

ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ПОТОКОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА И ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ СПИРАЛИ ММП ВБЛИЗИ ОРБИТЫ ЗЕМЛИ В ПЕРИОД ЦИКЛОВ 20-24

*Тамара Кузнецова,
Алексей Лаптухов*

IZMIRAN

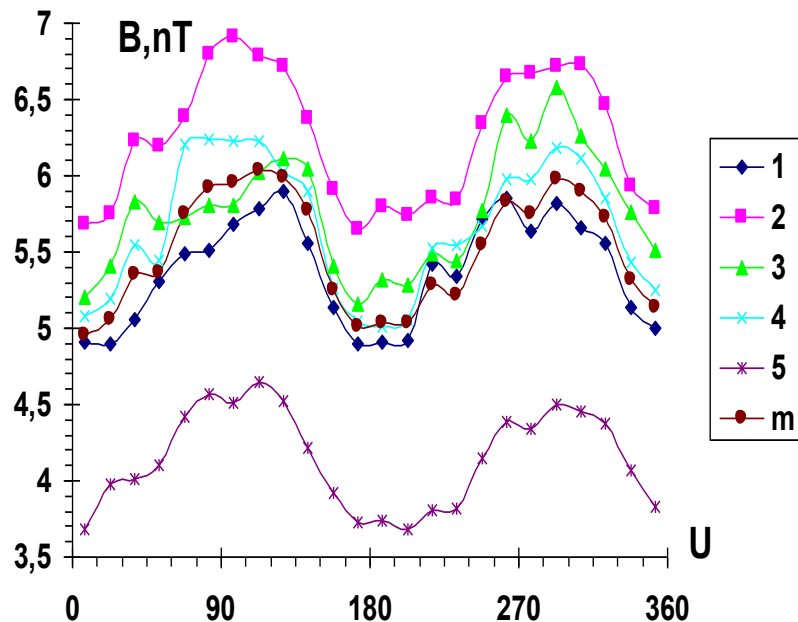
Лаборатория магнитных космических исследований

Россия

Обоснование и цели исследования

- Потоки СВ формируют спираль ММП с различными долготными углами U , что соответствует восточно-западной компоненте V_y (GSE) - играет важную роль в пересоединении на магнитопаузе и развитии ГА.
- Цель - найти зависимость параметров солнечного ветра (ММП V , V , N , $E=[V \times V]$, вектора Пойтинга $P=[E \times V]$) от угла U для циклов 20-24. Подход позволяет описать развитие квазистационарных потоков на протяжении 4 циклов, а в четных-нечетных циклах - выявить влияние 22-л магнитного цикла. Особое внимание будет уделено параметрам потоков и их эффектам в ГА в 23 и 24 циклах.
- При большой ГА на годовой вариации K_p , Dst , аа наряду с пиками в равноденствия есть дополнительные при $V_y > 0$ (Kuznetsova et al, 2011). Практическая цель: описать потоки при $V_y > 0$ для объяснения этих пиков.
- Используется база данных ММП V , V , N , T , измеренных на ~ 1 а.е. вблизи плоскости эклиптики в 1963-2013 гг.

Зависимость ММП от угла спирали для циклов 20-24

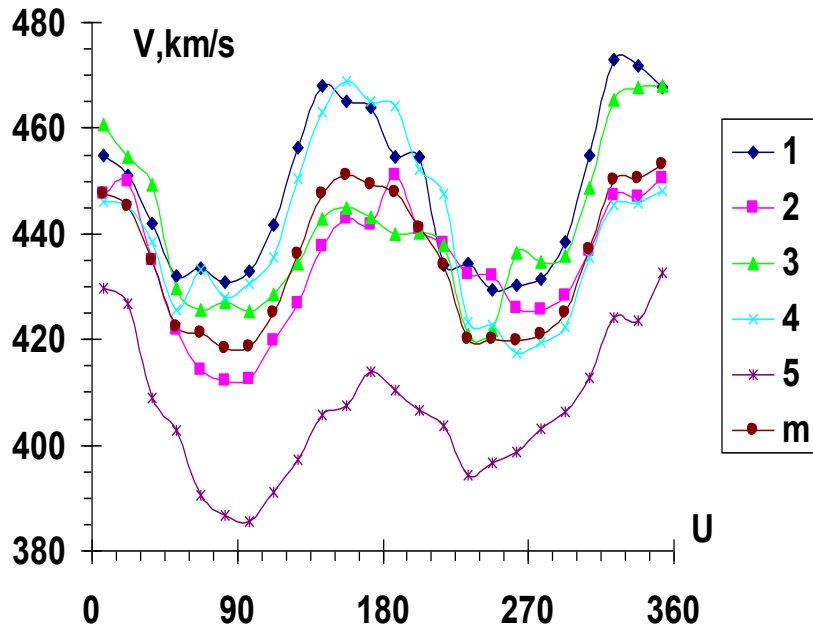


The IMF vector value vs longitude angle $U = 0-360^\circ$ (GSE) for solar cycles N20-24. Symbols in column mark $B(U)$ for cycles: **1-N20**; **2-N21**; **3-N22**; **4-N23**, **5-N24**; **m** – mean $B(U)$ for all data (1964-2013).

N20- $W_m=111$. **N21**- $W=164$. **N22**- $W=158$. **N23**- $W=121$

- Максимумы B у средней кривой (m) при $U \sim 135$ и $U \sim 315$ гр.-спираль Паркера. Абсолютный максимум B в самом большом цикле 21 ($W_m=164$)
- Чем больше W_m , тем больше B ($B_y < 0$), но при $U = 75-135^\circ$ ($B_y > 0$) B в нечетных (21, 23) больше, чем в четных (20, 22)
- **$B(U)$ для цикла 23** (и 21) больше, чем $B(U)$ для средней кривой m
- **$B(U)$ для цикла 24** меньше, чем B для других циклов, что указывает на длиннопериодические изменения B

Зависимость скорости солнечного ветра от долготного угла спирали для циклов 20-24



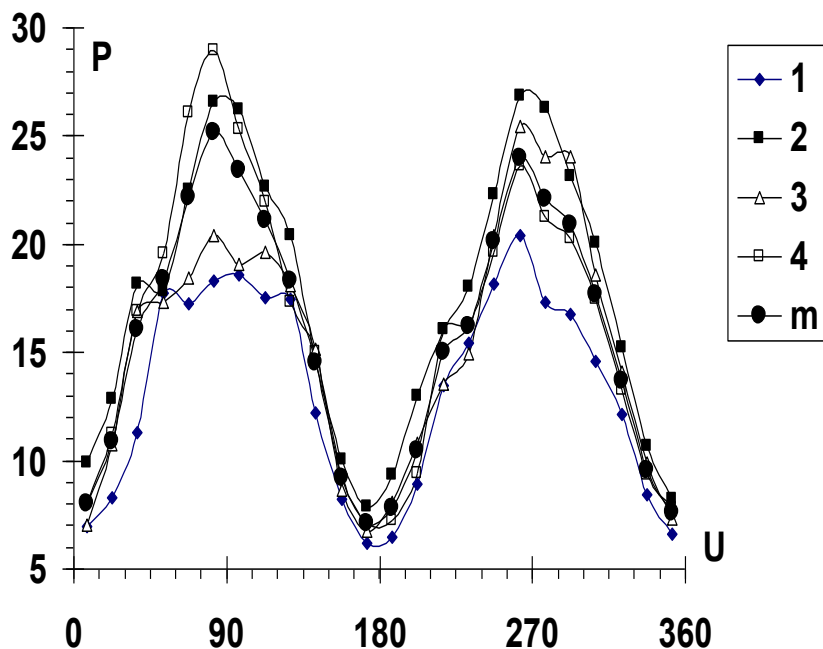
Solar wind velocity value V vs. longitude angle $U = 0-360^\circ$ (GSE) for solar cycles N20-24. Symbols in column mark $V(U)$ for cycles: **1-N20**; **2-N21**; **3-N22**; **4-N23**, **5-N24**; **m** – mean curve (data 1964-2013).

N20- $W_m=111$. **N21**- $W=164$. **N22**- $W=158$. **N23**- $W=121$

Средний максимум V при $U \sim 350$ и $U \sim 160$ гр. Абсолютный максимум V у самого малого цикла 20 ($W_m=111$)

- Чем больше W_m , тем меньше V при $V_y > 0$, $U = 45-135^\circ$: самые малые циклы 20,23 имеют максимальные V
- V больше у четных 20,22, чем у нечетных 21,23 при $V_y < 0$, $U = 260-350^\circ$
- **$V(U)$ в N23 имеет самый большой максимум при $V_y > 0$, $U = 160^\circ$ (с N20)**
- **$V(U)$ в N24 меньше, чем в других. Но V растет при $V_y < 0$, $U \sim 350^\circ$, как в N22**

Зависимость вектора Пойтинга солнечного ветра от долготного угла спирали ММП



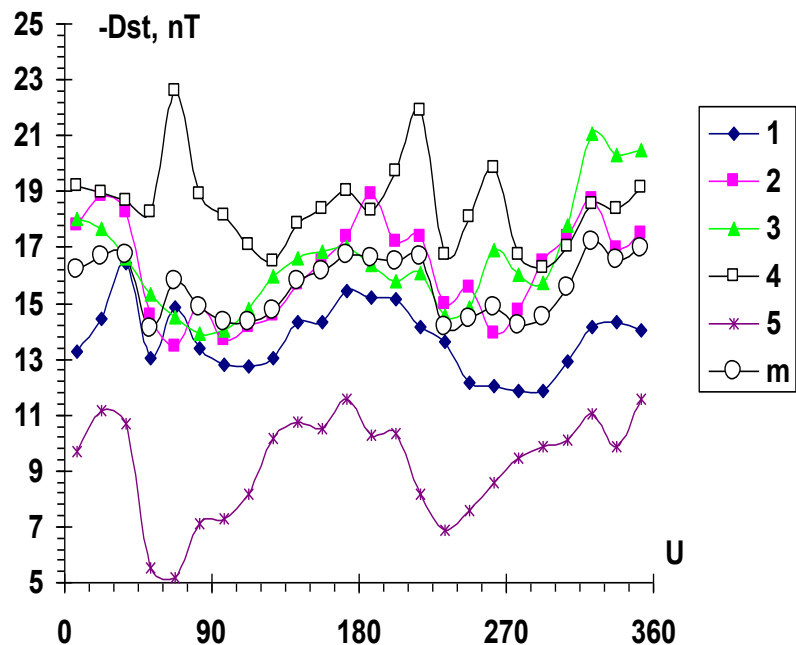
Poyting vector module vs. longitude angle $U = 0-360^\circ$ for solar cycles N20-23. Symbols in column mark $P(U)$ for cycles: 1- N20; 2-N21; 3 -N22,; 4 - N23, 5-N24; m – mean curve (data 1964-2013).

N20- $W_m=111$. N21- $W=164$. N22- $W=158$. N23- $W=121$

- Вектор Пойтинга плотности э/м энергии $P = [E \times B]$
- Максимумы P у всех циклов при $U \sim 80^\circ (B_y > 0)$ and $U \sim 260^\circ (B_y < 0)$
- Максимумы P при $B_y > 0$ больше в нечетных циклах 23,21, чем в четных. Максимумы P для $B_y < 0$ коррелируют с W_m циклов
- **P в 23 цикле имел абсолютный максимум среди 20-23 циклов!!!** Тот же вывод для E.

Связана ли абсолютный P низкого 23 цикла ($W_m=121$) при $B_y > 0$ с абсолютным максимумом Dst в 23 цикле ?

Связь Dst-индекса с долготным углом спирали для циклов 20-24

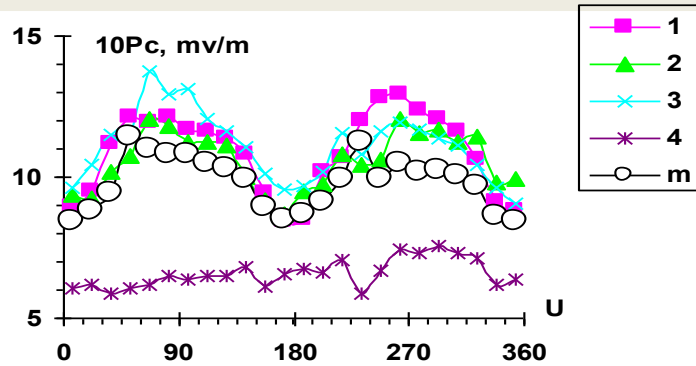


Dst –index vs. longitude angle $U=0-360^{\circ}$ (GSE) for solar cycles 20-24. Symbols in column mark Dst(U) for cycles: **1-N20**; **2-N21**; **3-N22**; 4 – N23 (white boxes), **5-N24**; m – mean curve for 1964-2013 (white circles).

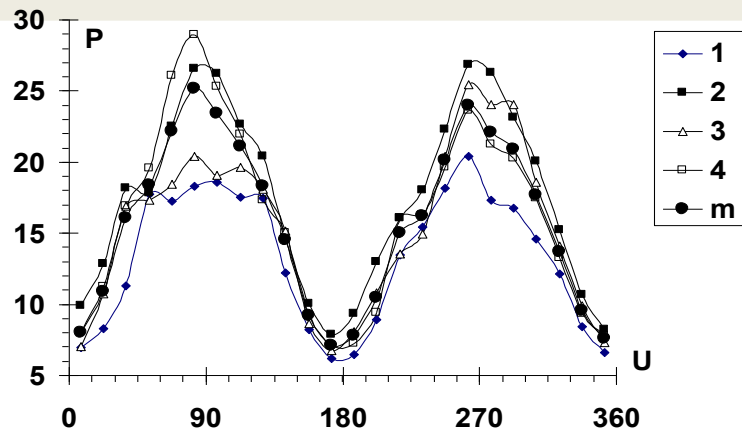
N20-Wm=111. **N21**-W=164. **N22**-W=158. **N23**-W=121

- Р связан со скоростью поступления э/м энергии к магнитосфере: абсол. максимум Р в 23 цикле (при $U \sim 80$ гр, $V_y > 0$) проявился абсолютным максимумом Dst(U) при тех же U и V_y
- |Dst| росло с номером цикла (t) для почти всех углов U: длинно - периодические изменения Dst с максимумом в 23 цикле
- **24 цикл** показывает спад длинно-периодической части |Dst| (в согласии с наименьшими B, V цикла 24)

Индекс полярной шапки P_c о мощности 23-го цикла



PC-index (north cap) vs. longitude angle U of IMF of cycles: 1-N21, 2-N22, 3-N23, 4-N24



Poyting vector vs. longitude angle U of IMF for cycles 20-23: 1-N20; 2-N21; 3-N22; 4-N23

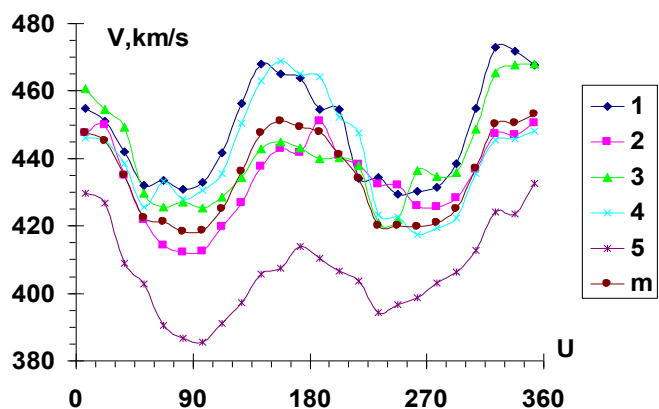
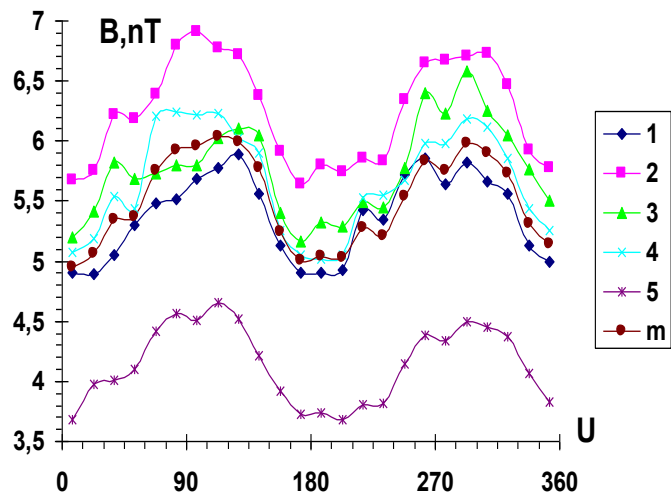
Максимумы величин вектора Пойтинга P при $U \sim 80^\circ$, $V_y > 0$ больше в нечетных циклах 23,21, чем в четных 20,22. Абсолютный максимум P в 23 цикле при $U \sim 80^\circ$, $V_y > 0$

В цикле 23 у $P_c(U)$ северной шапки был абсолютный максимум вблизи тех же $U \sim 80^\circ$ $V_y > 0$. Максимумы P_c при $U \sim 80^\circ$, $V_y > 0$ больше в нечетных циклах 23,21, чем в четных 20,22 при $V_y > 0$ тоже.

Итак, P , Dst , P_c - **абсолютные максимумы в 23!**

В 24 цикле $P_c(U)$ показывает спад длинно-периодической части активности шапки

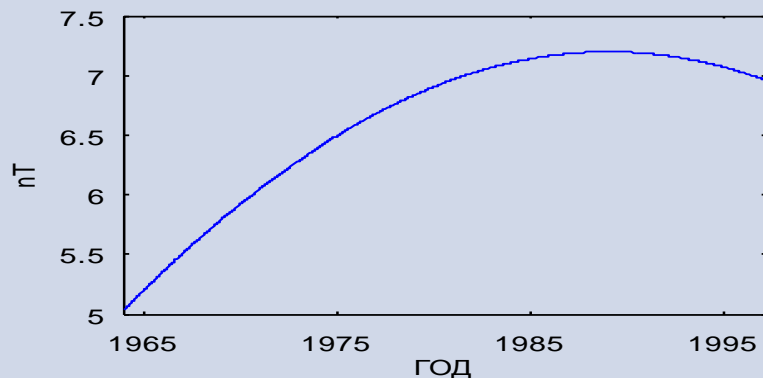
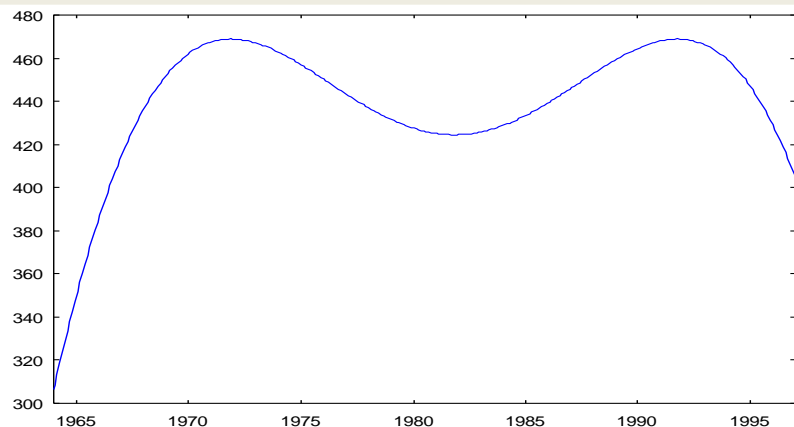
Характеристики мощных э/м потоков в циклах 20-24



Values of IMF B and solar wind velocity V versus longitude angle of spiral.

- Максимумы B, P, E при $V_U > 0$ больше в нечетных, чем в четных циклах. V антикоррелирует с W_m циклов \rightarrow Нечетные циклы с низким W_m будут иметь большие E и P в потоках с $V_U > 0$
- Пиковые E и P при $V_U > 0$ принадлежат медленному плотному потоку холодной плазмы, где N и B имеют максимумы, а T и V минимумы. V_x меняет знак на границе, что указывают на внутреннюю кромку ICS
- **23 cycle** – его малость ($W_m=121$) не является параметром, определяющим мощность э/м потоков при $V_U > 0$ и ГА. **Абсолютный максимум P среди 20-24 !**

Суммарные результаты по 23 циклу и длиннопериодические изменения в солнечном ветре



Time changes of non-stationary cycle in V at $T=54$ yr (upper fig.) and cycle in B at $T=198$ yr (lower fig.) (Kuznetsova and Tsirolnik, 2005)

23 цикл:

- Максимумы V в нечетных циклах **23,21** больше, чем в четных 20,22 при $V_y > 0$.
- Максимумы V в циклах с низкими W_m (**20,23**) больше, чем с высокими W_m (21,22) при $V_y > 0$
- **P, E и Dst, P_c цикла 23 имели абсолютные максимумы при $V_y > 0$ среди N20-24**

Прогноз минимума типа Дальтона в ~2020 г

- ~1990 - максимум цикла с $T=200$ л. в модуле ММП В. ~1790 — предыдущий максимум цикла с $T=200$ лет, начало Dalton's minimum (~1820 г), его аналог ~2020 г
- ~1990 - максимум цикла с $T=54$ г в V, в ~2020 минимум V (Dalton's minimum ~1820 г) SC 23,24 correspond SC 4,5

Спасибо за внимание!

9-я конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10 -14 февраля 2014, ИКИ РАН, Москва