КВАЗИДВУХЛЕТНИЕ ВАРИАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ КАК ОТОБРАЖЕНИЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ВАРИАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

В.П. Охлопков, НИИЯФ МГУ

Исследованы квазидвухлетние вариации потока галактических космических лучей (ГКЛ) по данным стратосферного зондирования и измерений нейтронными мониторами, различных проявлений солнечной активности и параметров межпланетной среды.

При этом данные по среднему магнитному полю Солнца (СМП) были сформированы из наблюдений Крымской и Стенфордской обсерваторий, по данным которых рассчитаны три ряда:

средние за месяц значения положительных ежедневных данных, СМП+,

средние за месяц значения отрицательных ежедневных данных, СМП_,

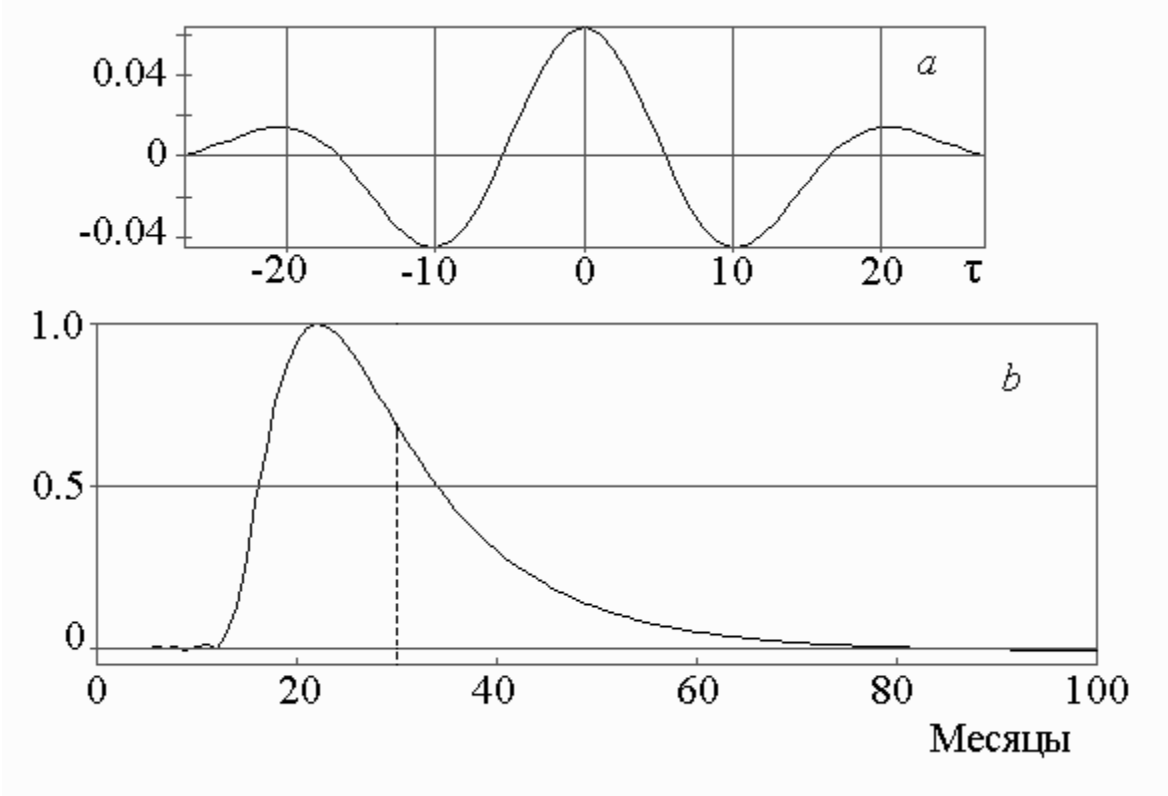
средние за месяц абсолютные значения, |СМП|.

Для выделения квазидвухлетних вариаций использовался математический избирательный фильтр с весовой функцией:

$$h(\tau) = \frac{\sqrt{2}}{T} \cdot \exp\left\{-\frac{\pi}{2}\left(\frac{\tau}{T}\right)^2\right\} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T}\tau\right)$$

$$|\tau| < kT,$$

T — исследуемый период, τ — *текущий индекс,* $2\tau_{макс} + 1$ — *память фильтра.*


0.04
0
-0.04
-20
-10
0
10
20
τ
a
1.0
0.5
0
0
20
40
60
80
100
Месяцы
b

На рис. показаны весовая функция (а) и частотная характеристика (б) избирательного фильтра, рассчитанные для обработки среднемесячных данных и выделения квазидвухлетних вариаций.

Как видно из частотной характеристики, на уровне 0.5 диапазон выделяемых периодов составляет от 17.5 до 37 месяцев. Поскольку в исследуемых данных присутствуют низкочастотные (НЧ) составляющие, имеющие амплитуды значительно превышающие амплитуды квазидвухлетних вариации, НЧ-составляющие могут заметно исказить квазидвухлетние вариации. Для исключения подобного воздействия было проделано следующее. Первичные данные аппроксимировались рядом Фурье с таким количеством гармоник, чтобы были хорошо описаны все НЧ-составляющие, превышающие период исследуемой вариации (было взято $T = 22$).

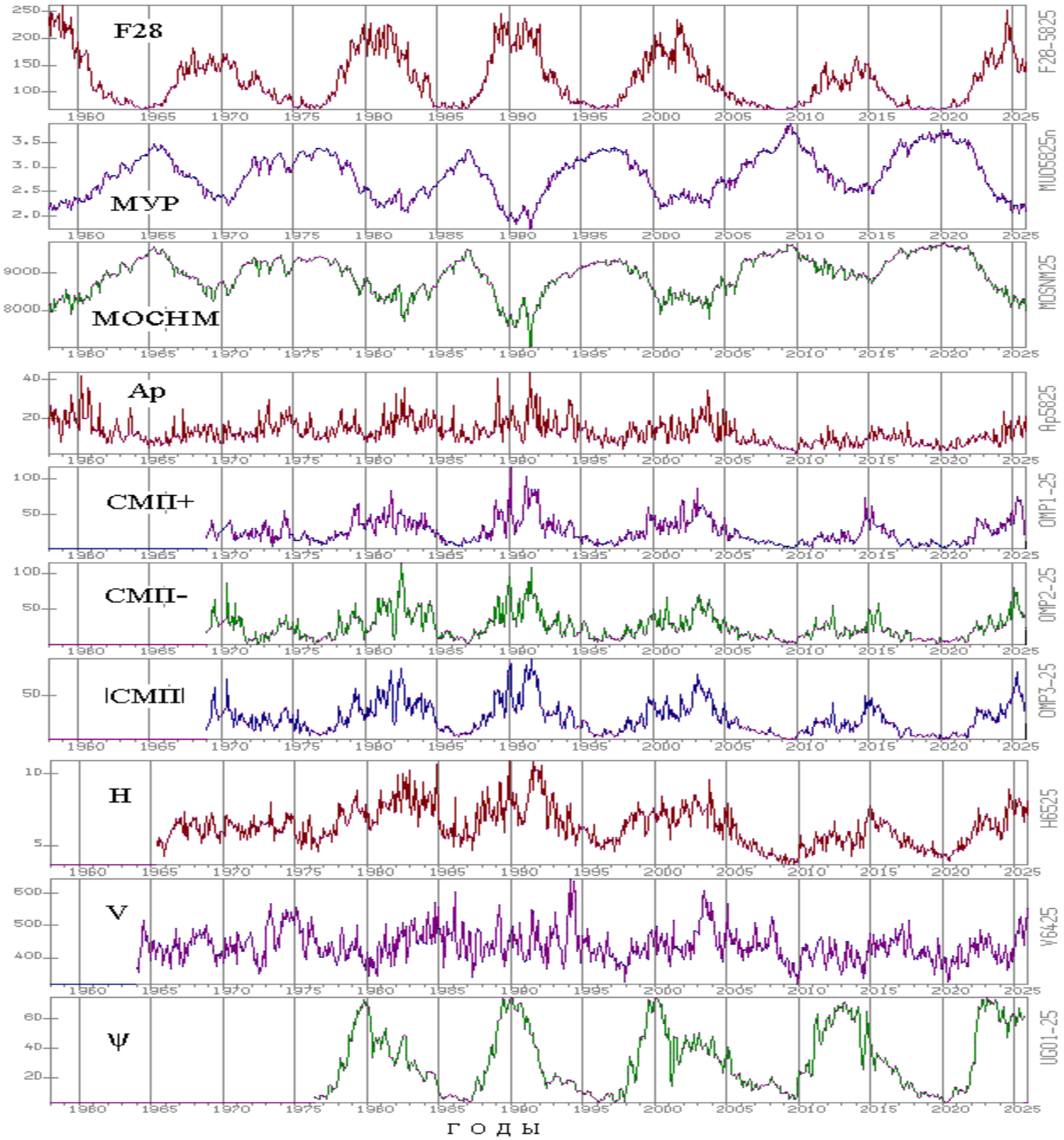
Предварительно проводилось выравнивание начала и конца массива с помощью линейной функции, которая проводилась через начальные и конечные точки и вычиталась из первичных данных, чтобы не было разрыва функции на краях массива и не ухудшалась сходимость ряда.

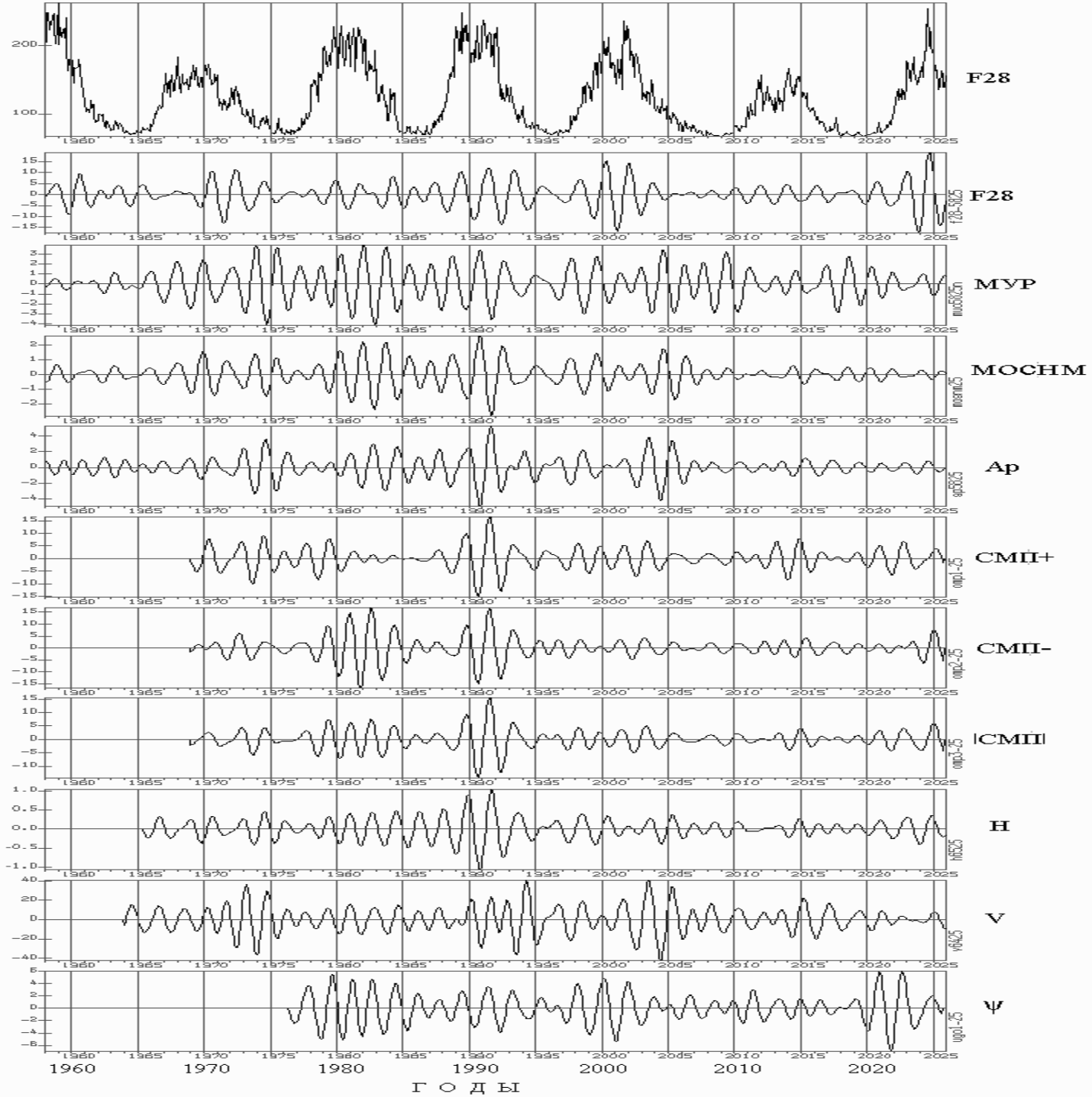
В качестве граничной частоты среза была подобрана частота, соответствующая периоду $T = 30$. При этом все НЧ-составляющие, включая $T = 30$, хорошо аппроксимировались рядом Фурье. Затем брались разности между первичными данными и аппроксимирующим рядом Фурье.

В этих разностных данных уже отсутствуют все НЧ-составляющие вплоть до $T = 30$. Все высокочастотные составляющие, в том числе квазидвухлетняя вариация оставались с неискаженными амплитудами.

Поскольку при фильтрации на концах рядов теряется по половине интервала весовой функции, для исключения этих потерь по краям массивов добавлялись нули, хотя точность фильтрации на этих участках падает.

Следует отметить, что использованный избирательный фильтр хорошо локализован как по частоте, так и по времени и нисколько не уступает по своим достоинствам вейвлет-анализу для конкретной частоты.


F28
F28-5825
МУР
MUO5825n
МОСНМ
MOSNM25
Ap
Ap5825
СМП+
OMP1-25
СМП-
OMP2-25
|СМП|
OMP3-25
H
H6525
V
VG425
Ψ
UG01-25
Г О Д Ы


F28
F28
МУР
МОСНМ
Ap
СМП+
СМП-
|СМП|
H
V
Ψ
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
Г О Д Ы

В солнечной активности квазидвухлетние вариации ярко выражены при больших уровнях активности. В минимумах СА их амплитуды КДВ минимальны.

В стратосфере и в нейтронной компоненте наибольшего развития исследуемые квазидвухлетние вариации КЛ достигают в периоды максимумов и спадов солнечной активности (20 – 24 циклы СА). В периоды минимумов СА их амплитуды минимальны.

КДВ в КЛ имеют явно выраженную 11-летнюю модуляцию.

В 24-м цикле СА эта связь нарушается.

Кросскорреляционный анализ показывает, что квазидвухлетние вариации КЛ

в 1967-1976 гг., 1987- 1992 гг. и в 1996-2001 гг. более тесно связаны с казидвухлетней вариацией СМП+, в 1978-1986 гг. с вариацией СМП_, Однако в 1987-

1992 гг. корреляционная связь одинаково хороша как с СМП+, так и с СМП_.

Сдвиг по фазе между КЛ и СМП в различные периоды времени колеблется

в интервале 2-6 месяцев.

Очень высокая связь проявляется между межпланетным магнитным полем

(ММП) и СМП. Коэффициенты корреляции составляют 0.90-0.95 с запаздыванием ММП на 1-2 месяца.

Очень высокая корреляция КЛ наблюдается с межпланетным магнитным полем.

Коэффициенты корреляции 0.90 с запаздыванием КЛ на 1-2 месяца.

Показано, что квазидвухлетние вариации ГКЛ откликаются на вариации с тем же периодом в среднем магнитном поле Солнца, совпадают с ними по времени и проявляются в противофазе, имеют отклик на знак этого поля.

Квазидвухлетняя вариация космических лучей вызывается квазидвухлетней вариацией среднего магнитного поля Солнца через квазидвухлетнюю вариацию межпланетного магнитного поля.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!!!