

И.В. Самохвалов, Л.Н. Попов

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ГАЛО ИСКУССТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Наблюдения гало проводились на средних и высоких широтах. Исследования в средних широтах впервые показали, что световые столбы (гало) могут иметь форму стоячих страт. В высоких широтах во время магнитосферных суббурь, как впервые установлено, поведение световых столбов имеет различный характер в различных регионах.

В зимнее время при определенных метеоусловиях наблюдаются гало от наземных искусственных источников света в виде вертикального светового столба. Данное явление известно [1–4], но практически не изучено. В настоящем сообщении представлены результаты экспериментальных исследований гало в районах средних и высоких широт. Наблюдения в средних широтах проводились в г. Томске, г. Карталы Челябинской области, г. Красноярске (эпизодически), г. Темиртау (эпизодически), на трассе Алма-Ата–Джамбул; в высоких широтах наблюдения велись на Таймыре (гг. Норильск, Талнах, Кайеркан, пос. Валек).

Гало в приземном слое атмосферы возникает при отражении света от плавающих в воздухе ледяных кристаллов (игл), ориентированных по отношению к вертикали одинаковым (преимущественным) образом. По мнению автора монографии [2], появление световых столбов связано с отражением света на ледяных пластинках, быстро вращающихся вокруг горизонтальной оси.

Общепринято считать, что гало наблюдается при спокойном (в метеорологическом смысле) состоянии атмосферы и низких температурах при сильном выхолаживании приземного слоя воздуха, когда происходит процесс сублимации водяного пара и образование ледяных кристаллов [3, 5].

По нашим наблюдениям, световые столбы (гало) от наземных источников освещения имеют белый цвет, что говорит о том, что гало подобного типа связано с отражением света на гранях кристаллов.

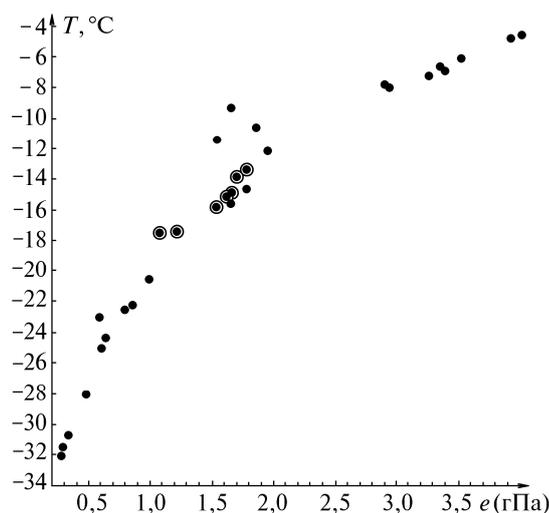


Рис. 1. Состояние приземного слоя атмосферы во время проведения исследований в координатах: температура (°C) – влажность (парциальное давление водяного пара). Кружочками выделены случаи наблюдения гало от наземных источников

Результаты наблюдений в г. Томске показали, что гало от искусственных источников света в средних широтах возникают при температурах от -13 до -20°C (рис. 1). В то же время

практически все литературные источники говорят о том, что гало появляются при более низких температурах.

В условиях средних широт при отсутствии геомагнитных бурь световые столбы от искусственных источников света устойчивы, динамика их поведения определяется изменением метеоусловий. Высота и яркость световых столбов зависят от степени упорядочения и плотности ледяных кристаллов. Исследования в средних широтах впервые показали, что световые столбы могут иметь форму стоячих «страт» (рис. 2), т.е. чередующихся темных и светлых отрезков, что позволяет говорить о стратификации приземного слоя атмосферы.

Наблюдения в зоне высоких широт показывают, что световые столбы от искусственных источников света возникают при значительных морозах, что согласуется с [3]. В [3] считается, что ледяные кристаллы в приземном слое атмосферы образуются в результате сублимации водяного пара при сильном охлаждении воздуха. Значительный ряд наблюдательных данных в Таймырском регионе (гг. Норильск, Талнах) показывает, что за 15–18 ч до потепления световые столбы от искусственных источников света (прожекторов) исчезают, несмотря на низкую температуру (-30 ; -35°C).



Рис. 2. Фотография стратифицированного гало

В зоне высоких широт при отсутствии магнитосферных суббурь гало от искусственных источников света также устойчивы, как и в средних широтах. Во время магнитосферных суббурь, как впервые установлено, поведение световых столбов имеет различный характер в различных регионах высокоширотной зоны. Как показали экспериментальные исследования в Норильском районе Таймыра, во время магнитосферных суббурь яркость столбов изменяется с периодом 0,1–0,5 с.

При наличии полярных сияний изменение яркости гало происходит синхронно с изменением яркости полярного сияния. Вариации яркости световых столбов носят сложный характер, причем можно выделить следующие типы вариаций: изменение яркости светового столба в целом, изменение яркости части светового столба, режим бегущих «страт». Проиллюстрируем этот вывод наблюдательными данными.

Пример 1. 19 ноября 1989 г. наблюдался яркий световой столб (гало) от искусственно-го источника света в г. Талнахе (Таймыр). Время наблюдения: 18.00–19.00 (местного времени) или 11.00–12.00 UT (по Гринвичу). Температура воздуха $-28,6^{\circ}\text{C}$. Световой столб имеет устойчивый характер без изменения его яркости. Магнитограмма, характеризующая уровень магнитного поля в указанный период, приведена на рис. 3.

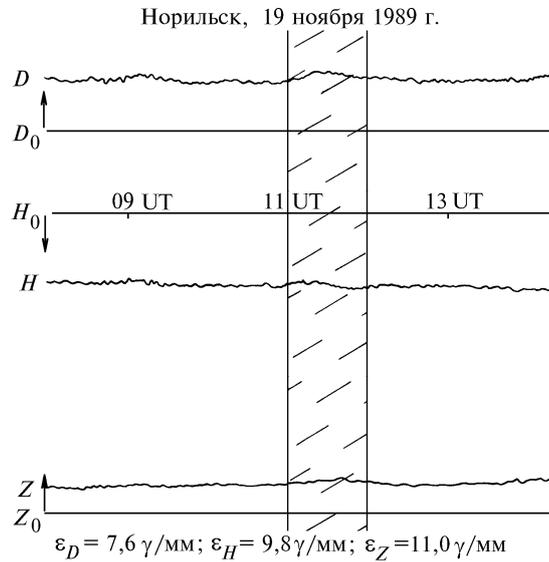


Рис. 3. Напряженность магнитного поля во время наблюдения устойчивого (немодулированного) гало: D, H – горизонтальные, Z – вертикальная составляющая вектора напряженности магнитного поля; $\varepsilon_{D,H,Z}$ – абсолютная величина составляющих поля в 1 мм ($\gamma = 7,95 \cdot 10^{-4} \text{ A/м}$). Выделенная вертикальными линиями область соответствует промежутку времени наблюдения гало

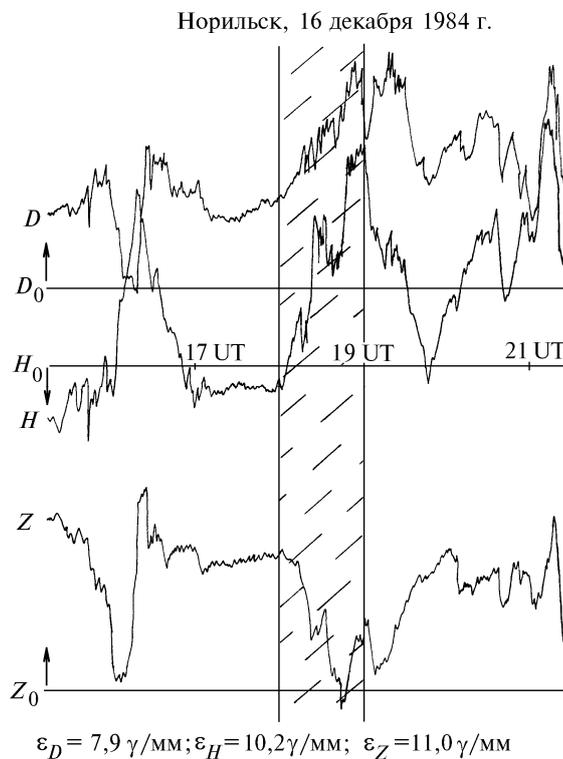


Рис. 4. Магнитограмма, соответствующая случаю наблюдения модулированного по яркости гало от искусственного источника света. Обозначения см. на рис. 3

Пример 2. 17 декабря 1984 г. в г. Норильске (Таймыр) в период с 01.00 до 02.00 (местное время) или 16 декабря в 18.00–19.00 (по Гринвичу) наблюдались гало от двух прожекторов, освещающих строительную площадку. Вблизи по азимуту наблюдался одиночный луч полярного сияния. Интенсивность гало от искусственных источников была модулирована, причем колебания интенсивности гало совпадали по частоте с колебаниями интенсивности луча полярного сияния. Кроме того, практически синхронно наблюдались высотные перемещения областей повышенной яркости в гало и в луче полярного сияния. Магнитограмма, характеризующая уровень магнитного поля в указанный период, приведена на рис. 4.

В целом в процессе работы накоплен значительный ряд наблюдательных данных световых столбов по Таймырскому региону, а также магнитограмм в наблюдательные периоды. В Тюменском регионе динамика гало также подобна динамике полярных сияний. В Якутском регионе гало от искусственных источников света во время магнитосферных суббурь имеют устойчивый характер без модуляции их яркости.

Изменение яркости световых столбов, возможно, обусловлено наличием на ледяных иглах электрического заряда (при неравномерном распределении заряда игла становится электрическим диполем) и взаимодействием электрического диполя ледяной иглы с атмосферным электрическим полем, которое, в свою очередь, связано с электропроводностью подстилающей поверхности Земли и ионосферными электрическими полями, изменяющимися во время магнитосферных суббурь. Региональные особенности поведения световых столбов могут быть обусловлены различием электрических свойств подстилающей поверхности в разных регионах.

Гало от наземных источников света, по наблюдениям на Таймыре, несет в себе и прогнозистические метеорологические признаки. Так, например, установлено, что за 15–18 ч до потепления, которое обычно сопровождается метелью, гало от наземных источников света пропадает, несмотря на сохраняющуюся в течение указанного периода устойчивую морозную погоду с температурой от минус 30 до минус 35°C.

Большой объем данных, полученных в результате наблюдений, позволил выявить неоднородную пространственную структуру вероятности появления гало от искусственных источников в приземном слое атмосферы, что говорит о влиянии локальных неоднородностей метеословий или земной коры.

1. Оболенский В. Н. Метеорология. Ч. 2. М.; Л.: Изд-во географической литературы, 1939. 371 с.
2. Миннарт М. Свет и цвет в природе: Пер. с англ. М.: Гос. Изд-во физ.-мат. литературы, 1958. 424 с.
3. Заморский А. Д. Атмосферные явления. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 96 с.
4. Калитин Н. Н. Оптические явления. М.: Изд-во географической литературы, 1948. 451 с.
5. Астапенко П. Д. Вопросы о погоде. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 392 с.

Томский государственный университет

Поступила в редакцию
8 августа 1996 г.

I. V. Samokhvalov, L. N. Popov. **Peculiarities of Behavior of Halos from Artificial Light Sources in Atmospheric Boundary Layer.**

The experimental investigations of halos are conducted in middle and high latitudes. The investigations in middle latitudes show for the first time that the light columns (halos) can have the form of stationary striations. In high latitudes, as is first found, the behaviour of light columns during magnetosphere substorms is of different character in different regions.