

С. Б. Новиков, А. А. Овчинников. Разработка и реализация методов оптических наблюдений с высоким угловым разрешением в обсерватории на горе Майданак.

Эффективность практически всех применяющихся сейчас в астрономии методов получения информации о небесных объектах в оптическом диапазоне в большей или меньшей степени зависит от углового разрешения, которое удастся реализовать в наблюдательном эксперименте. Результирующее разрешение определяется атмосферными искажениями приходящего от объекта волнового фронта, аберрациями и ошибками механического движения телескопа, разрешением анализирующей и светоприемной аппаратуры. Поэтому начатые в конце 60-х годов работы по созданию новой астрономической обсерватории ГАИШ МГУ затронули широкий круг проблем, связанных с выбором места и оптимизацией всех участков тракта атмосфера — телескоп — светоприемник. Полученные первые успешные материалы являются результатом усилий многих сотрудников ГАИШ.

В основе выбора места для новой обсерватории лежит общепризнанная концепция изолированной вершины [1], в соответствии с которой выбирались места для всех новых перспективных обсерваторий мира. По результатам сравнительного исследования целого ряда мест для строительства новой обсерватории была выбрана гора Майданак высотой 2600 м в УзбССР.

Результаты астроклиматических исследований показали, что количество наблюдательного времени в году составляет 2000 часов, а среднее атмосферное качество изображений $\text{FWHM} = 0,7''$. Обнаруженная корреляция качества изображений с интенсивностью турбулентности и ветровым режимом в сравнительно тонком (< 20 м) припочвенном слое атмосферы позволила сделать вывод о существенном вкладе этого слоя в формирование оптических искажений и выбрать оптимальную высоту башни телескопа [2].

В начале 70-х годов предметом нашего интереса стала связанная с башней и телескопом атмосферная часть оптического тракта, неоднородности в которой определяются антропогенным фактором. Модельные и натурные аэродинамические и тепловые эксперименты показали, что основными эффектами, определяющими оптическую неоднородность этой части тракта, являются: энерговыделение в подкупольном пространстве, аккумуляция конструкциями тепла от солнечного нагрева и радиационное остывание поверхностей. Количественное исследование подкупольного пространства телескопа АЗТ-11 Абастуманской обсерватории [3] показало, что указанные эффекты могут ухудшить качество изображений более чем в 3 раза. Учитывая эти обстоятельства, при проектировании башни телескопа АЗТ-22 был предусмотрен ряд конструктивных решений, направленных на оптимизацию температурного режима подкупольного пространства и поверхности купола [4]. В конце 70-х годов западные астрономы занялись проблемой астроклимата и в целом пришли к аналогичным результатам [5].

В 80-е годы, после появления на горе Майданак первых телескопов, были начаты работы по более детальному исследованию атмосферных искажений волнового фронта. Исследования коррелированности наклонов волновых фронтов от пар звезд, находящихся на разных угловых расстояниях, показали, что на горе Майданак размер зоны изопланатичности для наклонов волнового фронта — не менее $40''$. Исследования динамики фазовых искажений волнового фронта показали, что основная часть этих искажений для апертуры 1-м определяется низкими пространственными частотами (до 3-й радиальной моды включительно) и временами корреляции не менее 0,1 с. Эти результаты показывают, что при наблюдениях на горе Майданак существенный выигрыш в угловом разрешении можно получить при применении адаптивных оптических систем [6].

С 1981 г. на телескопах на горе Майданак работала адаптивная система 1-го порядка, компенсирующая в реальном времени наклоны волнового фронта [7]. Система позволяет на телескопе с апертурой 0,6 м компенсировать наклоны волнового фронта в полосе 0–30 Гц с точностью $\sigma < 0,2''$ для звезд не слабее 8^m . На рис. 1 приведен профиль изображения двойной звезды ξ Boo, полученный с применением этой системы.

Хороший астроклимат горы Майданак, оптимизация терморегима подкупольного пространства и тщательная юстировка оптико-механической части телескопа «Цейсс-100» позволили реализовать качество изображений $\text{FWHM} \sim 0,6'' - 0,7''$ в ряде наблюдательных программ.

1. Спекл-интерферометрия астероида IV Веста в оппозицию 1988 г. Спекл-интерферометрические серии изображений Весты и опорных звезд были получены в январе 1988 г. на 1-м телескопе

с помощью спекл-камеры, в которой светоприемником служит ЭОП УМ-92, состыкованный с кинокамерой. Измерение спектров мощности спекл-изображений выполнены на когерентно-оптическом процессоре астрономической обсерватории Харьковского госуниверситета.

В этой работе наряду с традиционными для спекл-интерферометрии измерениями эффективных размеров объекта по спектрам мощности предпринята попытка получить изображение Весты на дифракционном пределе разрешения телескопа с использованием минимальной априорной информации. Изображения были синтезированы из спекл-интерферограмм методом «сдвиг — сумма». Примерно каждый четвертый кадр в серии содержит дифракционное изображение диска Весты, сравнительно легко выделяющееся на случайном фоне. Синтезированные изображения диска астероида имеют эффективное разрешение $\text{FWHM} = 0,13''$.

Анализ полученных изображений показывает, что общепринятая модель для Весты правильного трехосного эллипсоида является неудовлетворительной и что реальная форма астероида и альбедные образования на нем требуют привлечения более сложной модели для интерпретации данных [8].

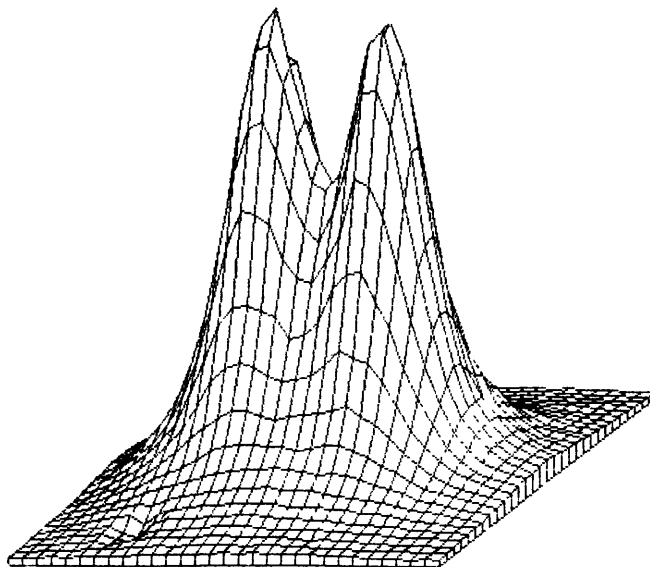


Рис. 1. Фотометрический профиль изображения двойной звезды $\zeta\text{В}00$ ($m_A = 4,83$, $m_B = 4,83$, $\rho = 1,1''$). Изображение получено на ПЗС-матрице с применением адаптивной системы 1-го порядка

2. **Позиционные наблюдения спутников Марса в противостояние 1988 г.** В оппозицию Марса 1988 г. на 1-м телескопе было получено 856 фотографических изображений Фобоса и 937 изображений Деймоса. Среднеквадратичная ошибка единичного координатного измерения, выведенная из анализа 1252 измерений, составила $0,120''$. Такая точность достигнута благодаря хорошим астроклиматическим характеристикам Майданака и оригинальной методике позиционных наблюдений.

При первом сеансе наблюдений, выполненном КА «Фобос-2» 21 февраля 1989 г., изображение Фобоса оказалось в центре узкого поля зрения. Во время следующего сеанса наблюдений 28 февраля 1989 г. было получено 15 изображений спутника. Вычисленная по этим данным среднеквадратичная невязка составила 2 км. В пересчете на среднюю оппозицию 1988 г. эта величина составляет $0,005''$. Различие в 24 раза между

точностью единичного майданакского измерения и результирующей точностью говорит об отсутствии сколь-нибудь значимых систематических ошибок [9].

3. Наблюдения околоядерной области NGC 1275. В январе 1989 г. на 1-м телескопе была получена серия фотографий галактики NGC 1275 со средним качеством изображения $\text{FWHM} = 0,7''$. Регистрация велась на эмульсии ORWO ZU-21, что в сочетании со светофильтром WK-38 соответствует спектральной полосе В.

Система NGC 1275 состоит из центральной gE-галактики, имеющей скорость 5200 км/с и галактики неправильной формы (z-галактики) с лучевой скоростью 8200 км/с, расположенной в северо-западной части первой галактики. Для уточнения вопросов происхождения и взаимодействия галактик этой системы очень важно получить детали структуры ядра и околоядерной области с высоким угловым разрешением.

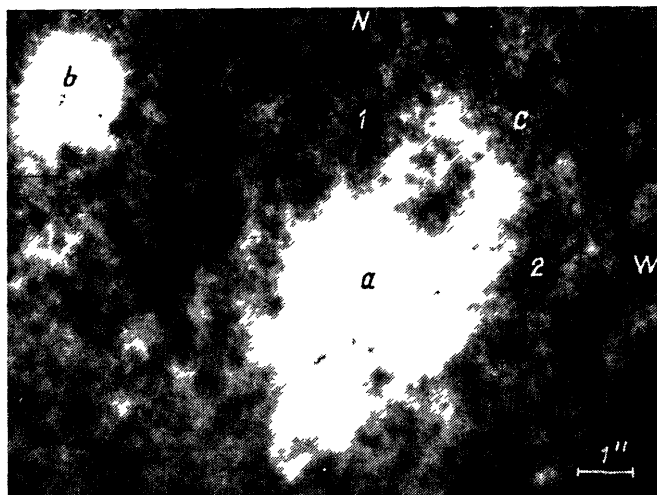


Рис. 2 Фотография ядра NGC 1275 «a» и объекта «b» в спектральном интервале В, полученная суммированием пяти индивидуальных негативов с исходным разрешением $\text{FWHM} = 0,7''$ и последующей линейной амплитудной фильтрацией. Ядро «a» имеет конечный размер порядка $0,5''$ и вытянуто в направлении NU — SE. В направлении вытянутости ядра от него отходят две системы струй, позиционный угол одной (1) из которых (340°) совпадает с позиционным углом радиовыброса, а другой (2) (320°) — с позиционным углом системы спутников газа высокой скорости

Результаты обработки наблюдений показаны на рис. 2. Обнаружено несоответствие положений оптического и радиоядер галактики NGC 1275: радиоядро смещено на $0,3''$ к юго-востоку от оптического. При этом позиционный угол смещенного радиоисточника равен $\sim 145^\circ$, что почти совпадает с позиционным углом самого близкого к ядру радиовыброса, наблюдаемого на юго-востоке от ядра галактики [10].

4. Оптическое изображение MG 1131 (кольцо Эйнштейна). Этот объект — первый пример почти осесимметричной гравитационной линзы — был открыт в радиодиапазоне на VLA на $\lambda = 2$ и 6 см. Оптическое изображение объекта было получено на 1-м телескопе 5/6 апреля 1989 г. с помощью панорамного цифрового приемника «Квант» с качеством изображения $\text{FWHM} = 0,6''$. Структура изображения в оптическом диапазоне напоминает радиоструктуру с некоторым отличием. Видимо, оптическое излучение исходит из области меньшего линейного размера, что приводит к образованию изображения меньшего углового размера после прохождения лучей мимо гравитационной линзы [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stock J.//Bull. Astron. 1964. V. 24. P. 116.
2. Овчинников А. А.//Атмосферная оптика.— М.: Наука, 1974.— С. 67.
3. Салуквадзе Г. Н., Новиков С. Б., Овчинников А. А.//Новая техника в астрономии.— М.: Наука. 1979.— С. 197.
4. Новиков С. Б., Овчинников А. А.//Астроклимат и эффективность телескопов.— Л.: Наука. 1984 — С. 177.
5. Vesckers J. M., Williams J. T.//MMT. Obs. Technical Report No. 12.—1982.
6. Hardy J. H.//Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. 1982. V. 332. P. 252.
7. Баранов Ю. В., Новиков С. Б., Овчинников А. А.//Методы повышения эффективности оптических телескопов.— М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.— С. 73.
8. Вакулик В. Г., Дудинов В. Н., Железняк А. П., Новиков С. Б., Плужник Е. А., Цветкова В. С.//Письма Астрон. ж. 1989. Т. 15. С. 368.
9. Новиков С. Б.//Ibidem. С. 270.
10. Дудинов В. Н., Новиков С. Б., Проник И. И., Цветкова В. С., Шокин Ю. А., Шульга В. В.//Ibidem. Т. 16.
11. Гладышев С. А., Новиков С. Б., Ракитин И. А., Сажин М. В., Смирнов Д. А., Широкова М. Г.//Ibidem.