

УДК: 520.353

## ВОЗМОЖНОСТИ БЕСЩЕЛЕВОГО СПЕКТРОГРАФА НА БТА И МЕТРОВОМ ТЕЛЕСКОПЕ ЦЕЙССА

Н. А. ТИХОНОВ, М. Ф. ШАБАНОВ

Поступила 14 декабря 1983

Принята к печати 15 июля 1984

Изготовленный авторами бесщелевой спектрограф на основе прозрачной решетки испытан в пробных наблюдениях на 6-м телескопе БТА и 1-м телескопе Цейсса. На БТА за 10 мин при дисперсии 300 А/мм регистрируются звезды до  $16^m.3$  и заметны следы спектров звезд до  $18^m.1$ . Ожидаемые предельные величины для звезд —  $20^m.5$ , для квазаров — до  $22^m$ . На 1-м телескопе за два часа, при дисперсии 300 А/мм и фокусном расстоянии 13 м, зарегистрированы звезды до  $17^m$ .

Для опектральной классификации слабых звезд [1], спектрофотометрии квазаров [2] и определения лучевых скоростей галактик [3] на многих телескопах среднего размера используется объективная призма. Для больших телескопов изготовление призмы невозможно, поэтому применяется прозрачная дифракционная решетка, стоящая в сходящемся луче вблизи фокуса телескопа [4]. На фотопластинке регистрируются спектры всех объектов поля, которые на  $3 \div 5$  величин (в зависимости от применяемой дисперсии) более яркие, чем самые слабые звезды на предельных снимках этого телескопа.

Изготовленный нами бесщелевой спектрограф с прозрачной решеткой работает в прямом фокусе БТА совместно с кассетой Ричи. Он состоит из узла перемещения и наклона решетки и узла выведения решетки из пучка лучей. При выведенной решетке производится фокусировка ножом Фуко, отождествление и прямое фотографирование для фотометрических измерений. Движение решетки вдоль оптической оси позволяет изменять дисперсию получаемых спектров.

Технические данные спектрографа:

Диаметр решетки, нанесенной на вторую поверхность клина, 160 мм.

Угол клина —  $2^\circ 49'$ , толщина в средней точке — 25 мм.

Частота штрихов — 100 шт/мм.

Рабочий порядок спектра — первый.

Диапазон дисперсий — 250—800 А/мм.

Рабочий интервал длин волн — 3500—6500 А.

Диаметр поля зрения — 13' на БТА, 40' — на Цейсс-100.

Оптические параметры решетки проверялись нами на ЭВМ методом уравнений траекторий лучей. На рис. 1 показаны положения 104 лучей, падающих на главное параболическое зеркало идеальной формы ( $D = 6$  м,  $f/4$ ). Сходящийся после отражения от зеркала пучок встречал решетку на расстоянии 200 мм от фокуса. Для выявления комы и астигматизма решетки и призмы был проведен расчет точечной диаграммы, без оптического корректора поля телескопа, для центральной звезды. На рис. 2 приведены спектральные линии  $\lambda\lambda = 3500, 5000, 6000$  и  $7000$  А для этого случая. Для масштаба приведен размер  $1'' = 0.116$  мм на БТА. Более сложный вид имеют точечные диаграммы спектральных линий при расчетах решетки для полной оптической схемы БТА с корректором и для разных углов падения лучей. Однако и в этом случае аберрации не превосходят  $1.5''$  для всего поля телескопа при  $\lambda$  менее 5000 А.

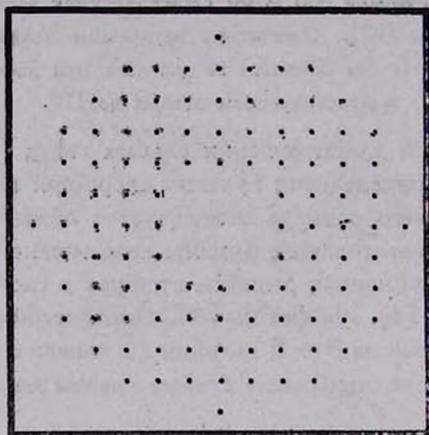


Рис. 1. Положения 104 лучей при вычислении точечных диаграмм бесцелевого спектрографа. Расстояние между лучами равно 500 мм.

Спектрограф проверялся нами в наблюдениях на БТА, а после небольших изменений — на метровом Цейссе Вильнюсской станции на горе Майданак и на 60-см Цейссе САО АН СССР. На рис. 3 представлен снимок скопления NGC 6910, полученный на БТА, а на рис. 4 — снимок NGC 1502, полученный на метровом Цейссе системы Ричи-Кретьена.

Яркие звезды дают на снимках спектры второго и более высоких порядков, вызывая наложение спектров, поэтому в областях, богатых звездами, приходится получать снимки при двух различных позиционных положениях прозрачной решетки. Нулевой порядок спектра используется в качестве нуля-пункта при вычислении длин волн спектральных линий.

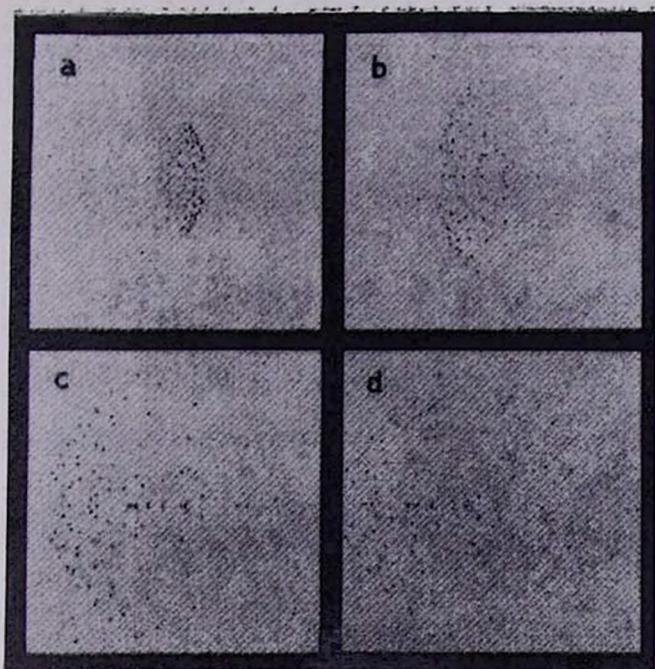


Рис. 2. Точечные диаграммы спектральных линий бесщелевого спектрографа для  $\lambda\lambda = 3500, 5000, 6000, 7000 \text{ \AA}$  в прямом фокусе БГА без корректора. Для масштаба приведен размер  $1'' = 0.116 \text{ мм}$ .

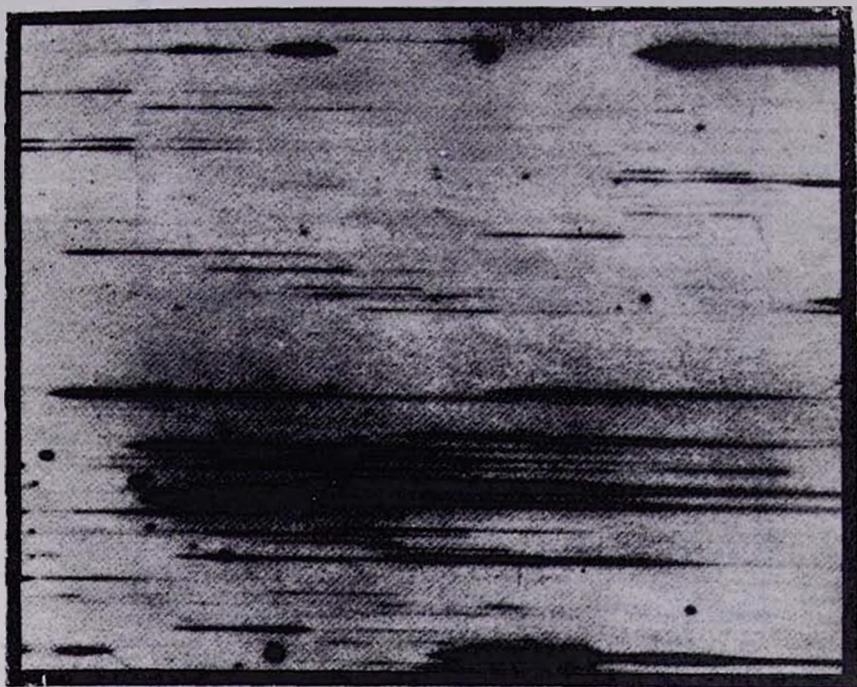


Рис. 3. Часть снимка скопления NGC 6910, полученного на БТА. Время экспозиции 1 мин, эмульсия 103а-Ф, обратная линейная дисперсия 300 А/мм.

К ст. Н. А. Тихонова, Н. Ф. Шабанова

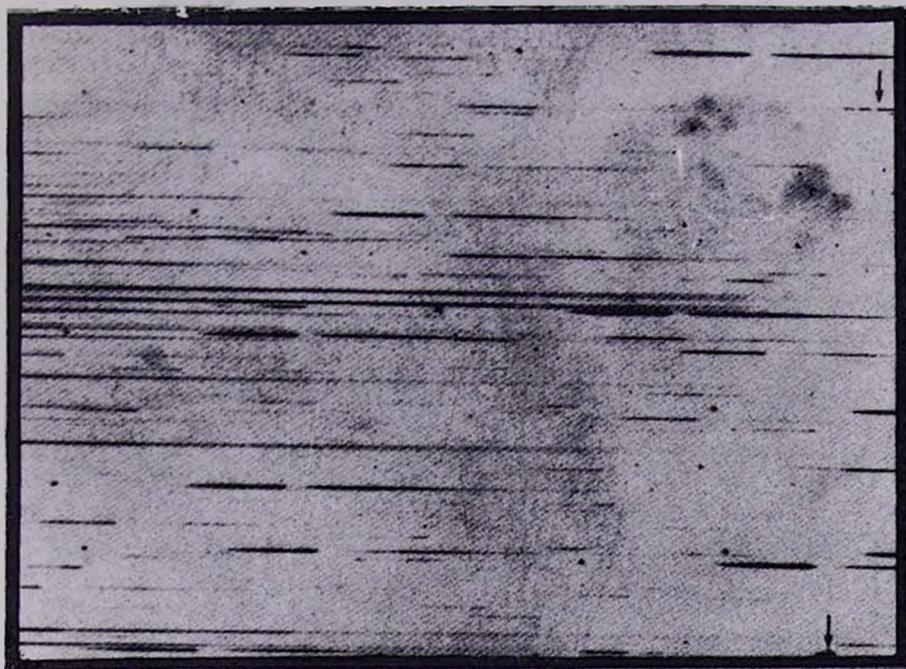


Рис. 4. Часть снимка скопления NGC 1502, полученного на метровом Цейссе системы Ричи—Кретьена. Время экспозиции 40 мин, эмульсия 103а-G, обратная линейная дисперсия 300 А/мм. Стрелками отмечены спектры углеродных звезд. У нижней звезды рабочий первый порядок спектра находится за пределами снимка.

К ст. Н. А. Тихонова, Н. Ф. Шабанова

Дисперсионная кривая, мало отличающаяся от прямой, получена из снимков областей звезд известных спектральных классов и, прежде всего, звезд класса А, F с водородными линиями.

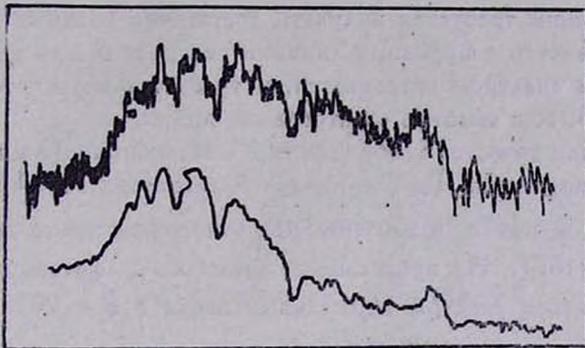


Рис. 5. Запись на микрофотометре спектров 2-го порядка звезды класса А полученных с помощью бесщелевого спектрографа на разных эмульсиях для одинакового уровня плотности изображения. Верхняя запись — эмульсия 103а-Ф, нижняя — IIIа-Ф.

На рис. 5 представлена микрофотометрическая запись одной и той же звезды, зарегистрированной на БТА на разных фотоэмульсиях. Экспозиции подобраны так, чтобы плотность изображений была одинакова и фотометрическая точность определяется только шумовыми свойствами фотоэмульсии. Так спектральная линия обнаруживается с 97% вероятностью для плотности изображения 1.0 и разрешения  $1''$  на БТА, если ее яркость выделяется на 1% для фотоэмульсии IIIa-J, 2.5% — для А-700РП, 3% — IIa-O—0.5% — 103a-O, 6% — 103a-F. Однако для достижения плотности 1.0 на мелкозернистой фотоэмульсии IIIa-J требуется экспозиция в 8—10 раз большая, чем на 103a-O, а на отечественных астропленках серии РП — не более, чем в 1.5—2 раза. Причем, при одинаковых условиях регистрации на астропленках серии РП получается фотометрическая точность и разрешение в 1.5—2 раза лучше, чем на 103a-O и IIa-O. Неудобство работы с фотопленками и наблюдаемые на них крупномасштабные неравномерности вуали не позволяют в полной мере использовать перспективнейшие фотоэмульсии серии РП.

Наблюдения на телескопах со светосилой  $1/13$ , какими являются 1-м и 60-см телескопы Цейсса, требуют очувствления самых чувствительных фотоэмульсий. Применяемое нами водородное очувствление фотоэмульсий [5] сокращает экспозиции в 3—5 раз. При этом оптимальная плотность фона неба на 1-м телескопе на г. Майданак получается за 1.5—2.0 часа на астропленках серии РП и фотопластинках 103a-O и IIa-O.

В пробных наблюдениях областей с фотометрическими стандартами были получены данные о пределах регистрации слабых звезд. Следует

различать пределы обнаружения линий у слабых нормальных звезд и у объектов с эмиссионными или широкими абсорбционными линиями, т. к. разница достигает  $1.^m5$ . Узкие абсорбционные линии нормальных звезд замираются из-за низкого разрешения спектра, и для выделения этих мало-контрастных линий требуется получать достаточно плотные изображения спектров. У объектов с широкими линиями контраст между центром линии и непрерывным спектром сохраняется, и требуется незначительная плотность спектра, чтобы выявить спектральные линии.

На БТА при качестве изображения  $2''$ , экспозиции 10 мин на неочувствленной фотоэмульсии IIIa-F и линейной дисперсии 300 А/мм регистрируются звезды  $B = 16.^m3$  и заметны, при отношении сигнал-шум равном 1, звезды до  $B = 18.^m1$ . На предельных снимках с фотоэмульсией IIIa-J должны получаться спектры нормальных звезд с  $B = 20.^m5$ , а объектов типа квазаров — до  $B = 21.^m - 22.^m$ . На метровом телескопе Цейсса, при экспозиции 2 часа, качестве изображения —  $2''$ , на фотоэмульсии IIa-O, очувствленной в водороде при дисперсии 300 А/мм, регистрируются спектры звезды до  $B = 17.^m$ .

Спектральное разрешение полностью определяется атмосферой и при качестве изображения —  $1''$  и дисперсии — 300 А/мм оно равно 20 А для Цейсс-100 и 40 А — для БТА. Точность измерения положения одиночной спектральной линии при тех же условиях равна 3—4А для Цейсса и 6—8 А — для БТА.

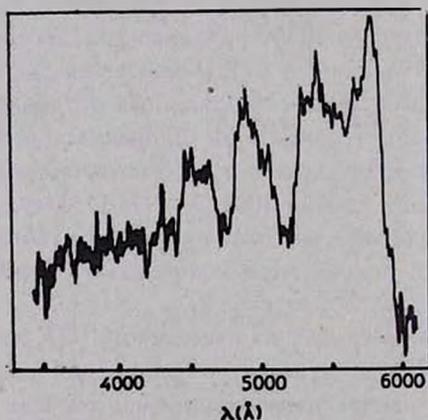


Рис. 6. Микрофотометрическая запись бесщелевого спектра углеродной звезды вблизи скопления NGC 1502 (отмечена на рис. 4 верхней стрелкой). Эмульсия 103a-G.

Применение бесщелевого спектрографа особенно выгодно для поиска объектов с широкими линиями. На рис. 6 дана микрофотометрическая за-

пись спектра углеродной звезды в скоплении NGC 1502, (обозначена стрелкой в верхней части рис. 4), обнаруженной на снимке с метровым Цейссом. Из-за большой ширины молекулярных полос возможно применение более низкой дисперсии, что увеличит предел при поиске подобных типов звезд.

Специальная астрофизическая  
обсерватория АН СССР

## THE POSSIBILITY OF A SLITLESS SPECTROGRAPH ON BTA AND ONE METER ZEISS TELESCOPE

N. A. TIKHONOV, M. F. SHABANOV

The authors have prepared a slitless spectrograph on the basis of a penetrated grating tested on sample observations on the 6 m-telescope BTA and one meter Zeiss telescope.

During 10 minutes at dispersion 300 Å/mm on BTA the stars are registered till 16<sup>m</sup> and noticeable traces of star spectra till 18<sup>m</sup>. The expected limiting magnitudes for stars is 20<sup>m</sup>, for quasars — till 22<sup>m</sup>.

On one-meter telescope during 2 hours at dispersion 300 Å/mm and focal length 13 meter, stars are registered up to 17<sup>m</sup>.

### ЛИТЕРАТУРА

1. B. D. Kelly, J. A. Cooke, D. E. Emerson, M. N. RAS, 199, 239, 1982.
2. R. G. Clowes, D. E. Emerson, M. G. Smith, P. T. Wallace, R. D. Cannon, A. Savage, A. Boksenberg, M. N. RAS, 193, 415, 1980.
3. J. A. Cooke, D. E. Emerson, B. D. Kelly, H. T. MacGillivray, M. N. RAS, 196, 397, 1981.
4. J. S. Bown, A. H. Vaughan, P. A. S. P., 85, 174, 1973.
5. Н. А. Тихонов, Сообщ. САО АН СССР, 39, 40, 1983.