Из (6) и (7) следует, что с помощью такого датчика можно обнаружить смещения

$$\Delta l_{\min} \geqslant 2Q_e \sqrt{\frac{kTRl}{\pi d E \tau}} \tag{8}$$

при

$$[U_{\sim}^2]_{\text{opt}} = 16\pi d^3 \frac{E}{Q_e^2 l}.$$

Если $d \sim 3 \cdot 10^{-3}$ см, $E \sim 5 \cdot 10^{12}$ дин/см^2, $l \sim 10$ см, $Q_e \sim 10^3$, $\tau \sim 10^3$ с, то $\Delta l_{\min} \geqslant 6 \cdot 10^{-17}$ см.

Таким образом, принимая во внимание ограничения (2) и (4) на ΔT, а также (5) и (8) на Δl, в принципе можно измерять коэффициент теплового расширения $\alpha_T \geqslant 10^{-18}$ град$^{-1}$.

В заключение автор выражает искреннюю благодарность В. Б. Брагинскому и В. И. Панову за ценные замечания и плодотворные дискуссии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова С. И. Тепловое расширение твердых тел. М., 1974. 292 с.
2. Жирифалько Л. Статистическая физика твердого тела. М., 1975. 384 с.
3. Ландау Л. Д. и Лифшиц Е. М. Статистическая физика. М., 1976. 584 с.
4. Брагинский В. Б., Манукин А. Б. Измерение малых сил в физических экспериментах. М., 1974. 153 с.

Поступила в редакцию
03.12.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 551.501+535.345

М. М. АБДЕЛЬ ВАХАБ (ЕГИПЕТ), А. Х. ХРГИАН

О СВЯЗИ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА И ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРНОГО ОЗОНА

В последние годы некоторые исследователи объяснили отдельные случаи повышения температуры в стратосфере хромосферными вспышками и корпускулярным излучением Солнца [1]. По-видимому изменения солнечной активности должны отражаться на процессах и явлениях в высоких слоях атмосферы. Связи активности с температурой нижней атмосферы изучались К. А. Сапицким [2] с помощью метода дисперсионного анализа по данным наблюдений в Тбилиси за 122 года.

В настоящей работе мы попытались проследить с помощью методики, предложенной в работе [2], связь солнечной активности как одного из факторов, действующих в течение длительного времени в верхней атмосфере, с общим содержанием озона X.

Заметим, что квазипериодичный ход солнечной активности обычно характеризуется числом Вольфа W, зависящим от числа солнечных пятен и их групп.

На рис. 1 представлен ход среднемесячных значений X (в 10^{-3} см) по нескольким широтным поясам и значения W за 1957—1967 гг. Значения X для широт 25, 15 и 5° в северном и южном полушариях были взяты из [3].

Предположим, что не существует связи между активностью Солнца и общим содержанием озона X. Мы назовем это предположение «нулевой гипотезой» и будем исходя из нее использовать χ^2-критерий. В качестве исходного материала нами были взяты 120 последовательных среднемесячных значений X и W. Для проверки нулевой гипотезы значения чисел Вольфа W были разбиты на три интервала: $W \leqslant 25$, $26 \leqslant W \leqslant 52$, $W > 52$. Значения X были разбиты на четыре группы,

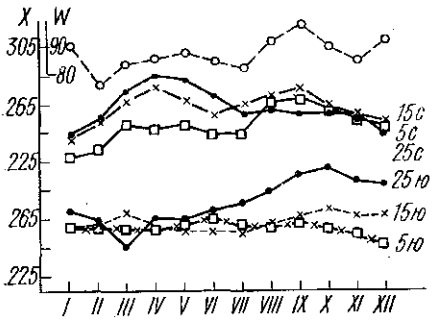

Рис. 1. Среднемесячные значения количества атмосферного озона по широтным поясам от 25° ю. ш. до 25° с. ш. за 1957—1967 гг. и среднемесячные значения чисел Вольфа W за этот же период (верхняя кривая)

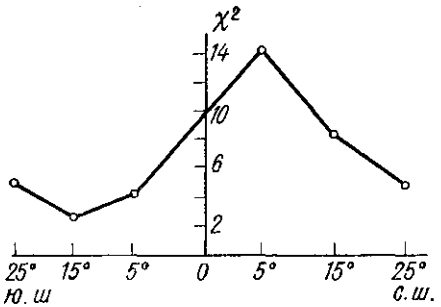

Рис. 2. Изменение рассчитанного критерия χ^2 с широтой

охватывающие внутри солнечного цикла периоды минимума, максимума, роста и спада общего содержания озона. Значения минимума и максимума были получены путем осреднения минимальных и максимальных значений X за этот период. В частности, предполагалось, что величины, входящие в таблицу сопряженности, являются независимыми и могут рассматриваться как случайные и репрезентативные. Число отдельных случаев в каждой категории равно O_1, O_2, O_3, ..., O_N. Установим нулевую гипотезу. Эта выборка принадлежит к совокупности, в которой число событий определенных случаев в категориях равно H_1, H_2, H_3 и т. д. Критерий χ^2 определяется (см., например, [4]) следующим образом:

$$\chi^2 = \sum_{i}^{m} \frac{(O_i - H_i)^2}{H_i},$$

где m — число категорий. Так, например, в табл. 1 приведено количество месяцев O_{ij} в каждой категории для широты 5° ю. ш.

Используя данные табл. 1, ожидаемое количество месяцев в каждой категории при отсутствии связи вычисляется по формуле

$$H_{ij} = \frac{\text{sum}\, i \times \text{sum}\, j}{N},$$

где $i = 1, 2, 3, ...$, $j = 1, 2, 3, ...$, N — общее число наблюдений. Табл. 2 показывает количество месяцев, когда связь H_{ij} отсутствовала для данных, представленных в табл. 1.

Рассчитанная величина χ^2 при этом равна 4,061. Вычисленные величины χ^2 для широт 25, 15 и 5° в северном и южном полушариях представлены на рис. 2, характеризующем изменения этой величины

Таблица 1

Количество месяцев O_{ij}

Солнечная активность (числа Вольфа) W	Общее количество озона X				
	максимальное	минимальное	рост	спад	всего
$W < 26$	8	7	11	7	33
$26 \leq W \leq 52$	9	7	8	12	36
$W > 52$	15	13	14	9	51
Итого	32	27	33	28	120

с широтой. Все значения χ^2 были получены при шести степенях свободы. Максимальное значение χ^2 получено на широте 5° с. ш. и равно 14,2, тогда как доверительная граница χ^2 при уровне значимости 5% и шести степенях свободы равна 12,6, а для 1% — 16,8.

Таблица 2

Количество месяцев H_{ij}

Солнечная активность (числа Вольфа) W	Общее содержание озона X				
	максимальное	минимальное	рост	спад	всего
$W < 26$	9	7	9	8	33
$26 \leq W < 52$	10	8	10	8	36
$W > 52$	13	12	14	12	51
Итого	32	27	33	28	120

Для интерпретации полученных данных важно знать широтное распределение естественной изменчивости озона (зависящей от динамики атмосферы). Как показывает табл. 3, эта изменчивость, характеризуемая средним квадратическим отклонением σ месячных значений X, существенно увеличивается с ростом широты.

Таблица 3

Обсерватории (Индия)	Кодайканал	Калькутта	Ахмедабад	Варанаси	Нью-Дели
Широта (град)	10,2	22,6	23,0	25,4	28,5
Число лет наблюдений	17	10	10	12	18
σ	7,50	8,15	8,72	9,90	15,5

Из вышесказанного можно сделать вывод, что возможно существование прямой связи между активностью Солнца и общим содержанием озона над 5° с. ш. В этой околоэкваториальной зоне среднее количество радиации Солнца велико и в течение года меняется мало; вместе с тем динамические процессы атмосферы в этой зоне тоже устойчивы и изменения их незначительны. Поэтому действие фотохимических реакций — образование большего или меньшего количества озона в верхней части его слоя — не замаскировано атмосферными возмущениями.

В более высоких широтах приток радиации Солнца в течение года меняется сильнее, количество озона зависит там существенно от динамических процессов и вместе с ними гораздо более изменчиво, и на фоне этих изменений зависимость X от W плохо заметна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погосян Х. П., Павловская А. А. О влиянии солнечной активности на изменения температуры и циркуляции в стратосфере.— Метеорология и гидрология, 1966, № 1, с. 10—17.
2. Саницкий К. А. О связи активности Солнца и температуры воздуха в Тбилиси.— Метеорология и гидрология, 1978, № 2, с. 98—100.
3. Atlas of the global distribution of total ozone, 1957—1967. J. London, R. Bojkov, S. Kelley a. o. NCAR Technical Note, Boulder, Colorado, Jan. 1976.
4. Пановский Г. А., Байер Г. В. Статистические методы в метеорологии. Л., 1967, с. 65—79.

Поступила в редакцию
18.01.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 621.396

Ю. В. БЕРЕЗИН, А. Н. ТАЛИЦКИЙ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ФИЛЬТР, ПОДАВЛЯЮЩИЙ ДВУХЛУЧЕВУЮ ПОМЕХУ

Известно, что ни поляризационный фильтр (ПоФ) [1], ни пространственный фильтр (ПрФ) [2] с одной степенью свободы не может подавить двухлучевую помеху в канале связи. Эта задача может быть решена объединением двух ПоФ, разнесенных на расстояние x, в один пространственно-поляризационный фильтр (ППФ). Качество работы ППФ характеризуется числом μ, показывающим степень улучшения отношения сигнал/помеха (ОСП) на выходе ППФ по сравнению с его входом. В соответствии с выбранной схемой ППФ значение μ будет зависеть от ряда векторных и скалярных характеристик сигнала и помехи, а также от относительного расстояния $d=x/\lambda$ между антеннами ППФ. Целью настоящей работы являлось исследование зависимости μ от d и относительной ориентации базы d ППФ при обработке двухлучевой помехи. Для решения этой задачи был проведен численный анализ μ в случае подавления двухлучевой частично поляризованной помехи и приема частично поляризованного двухлучевого сигнала в присутствии аддитивного шума. Рассмотренная модель соответствует физической картине распространения сигнала, состоящего из двух магнитоионных компонент, по ионосферному каналу связи при наличии в нем двухлучевой помехи. Предполагалось, что один луч помехи подавляется ПоФ, а второй луч и остаток первого луча — ПрФ. Считалось, что фазоры [3] лучей помехи взаимно-обратны — $P_{п1}\cdot P_{п2}=1$ — и что лучи сигнала и помехи имеют одинаковые азимутальные углы ($\alpha_{c1}=\alpha_{c2}=90°$; $\alpha_{п1}=\alpha_{п2}=\alpha\neq\alpha_c$; угол α отсчитан от вектора d в сторону проекции волнового вектора $\mathbf{k}$ на горизонтальную плоскость). Углы места ε лучей сигнала отличались на 2°, а для помехи варьировались в широких пределах. Ширина угловых спектров сигнала и помехи была принята $s_0=2°$. Уровень шума задавался величиной r_1, равной отношению средних мощностей шума и помехи.