ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 131 1965

О СУТОЧНОЙ И СЕЗОННОЙ ВАРИАЦИИ ЧАСОВЫХ ЧИСЕЛ МЕТЕОРОВ

ЧАСТЬ II

Р. Г. ЛАЗАРЕВ

(Представлена кафедрой астрономии Томского госуниверситета)

Введение

В работах [1] и [2] было проведено исследование суточной и сезонной вариации часовых чисел метеоров на основании радиолокационных наблюдений в Томске и сделано сравнение с наблюдениями на других станциях.

Главная компонента как суточной, так и сезонной вариации есть результат действия кинематических причин—движения Земли вокруг Солнца и вращения ее вокруг своей оси. В случае равномерного распределения истинных радиантов на небесной сфере мы имели бы для суточной вариации максимум часовых чисел в 6^h, а минимум в 18^h местного среднего времени, а для сезонной вариации максимум в осенние месяцы и минимум в весенние. Эти явления в первом и достаточно хорошем приближении и наблюдаются как в северном, так и в южном полушарии Земли [2, 3, 4]. При этом наиболее четкие результаты получаются при наблюдениях на ненаправленной антенне, облучающей видимую полусферу более или менее равномерно, на длинах волн 8—10 *м*, когда часовые числа достигают значений 50—100 и выше, и при условии, что наблюдения усредняются за достаточно длительный промежуток времени (от месяца до года и более) [2][1]).

На самом деле, как известно, истинные метеорные радианты распределены по небесной сфере неравномерно. Имеет место концентрация к плоскости эклиптики [8], не меняющая существенно основную кинематическую компоненту, о которой говорилось выше.

Обратимся теперь к распределению видимых радиантов вдоль эклиптики. Они группируются на эклиптике вблизи апекса, Солнца и и антисолнца (в годовом распределении) [8, 9]. Это распределение несимметрично относительно апекса [1, 2, 10]. Радианты концентрируются к антисолнцу в большей степени, чем к Солнцу (явление асимметрии [1, 2], а также ниже в настоящей статье).

---

[1]) В работе [5] говорится, что в южном полушарии характер сезонной, да и суточной вариации иной, чем в северном, а кинематические эффекты вообще несущественны. При этом делаются ссылки на первые, малоточные наблюдения А. Уэйсса, Ч. Эллиетта, Ч. Кея. Однако последующие наблюдения тех же авторов показывают, что это не так [3, 6, 7].

Заметим, что знание среднегодовой суточной вариации недостаточно для характеристики распределения метеорной материи вдоль орбиты Земли. Более полным является сезонное распределение. В работе [2] получен индекс метеорной активности $i(t)$, характеризующий распределение метеорных орбит вдоль орбиты Земли от месяца к месяцу. Максимум функции $i(t)$ приходится на ноябрь-декабрь, минимум на май-июнь. В течение зимних месяцев максимум на суточных среднемесячных гистограммах сдвигается к 4^h, в летние месяцы к 8^h местного среднего времени. На среднегодовых гистограммах общий максимум имеет тенденцию сдвига от 6^h к 4^h. В этом сказывается преимущественное влияние зимних месяцев.

Отметим еще, что все результаты относятся к вариации численности метеоров $3^m \div 7^m$ абсолютной величины [2, 6, 7]. Например, для Томской РЛС по известной формуле

$$\alpha_{\min} = \frac{6{,}2 \cdot 10^{13}}{G} \sqrt{\frac{\varepsilon}{P}} \left(\frac{R}{\lambda}\right)^{3/2},$$

где G — коэффициент направленного действия антенны,
P — излучаемая мощность,
ε — минимальная мощность принимаемого сигнала,
R — средняя дальность отражающих точек,
λ — действующая длина волны,
находим минимальную линейную электронную плотность

$$\alpha_{\min} = 8{,}75 \cdot 10^{10}\ эл/см$$

и затем максимальную абсолютную величину

$$M = 35 - 2{,}5 \lg \alpha_{\min} = 7^m{,}6.$$

Гармонический анализ вариационных кривых

Для более детального исследования вариации часовых чисел метеоров был проведен гармонический анализ нескольких вариационных кривых. Были использованы среднегодовые кривые суточной вариации часовых чисел метеорных эхо по наблюдениям в Томске [2], Новой Зеландии (Крайстчерч) [3] и Канаде [11]. В последнем случае применялось наклонное зондирование.

Для каждой кривой получено разложение вида

$$N(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{\kappa=1}^{3} \left[a_\kappa \cos \frac{\kappa\pi}{12}(t - t_0) + \right.$$
$$\left. + b_\kappa \sin \frac{\kappa\pi}{12}(t - t_0) \right],$$

где t — среднее местное время.

1) Томск (рис. 1 *а*):

$$N(t) = 193{,}0 + 88{,}2 \cos \frac{\pi}{12}(t - 5{,}5) - 41{,}7 \sin \frac{\pi}{12}(t - 5{,}5) +$$
$$+ 1{,}4 \cos \frac{\pi}{6}(t - 5{,}5) - 14{,}7 \sin \frac{\pi}{6}(t - 5{,}5) +$$
$$+ 10{,}6 \cos \frac{\pi}{4}(t - 5{,}5) - 2{,}2 \sin \frac{\pi}{4}(t - 5{,}5),$$
$$5^h{,}5 \leqslant t \leqslant 29^h{,}5.$$

Среднеквадратическое отклонение $\sigma = 9{,}98$.

2) Новая Зеландия, Крайстчерч (рис. 1 *б*):

$$N(t) = 82{,}1 + 47{,}1 \cos \frac{\pi}{12}(t - 6{,}5) - 12{,}4 \sin \frac{\pi}{12}(t - 6{,}5) -$$

$$- 8{,}7 \cos \frac{\pi}{6}(t - 6{,}5) - 7{,}9 \sin \frac{\pi}{6}(t - 6{,}5) -$$

$$- 0{,}6 \cos \frac{\pi}{4}(t - 6{,}5) + 2{,}1 \sin \frac{\pi}{4}(t - 6{,}5).$$

$$6^h{,}5 \leqslant t \leqslant 30^h{,}5, \quad \sigma = 6{,}4.$$

3) Канада (рис. 1 *в*):

$$N(t) = 97{,}9 + 40{,}3 \cos \frac{\pi}{12}(t - 10) - 14{,}8 \sin \frac{\pi}{12}(t - 10) +$$

$$+ 6{,}0 \cos \frac{\pi}{6}(t - 10) - 5{,}8 \sin \frac{\pi}{6}(t - 10) -$$

$$- 4{,}8 \cos \frac{\pi}{4}(t - 10) - 6{,}7 \sin \frac{\pi}{4}(t - 10).$$

$$10^h \leqslant t \leqslant 34^h, \quad \sigma = 6{,}4.$$

Наблюдения в Томске и Крайстчерче удовлетворяют следующим условиям:

1. Используется слабонаправленная антенна.
2. Наблюдения продолжаются не менее года.
3. Параметры аппаратуры постоянны в течение всего периода наблюдений.
4. Часовые числа достаточно велики ($\overline{N} = 213$ для Томска, 1957 г. $\overline{N} = 82$ для Крайстчерча, 1960—1961 гг.)

Минимум каждой кривой соответствует моменту $\sim t_0 + 12^h$.

Вариационные кривые аналогичны как для северного, так и для южного полушария Земли. Интересно, что и в случае рассеяния вперед характер вариационной кривой не меняется.

Смысл первого члена разложения очевиден. Второй член, содержащий $\cos \frac{\pi}{12}(t - t_0)$, представляет собой, главным образом, величину кинематического эффекта. Это основная компонента суточной вариации[1]). Назовем член $a_1 \cos \frac{\pi}{12}(t - t_0)$ „величиной первого порядка“. Член $b_1 \sin \frac{\pi}{12}(t - t_0)$ характеризует асимметрию. Коэффициент b_1 отрицателен для любой кривой, а по абсолютной величине превосходит коэффициенты во всех последующих членах разложения. Это „величина второго порядка“.

Слагаемое $b_2 \sin \frac{\pi}{6}(t - t_0)$ также составляет некоторую (небольшую) долю асимметричной части радиантов. Сюда же входит часть сигналов, наблюдаемых в дневное время. В работе [11] отмеча-

---

[1]) Кинематический эффект для сезонной вариации также является основным [2, 3, 4].

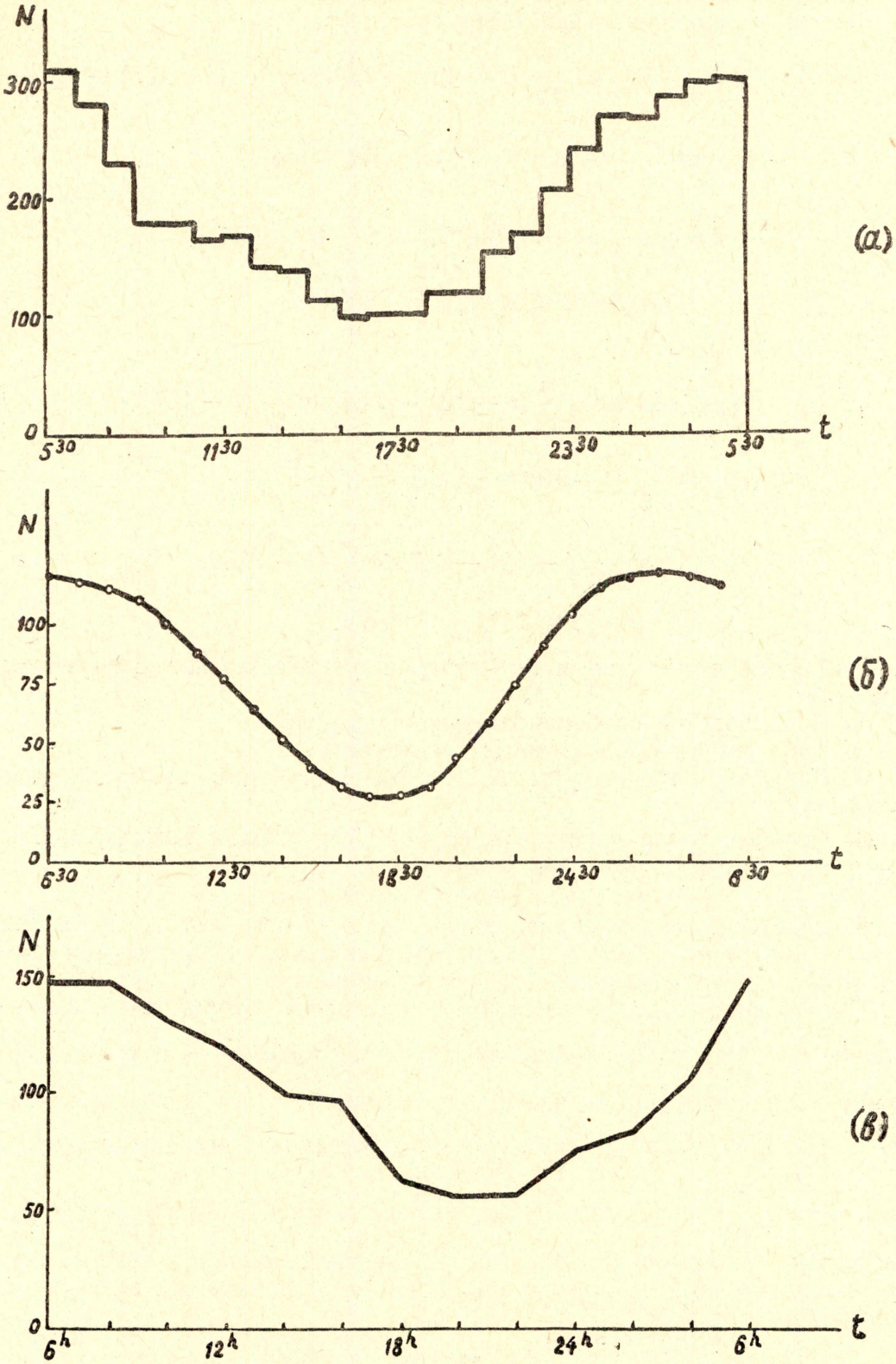

Рис. 1. Среднегодовые кривые суточной вариации часовых чисел метеорных эхо: N — часовое число, t — местное среднее время

а) Томск, июль-декабрь 1957 г.

б) Крайстчерч, Нов. Зеландия, февр. 1960—янв, 1961 гг.

в) Канада, янв.-дек. 1953 г. Случай рассеяния вперед.

ется увеличение сигналов в дневное время. Там же говорится о наличии полусуточной компоненты, которая считается сомнительной. Однако в результате анализа ряда кривых значение полусуточной компоненты выясняется, как это видно, вполне определенно.

Все другие факторы оказывают на распределение видимых радиантов значительно меньше влияния. К их числу относятся дисперсия масс и скоростей метеоров и другие физические характеристики, различная чувствительность аппаратуры (и вообще аппаратурные условия наблюдений), географическое положение станций, наконец, колебания численности метеоров, вызванные различными случайными причинами. Все эти величины должны быть представлены членами более высоких порядков малости.

Схематически полученный результат можно представить в виде равенства

$$N(t) = N_1(t) + N_2(t) + N_3(t) + \varepsilon(t),$$

где $N(t)$ — кривая суточной вариации,

$N_1(t)$ — величина кинематического эффекта.

$$N_1(t) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \frac{\pi}{12}(t - t_0) + a_2 \cos \frac{\pi}{6}(t - t_0).$$

Заметим, что $N_1(t)$ содержит также симметричную составляющую солнечного и антисолнечного источников[1]).

$N_2(t)$ — величина асимметрии.

$$N_2(t) = b_1 \sin \frac{\pi}{12}(t - t_0) + b_2 \sin \frac{\pi}{6}(t - t_0),$$

$N_3 t$ — влияние физических факторов и аппаратурных условий.

$\varepsilon(t)$ — другие отклонения.

Пути дальнейшего исследования должны состоять в выяснении структуры $N_3(t)$ и $\varepsilon(t)$, т. е. величин „более высоких порядков малости".

Индекс метеорной активности (и. м. а.)

Понятие индекса метеорной активности $i(t)$ введено в работах [1, 2], где было дано его физическое обоснование. Теперь мы определим индекс $i(t)$ чисто формально.

Пусть имеется гистограмма суточной вариации часовых чисел метеоров (рис. 1), полученная, вообще говоря, любым способом (визуально, фотографически или с помощью радара). Пусть t—местное время, N — часовое число метеоров. Расположим гистограмму так, чтобы минимум[2]) часовых чисел приходился на ее середину (обычно он соответствует $t = 18^h$). Обозначим через N_i часовое число метеоров для i-го часа (или число метеоров от i-го до $i+1$ часа), причем значок i пробегает значения, лежащие вправо от минимума (соответствующие значениям $t = 18^h$, 19^h,... 5^h).

Аналогично $N_к$ — часовое число метеоров для точек, лежащих влево от минимума (индекс $к$ пробегает значения, соответствующие $t = 17^h$, 16^h,..,6^h).

Пусть $N_{пр} = \Sigma N_i$ есть сумма всех N_i, $N_{лев} = \Sigma N_к$ есть сумма всех $N_к$.

---

[1]) Термины «солнечный, апексный, антисолнечный источники» (Sun, apex and antisun sources) употребляются в работе [6]. Мы будем следовать этой терминологии.

[2]) Или главный минимум, если их несколько.

Тогда индекс метеорной активности (и. м. а.) может быть введен одним из следующих способов:

$$1)\ i(t) = N_{\text{пр}}/N_{\text{лев}},$$

$$2)\ i'(t) = \lg i(t) = \lg N_{\text{пр}}/N_{\text{лев}}.$$

В статье [2] употреблялось первое определение.

В настоящей работе мы будем использовать определение 2) как наилучшее (см. приложение 2).

Для построения гистограмм суточной вариации часто берут среднемесячные значения часовых чисел. Таким образом индекс $\lg i(t)$ может быть вычислен для каждого месяца. Построив значения $\lg i$ от месяца к месяцу, получим зависимость его от t (где t—I, II,...XII месяц). На рис. 2 приведена зависимость $\lg i$ от t в случае симмет-

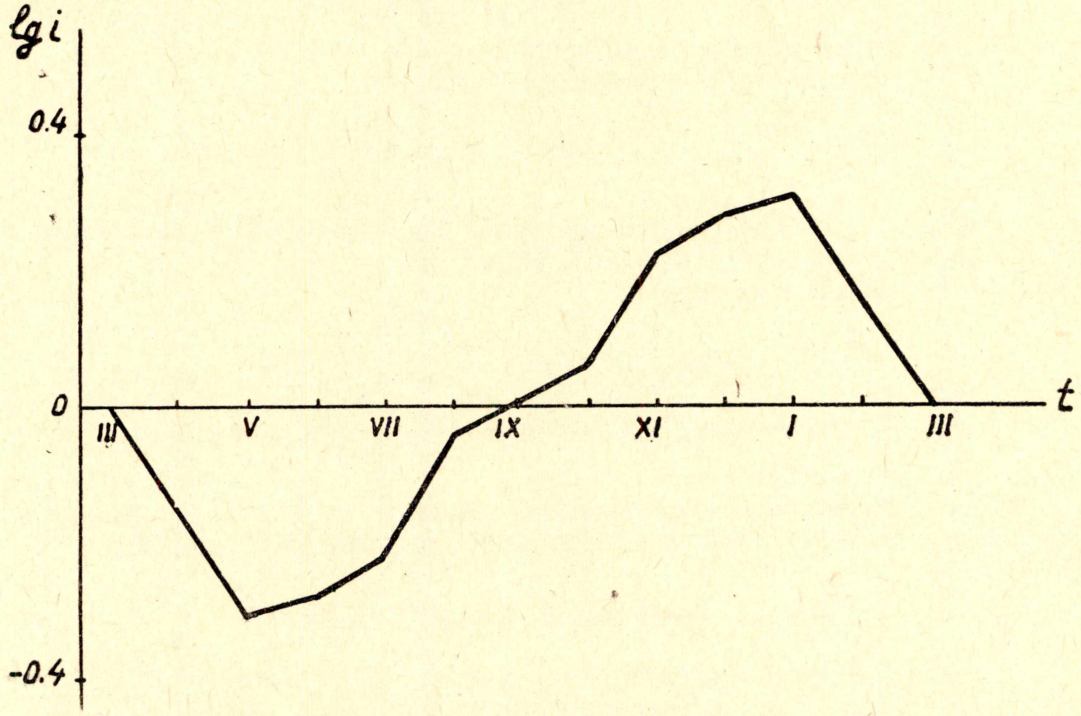

Рис. 2. Индекс метеорной активности в случае симметричного распределения видимых радиантов.

ричного относительно апекса распределения видимых радиантов. Кривая симметрична относительно точки t=IX. Для построения индекса $\lg i$ в этом случае нами были использованы теоретические кривые, приведенные в [9, 12].

Асимметрия вариационной кривой

На рис. 3 построена кривая $\lg i$ по данным радиолокационных наблюдений в Томске (подробный анализ индекса $i(t)$ дан в работе [2]). Положительные ветви кривой значительно превосходят ее отрицательную часть. Максимумы $\lg i$ наблюдаются в ноябре-декабре. Минимумы в мае-июне намного меньше по модулю. Это является следствием несимметричного распределения видимых радиантов относительно апекса. Среднее годовое число метеоров, имеющих радианты вблизи антисолнечной точки, больше числа метеоров, видимые радианты которых группируются вблизи Солнца. Иными словами, средне-

годовая мощность антисолнечного источника больше, чем солнечного[1]). Это явление было названо в работах [1, 2] асимметрией. Проведем исследование асимметрии для южного полушария Земли, используя понятие индекса метеорной активности и данные работы [6].

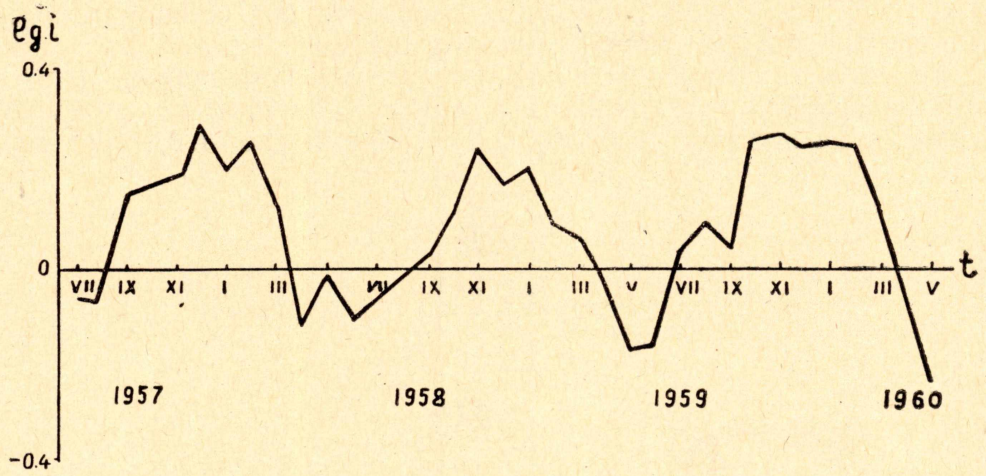

Рис. 3. Индекс метеорной активности по наблюдениям в Томске, 1957—1960 гг.

Будем обозначать для краткости интегральную мощность солнечного, апексного и антисолнечного источников соответственно через F_1, F_2 и F_3.

Наблюдения метеоров в Антарктиде на станции Маусон

Ч. С. Нильсон и А. А. Уэйсс опубликовали в [6] результаты радиолокационных наблюдений метеоров на станции Маусон (68° ю. ш., 67° в. д.). Для наблюдений применялась система полуволновых диполей, установленных в один ряд над металлической сеткой в направлении с востока на запад. Оси диполей были ориентированы в этом же направлении.

Регистрация радиоэхо проводилась в течение нескольких месяцев 1957—1960 гг., так что в совокупности были получены наблюдения за все 12 месяцев года. Авторами были построены кривые суточной вариации за каждый месяц. Кроме того, были вычислены теоретические кривые суточной вариации также для каждого месяца. При этом применялась гипотеза трех источников (Солнце, апекс, антисолнце), причем предполагалось, что солнечный и антисолнечный источники тождественны по мощности ($F_1 \equiv F_3$). Авторы указывают на заметное отличие полученных теоретических кривых от наблюдаемых. Наблюдаемый минимум в течение августа-декабря смещается с 17^h до 20^h (смещение даже еще более велико), тогда как теоретический минимум смещается в противоположном направлении. Нильсон и Уэйсс объясняют это несоответствие влиянием ионосферных помех или вообще ненадежностью наблюдательных данных. Заметим, что и в первом полугодии смещение наблюденного минимума противоположно вычисленному теоретически, чего авторы не отмечают[2]).

---

[1]) Центр солнечного источника находится на эклиптике приблизительно в 68—70° от точки апекса, антисолнечного источника — в 68—70° по другую сторону от апекса [7, 8].

[2]) Вполне аналогичные изменения в течение года («качание кривой») наблюдаются для вариационных кривых Томской и некоторых других РЛС.

Это смещение наблюденного минимума на самом деле легко объяснить, если принять, что источники F_1 и F_3 не являются равными по мощности, причем мощность антисолнечного источника больше, чем солнечного, $F_3 > F_1$, т. е. имеет место асимметрия. Об асимметрии говорит, прежде всего, ход изменения индекса метеорной активности. Индекс $\lg i(t)$ для наблюдаемых и теоретических кривых суточной вариации для станции Маусон показан на рис. 4*а* и 4*б*. Кривая рис. 4*а* вполне аналогична индексу $\lg i\,(t)$ для Томска (рис. 3) и указывает на явление асимметрии для южного полушария[1]), разумеется, со сдвигом на полгода. В то же время кривая рис. 4, *б* имеет совер-

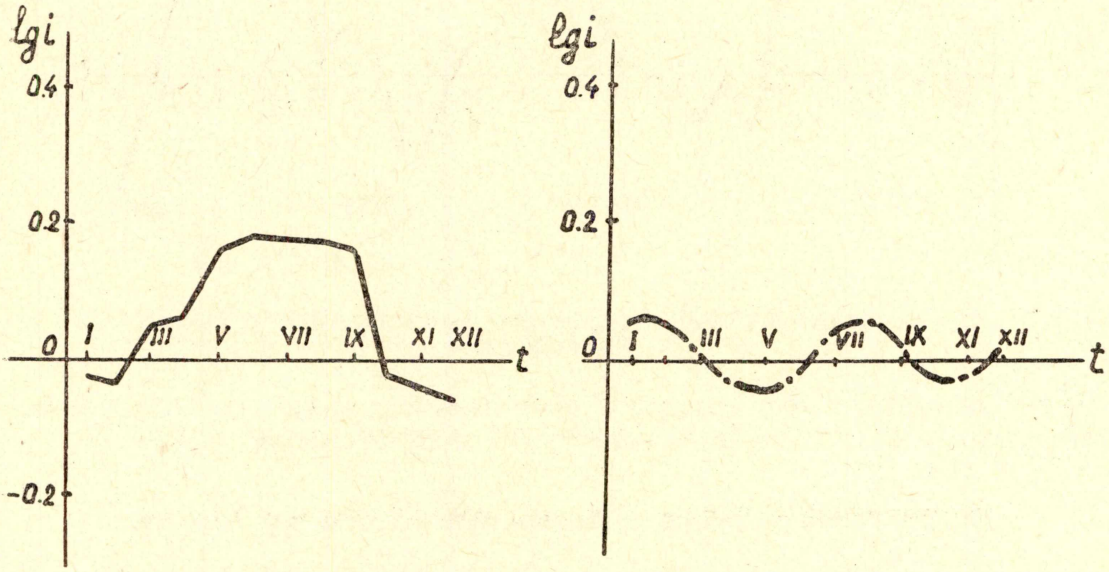

Рис. 4а. Индекс метеорной активности для станции Маусон (Антарктида), полученный по наблюдаемым кривым суточной вариации, 1957—1960 гг.
Рис. 4б. Индекс метеорной активности для станции Маусон, полученный по теоретическим кривым.

шенно другой характер, показывая, что гипотеза о симметрии источников F_1 и F_3 является неприемлемой. Теоретические кривые [6] дают лишь первое приближение для суточной вариации, величину первого порядка. Учет эффекта асимметрии позволяет сделать второе приближение[2]).

Нами было произведено перевычисление мощности источника F_3 в предположении, что мощности F_1 и F_2 остаются такими же, как они приняты в работе [6]. Мощность источников F_1 и F_2 по-прежнему задается интегралом [6]

$$F(z) = \int_0^{\pi} D(\varepsilon) \sin \varepsilon \, d\varepsilon \int_0^{2\pi} f(\chi)\, dA,$$

где z — зенитное расстояние центра источника,
F — мощность источника,
ε — элонгация радианта от центра источника,
$D(\varepsilon)$ — плотность радиантов,

---

[1]) Максимум в июне больше по модулю, чем минимум в декабре, что указывает на отличие от равномерного распределения радиантов, т. е. на асимметрию.

[2]) Можно также сказать, что первое приближение — это кинематические эффекты в предположении, что радианты распределены равномерно. Второе приближение — гипотеза трех источников. Учет асимметрии солнечного и антисолнечного источников — это уже третье приближение.

χ — зенитное расстояние радианта,
$f(\chi)$ — функция параметров аппаратуры,
A — угол при центре источника между направлением на зенит и данный радиант R (рис. 5).

Для вычисления мощности антисолнечного источника мы решили задачу, обратную той, которую рассмотрели Нильсон и Уэйсс. Наблюдаемые кривые суточной вариации были взяты за исходные. Мощ-

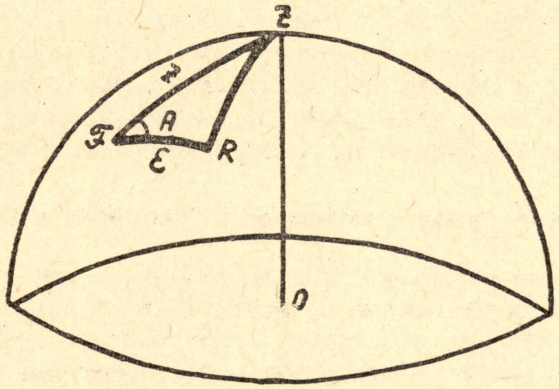

Рис. 5.

ность антисолнечного источника $F_3(z)$ вычислялась как разность между наблюдаемыми значениями часовых чисел и суммой $F_1(z) + F_2(z)$ для Солнца и апекса.

Кривые для всех трех источников приведены на рис. 6; $F_1(z)$ и $F_2(z)$ взяты из работы [6], $F_3(z)$—исправленный антисолнечный источник. Кривая $F_3(z)$ наилучшим образом удовлетворяет наблюдениям.

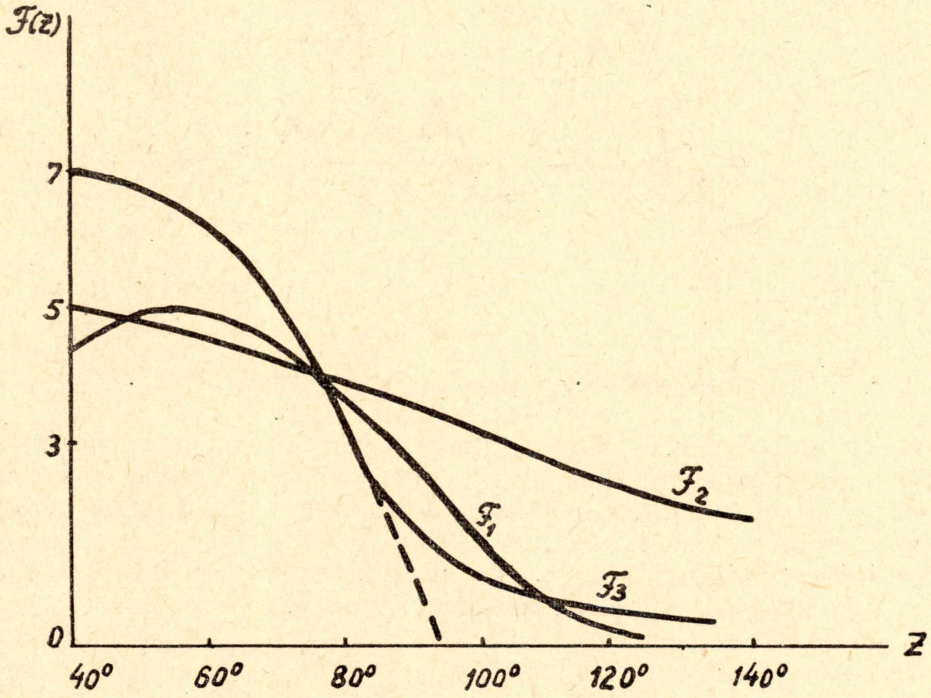

Рис. 6. Мощности метеорных источников в функции зенитного расстояния z. $F_1(z)$ — солнечный, $F_2(z)$ — апексный, $F_3(z)$ — антисолнечный источник.

Мощность антисолнечного источника превосходит в максимуме мощность солнечного источника в $\frac{6,9}{5,0} = 1,38$ раза. Кривая $F_3(z)$ имеет более крутой наклон к оси z, т. е. антисолнечный источник является более плотным, чем солнечный (есть основания полагать, что он практически не действует уже при $z = 90°$, т. е. кривая направлена еще круче, как показано пунктиром).

Таким образом, наличие асимметрии подтверждается наблюдениями и в южном полушарии Земли (что, впрочем, вполне естественно).

Заметим, что согласно наблюдениям в Томске и Крайстчерче апексный источник является более мощным, чем для станции Маусон ($F_2 > F_1$ и даже $F_2 > F_3$). Возможно, что здесь просто проявляется зависимость суточной вариации от географической широты.

Наблюдения численности метеоров в Харькове в 1958—1960 гг.

Радиолокационные наблюдения метеоров в Харькове проводились на волне $\lambda = 8$ м. Использовалась следующая аппаратура [13].

1. С декабря 1957 г. по август 1958 г. для передачи сигналов применялась пятиэлементная антенна типа „волновой канал", для приема—полуволновой вибратор.

2. С сентября 1958 г. по март 1960 г. передача—с восьмиэлементной антенной, прием—на полуволновой вибратор.

3. С апреля по декабрь 1960 г. прием и передача производились с помощью пятиэлементной антенны типа „волновой канал".

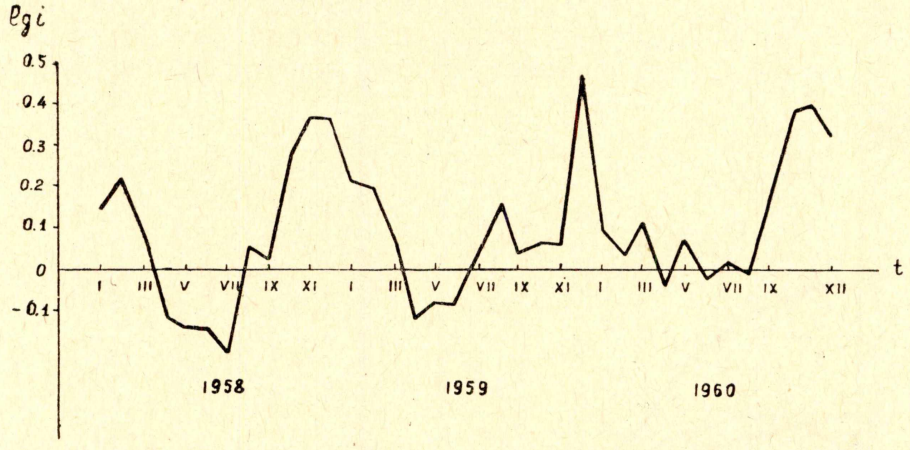

Рис. 7. Индекс метеорной активности для Харькова (1958—1960 гг).

Индекс $\lg i(t)$ (рис. 7) был составлен для Харькова с учетом ориентации передающей антенны [14]. Хотя условия приема и передачи изменялись со временем, а слабонаправленная антенна использовалась лишь частично, индекс $\lg i(t)$ для Харькова в общем согласуется с томским индексом (рис. 3 и 7). Таблица асимметрии по материалам харьковских наблюдений дана в приложении 1.

Наблюдения в Крайстчерче (Новая Зеландия). 43°,6 ю. ш., февраль 1960 г. — январь 1961 г.

Индекс $\lg i$ для Крайстчерча был получен по данным, опубликованным в [15]. Максимального значения $\lg i$ достигает в июле месяце (рис. 8).

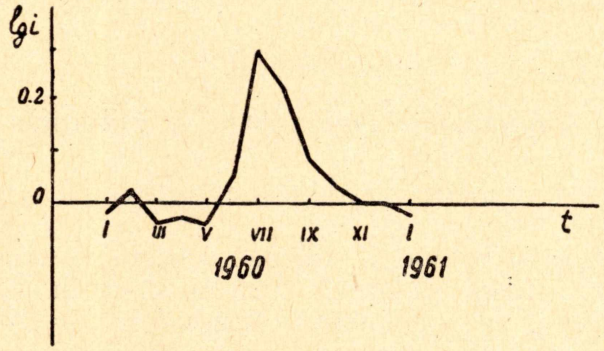

Рис. 8. Индекс метеорной активности для Крайстчерча (Нов. Зеландия), февр. 1960—янв. 1961 г.

Широтная вариация *и. м. а.*

Широтная вариация *и. м. а.* характеризуется следующей таблицей:

Северное полушарие			Южное полушарие		
станция	$\lg i_{max}$	$\lg i_{min}$	станция	$\lg i_{max}$	$\lg i_{min}$
Харьков	0,408	—0,127	Крайстчерч	0,303	—0,040
Томск	0,266	—0,113	Маусон	0,183	—0,045

Здесь i_{min} — среднее значение $\min i$ за соответствующие годы наблюдений, i_{max} — среднее значение $\max i$.

Видно, что i_{max} и $\Delta i = i_{max} - i_{min}$ убывают от экватора к полюсу (хотя теоретически можно было бы ожидать обратного). Отношение $K = \frac{|\lg i_{max}|}{|\lg i_{min}|} > 1$, что указывает на несимметричное распределение радиантов (при симметричном распределении $K = 1$). Для северного полушария $K = 2{,}4 \div 3{,}2$, для южного $K = 4{,}1 \div 7{,}6$. Возможно, что это различие вызвано дневными потоками, особенно многочисленными в июне.

Заключение

Таким образом, по данным для четырех станций (две в северном полушарии Земли—Томск, Харьков и две в южном—Крайстчерч, Маусон), можно сделать вывод, что *и. м. а.* является устойчивой характеристикой, несмотря на значительные различия в условиях наблюдений. Для выявления более тонких особенностей необходимо применение одинаковой (однотипной) аппаратуры и сохранение постоянства ее параметров в течение всего периода наблюдений. Регистрацию численности метеоров лучше всего проводить на ненаправленной антенне.

В [13, 14] говорится о широком поясе орбит метеорных тел, который Земля пересекает дважды в год. Границы пояса, особенно с учетом результатов, полученных на других станциях, оказываются еще более размытыми, чем указано в [13, 14]. *И. м. а.* характери-

зует более „устойчивую“[1]) особенность в распределении метеорных тел—отношение числа „внешних“ частиц, пересекающих земную орбиту „извне во внутрь“ к числу „внутренних“ частиц, летящих в обратном направлении. Это отношение показывает, что число „внешних“ частиц больше, чем „внутренних“, что естественно, так как метеорные частицы поступают в основном извне—из зоны Юпитера и астероидов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Формальное определение асимметрии

Пусть имеется годовая гистограмма суточной вариации часовых чисел метеоров.

Пусть t—местное время, N—часовое число метеоров. Расположим гистограмму так, чтобы минимум часовых чисел приходился на ее середину (например, пусть минимум будет при $t = 18^h$).

Обозначим через N_i часовые числа метеоров для значений t, лежащих вправо от минимума ($t = 18^h$, 19^h,...5^h), $N_к$ — часовые числа для значений влево от минимума ($t = 17^h$, 16^h,...,6^h).

Тогда асимметрией будет называться разность $N_{ас} = N - N_к$ (или $\Delta N_{ас} = N_i - N_к$), где N_i и $N_к$ — соответствующие значения N, расположенные симметрично вправо и влево от минимума.

Таблицы асимметрии вариационных кривых

На стр. 15 приведены табличные значения асимметрии по наблюдениям в Томске (СССР), Харькове (СССР), Крайстчерче (Новая Зеландия), Канаде (рассеяние вперед), Маусоне (Антарктида).

Видно, что для различных станций с довольно различными условиями наблюдений асимметрия имеет примерно одинаковый характер и ее максимум приходится приблизительно на одни и те же часы ($24^h - 2^h$) местного среднего времени.

Физический смысл асимметрии рассмотрен в работе [2]. Асимметрия означает, что правая часть кривой выше и круче левой. Правая часть соответствует активности антисолнечной точки, а левая—солнечной. Асимметрия получается, как правило, положительной и наибольшей по величине в момент верхней кульминации антисолнечного источника ($\sim 1^h$ местного среднего времени).

Асимметрия при рассеянии вперед

Отметим, что асимметричное распределение радиоэхо наблюдается и при рассеянии сигналов вперед. Об этом говорят результаты анализа канадских наблюдений (табл. 5 и 6).

На трассе Сидар Рапидс—Оттава минимум вариационной кривой смещен к 20^h—22^h. Однако характер кривой и величина асимметрии остались при этом, в общем, такими же, как и в других случаях. Единственное отрицательное значение асимметрии объясняется некоторым увеличением частоты появления сигналов в дневное время по сравнению с ночным (это увеличение количества радиоэхо отмечено в [11]). Данные по другой трассе (Гринвуд—Оттава) являются совершенно „классическими“. Таким образом, асимметрия при рассеянии вперед следует в общем тому же закону, что и при возвратном зон-

---

[1]) Именно в силу того, что *и. м. а.* — величина относительная (см. приложение 2).

дировании. Даже ориентация трассы не оказывает, видимо, существенного влияния.

Таблицы асимметрии

1. Томск (СССР)

год \ t	$-\frac{18^h}{17^h}$	$-\frac{19^h}{16^h}$	$-\frac{20^h}{15^h}$	$-\frac{21^h}{14^h}$	$-\frac{22^h}{13^h}$	$-\frac{23^h}{12^h}$	$-\frac{24^h}{11^h}$	$-\frac{1^h}{10^h}$	$-\frac{2^h}{9^h}$	$-\frac{3^h}{8^h}$	$-\frac{4^h}{7^h}$	$-\frac{5^h}{6^h}$
1957	+1	+22	+7	+13	+29	+40	+77	+90	+88	+56	+17	−9
1958	+5	+4	+20	+12	+29	+14	+33	+46	+45	+36	+6	+10
1959	+4	+2	+4	+23	+23	+17	+30	+57	+61	+57	+22	+6
1960	−11	−6	−7	−20	+2	+23	+42	+28	+35	+54	+40	+13

2. Харьков (СССР)

год \ t	$-\frac{21^h}{19^h}$	$-\frac{22^h}{18^h}$	$-\frac{23^h}{17^h}$	$-\frac{0^h}{16^h}$	$-\frac{1^h}{15^h}$	$-\frac{2^h}{14^h}$	$-\frac{3^h}{13^h}$	$-\frac{4^h}{12^h}$	$-\frac{5^h}{11^h}$	$-\frac{6^h}{10^h}$	$-\frac{7^h}{9^h}$
1958	+0,9	+2,3	+2,5	+3,5	+4,0	+3,8	+4,1	+2,3	+1,4	+0,6	+0,7
1959	+1,4	+3,5	+5,0	+6,1	+6,6	+6,5	+6,3	+4,1	+2,6	+2,6	+2,0
1960	+3,2	+6,6	+8,7	+10,4	+13,3	+13,1	+11,5	+9,0	+9,8	+11,0	+9,2

3. Крайстчерч (Новая Зеландия)

год	$-\frac{19^h}{17^h}$	$-\frac{20^h}{16^h}$	$-\frac{21^h}{15^h}$	$-\frac{22^h}{14^h}$	$-\frac{23^h}{13^h}$	$-\frac{24^h}{12^h}$	$-\frac{1^h}{11^h}$	$-\frac{2^h}{10^h}$	$-\frac{3^h}{9^h}$	$-\frac{4^h}{8^h}$	$-\frac{5^h}{7^h}$
1960—1961	0	+2	+5	+6	+12	+16	+15	+13	+9	+4	0

4 Маусон (Антарктида)

год \ t	$-\frac{18^h}{17^h}$	$-\frac{19^h}{16^h}$	$-\frac{20^h}{15^h}$	$-\frac{21^h}{14^h}$	$-\frac{22^h}{13^h}$	$-\frac{23^h}{12^h}$	$-\frac{24^h}{11^h}$	$-\frac{1^h}{10^h}$	$-\frac{2^h}{9^h}$	$-\frac{3^h}{8^h}$	$-\frac{4^h}{7^h}$	$-\frac{5^h}{6^h}$
1957—1960	0	0	−0,5	+1,0	+1,5	+3,0	+3,5	+2,0	+2,5	+2,4	+1,0	+0,9

5. Канада (Трасса Сидар Рапидс (Айова)—Оттава)

год \ t	$-\frac{22^h}{20^h}$	$-\frac{24^h}{18^h}$	$-\frac{2^h}{16^h}$	$-\frac{4^h}{14^h}$	$-\frac{6^h}{12^h}$	$-\frac{8^h}{10^h}$
1953	0	+9	−14	+3	+31	+18

6. Канада (трассы Гринвуд—Оттава)

t / год	18^h	20^h — 16^h	22^h — 14^h	24^h — 12^h	2^h — 10^h	3^h — 8^h	6^h
1955 1956		+3	+17	+40	+49	+43	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Об определении индекса метеорной активности

Пусть $N_{пр}$—сумма всех часовых чисел по правую сторону от минимума, $N_{лев}$—сумма часовых чисел по левую сторону от минимума. За индекс метеорной активности можно было бы принять одну из следующих величин:

$$1)\ i_1(t) = N_{пр} - N_{лев},$$
$$2)\ i_2(t) = N_{пр}/N_{лев},$$
$$3)\ i_3(t) = \lg i_2(t) = \lg N_{пр}/N_{лев}.$$

Однако значения $i_1(t)$ существенно искажаются при изменении чувствительности аппаратуры от месяца к месяцу. Эта величина не дает возможности сравнивать наблюдения разных станций. Отношение $\frac{N_{пр}}{N_{лев}}$ свободно от этих недостатков. В работе [2] эта величина была принята в качестве индекса метеорной активности. Однако наилучшей формой индекса является $i_3(t)$, так как в случае симметричного относительно апекса распределения видимых радиантов получается симметричная годовая кривая. В настоящей работе введен, как окончательный, индекс $i_3(t) = \lg \frac{N_{пр}}{N_{лев}}$.

Наблюдения в различных районах земного шара с одинаковой аппаратурой и при неизменных условиях, возможно, позволят в будущем определять вариацию $i_3(t)$ от года к году. Тогда этот индекс играл бы такую же роль при изучении метеорной активности, как, например, числа Вольфа при исследовании солнечной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Г. Лазарев. О суточной и сезонной вариации часовых чисел метеоров. Доклады Второй Сибирской конференции по математике и механике, Томск стр. 144. 1962.
2. Р. Г. Лазарев. О суточной и сезонной вариации часовых чисел метеоров. Часть I. Известия ТИРиЭТа, **3**, стр. 86, 1964.
3. C. Ellyett and C. S. L. Keay. Journal of Geoph. Res., 66, p 2590, 1961.
4. П. Форсит, Е. Воган, Д. Ханзен, Ц. Хайнес. Метеорная радиосвязь на ультракоротких волнах. Сб. статей, стр. 7, 1961.
5. Б. Ю. Левин. МГГ. Исследования ионосферы и метеоров. № 2, стр. 54, 1960.
6. C. S. Nilsson and A. A. Weiss. Austral.J. Phys, **15** N1, p1, 1962.
7. A. A. Weiss, J. W. Smith. Month. Not. Royal. Astron. Soc., 121, N1. p5, 1960.
8. Г. С. Хокинс. Метеоры. Сб. статей, стр. 366, 1959.
9. G. S. Hawkins. Month. Not. Royal Astron. Soc. **116**, p92, 1956.
10. J. G. Davies. Adv. Electr. and Electr. Phys. **9**, p 95, 1957.
11. П. А. Форсит, Е. Л. Воган. Метеорная радиосвязь на ультракоротких волнах. Сб. статей, стр. 75, 1961.
12. Б. Ловелл. Метеорная астрономия. стр. 143. 1958.
13. Б. Л. Кащеев и В. Н. Лебединец. Радиолокационные исследования метеорных явлений, М., стр. 45, 1961.
14. Б. Л. Кащеев, В. Н. Лебединец, Д. Н. Лукьяшко. МГГ, Информационный бюллетень № 2, Киев, стр. 32, 1960.
15. C. Ellyett and C. S. L. Keay. Month. Not. Royal Astron. Soc., 125, № 4, p 325. 1963.