

АСТРОНОМИЯ

В. П. ЦЕСЕВИЧ

**К ВОПРОСУ О ДРЕЙФЕ МЕТЕОРНЫХ СЛЕДОВ**

(Представлено академиком Г. А. Шайном 27 VII 1950)

Иногда после полета яркого метеора остается светящийся след, наблюдающийся в виде серебристой туманной извивающейся полоски в течение нескольких десятков секунд. Такой след остается не после каждого метеора и потому наблюдение этого явления представляет известные трудности.

В 1933 г. автором при наблюдениях одной переменной звезды случайно было обнаружено, что после некоторых метеоров остаются следы, видимые только в бинокль или телескоп и недоступные для невооруженного глаза. Начиная с этого момента, была найдена возможность систематического изучения этого интересного явления. Наблюдатели стали просматривать области неба, близкие к концу пути метеора, с целью обнаружения „устойчивого“ следа. После того как метеорный след найден, его положения в различные моменты времени наносятся на карту звездного неба, по возможности более подробную. При наблюдениях используется сильный призматический бинокль или телескоп.

Медленное перемещение метеорного следа называется дрейфом. Мною была написана инструкция к выполнению таких наблюдений и, начиная с 1934 г., они систематически в течение ряда лет проводились на Таджикской астрономической обсерватории, особенно в эпохи максимумов метеорных потоков. Инструкция впоследствии была опубликована<sup>(1)</sup>.

Накопленные наблюдения, которые, кстати сказать, требуют большого наблюдательного искусства, были обработаны В. В. Федынским<sup>(2)</sup>, который по видимому движению метеорного следа определял скорость перемещения воздушных масс в стратосфере. Им были получены „розы“ стратосферных ветров, на которых трудно усмотреть какие-либо четкие закономерности. Впоследствии аналогичные работы были выполнены и другими наблюдателями.

Федынский разработал методику обработки наблюдений и вычислений скоростей дрейфа. Так как установлено, что метеорные следы возникают в ионосфере и, повидимому, являются результатом возбуждения атомов или молекул, находящихся на высотах порядка 90—100 км, то Федынский предположил, что следы имеют только горизонтальные перемещения и своей высоты над уровнем моря не меняют.

Методика и формулы для вычислений таковы. Допустим, что в два определенных момента времени  $t_1$  и  $t_2$  определены горизонтальные координаты одной и той же точки метеорного следа:  $a_1, z_1$  и  $a_2, z_2$ . Тогда если допустить, что высота следа не изменилась и равна

$H = 83\,000$  м, то получаются формулы для определения прямоугольных координат следа  $x_1, y_1$  и  $x_2, y_2$ :

$$\begin{aligned}x_1 &= H \operatorname{tg} z_1 \cos a_1; & x_2 &= H \operatorname{tg} z_2 \cos a_2, \\y_1 &= H \operatorname{tg} z_1 \sin a_1; & y_2 &= H \operatorname{tg} z_2 \sin a_2.\end{aligned}$$

При этом ось  $OX$  направлена к югу, а ось  $OY$  — к западу. Скорость дрейфа вычисляется по формулам:

$$v_x = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}; \quad v_y = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1}.$$

Именно по этим формулам найдены все скорости дрейфа, определенные до настоящего времени.

Однако оказалось, что в решении вопроса содержится глубокая принципиальная ошибка, которая неизбежна при односторонних наблюдениях. На самом деле метеорный след дрейфует не только в горизонтальном направлении, но перемещается также и по высоте.

Как будет показано в настоящей работе, применение методики Федынского приводит часто к результатам, не имеющим ничего общего с действительностью.

Летом 1948 г. вблизи Одессы была организована на одну неделю, во время потока персеид, метеорная станция, и наблюдения метеоров велись одновременно из двух пунктов. Было наблюдено 11 метеорных следов, из которых один, наиболее тщательно занесенный на карты, наблюдался одновременно из двух мест.

Координаты пунктов наблюдений следующие:

Пункт А:  $\lambda = 2^{\text{h}} 3^{\text{m}} 2^{\text{s}}, 2$ ;  $\varphi = 46^{\circ} 28' 36''$

Пункт Б:  $\lambda = 2^{\text{h}} 2^{\text{m}} 47^{\text{s}}, 2$ ;  $\varphi = 46^{\circ} 21' 42''$

Расстояние между пунктами по прямой линии 13,63 км.

Дата метеора: 1948 г. августа 12  $21^{\text{h}} 28^{\text{m}} 46^{\text{s}}$  мирового времени. Нанесение производилось в пункте А на карты Боннского обозрения, в пункте Б — на большой атлас Михайлова \*.

Данные о следе этого метеора приведены в табл. 1.

Таблица 1

	A	B
Прямое восхождение точки появления $\alpha_1$	$0^{\text{h}} 54^{\text{m}}, 1$	$1^{\text{h}} 8^{\text{m}}, 0$
Склонение точки появления $\delta_1$	$+20^{\circ}16'$	$+23^{\circ}11'$
Прямое восхождение точки исчезновения $\alpha_2$	$0^{\text{h}} 50^{\text{m}}, 0$	$1^{\text{h}} 6^{\text{m}}, 0$
Склонение точки исчезновения $\delta_2$	$+17^{\circ}41'$	$+21^{\circ}49'$
Звездное время появления $s_1$		$20^{\text{h}} 56^{\text{m}} 49^{\text{s}}$
Звездное время исчезновения $s_2$		$20^{\text{h}} 58^{\text{m}} 31^{\text{s}}$
Зенитное расстояние точки появления $z_1$	$54^{\circ}27'$	$54^{\circ}54'$
Азимут точки появления $a_1$	$-82^{\circ}24'$	$-87^{\circ}44'$
Зенитное расстояние точки исчезновения $z_2$	$55^{\circ}15'$	$55^{\circ}11'$
Азимут точки исчезновения $a_2$	$-78^{\circ}51'$	$-85^{\circ}47'$

Приводим результаты вычислений прямоугольных координат точек появления и исчезновения следа. Оси координат направлены, как и прежде: ось  $OX$  — к югу, ось  $OY$  — к западу, а ось  $OZ$  — наверх.

\* Наносили след в пункте А — Е. Н. Крамер, в пункте Б — В. П. Цесевич.

При выводе мы пренебрегли кривизной Земли. Начало координат расположено в Одессе, на астрономической обсерватории.

Точка появления характеризуется координатами:

$$x_1 = +20,1 \text{ км}; \quad y_1 = -148,4 \text{ км}; \quad z_1 = +107,0 \text{ км}.$$

Точка исчезновения (погасания) следа характеризуется координатами:

$$x_2 = +25,4 \text{ км}; \quad y_2 = -129,0 \text{ км}; \quad z_2 = +91,2 \text{ км}.$$

Деля разности координат на продолжительность дрейфа, равную 102 сек., находим:

$$v_x = +53 \text{ м/сек}; \quad v_y = +190 \text{ м/сек}; \quad v_z = -155 \text{ м/сек}.$$

Если предположить, что метеор принадлежит к основной ветви персеид (что соответствует наблюдениям), то угол, составленный дрейфом с направлением полета, равен  $37^\circ$ .

Приведенные числа показывают, что метеорный след также движется и вниз. Заключение относительно горизонтального движения следов основано на наблюдениях тех метеоров, после которых оставались следы, наблюдавшиеся очень долгое время. Быстро исчезающий „устойчивый“ и долго существующий метеорный след — явления различные. Последние дрейфуют в успокоившейся атмосфере, в то время как быстро исчезающие — в атмосфере, возбужденной быстрым полетом космической частицы.

Чтобы оценить то искажение, которое вносит предположение о горизонтальном характере движения следа, мы вычислили скорости дрейфа, считая оба наблюдения независимыми односторонними, и получили такие результаты:

$$\text{Из наблюдений в пункте А: } v_x = +74 \text{ м/сек}; \quad v_y = -22 \text{ м/сек},$$

$$\text{Из наблюдений в пункте Б: } v_x = +40 \text{ м/сек}; \quad v_y = -10 \text{ м/сек}.$$

Совершенно очевидно, что составляющие  $v_y$ , получившиеся порядка  $-16$  м/сек, сильно отличаются от действительного значения  $+190$  м/сек.

Таким образом, вертикальная составляющая дрейфа, не определяющаяся из односторонних наблюдений, сводит ценность результатов на нет.

Наблюдение Крамера, произведенное в пункте А, сделано особенно тщательно, и потому вполне возможно, считая дрейф следа прямолинейным, вычислить весь его путь в атмосфере.

Он приведен в табл. 2. Результаты особенно уверенные, так как след вскоре превратился в небольшое облачко и его движение было легко фиксировать.

Таблица 2

Точки следа	$x$	$y$	$z$	$\rho, \text{ км}$	$\tau, \text{ сек.}$	$\bar{v}, \text{ м/сек}$
$a$	+20,1	-148,4	+107,0	0,0	42	305
$b$	+22,8	-138,7	+99,1	12,8	19	360
$c$	+24,2	-133,5	+94,9	19,6	9	310
$d$	+24,7	-131,4	+93,2	22,4	—	—
$e$	+25,4	-129,0	+91,2	25,6	—	—

В табл. 2 точки  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  соответствуют различным положениям, которые занимал след в различные моменты времени.  $a$  — начало явления,  $e$  — конец явления,  $\rho$  — расстояние от начала вдоль следа,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  — прямоугольные координаты точек,  $\tau$  — продолжительность времени, протекшего между соседними положениями следа,  $v$  — средняя скорость за время, отделяющее два соседних положения. Из таблицы видно, что средняя скорость следа была приблизительно постоянной во время всего его дрейфа, порядка 320 м/сек.

Общие выводы из наблюдений этого исключительно интересного явления таковы:

1. Односторонние наблюдения дрейфа метеорных следов не могут быть обработаны без дополнительных гипотез и не могут дать надежных результатов.

2. Метеорные следы дрейфуют не только в сторону, но и вниз, с достаточной скоростью движения, которой пренебрегать нельзя.

3. Дальнейшие наблюдения должны проводиться одновременно, по крайней мере, из двух мест, удаленных друг от друга не менее, чем на 15 км. Наблюдения следует производить при помощи сильных биноклей, кометоискателей или бинокулярных труб.

Следует связать оба пункта телефоном с тем, чтобы наблюдатели могли быстро сообщаться друг с другом и находить след одновременно. В случае невозможности телефонной связи (постоянно действующей во все время наблюдения) надо заранее условиться о точном времени наблюдения и относительно области наблюдения.

4. Автор предполагает, что дрейф быстро исчезающего метеорного следа вызван не реальными движениями, происходящими в невозмущенной стратосфере, а электромагнитными явлениями, связанными с движением заряженных частиц в магнитном поле Земли. Последнее предположение требует систематических, правильно поставленных наблюдений и дальнейшей теоретической дискуссии их результатов.

Поступило  
6 VII 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. П. Цесевич, Бюлл. Всесоюзн. астр. геодез. об-ва, № 5 (1940). <sup>2</sup> В. В. Федынский, Астр. журн., 21, в. 6 (1944).