{ km/s}$

- $R > 40000$

- $S/N \sim 400$

- $20^\circ < i < 70^\circ$

- Выбор линий:

FeI (6141, 6151, 6157, 6165, 6173, 6180, 6201, 6393, 6411, 6431, 6546), NiI (6175, 6177, 6178, 6432), VI (6199, 6430), CaI (6166, 6439).

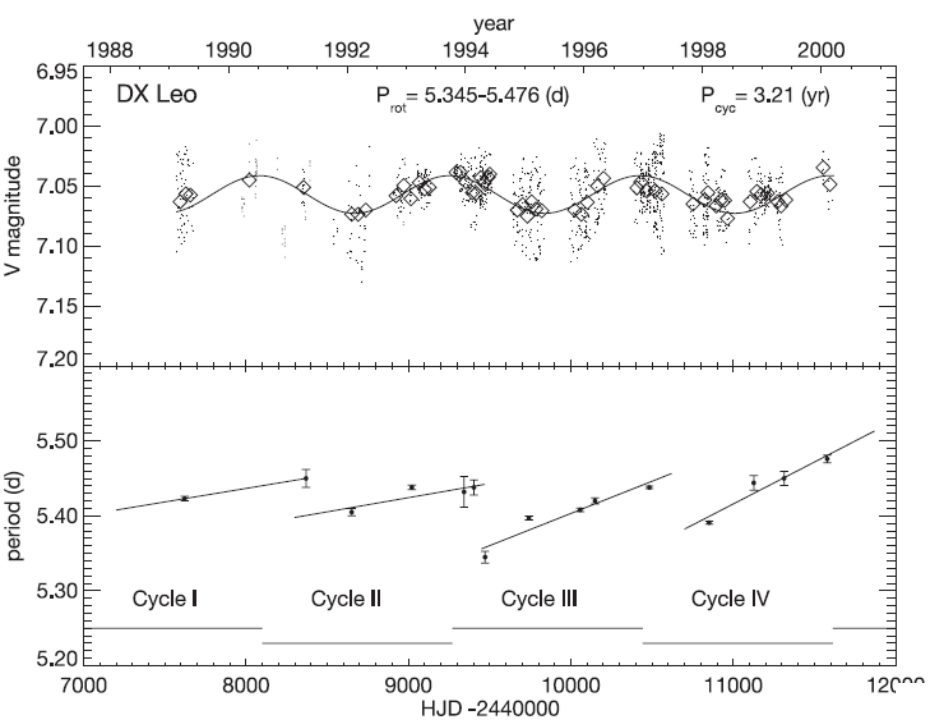
- 1958, Дейч – основные идеи

- 1975, Хохлова – первый анализ профиля (Ar)

- 1983, Vogt & Penrod – первые наблюдения

- более 80 объектов

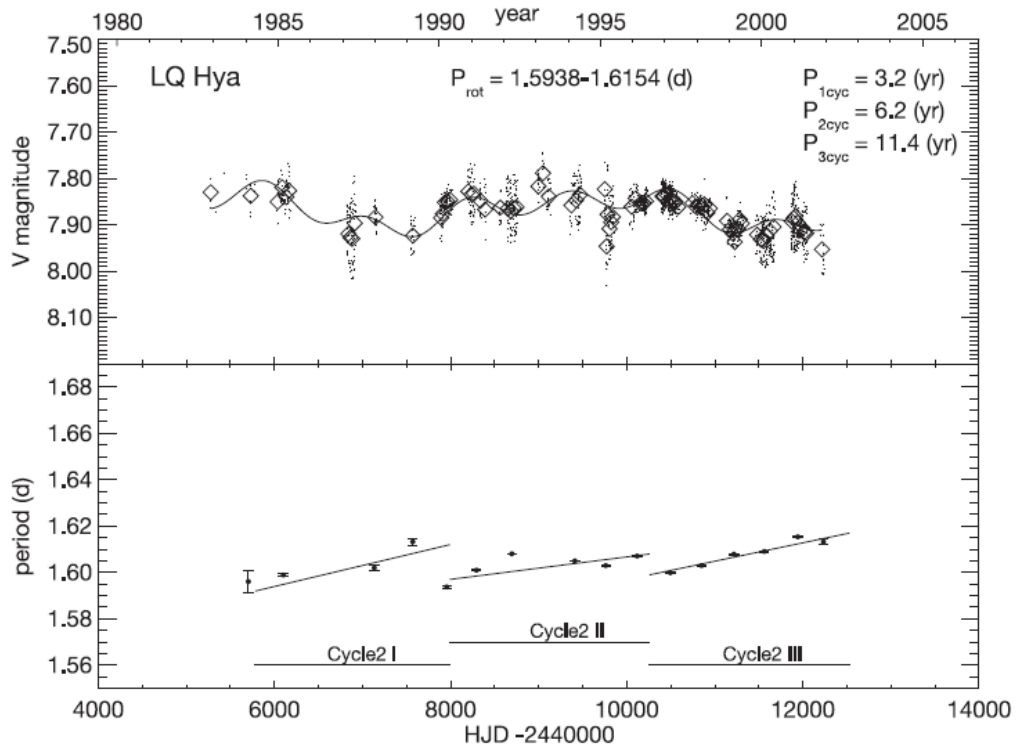
IM Peg; II Peg; V711 Tau; EI Eri; LQ Hyа;
AB Dor



Дифференциальное вращение

Messina, Guinan, 2003

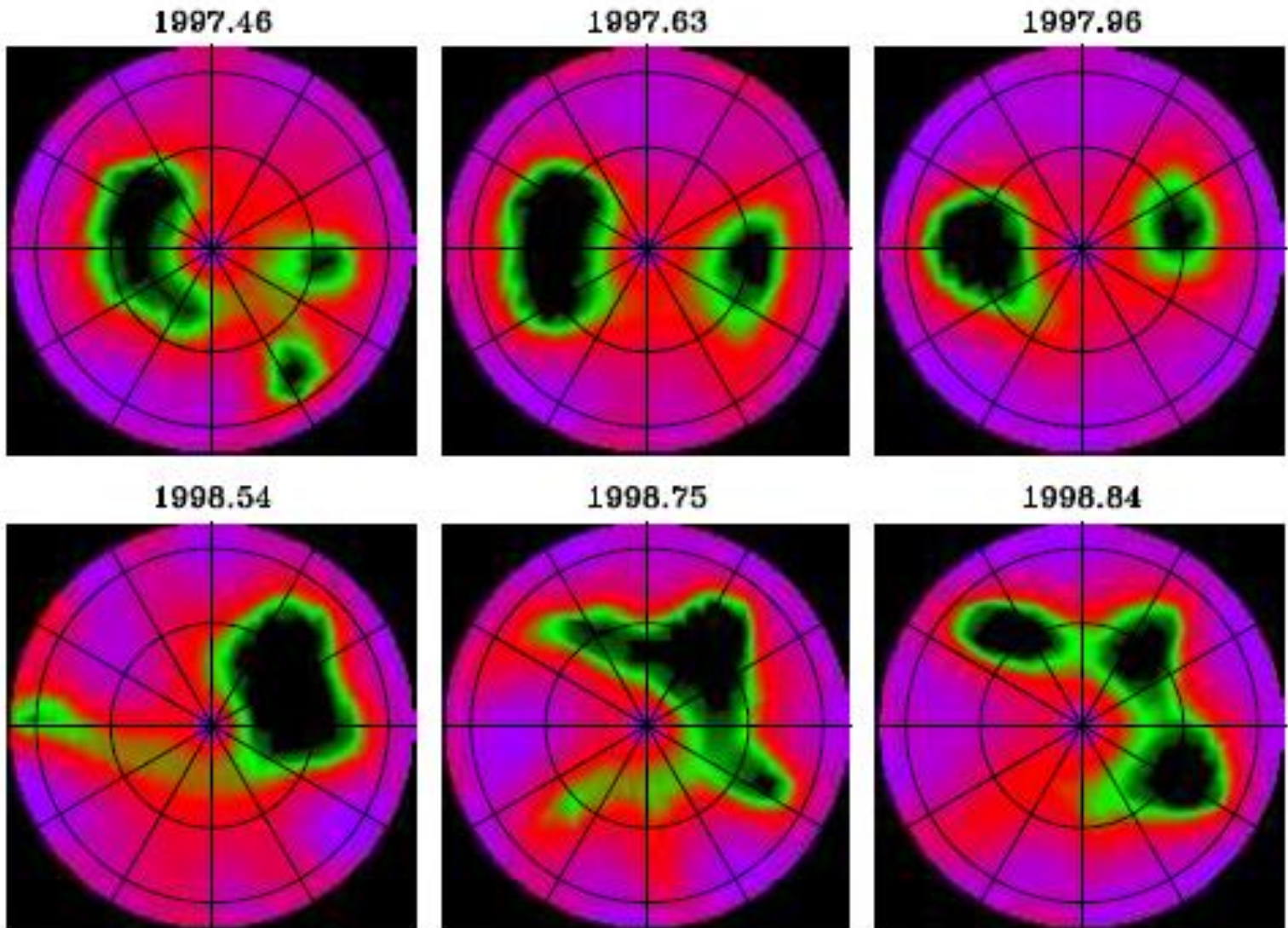
Изменения фотометрического периода активных звезд проявляется как эффект дифференциального вращения и широтного дрейфа пятен



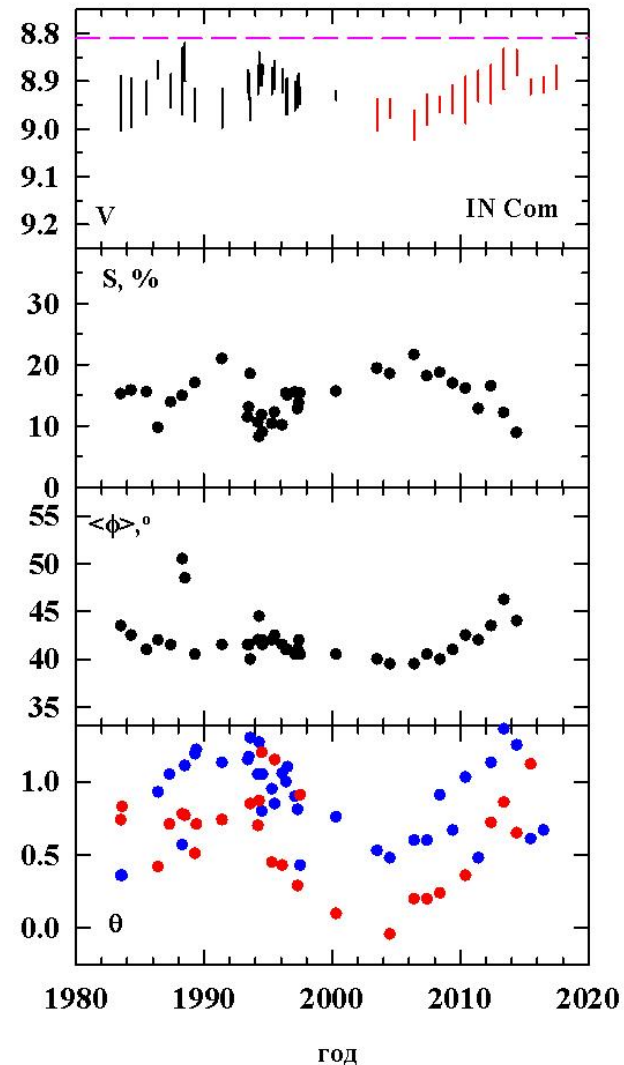
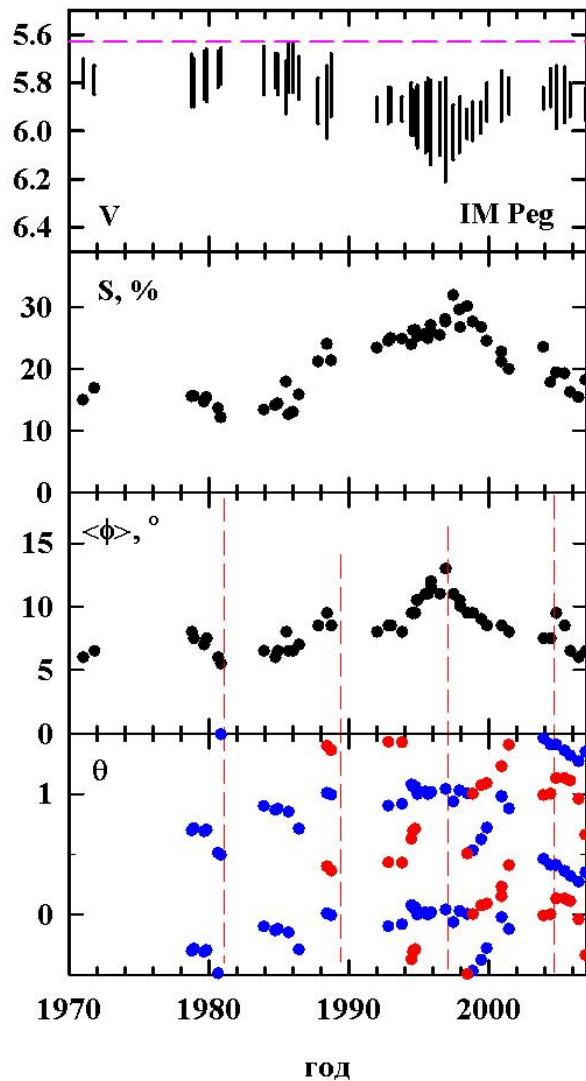
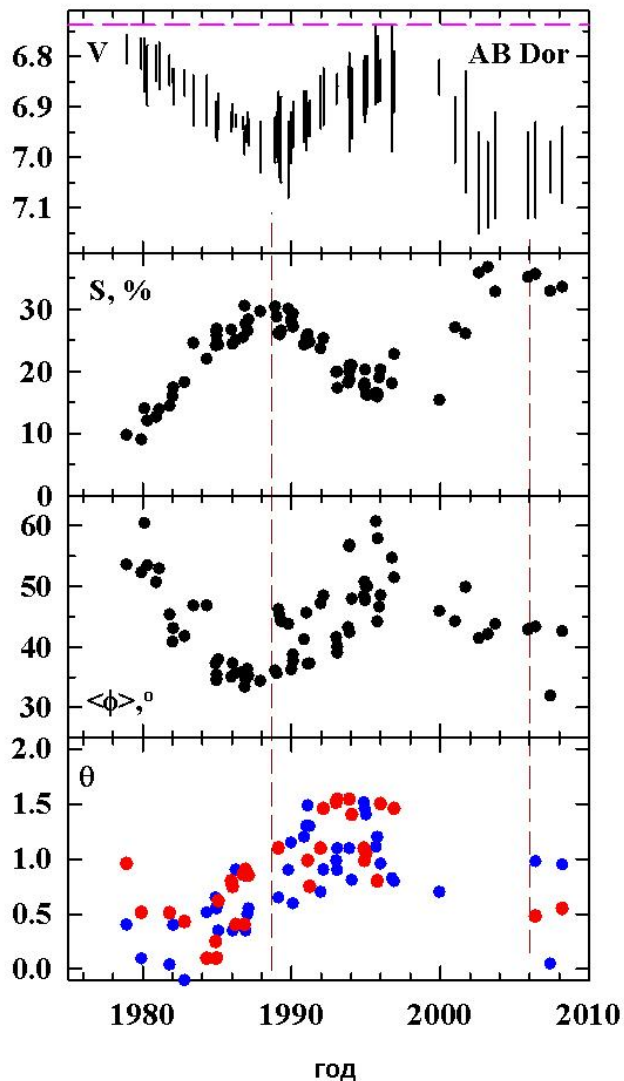
АКТИВНЫЕ ДОЛГОТЫ

- Фотометрия (Verdyugina, Tuominen, 1998)
- Допплеровское картирование (Verdyugina et al, 1998)
- Поляриметрия (Nuovelin et al, 1988)
- Хромосферная активность
- Вспышки (Алексеев и Гершберг ,1996)

- Flip-flop (FK Com, Jetsu et al, 1991)
- Солнце: Verdyugina, Usoskin, 2003

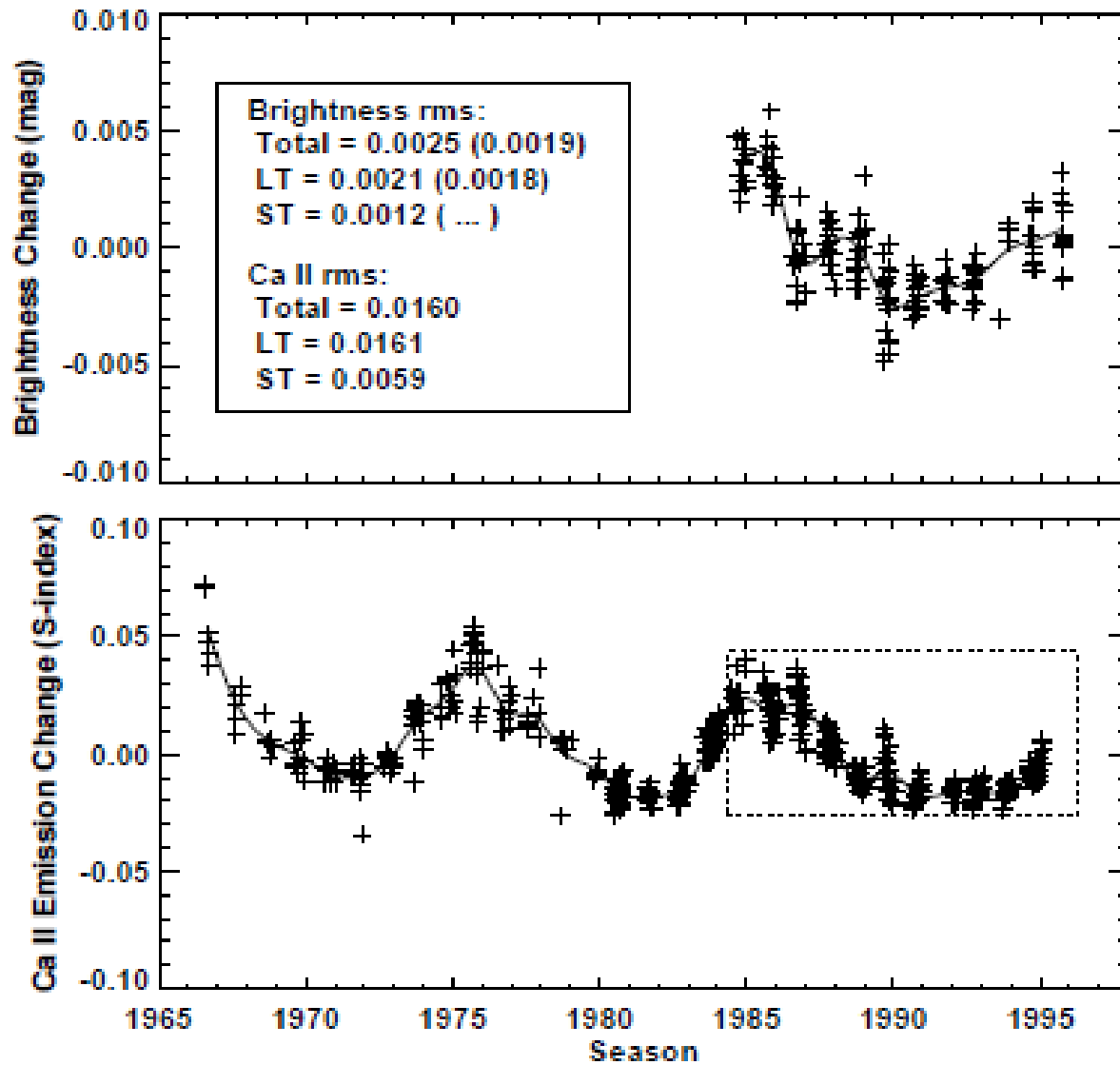


Активные долготы и flip-flop эффект, П Рег, Verdyugina et al., 1999

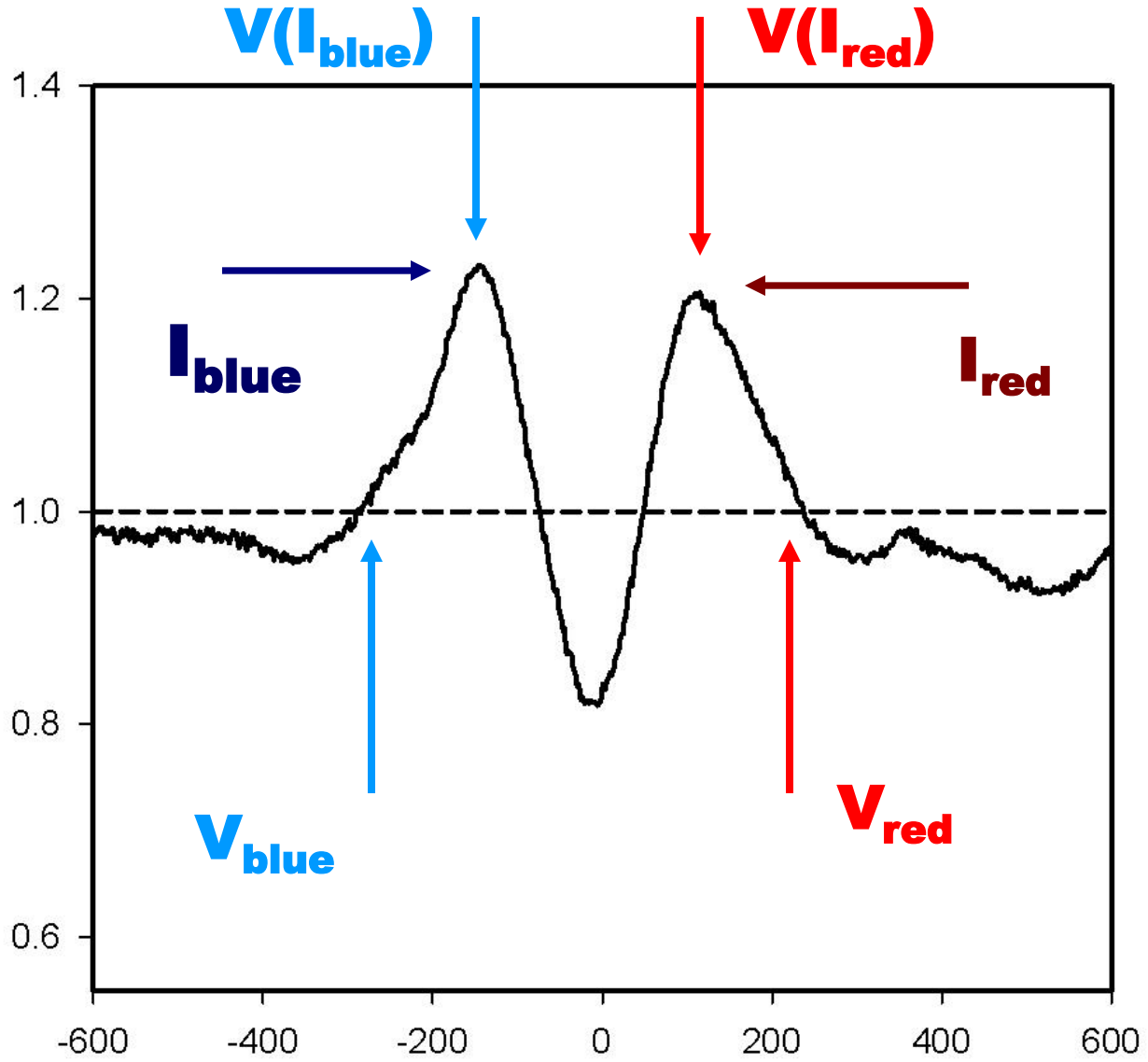


Долговременные изменения положения активных долгот как следствие дифференциального вращения и проявления flip-flop эффекта ($P_{\text{сyc}} = 16.5$ лет, $P_{\text{flip-flop}} = 5.5$ лет для AB Aur, $P_{\text{flip-flop}} = 6.5$ лет для IM Peg). Синие точки на нижней панели – главная долгота, красные – вторичная (Järvinen et al., 2005; Verdyugina et al., 2000; Алексеев и Козлова, 2015).

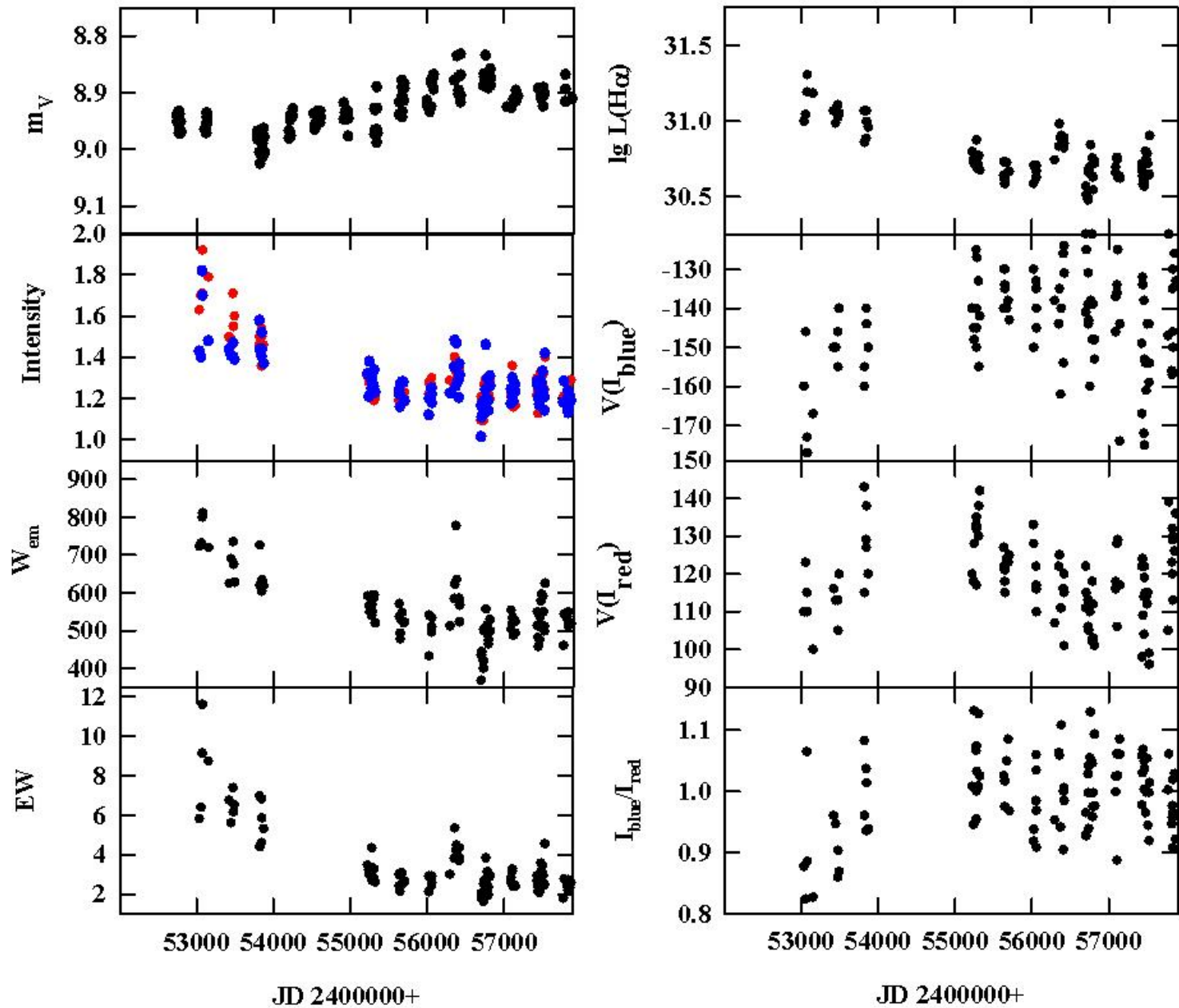
HD 10476



Циклы по одновременным спектральным и фотометрическим наблюдениям

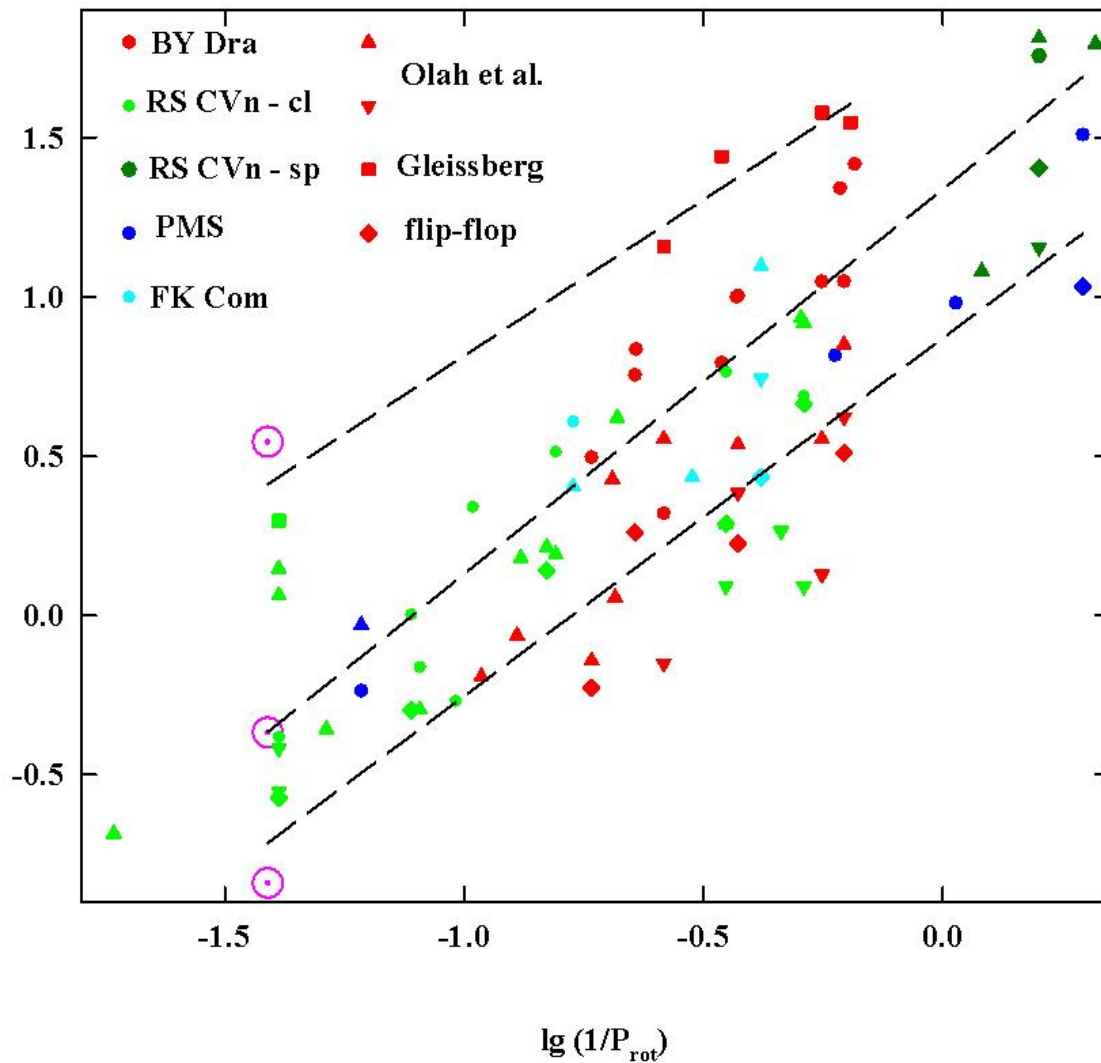


Параметры эмиссии H α для IN Com



Долговременные изменения параметров эмиссии H α для IN Com

$\lg(P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}})$



Зависимость длительности цикла активности от угловой скорости вращения звезды для разных индикаторов цикличности у звезд разных стадий эволюции.

Спасибо за внимание!

Работа И.Ю. Алексеева частично поддержана грантом РФФИ 17 – 52 - 80064
ilya-alekseev@mail.ru

