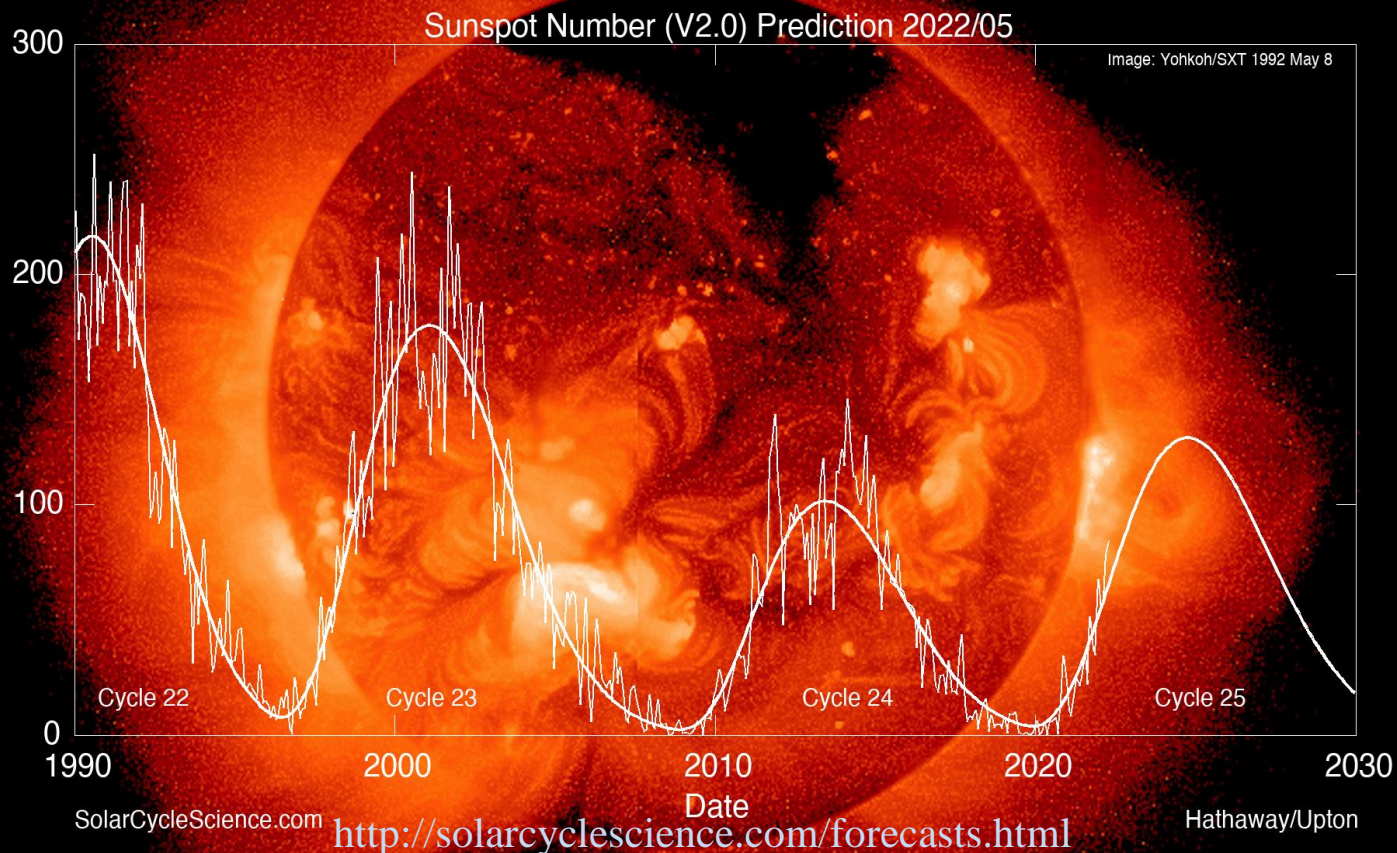


Солнечный цикл 25, фаза минимума: основные характеристики и солнечные космические лучи



Ишков В.Н., ИЗМИРАН, ishkov@izmiran.ru

Январь 2020 – июнь 2022 г. – 29 месяцев развития



***Развитие в первые 2,5 года.**

***25 СЦ: наблюдаемые проявления развития.**

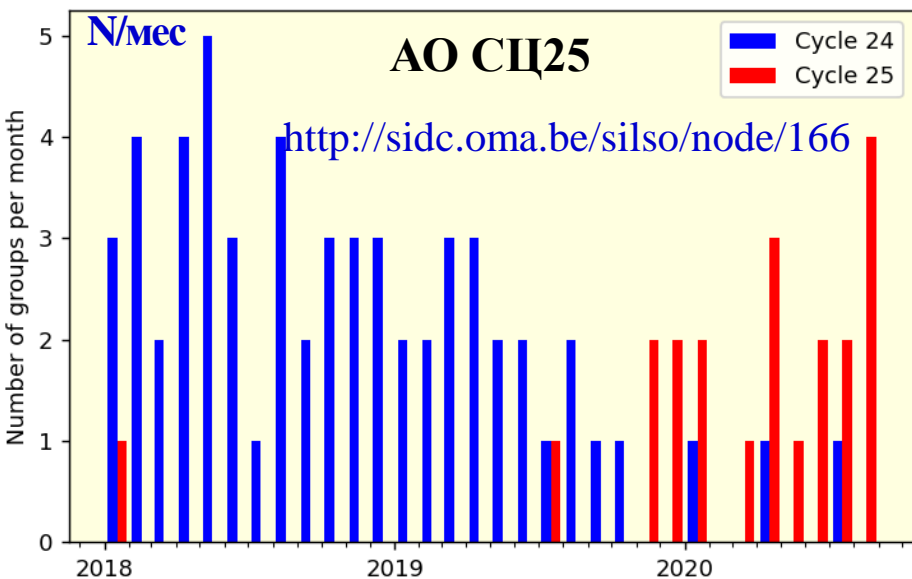
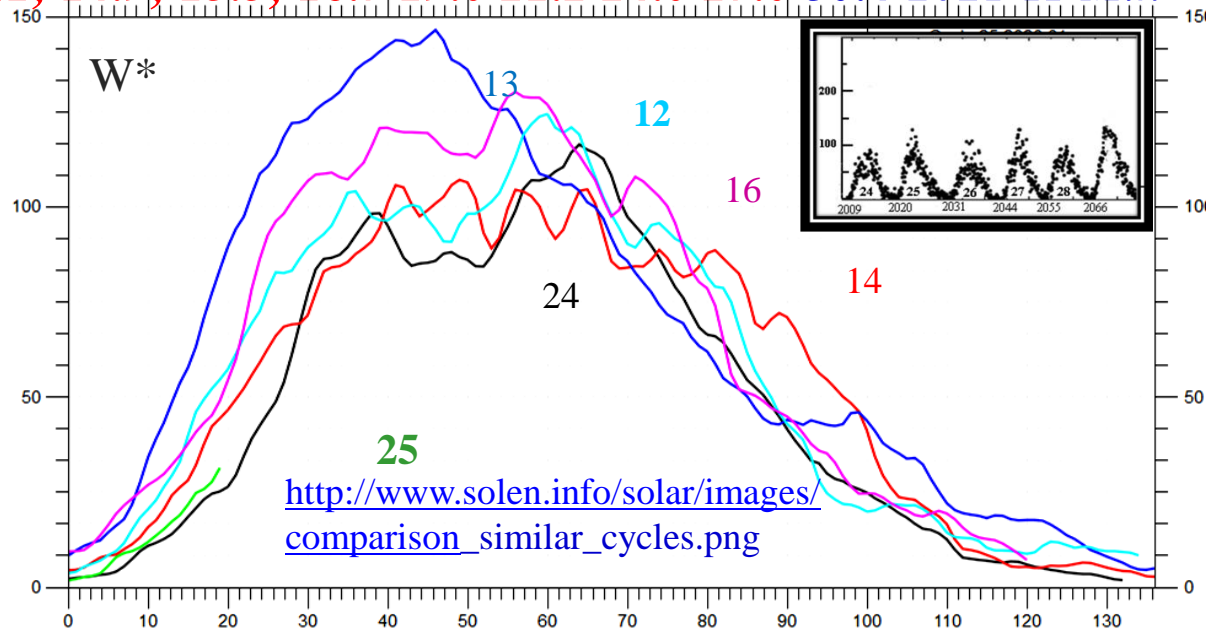
***Игра беспятенных дней**

Относительное число солнечных пятен в системе V1

Очередной 25 цикл СА начался с января 2020 г., ограничив тем самым продолжительность прошедшего СЦ 24 11 годами (132 мес).

25 СЦ На-06 20222 г.; $W^*= 1.3; 1.8; 1.8; 2.2; 3.4; 4.7; 5.3; 5.5; 6.2; 7.1; 8.2; 9.0; 10.4; 11.5; 13.1; 14.9; 15.5; 16.7; 19.0; 21.2; 24.0; 27.0; 30.4$ 2021 11 Min

*Текущий **СЦ25** начался с рекордно низких значений $W^*=1.3$ (1.8n), и за 24мес кривая его развития позволяет сделать вывод — это будет СЦ **средней** величины $W^*=100+10$.



История: АО на 1.07.2022 – 98 :
N-полушарие– 57; S-полушарие– 41

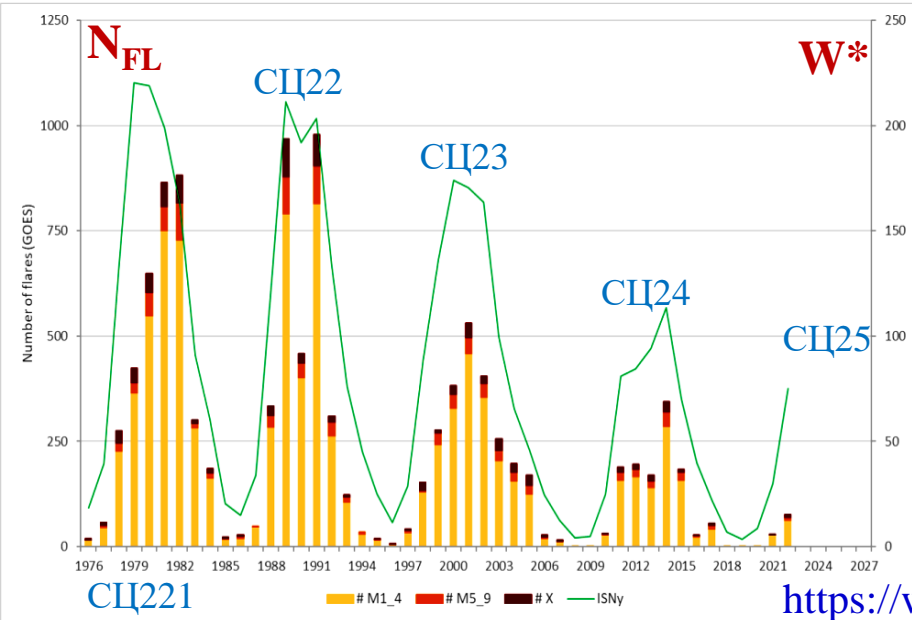
AR12786 (S16L349, CMP 30,2.11.2020 г.;
Sp= 1000 msh, FKO, BG); $C_{15} + S_{23}$

AR 12838 (N22L100, CMP 23,9.06.2021,
Sp=030 msh (W81), **XRI=1.98** $X_1^{1.5} + M_3$

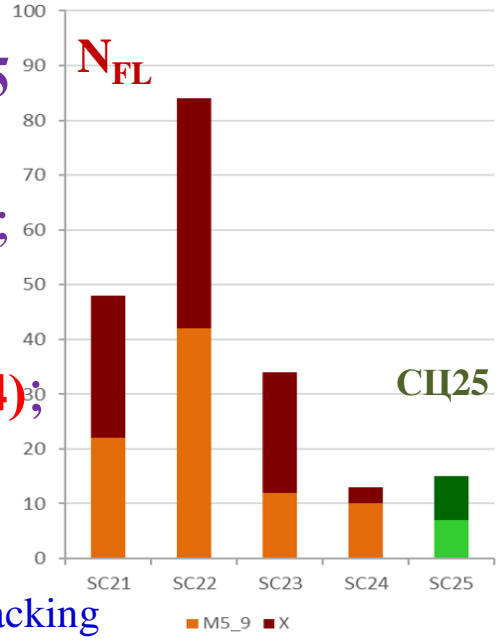
AR12929 (N08L322, CMP 14,8.01.2022,
Sp = 310 msh, DKC, BG), **XRI=0.70**, $M_2^{5.5}$
Pr >10 MeV – 22.7 pfu

AR12936 (N14L119, CMP 31,2.01.2022, DKC,
G), **XRI=0.7**; $M_2^{5.5}$

Вспышечная активность СЦ 21 - 25

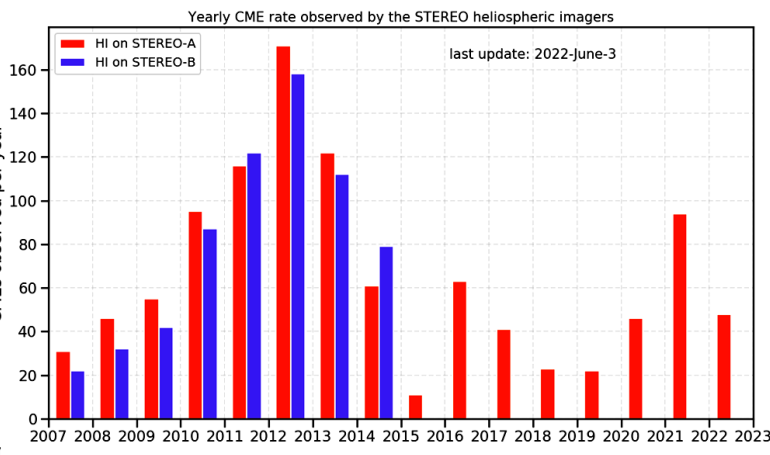
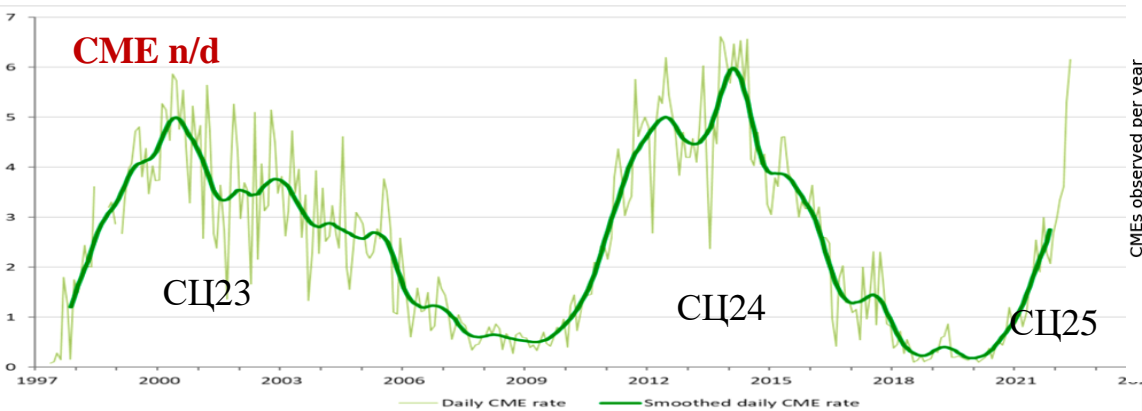


На 06. 2022, СЦ25
 произвёл
93 СВС М1–М4.9;
7–М5–М9 +
8– X (+15% от СЦ24);
 (max X2.2).



<https://www.stce.be/content/sc25-tracking>

Сглаженные суточные значения СМЕ немного ниже СЦ24 (2.76 vs 3.16). Абсолютные величины последние несколько месяцев сравнимы с максимумом предыдущих СЦ (около 6/сут)



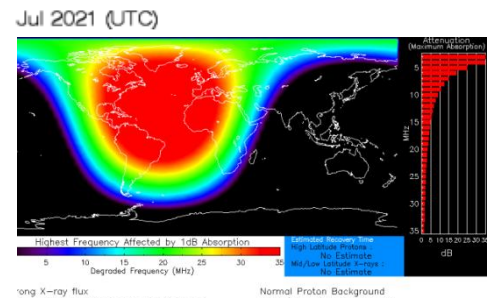
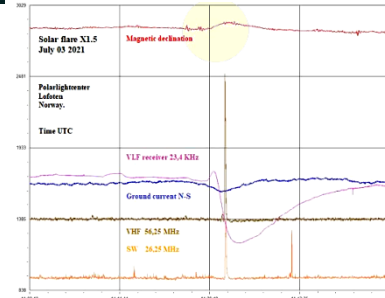
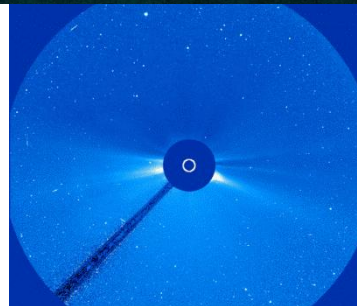
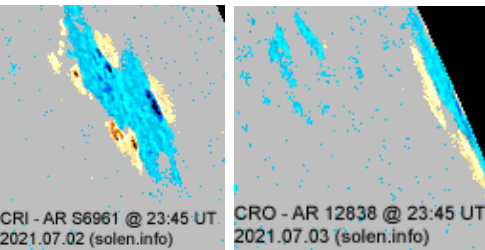
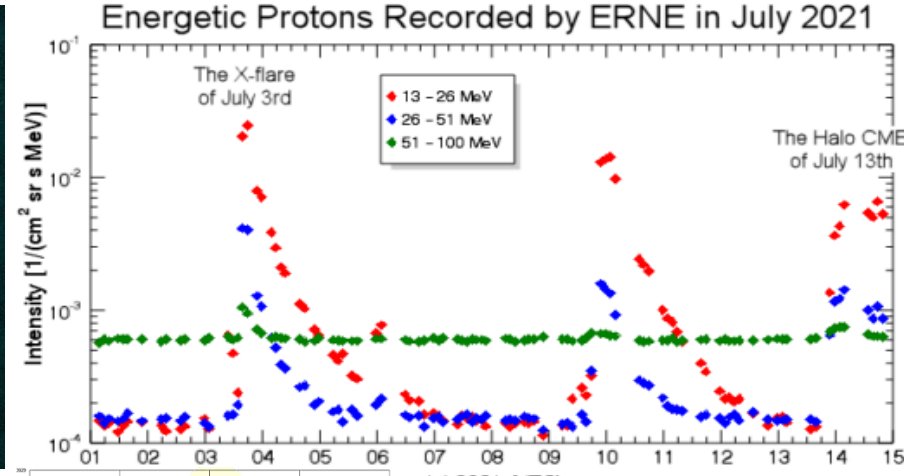
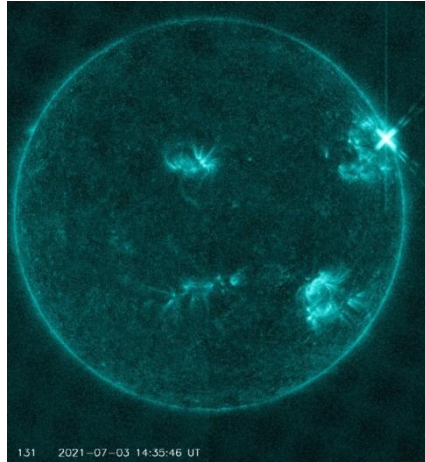
Значимые солнечные вспышечные события

http://www.wdcb.ru/stp/data/Solar_Flare_Events/Fl_XXV.pdf

20201129 1234 1311 1341 M4.4/.094 s23e90L252 12790 II/2 1326/2077/H/159 F/1240/12-25 Pr
 20210507 1843 1919 1904 M3.9/1N.045 N17E78L335 12822 II/3 1924/0754/114/067 F/1858/12-25
 20210703 0704 0722 0727 M2.7/SF .012 N23W78L100 12838 0736/0426/067/261
 20210703 1418 1434 1447 X1.5/SN .046 N23W82L100 12838 II/1 1448/0455/069/254 F/1426/12-25
 20210828 0539 0623 0936 M4.7/1N .054 S27W01L002 12860 II/1 IV/1 0636/0174/205/177 F2/0553/12-25
 20210923 0427 0442 0527 1N/M2.8 .018 S27E21L353 12871 II/2 IV/1 0548/0568/022/184c F/0436/12-25
 20211009 0619 0638 >0722 M1.6/2B .015 N17E09L180 12882 II/3 Pr
 20211028 1019 1037 >1111 M2.2/1F .013 S30W02L274 12887 1036/0558/010/274c F/1024/12-25
 20211028 1517 1548 1641 X1.0/2N .091 S26W05L274 12887 II/3IV/2 1548/1008/360/189c F2/1601/>100 GLE
 20211109 1547 1702 1737 M2.0/ .057 N19W89L212 12891 II/1 1648/0946/074/284c F/1633/12-25 Pr
 20220120 0541 0612 0601 M5.5/1F .043 N08W76L322 12929 II/2 IV/1 0612/0758/110/274c F/0547/12-25

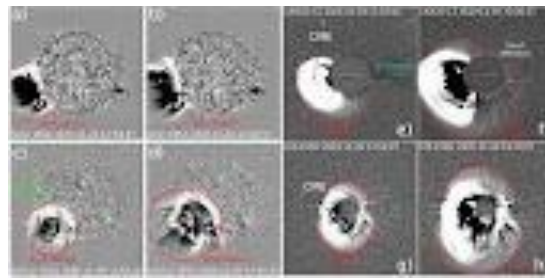
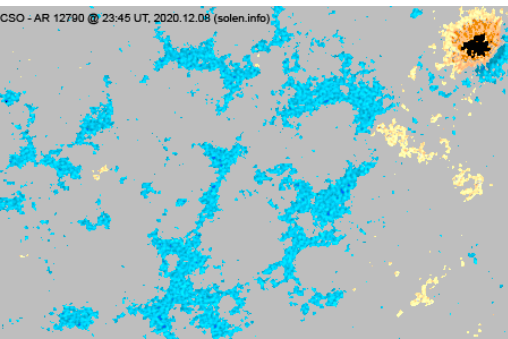
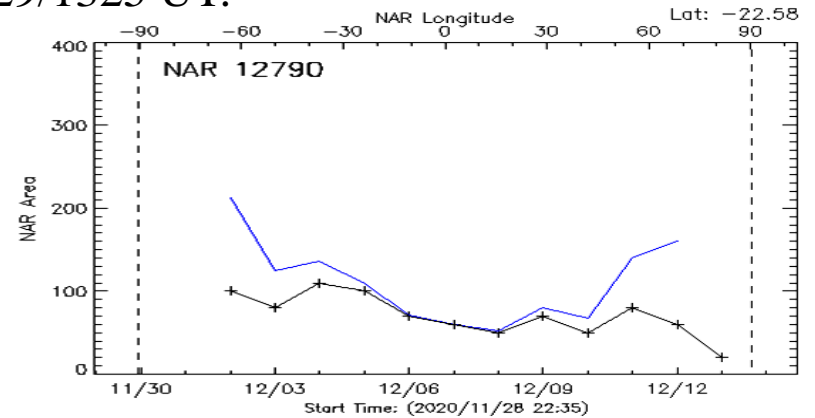
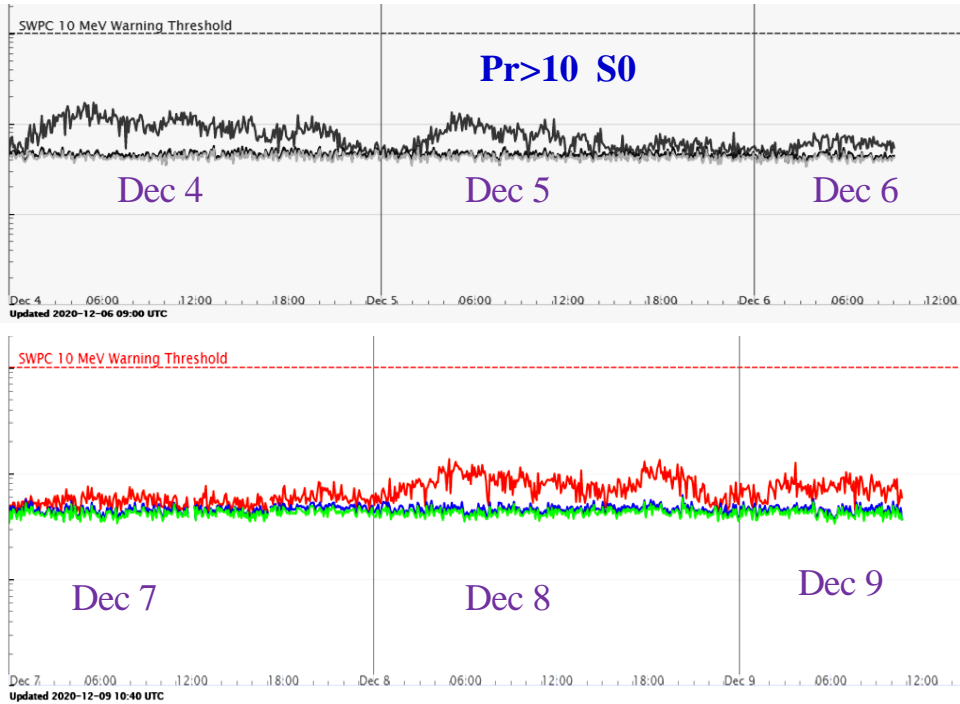
AR 12838: вспышечная и протонная активность за W-лимбом

AR 12838 (N22L100, CMP 23,9.06.2021, Sp=030 msh (W81), XRI=1.98 $X_1^{1.5}+M_3+C_4$ PRF 03.07: $10^h - X_1^{1.5}+M_2$



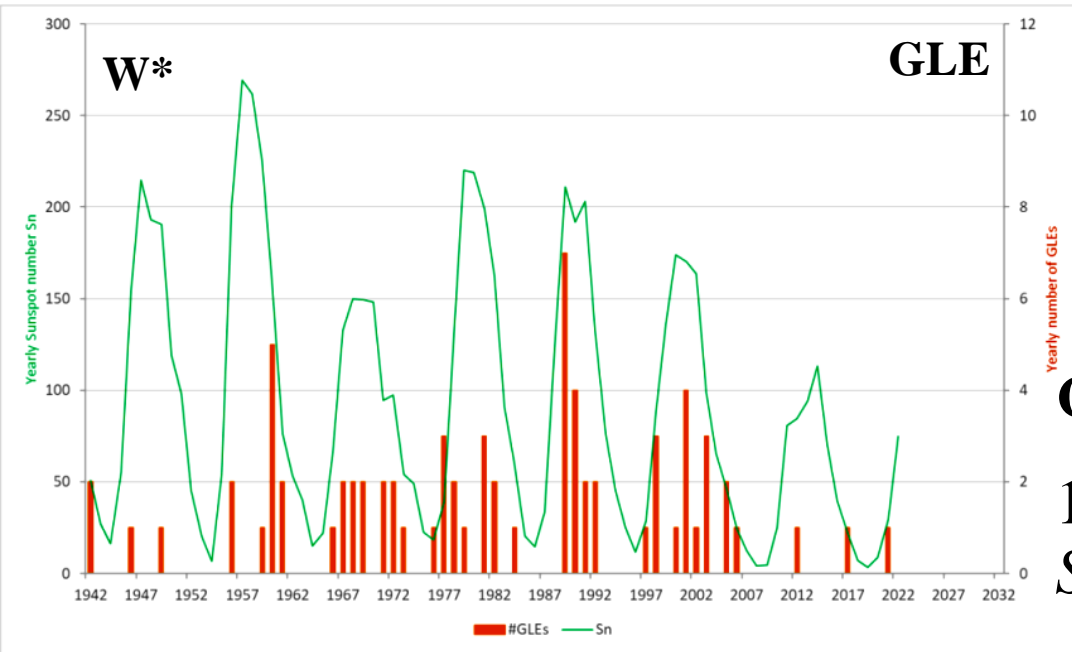
Первое СПС СЦ25: >10 MeV Pr-flux
 reached a peak of 6.5 pfu at 01/0655 UTC
 Источник: 20201129 1234 1311 1341 M4.4 0.094
 П/2 AR12790 (1.5° за E_L). > Dec 9

The largest event was an **M4.4** X-ray flare from a AO just around the SE limb. Associated with the flare was a **Type II/765 km/s**, a **10 cm-240 sfu** and a CME, first observed in SOHO/LASCO at 29/1325 UT.



AR12790 S22L252, CMP 06,9.12.2020,
S_pmax=110 msh, HXX, B)
XRI=0.44; M₁^{4.4}+C₇

СПС СЦ25 (2.5 года):

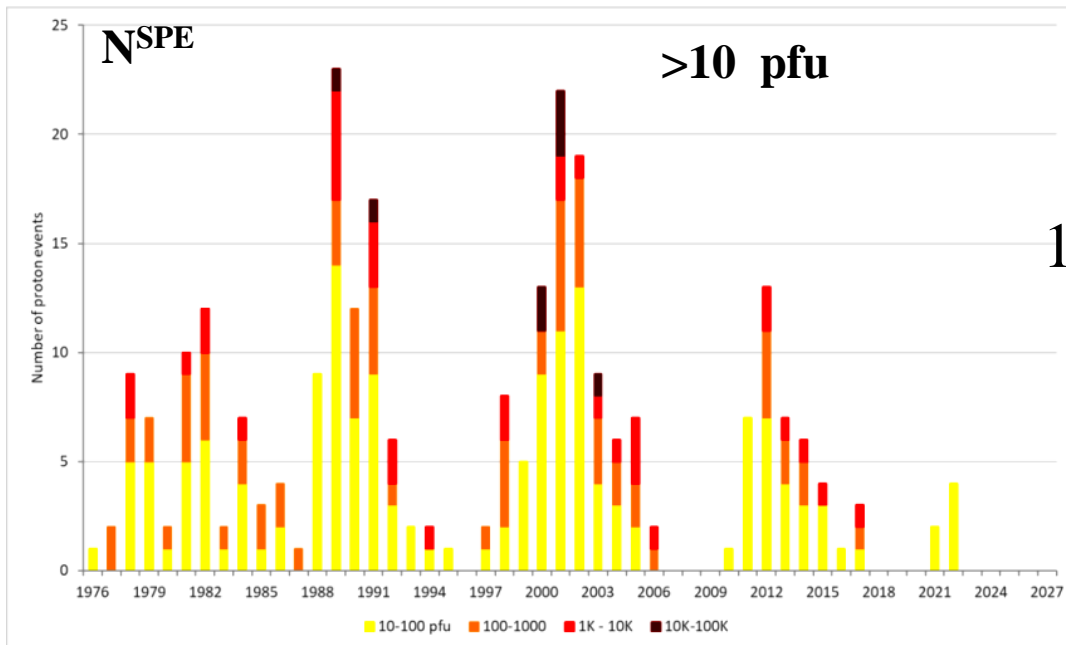


GOES измерения СПС (>10 pfu) с **1976**.

1-ое СПС—29.05.2021—15 pfu.

S1 – 6 СПС, (малые).

GLE от СВС класса X1.0 28.10.2021;

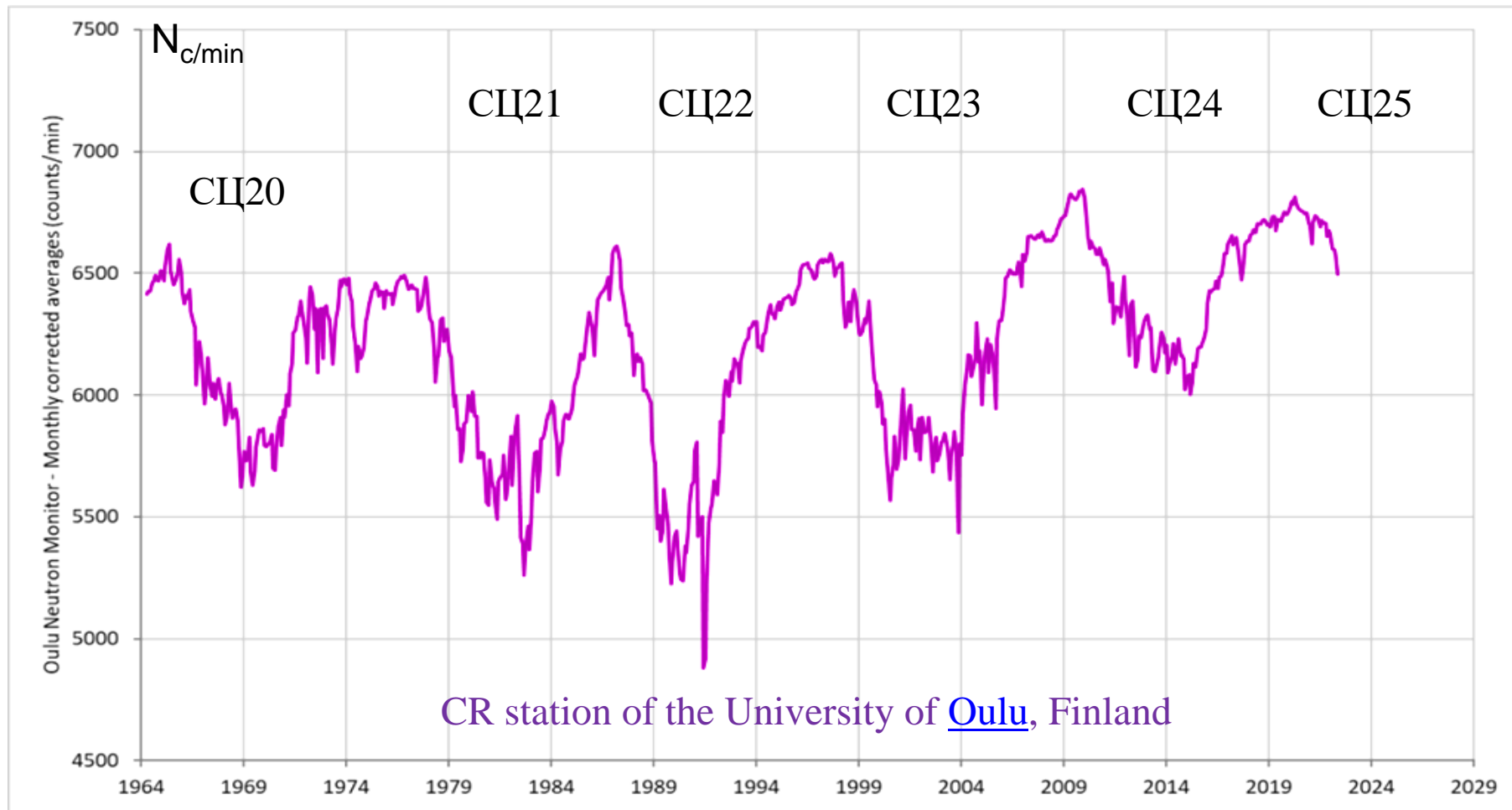


>1 pfu

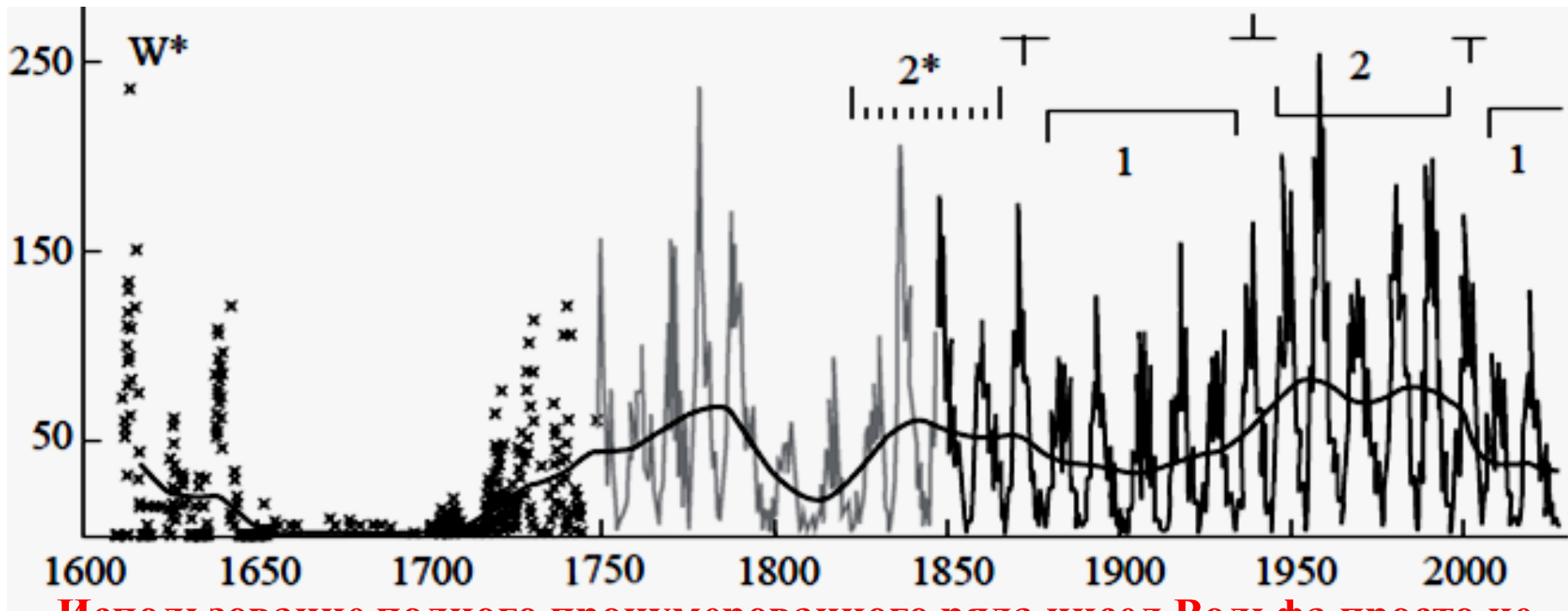
1-ое СПС—29.11.2020 —6.5 pfu
S0—11 СПС

Уровень ГКЛ за последние за СЦ 20-25

Изменение (несглаженного) месячного количества нейтронов ($N_{c/min}$) с поправкой на давление и эффективность).

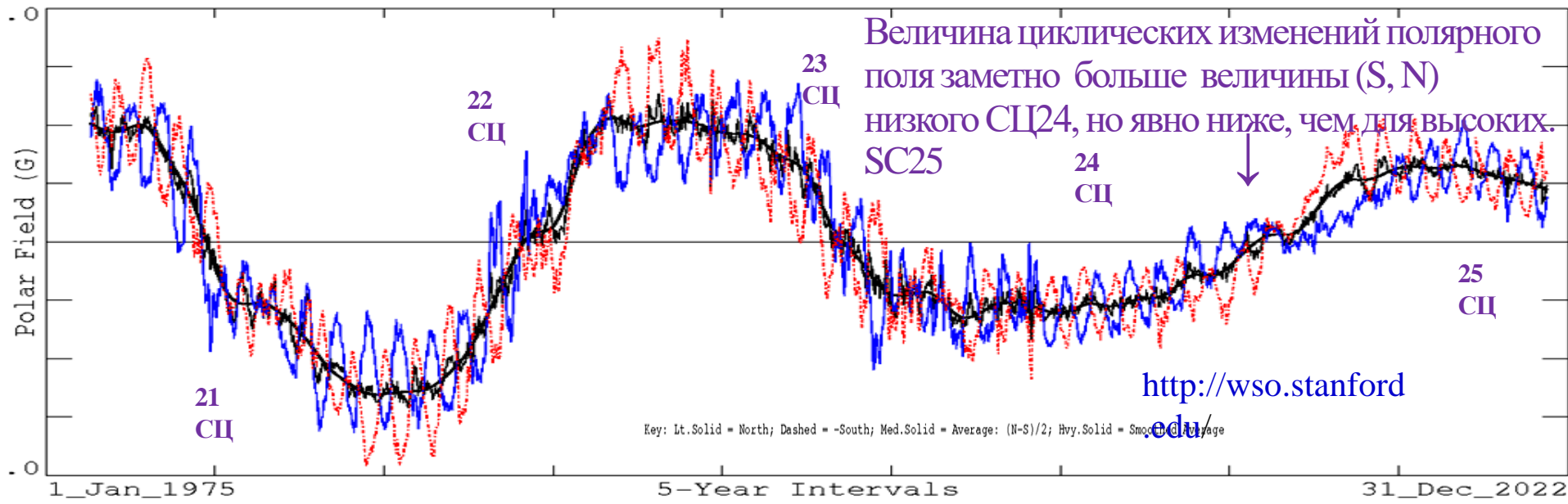
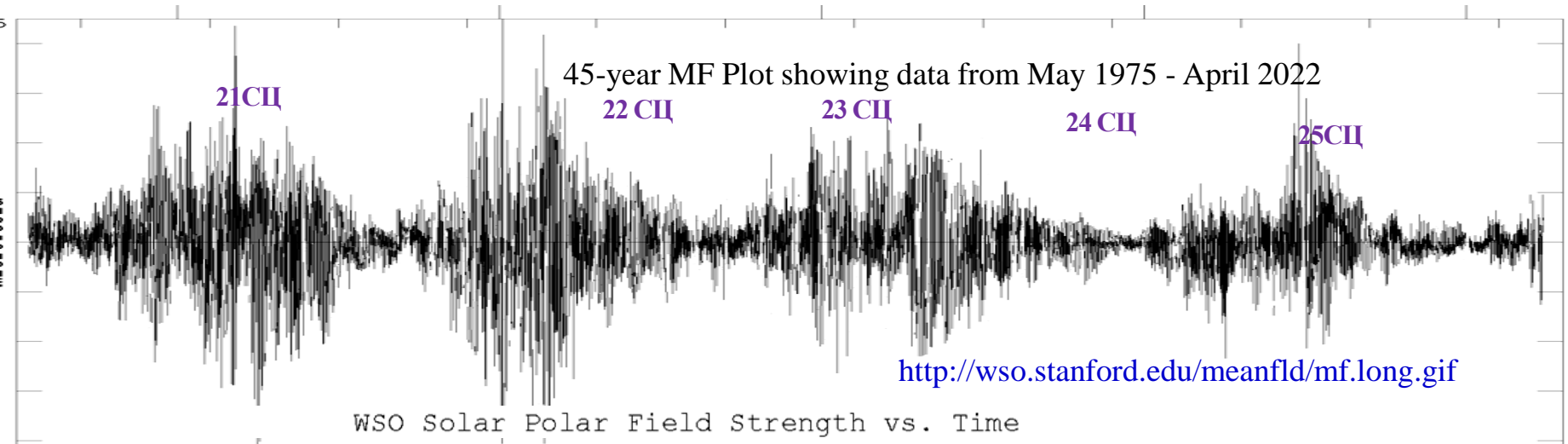


1. На достоверном ряде солнечных пятен (с 1849 г.) сценарий цикличности СА подразумевает периодическую смену эпох повышенной (СЦ→**6–10** и **18–22**) и пониженной (СЦ **12–16** и **24, 25→28**) СА. Между этими эпохами наблюдаются **переходные СЦ (11, 23 и 17)** – периоды, во время которых меняется режим генерации магнитных полей в пятнообразовательной зоне Солнца. Начиная с **24** цикла, СА вышла в стационарный режим эпохи пониженной СА: чередования низких и средних циклов аналогичных временному интервалу **СЦ12–16** – первой эпохи пониженной СА, т.е. СА вошла во **вторую эпоху пониженной СА**.



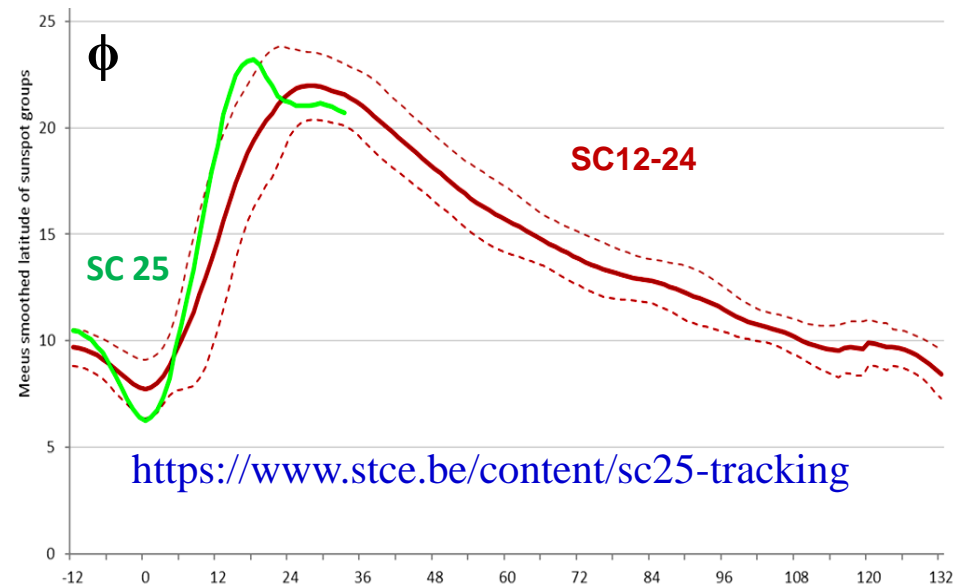
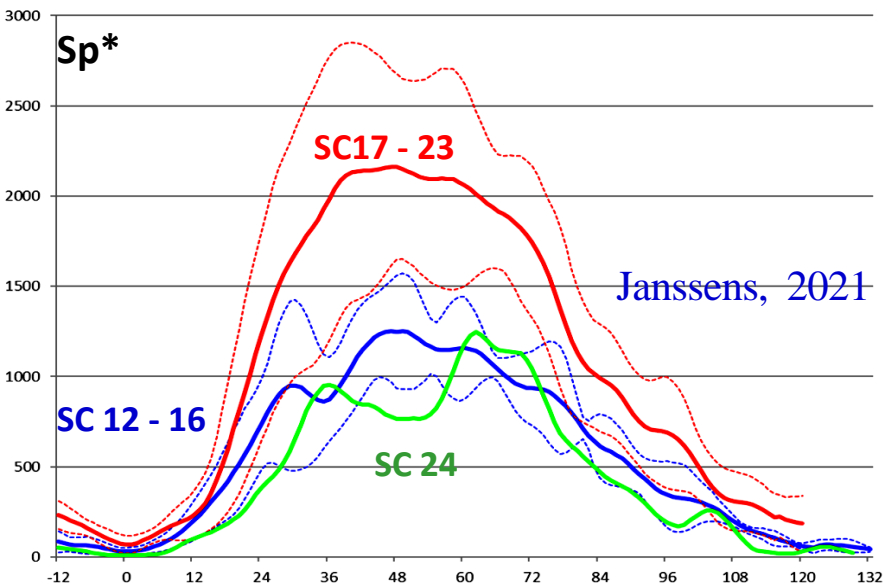
Использование полного пронумерованного ряда чисел Вольфа просто не допустимо для научных исследований.

1. Данный сценарий СА, как показало развитие СЦ 22–24 определяется регулярной сменой фоновых значений общего магнитного поля Солнца в переходные периоды (СЦ 11, 17, 23).



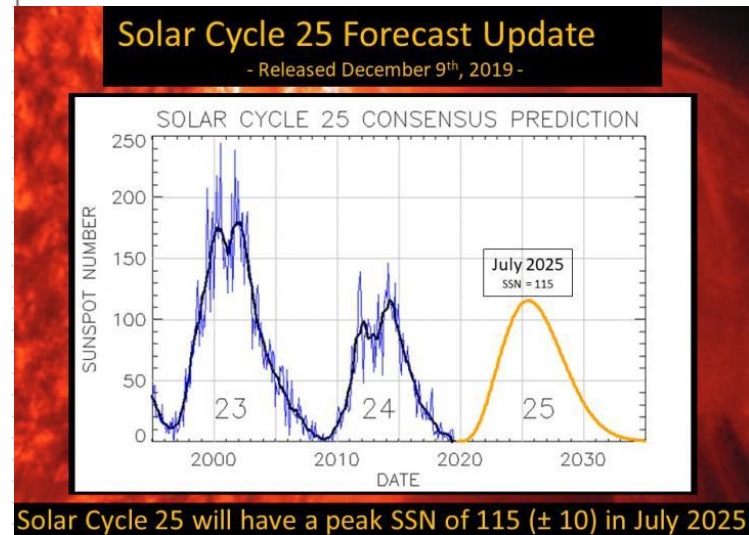
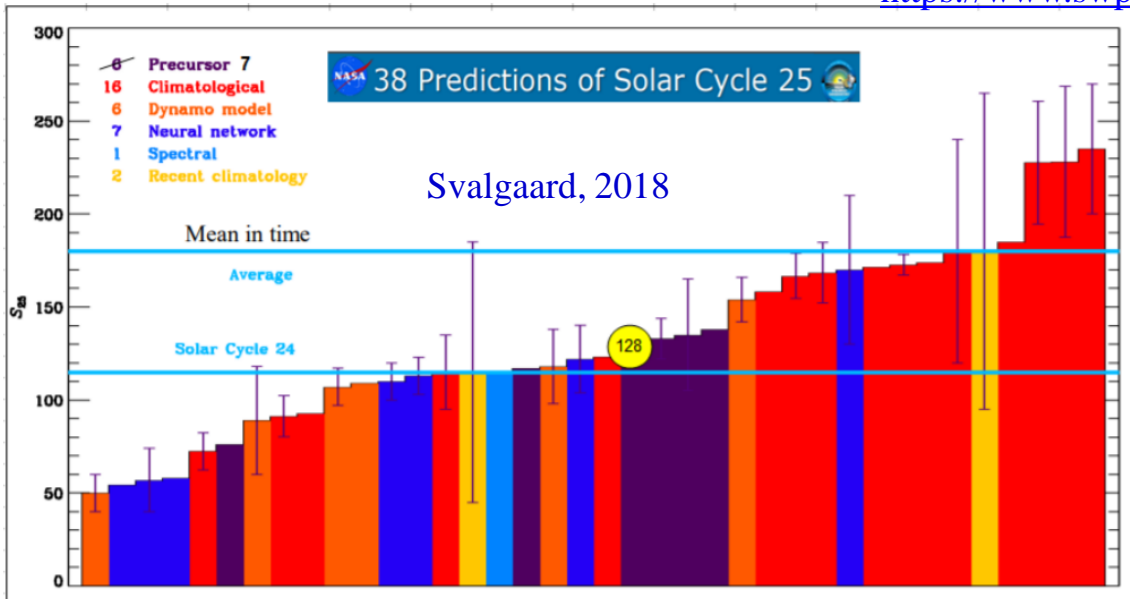
Основные особенности эпох пониженной СА:

- запрет на высокие СЦ; – **непрерывное выполнение основных наблюдательных правил**, в том числе Гневышева-Оля → т.е. текущий **25 СЦ** должен быть **средней величины**; – число беспятенных дней намного больше, чем в эпохи повышенной СА;
- **понижение фонового уровня общего МП Солнца** значительно уменьшило величину МП, количество и наблюдаемые характеристики всех солнечных активных явлений и привело к значительному уменьшению количества, мощности и характеристик вспышечных явлений и привело к практически полному отсутствию очень больших и экстремальных событий.



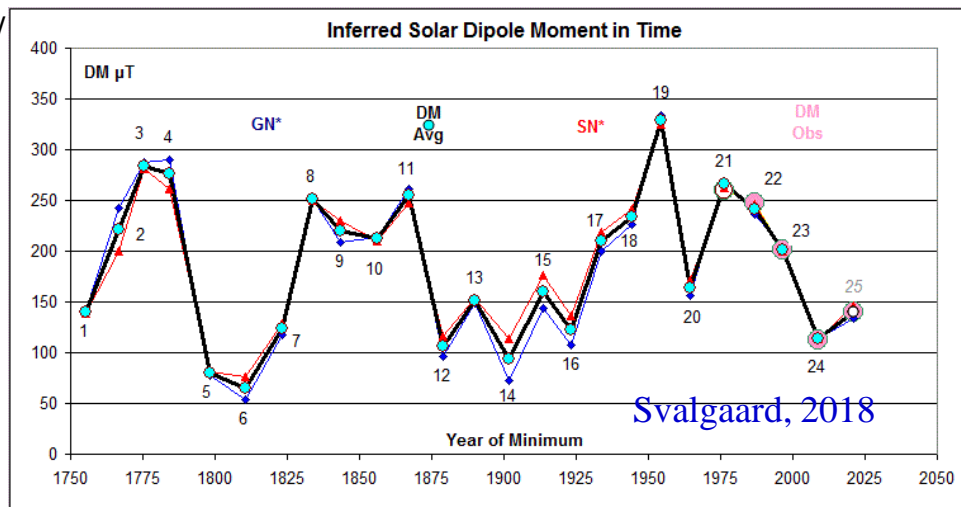
Прогнозы СЦ25:

<https://www.swpc.noaa.gov/news/solar-cycle-25-forecast-update>



Solar Cycle 25 will have a peak SSN of 115 (± 10) in July 2025

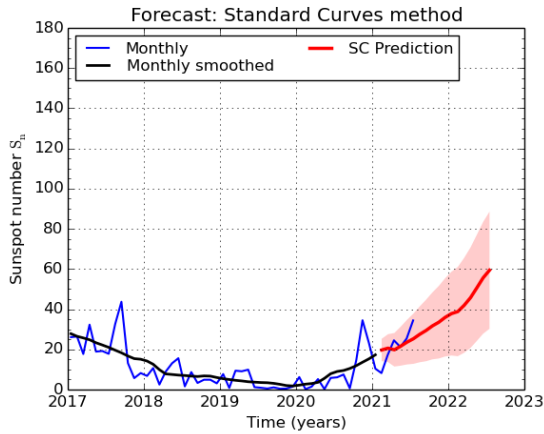
<https://www.leif.org/research/>



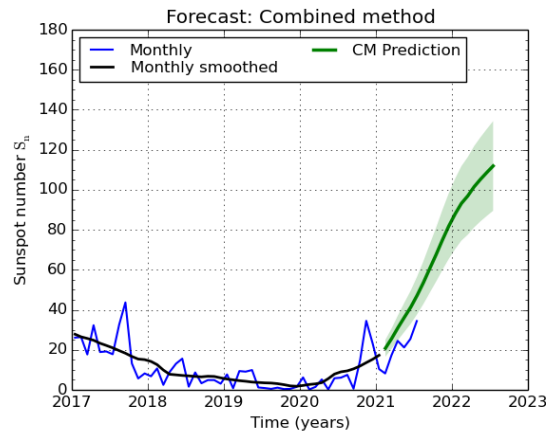
SC25 will be somewhere **between SC24** and **SC20**, provided the Polar Field Precursor Relationship holds.

Прогнозы СЦ25: SIDS, NOAA

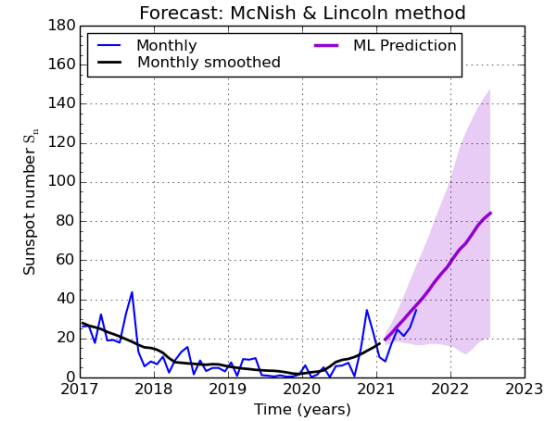
<http://sidc.oma.be/silso/>



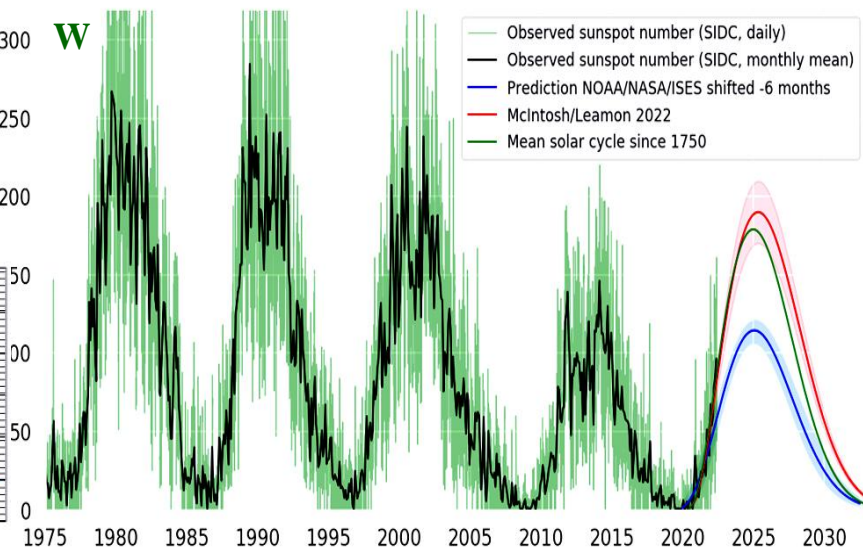
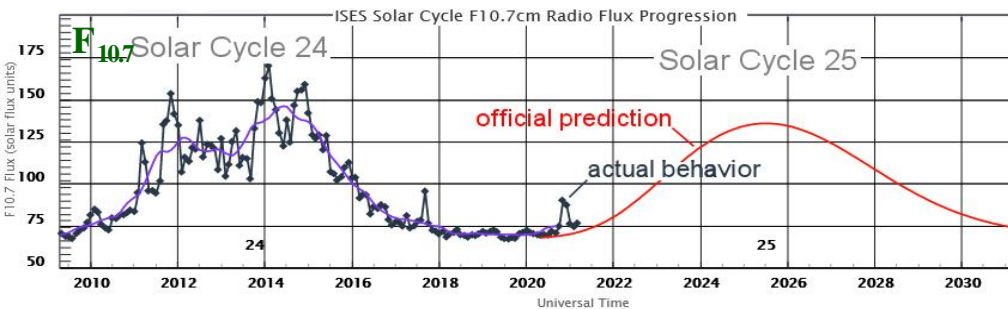
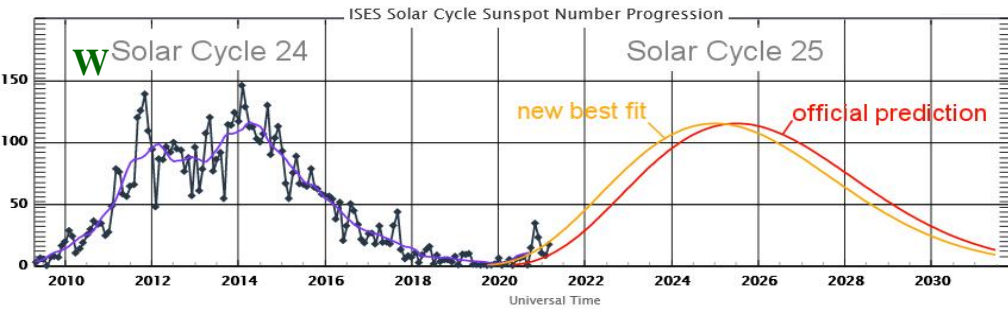
SILSO graphics (<http://sidc.be/silso/>) Royal Observatory of Belgium 2021 August 1



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso/>) Royal Observatory of Belgium 2021 August 1



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso/>) Royal Observatory of Belgium 2021 August



<https://helioforecast.space/solarcycle>

Итак, 2.5 лет развития текущего СЦ25, начавшегося с самого низкого значения $W^*_{\min}=1.3$ (1.8n) для достоверных СЦ, подтвердил, что ход его развития соответствует х-кам средних СЦ ($W^*_{\max} \sim 105 \pm 15$), как и следовало ожидать по правилу Гневывшева-Оля и по величине циклических изменений полярного поля. В Таблице приводятся характеристики всех достоверных циклов средней величины всех эпох.

1.2. СЦ средней величины достоверного ряды											
N	T₀	W*_m	T_M	T_e	W*_M	T_Y↑	T_Y↓	T_Y	T1_m	T2_m	Sp_{less}
10	1855 12	3.2	1860 02	1867 02	97.9	4.2	7.2	11.4	38^m	34^m	402
13	1890 03	5.0	1894 01	1901 02	87.9	4.5	8.2	12.1	59^m	77^m	937
15	1913 08	1.5	1917 08	1923 07	105.4	4.0	6.1	10.1	59^m	48^m	526
25	2020 01	1.8									
20	1964X	9.6	1968 XI	1976 VI	110.6	4.1	7.8	11.8	38^m	69^m	269
17	1933 09	3.4	1937 04	1944 01	119.2	3.6	6.9	10.5	54^m	33^m	262
23	1996 06	8.0	2000 04	2008 12	120.7	3.8	8.9	12.7	40^m	68^m	821
Σ		5.1			107	4.0	7.5	11.4	48^m	54.8^m	429

К таблице: 10, 20 – эпохи повышенной СА; 17, 23 – переходные; 13, 15, 25 – эпохи пониженной СА

Аргумент против длительного СЦ25:

*В XX веке все СЦ, кроме СЦ 20 (средней величины), были < 11 лет:

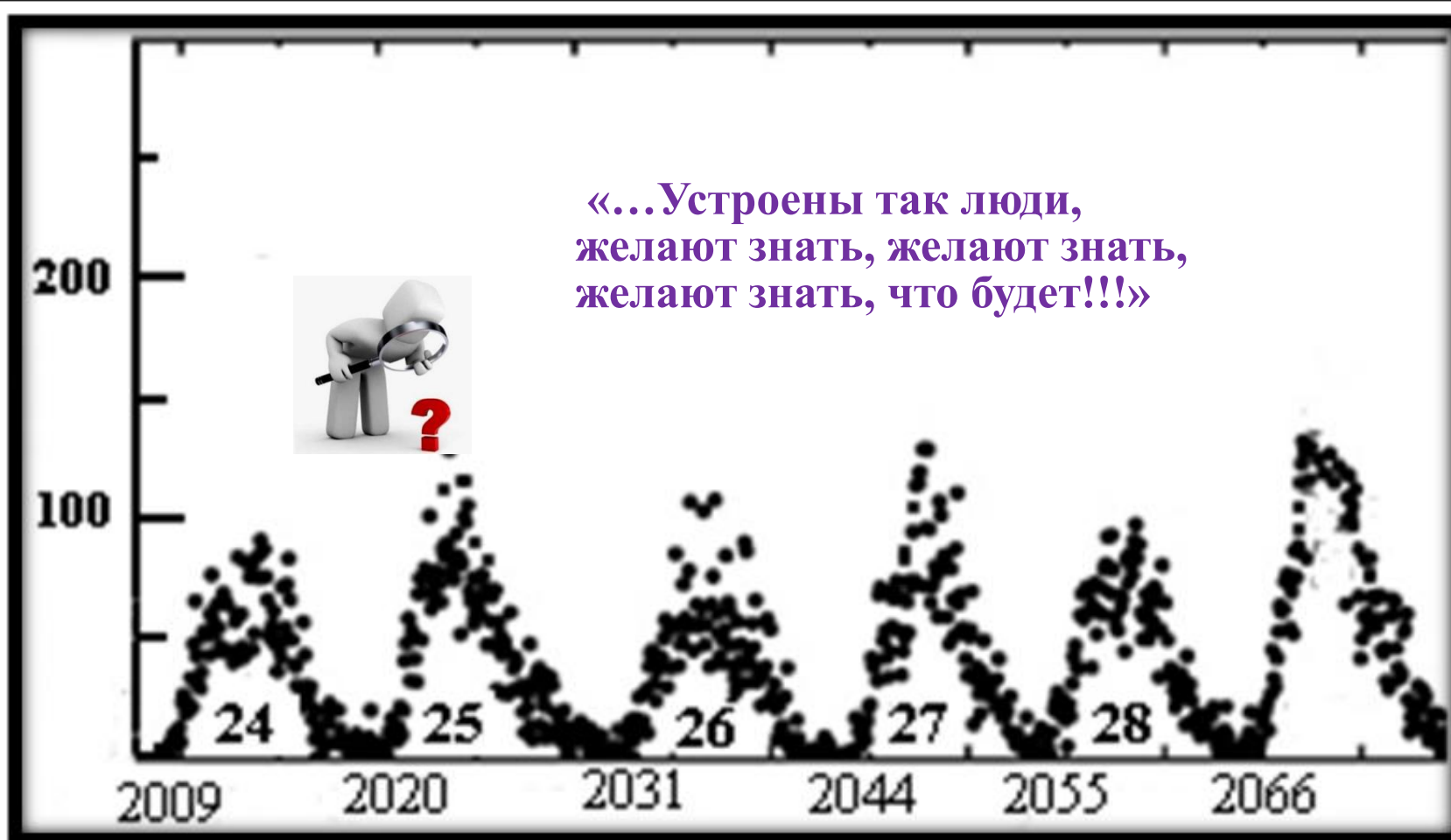
N	T ₀	W* _m	T _M	T _e	W* _M	T _Y ↑	T _Y ↓	T _Y	T1 _m	T2 _m	Sp _{less}	V2
1.1. The SCs of the reliable lowered epoch of SA												
15	1913 08	1.5	1917 08	1923 07	105.4	4.0	6.1	10.1	59 ^m	48 ^m	526	15 10.0
16	1923 08	5.6	1928 04	1933 08	78.1	4.7	5.6	10.3	48 ^m	54 ^m	666	16 10.2
1.2. The SCs of the reliable transitional periods of SA												
17	1933 09	3.4	1937 04	1944 01	119.2	3.6	6.9	10.5	54 ^m	33 ^m	262	17 10.4
1.3. The SCs of the reliable increased epoch of SA												
18	1944 02	7.7	1947 05	1954 03	151.8	3.2	7.0	10.2	33 ^m	33 ^m	444	18 10.1
19	1954 04	3.4	1958 03	1964 09	201.3	3.9	6.5	10.4	33 ^m	38 ^m	221	19 10.6
21	1976 07	12.2	1979 12	1986 08	164.5	3.5	6.8	10.2	69 ^m	33 ^m	273	21 10.3
22	1986 09	12.3	1989 07	1996 05	158.1	2.9	6.7	9.6	33 ^m	40 ^m	308	22 9.7
												Σ 10.2



Длительность СЦ в 20 веке (кроме СЦ20 – цикла средней величины, единственного во 2 эпоху повышенной СА) составляла в среднем 10.2 г.



Спасибо за внимание!!!



Вторая эпоха пониженной СА (прогноз)