

ИЗМЕРЕНИЯ ЯРКОСТИ ДНЕВНОГО НЕБА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ФОТОМЕТРАМИ, ПОДНИМАЕМЫМИ НА РАКЕТАХ

В связи с расхождением данных о давлении (плотности) воздуха в высоких слоях атмосферы, получаемых по измерению яркости сумеречного света в зените¹, с данными о давлении, получаемыми прямыми методами с помощью приборов, поднимаемых на ракетах^{2, 3} (на один-два порядка соответственно на высотах 100, 130 км), представляет интерес опубликованная в последнее время статья об измерении яркости дневного неба фотоэлектрическими фотометрами, поднимаемыми на ракетах⁴.

В течение ряда лет, начиная с 1946 г., проводились измерения яркости дневного неба в избранных участках спектра на различных высотах с помощью ракет, в результате которых получены данные о неожиданно большой и постоянной по величине яркости дневного неба в пределах высот от 40 до 130 км и наличии днём облаков на высоте свыше 70 км.

В полёте 21 ноября 1946 г., начавшемся в 10 ч. 15 м., в головной части ракеты V-2 было установлено семь фотоэлектрических фотометров с фотоэлементами, направленными при положении ракеты на старте на восток и запад с углом возвышения к горизонту в 15°, четыре из них с фильтрами ($\lambda = 4430 \text{ \AA}$ и $\lambda = 5230 \text{ \AA}$).

Результаты измерений яркости дневного неба в двух указанных выше участках спектра для высот от уровня земли до 27,5 км приводятся авторами в абсолютных единицах (излучение на спектральном участке шириной 20 Å, поступающее от полусферы, выражено в ваттах на квадратный метр).

В период работы двигателя, примерно до высоты 27 км, стабильность ракеты контролировалась и оставалась почти постоянной.

На высоте 25 км яркость неба, измеренная фотометрами с голубым и зелёным фильтрами, составляла соответственно около 5,7 и 4,6% от яркости неба на высоте 5 км для фотометров, направленных на запад, и около 8 и 10% — для фотометров, направленных на восток. Следует отметить, что результаты измерений на восток содержали некоторую погрешность, вызванную рассеянием солнечного света частичками, попавшими на входное защитное стекло фотометров.

При полёте, состоявшемся 8 декабря 1947 г. в 14 ч. 20 м., на ракете V-2 были установлены двенадцать фотометров с фотоумножителями (931A). Два из них с полем зрения, направленным вниз, предназначались для измерения альбедо земли, пять в положении на старте были направлены на восток (в основном в трёх направлениях) и пять аналогичным образом на запад под углом возвышения к горизонту 15°.

Более высокая чувствительность этих фотометров позволила применить интерференционные фильтры с максимумом пропускания около 4280, 4720, 5350, 5670 и 6150 Å. В статье приводятся результаты измерений яркости неба фотометрами, направленными на восток, для пяти указанных выше участков спектра в пределах высот от уровня земли до примерно 33 км в относительных единицах, которые в основном повторяют результаты измерений 1946 г.

Главной целью дальнейших экспериментальных исследований, проведённых в 1950 и 1951 гг., было измерение яркости неба на высотах больше чем 30 км.

При полёте ракеты V-2, стартовавшей 31 августа 1950 г. в 10 ч. 9 м., увеличение чувствительности было достигнуто благодаря применению фотометров с фотоумножителями типа IP21, а это позволило в свою очередь уменьшить размеры поля зрения фотометра до 5,5°. Фотометры

располагались, как и в предыдущих полётах, на боковой поверхности головной части ракеты. Применявшаяся схема с делителем напряжения позволила принимать сигналы, интенсивность которых могла меняться в широких пределах. Интерференционный фильтр 4260 Å был выбран с расчётом на полосу N_2^+ 4278 Å, а фильтр 5590 Å — для линии кислорода 5577 Å, наблюдающихся в свечении ночного неба. При этих измерениях, как и при измерениях 1946 г., градуировка фотометров была выполнена в одних и тех же абсолютных единицах. Одновременно с результатами фотометрических измерений авторы приводят данные о полёте ракеты: удаление ракеты в горизонтальной плоскости в зависимости от высоты, изменение высоты, а начиная с 72 сек. полёта, азимута и угла возвышения ракеты в зависимости от времени. Из этих данных следует, что на максимальной высоте, достигнутой ракетой (около 136 км), её продольная ось была направлена почти горизонтально (через 5 сек. после выключения двигателя, на 72-й секунде полёта, угол возвышения ракеты равнялся примерно 80°), а по азимуту — почти прямо в противоположном направлении по сравнению с тем, которое у ракеты было после прекращения работы двигателя. В период работы двигателя ориентация ракеты V-2 поддерживалась почти постоянной и обычно ракета медленно вращалась после выключения двигателя.

Показания фотометров в двух областях спектра, записанные непрерывно, свидетельствуют о почти экспоненциальном уменьшении яркости неба от уровня земли до высоты около 35 км. Яркость неба на высоте 30 км составляла около одного-двух процентов от яркости неба, измеренной на уровне земли. В течение остальной части полёта показания фотометров в значительной степени оказывались независимыми от высоты (некоторые циклические изменения показаний фотометров могли быть связаны, как указывают авторы, с вращением ракеты, а именно с: (1) прохождением фотометров при вращении попеременно через солнечную и теневую стороны, (2) прецессией ракеты и (3) изменениями яркости неба с изменением направления).

Беря минимальные значения показаний фотометра, приходящиеся на высоты вблизи 85 км и 115 км, как величины, представляющие количества света, попадающие на этих высотах в фотометры, авторы получают данные, показанные в табл. I.

Таблица I

Излучение на спектральном участке, шириной 20 Å, приходящее от полусферы (в милливаттах на квадратный метр)

Фильтры λ в Å	Интенсивность света на высоте		
	30 км	85 км	115 км
4260	10	6	5,2
5590	12	5,5	6,6

В полёте ракеты «Аэроби» 25 июля 1951 г. (начавшемся в 09 ч. 25 м.) использовались два фотометра (с полем зрения, равным 4°), расположенные в верхней части ракеты. В этом случае, в отличие от прежних, фотометры были направлены вдоль продольной оси ракеты. Измерения яркости

неба в различных участках спектра осуществлялись с помощью применения вращающегося диска, в котором были укреплены восемь интерференционных фильтров. В девятом отверстии диска располагалась специальная лампочка для проверки в течение полёта градуировки фотометров. В течение каждой полусекунды (период вращения диска) каждым фотометром производились измерения во всей серии светофильтров. Пределы пропускания фильтров соответствовали хорошо известным линиям и полосам видимой области, некоторые же приходились на участки спектра между ними. Результаты измерений в трёх участках спектра 5910 Å, 6150 Å и 6360 Å (см. табл. II) подтвердили для этих длин волн наличие большой по величине и постоянной яркости неба, измеренной в 1950 г. для 4260 Å и 5590 Å.

Для участков спектра, расположенных в интервале от 4200 Å до 5900 Å, яркость неба оказалась больше тех максимальных величин, которые ещё могли быть измерены фотометрами, работавшими в этом интервале. Поэтому в отношении длин волн, расположенных в пределах от 4200 до 5900 Å, авторам удалось только установить, что интенсивности света должны быть больше значений, указанных в третьем столбце табл. II.

Таблица II

Излучение на спектральном участке шириной 20 Å, приходящее от полусферы (в милливаттах на квадратный метр)

Фильтры λ в Å	Средние значения для высот от 30 до 70 км	Значения для высот от 30 до 70 км больше чем	Значения у земли во время полёта
6360	6,9		$2,3 \times 10^2$
6150	6,0		$2,5 \times 10^2$
5910	3,3		$1,5 \times 10^2$
5590		2,0	$8,3 \times 10^2$
5390		1,1	$2,3 \times 10^2$
4895		1,9	$6,3 \times 10^2$
4615		1,4	$5,0 \times 10^2$
4290		0,9	$3,3 \times 10^2$

В полёте ракеты 1951 г., кроме измерений яркости неба фотоэлектрическими фотометрами, проводилось фотографирование неба с помощью фотокамеры. Использовалась модифицированная фотокамера GSAP с фокусным расстоянием 25 мм, относительным отверстием 4,5, экспозицией 1/400 сек. и с частотой кадров 6,67 в сек., которая была установлена в том же направлении, как и фотометры. Когда ракета достигла высоты 70 км, были получены снимки облаков, которые, по предположению авторов, находились сравнительно недалеко от ракеты, в слое минимума температуры, на высоте около 80 км, где, как известно, в условиях сумеречного освещения наблюдаются серебристые облака. Авторы отмечают наблюдающиеся на протяжении трёх кадров, снятых в течение полусекунды, быстрые изменения облаков.

При интерпретации результатов измерений, проведённых при помощи фотоэлектрических фотометров, авторы считают, что яркость неба в тропосфере и нижних слоях стратосферы обуславливается главным образом

релеевским рассеянием солнечного света. Релеевское рассеяние с увеличением высоты и уменьшением плотности воздуха почти экспоненциально уменьшается и становится пренебрежимо малым по сравнению с дневным свечением неба, примерно начиная с высоты 35—40 км, где общая яркость неба составляет около 2—3% (в зависимости от направления) от яркости неба, измеренной у земли. Дневное свечение неба, которое до наибольших достигнутых высот (135 км) остаётся постоянным, по их мнению, вызывается резонансным свечением или флуоресценцией, или тем и другим вместе, и рассеянием света облаками в верхних слоях атмосферы. Это дневное свечение неба, как указывают авторы, по порядку величины в десять тысяч раз больше ночного свечения неба и вызывается, по их предположению, областью, лежащей выше максимальной высоты поднятия ракеты.

В. Морозов

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Г. Мегрелишвили и И. А. Хвостиков, ДАН 59, 1283 (1948).
2. Г. Р. УФН 50, 145 (1953).
3. Г. Ньюэлл и Дж. Сири, Вопросы ракетной техники, в. 4, 3 (1953).
4. H. A. Miley, E. H. Cullington and J. F. Bedinger, Trans. Am. Geophys. Un. 34, 680 (1953).