Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 3

АСТРОНОМИЯ

А. И. ЛЕБЕДИНСКИЙ

О НЕКОТОРЫХ ПРИМЕНЕНИЯХ ШИРОКОУГОЛЬНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 24 III 1955)

Яркие формы полярных сияний, такие, как корона, ленты, лучи и драпри, развиваются настолько быстро, что часто в течение минуты их вид изменяется до полной неузнаваемости. Поэтому получение спектров отдельных форм очень затруднено. Щелевой спектрограф, снабженный питающим объективом, не удается достаточно хорошо гидировать по сиянию, а при неподвижном хотя бы и очень светосильном спектрографе, направленном в наиболее яркий участок небосвода, экспозиции для получения хороших плотностей четырех наиболее ярких линий сияний (3914, 4278, 5577 и 6300—6360 Å) достигают часа и лишь в редких случаях ограничиваются десятками минут, т. е. намного превышают продолжительность существования отдельных форм сияний.

Поток излучения в каждой из четырех наиболее интенсивных линий сияния — порядка 10—20% интегрального потока излучения сияний в видимой части спектра. Поэтому минимальные возможные экспозиции для получения в спектре этих четырех линий должны лишь в 5—10 раз превосходить экспозиции при фотографировании сияний в интегральном свете, т. е. должны быть около 1 мин. Экспозиции, превышающие минимальную в десятки и даже сотни раз, получаются вследствие ряда причин: а) яркая форма сияния видна обычно под небольшим телесным углом, и свет ее при отсутствии питающей системы не заполняет объектива коллиматора, вследствие чего резко снижается эффективная светосила объектива камеры; при наличии питающего объектива соответственно сокращается время освещения щели яркими формами сияния; б) при узкой щели спектрографа даже небольшая внефокальность, почти неизбежная при большой светосиле объектива камеры, сильно увеличивает экспозиции для эмиссионного спектра; в) яркие формы сияний вспыхивают через промежутки времени, значительно превышающие длительность существования каждой из них в отдельности; поэтому если не удается получить достаточные почернения фотопластинки за время существования отдельной формы, то эти почернения приходится накапливать в течение ряда вспышек сияний, т. е. на протяжении примерно часовой экспозиции.

Для получения спектрограмм отдельных ярких форм полярного сияния нами был разработан в 1948 г. бесщелевой спектрограф. Макет этого прибора был испытан в марте 1949 г. С. С. Журавлевым, а окончательная конструкция изготовлена осенью 1949 г.

В бесщелевом спектрографе светосила объектива камеры используется полностью, небольшая внефокальность практически не уменьшает яркости изображения, потери света меньше, чем в щелевом спектрографе, и поэтому действительно осуществляются минимальные возможные экспозиции с продолжительностью порядка минуты.

Принцип устройства бесщелевого спектрографа для съемки спектров полярных сияний следующий: камера с объективной призмой фотографи-

рует небосвод или часть небосвода, отраженную в выпуклом зеркале. Дисперсия призмы и расстояние от зеркала до камеры подбираются так, чтобы монохроматические изображения зеркала в свете линий 5577 и 6300—6360 Å не налагались или почти не налагались друг на друга.

В макетной установке использовалось круглое выпуклое зеркало, закрытое черным экраном с прорезью по диаметру, параллельному преломляющему ребру призмы. Установив эмпирически оптимальную ширину используемой полосы зеркала, в дальнейшем мы применяли продолговатые прямоугольные зеркала с размерами 250×60 и 250×40 мм, вырезанные из сферических зеркал, дающих изображение всей полусферы. Такие зеркала, будучи расположены горизонтально, отражали полосу шириною 30—50°, пересекающую все небо вдоль вертикала. Расстояние от зеркала до объектива было около 2,5 м в спектрографе с двумя 60°-ными призмами и светосилой объектива 1/0,57 и около 4 м в однопризменном спектрографе со светосилой 1/1,25. Линейный масштаб монохроматических изображений очень мелкий — 180°-ная дуга получается длиною 3—4 мм. Существенное увеличение масштаба возможно при замене призм диффракционной решеткой.

Вертикальный двойной бесщелевой спектрограф, изготовленный осенью 1949 г., сконструирован следующим образом. По бокам подставки, вращающейся вокруг вертикальной оси, укреплялись с противоположных сторон два бесщелевых спектрографа со светосилой 1/1,0. Один из них кварцевый, другой стеклянный. Оба спектрографа направлялись приблизительно в зенит. Подставка со спектрографами была установлена в башне, имевшей люк в центре купола. Входные отверстия спектрографа экранировались трубами с диафрагмами.

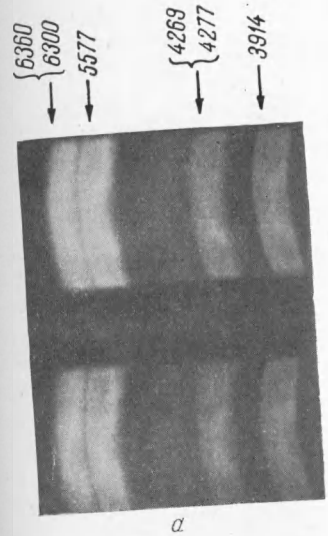
Верхний конец подставки спектрографов слегка выступал из отверстия люка наружу, и на этом конце укреплялось прямоугольное продолговатое зеркало со сферической поверхностью. На высоте $1^1/_2$ м над башней на трех железных стойках располагалось плоское зеркало, обращенное вниз своей отражающей поверхностью и проектировавшееся на расположенную над ним черную полость.

Небо отражается в выпуклом зеркале. Второе отражение в плоском зеркале дает мнимое изображение небосвода, которое фотографировалось одновременно обоими спектрографами. Поворачивая подставку спектрографов вокруг вертикальной оси, наблюдатель, смотря в плоское зеркало, выбирал подлежащий фотографированию вертикал. При повороте подставки смещались как одно целое оба спектрографа и выпуклое зеркало.

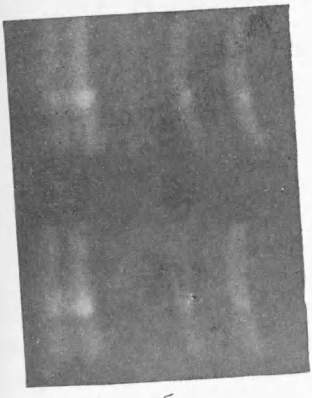
Расположение диафрагмы в бесщелевом спектрографе таково, что из любой точки объекта видно все продолговатое зеркало, проектирующееся на черную полость, и ни из одной точки объектива не видно ничего, кроме черной полости и продолговатого зеркала. При таком диафрагмировании рассеянного света очень мало. Наложение слабых линий при выбранных нами размерах зеркала и умеренных экспозициях также практически не существенно.

Макетная установка бесщелевого спектрографа, испытанная в марте 1949 г., имела горизонтальное расположение и могла спектрографировать сияния только на северной половине небосвода. Светосила объектива ее камеры была 1/0,57. Камера стояла неподвижно; преломляющее ребро призмы располагалось горизонтально. Наведение на сияние осуществлялось поворотом выпуклого зеркала вокруг горизонтальной оси, параллельной его длинной стороне. Разумеется, при таком расположении полоса неба вырезалась не вдоль большего круга, а качество изображений сильно ухудшалось при небольших зенитных расстояниях сияний.

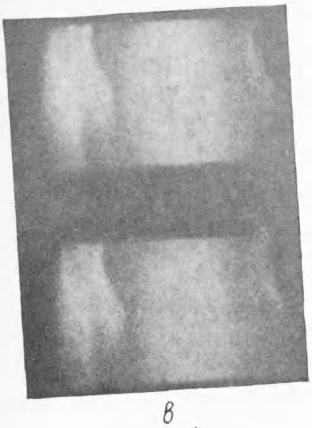
На рис. 1 приведены три пары последовательных спектрограмм, полученных С. С. Журавлевым на горизонтальной установке в марте 1949 г. с экспозициями 1—2 мин. На них сняты: дуга сияния, параллельная зеркалу (*а*); луч сияния, пересекающий зеркало (*б*), и яркая форма, парал-



а



б



в

Рис. 1



Рис. 3

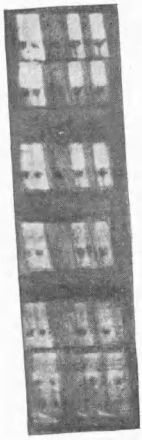


Рис. 2

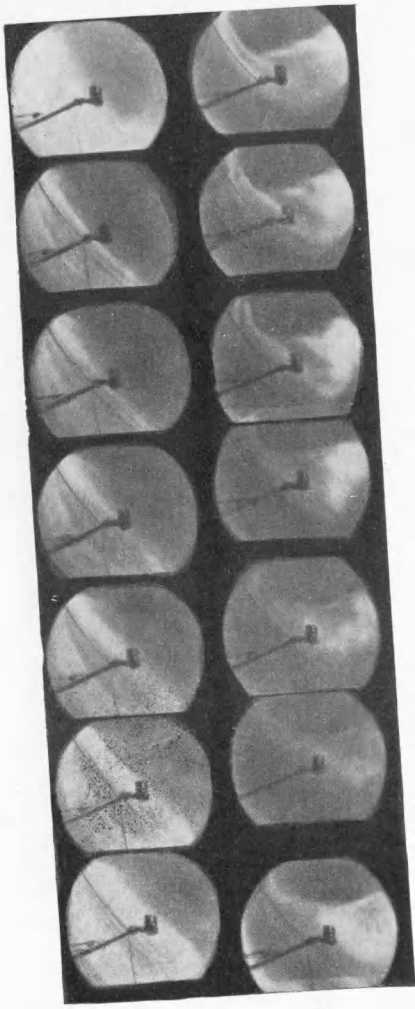


Рис. 4

лельная зеркалу (*в*); последняя наблюдалась в сумерки и видна на фоне непрерывного спектра неба. На рис. 2 приведена серия последовательных снимков на бесщелевом стеклянном спектрографе с вертикальной установкой, полученная с экспозициями около 2 мин. С. И. Исаевым 22 III 1950 г. На снимках видна черная полость, на которую проектируется плоское зеркало и поддерживающие ее стойки.

Если ширину продолговатого зеркала уменьшить до нескольких миллиметров, то бесщелевой спектрограф превратится в 180°-ный щелевой спектрограф, а экспозиции при не слишком узком зеркале попрежнему останутся минутными. Для впечатывания лабораторного спектра сравнения, необходимого при определении длин волн и лучевых скоростей, нужно осветить лабораторным источником света боковую плоскую матовую поверхность продолговатого зеркала, наклонив при этом зеркало на небольшой угол, позволяющий видеть из объектива его освещенную грань как очень узкую полоску.

Съемку бесщелевых спектрограмм мы сочетали со съемкой всего неба 180°-ными зеркальными автоматическими камерами. Без этого очень мелкие монохроматические изображения сияний на спектрограммах было бы трудно интерпретировать *.

В макете широкоугольной камеры, испытанном Н. С. Селиваском в марте 1949 г., серийный киноаппарат КС-50 и мотор, производящий смену кадров, были смонтированы на деревянной доске и установлены над выпуклым зеркалом диаметром 150 мм. Силуэт этого весьма примитивного прибора виден, отраженный в зеркале, на рис. 3, где воспроизведен снимок всего неба, полученный во время яркого полярного сияния 28 III 1949 г. На снимке видны звезды и луч прожектора. В зените находится Большая Медведица, но звезды α и β этого созвездия заслонены киноаппаратом.

В течение наблюдательного сезона 1949—1950 гг. А. С. Либензон, Б. С. Николаенко и В. П. Городничев вели систематическую съемку полярных сияний несколькими одинаковыми широкоугольными зеркальными автоматическими камерами, фотографировавшими на 36-миллиметровой кинопленке изображение неба диаметром 21 мм, отраженное в выпуклом 250-миллиметровом зеркале. При слабых сияниях снимки с экспозицией 20—25 сек. делались 2 раза в минуту. При ярких сияниях частота снимков увеличивалась, а экспозиция сокращалась. Каждый 7-й кадр снимался с удвоенной экспозицией. На кадрах фотографировался циферблат часов в момент начала экспозиции. На рис. 4 представлены две серии снимков, полученные А. С. Либензоном 22 III 1950 г. Верхний кадр слева и нижний справа сняты с удвоенной экспозицией. Циферблат часов — в правом нижнем углу каждого кадра левой серии. Слева — серия снимков параллельных дуг, пересекающих весь небосвод, а справа — яркая быстро развивающаяся форма сияния.

При съемке из двух точек с целью определения параллакса синхронизация работы обеих 180°-ных камер обеспечивалась вращением контактных механизмов синхронными моторами, питаемыми синфазным переменным током, и контролировалась по телефону. Для определения высот полярных сияний использовался базис 60 км.

В дневные часы широкоугольные зеркальные камеры могут использоваться для регистрации облачности и для определения высот и скоростей движения облаков методом параллактической съемки с базиса длиною около 500 м.

Поступило
1 III 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] D. Osterbrock, S. Scharpless, Astrophys. J., **113**, No. 1, 222 (1951).

* Наша широкоугольная зеркальная камера в принципе ничем не отличается от описанной Д. Остербруком и С. Шарплессом ([1]), но первые снимки всего небосвода нами были получены на полтора года раньше, чем снимки, опубликованные ими.