

С.П. Ильясов

Исследование качества ночного изображения на Майданакской обсерватории в период 1996–2003 гг.

Астрономический институт им. Улугбека АН Узбекистана, г. Ташкент

Поступила в редакцию 5.10.2005 г.

Представлены результаты измерения ночного качества атмосферного изображения, выполненных на Майданакской обсерватории (Узбекистан) в период с августа 1996 по декабрь 2003 г. Измерения проводились с помощью измерителя дифференциальных дрожаний (DIMM – Differential Image Motion Monitor). Медианное и среднее значения ϵ_{FWHM} – диаметра изображения звезды в зените в режиме длительной экспозиции на длине волны $\lambda = 550$ нм – за весь период наблюдений составили 0,71 и 0,77" соответственно. Самое лучшее качество изображения на Майданаке наблюдается в период октября–ноября. Найдена слабая корреляция качества изображения со скоростью приземного ветра.

Введение

Известно, что качество наземных астрономических наблюдений строго ограничено атмосферной турбулентностью. Световой луч, идущий от звезды, проходя через земную атмосферу, изменяет свое направление. Случайные флуктуации этого изменения называются *качеством атмосферного изображения*, и оно является основным параметром атмосферы для астрономической обсерватории. Данная работа посвящена изучению качества изображения на Майданакской обсерватории в Республике Узбекистан.

Исследования на горе Майданак были начаты в конце 60-х гг. прошлого века сотрудниками Астрономического института АН РУз во время астроклиматических экспедиций, проведенных в высокогорных регионах Центральной Азии. В настоящее время эта гора стала Высокогорной астрономической обсерваторией АИ АН РУз. За прошедшие годы астроклимат Майданака неоднократно изучался многочисленными группами исследователей с помощью различных методов и инструментов [1–5].

С начала 90-х гг., с бурным развитием новых методов наблюдений с высоким угловым разрешением, таких как адаптивная оптика и интерферометрия, возникла необходимость в более детальной оценке параметров астроклимата. Поэтому исследование астроклимата горы Майданак современными измерительными средствами, дающими объективную оценку качества астрономического изображения, стало одной из актуальных задач.

В августе 1996 г. на горе нами был начат мониторинг основного параметра астроклимата – качества изображения ϵ_{FWHM} . Измерения проводились с помощью измерителя дифференциальных дрожаний изображений звезд (DIMM – Differential Image Motion Monitor). Оптическая схема и принцип работы прибора описаны в работах [6, 7], а предварительные результаты наблюдений на Майданаке

с помощью этого прибора – в [8]. В данной статье представлены результаты исследования качества изображения и метеопараметров на горе Майданак за 8-летний период, с августа 1996 по декабрь 2003 г.

Измерения качества изображения

Полный ряд наблюдений качества изображения на горе Майданак, полученный в период с августа 1996 по декабрь 2003 г., показан на рис. 1. Отсутствие некоторых данных в наблюдениях связано с плохой погодой, повреждением электроники инструмента и приостановкой наблюдений, связанных с другими техническими причинами. Общее число наблюдательных ночей за весь период составило 1134.

Статистическое распределение качества изображения показано на рис. 2. Медианное и среднее значения качества изображения за весь период наблюдений составили 0,71 и 0,77" соответственно.

В таблице приводятся среднемесячные средние и медианные значения ϵ_{FWHM} , а также ϵ_{FWHM} на 25- и 75%-х уровнях кумулятивного распределения по всему периоду наблюдений. Как видно из таблицы, длительный ряд ночных наблюдений с хорошим качеством изображения получен на горе Майданак с июня по октябрь. В этот период наблюдается в среднем около 80% максимально возможного ясного ночного наблюдательного времени [4].

Самое лучшее качество изображения на Майданаке наблюдается в период октября–ноября.

Влияние метеорологических параметров на качество изображения

С целью изучения влияния метеорологических параметров на качество изображения в августе 1996 г. одновременно с измерениями качества изображения

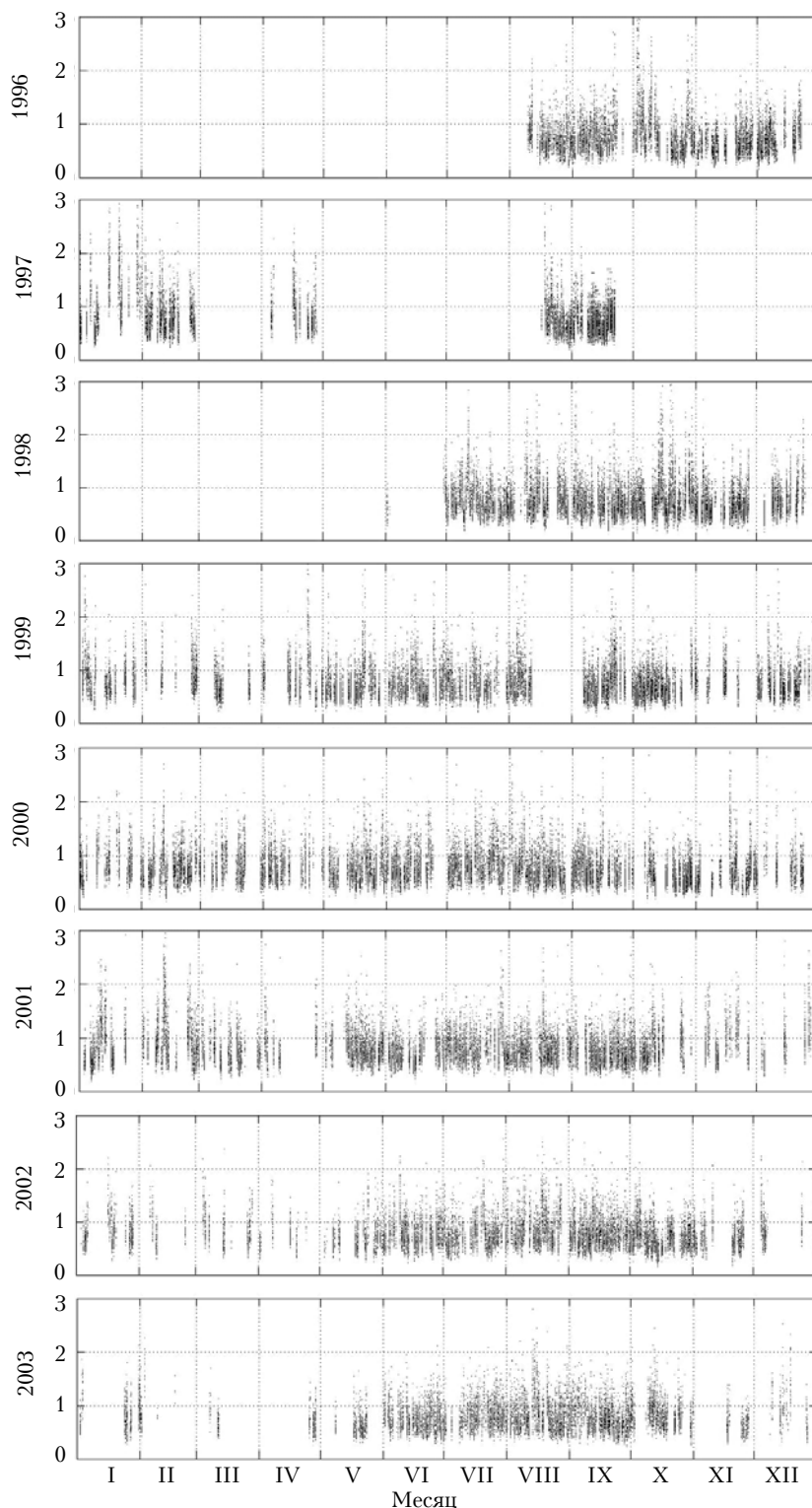


Рис. 1. Результаты наблюдений на горе Майданак в период с августа 1996 по октябрь 2003 г.
По оси ординат отложено значение качества изображения в угл. с

нами была начата регистрация температуры и скорости ветра. Регистрация этих параметров производилась ежечасно на высоте установки ДИММ-инструмента, составляющей 6 м. Скорость ветра измерялась с помощью анемометра Фусса, а направление ветра визуально определялось наблюдателем. Метеороло-

гические показатели записывались в журнал. Общее количество измерений в период с августа 1996 по октябрь 1999 г. составило более чем 3400 сроков.

В мае 2000 г. на эту же платформу была установлена автоматическая метеостанция Basic Weather Station (BWS) фирмы Campbell Scientific. Метео-

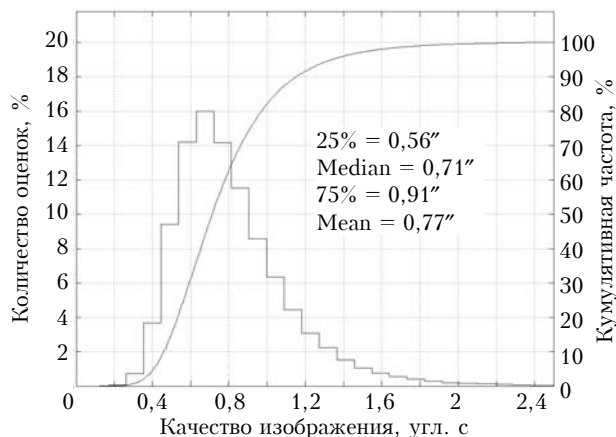


Рис. 2. Статистическое распределение качества изображения. Ось ординат гистограммы расположена справа, кумулятивного распределения – слева

станция ведет автоматическую регистрацию скорости и направления ветра, температуры и относительной влажности воздуха.

Месяц	Число ночей	Число оценок	ϵ_{FWHM} (25%)	ϵ_{FWHM} (медианное)	ϵ_{FWHM} (75%)	ϵ_{FWHM} (среднее)
I	74	6570	0,60	0,79	1,03	0,88
II	70	7171	0,6	0,77	0,98	0,84
III	43	3762	0,56	0,71	0,91	0,76
IV	52	4220	0,61	0,77	0,97	0,84
V	91	7596	0,55	0,70	0,88	0,75
VI	119	9326	0,57	0,71	0,9	0,76
VII	165	12630	0,59	0,74	0,93	0,79
VIII	176	16370	0,57	0,72	0,92	0,79
IX	197	22041	0,55	0,70	0,88	0,74
X	155	16938	0,53	0,69	0,88	0,76
XI	94	9464	0,51	0,65	0,82	0,70
XII	86	7364	0,57	0,72	0,92	0,78
Всего	1322	123452	0,56	0,71	0,91	0,77

В летний сезон ночная температура на горе Майданак составляет в среднем около $+13^\circ\text{C}$. Зимой средняя температура -7°C , но иногда может опускаться до -15°C . Перепады температуры в ночное время составляют в среднем 2°C . Возможны зимние штормы, во время которых скорость ветра остается умеренной (до 15 м/с).

Средняя скорость ветра составила $2,9\text{ м/с}$. Это значение – низкое для горной местности. Все эти данные согласуются с предыдущими наблюдениями [4]. Максимальное значение скорости ветра $15,8\text{ м/с}$ регистрировалось в феврале 2001 г. Анализ данных скорости ветра показал, что из $\sim 74\%$ общего количества случаев скорость ветра не превышает 4 м/с , а около 85% – 5 м/с . Штитель составляет $7,8\%$ от общего числа измерений. Преобладающее направление ветра – юг-юго-восток.

С целью изучения влияния скорости ветра на качество изображения нами были проанализированы данные за вышеуказанный период. На рис. 3 представлена зависимость величины ϵ_{FWHM} от скорости ветра на горе Майданак.

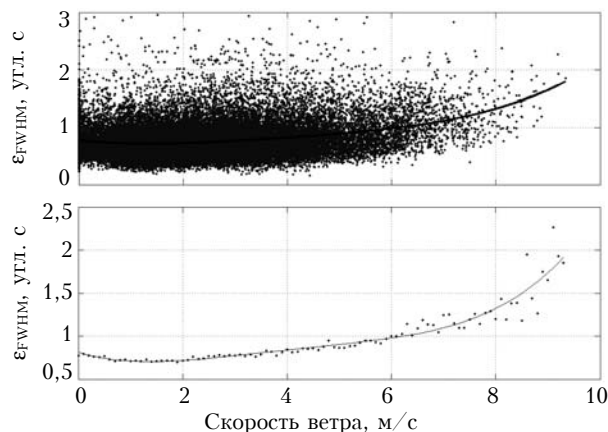


Рис. 3. Зависимость качества изображения от скорости приземного ветра для горы Майданак в период с мая 2000 по октябрь 2002 г. Нижний график построен усреднением значений качества изображения, соответствующих диапазону скорости ветра $\Delta V = 0,1\text{ м/с}$

Как видно из рис. 3, в отсутствие ветра и при слабых скоростях ветра $\leq 0,5\text{ м/с}$ наблюдается ухудшение качества изображения, что вызвано неоднородностями из-за конвекции в приземном слое. В интервале скорости ветра $0,5\text{--}4\text{ м/с}$ можно заметить, что значение качества изображений остается на уровне около $0,7''$. Это объясняется тем, что ветер сдувает и разрушает температурные неоднородности, следовательно, качество изображения остается минимальным в этом интервале. При скорости ветра 4 м/с наблюдается постепенное возрастание значения ϵ_{FWHM} , т.е. ухудшение качества изображения. Объяснение этому также является очевидным, так как в этом случае ветер нарушает однородность турбулентности приземного слоя атмосферы. Тем не менее необходимо отметить, что ветры со скоростью больше чем 5 м/с на Майданаке наблюдаются достаточно редко, всего лишь в 15% случаев.

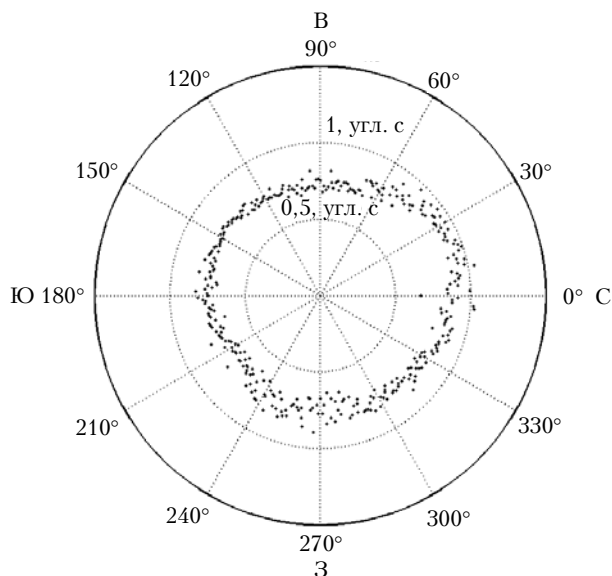


Рис. 4. Зависимость качества изображения от направления приземного ветра в полярных координатах. Заметно ухудшение качества изображения при северных ветрах

На рис. 4 показана зависимость качества изображения, измеренного прибором DIMM, от направления ветра. Видно, что когда ветер дует с северо-запада, где находится башня телескопа АЗТ-22 (высота 24 м), наблюдается заметное ухудшение качества изображения. Этот эффект связан с формированием турбулентных вихрей башней АЗТ-22, проходящих над прибором DIMM.

Заключение

Измерения основного параметра турбулентности — качества изображения — на Майданакской обсерватории проводились в период с августа 1996 по декабрь 2003 г. с помощью DIMM-инструмента, использованного также для оценки качества на обсерваториях Ла Силла и Паранал [6, 7]. Среднее и медианное значения качества изображения за весь период наблюдений составили 0,77 и 0,71" соответственно. Самое лучшее медианное значение — 0,65", наблюдается в ноябре. Медианное значение качества изображения лучше, чем на Ла Силле, и сравнимо с качеством изображения в обсерваториях Паранал и ОРМ.

Была найдена слабая корреляция вклада приземного слоя с направлением ветра. При редких обстоятельствах (~5%), когда ветер дует с севера, и из-за специфического расположения DIMM-инструмента (13 м ниже, 80 м южнее главного 1,5-метрового телескопа АЗТ-22) влияние приземного слоя становится значительным.

S.P. Ilyasov. Study of night image quality at Mt. Maidanak observatory for period 1996–2003.

The results of night image quality measurements carried out during the period from August 1996 to December 2003 at the Maidanak observatory in Uzbekistan are presented. Night image quality was measured with the ESO Differential Image Motion Monitor (DIMM). The median and mean value of ϵ_{FWHM} , the full width at half maximum of a long-exposure stellar image at zenith at $\lambda = 550$ nm, for the entire period of observations made 0.71 and 0.77", respectively. The best monthly image quality equal to 0.57" is observed in November. Weak dependence of seeing on image quality wind velocity was discovered.

Автор благодарит Ш.А. Эгамбердиева и Ю.А. Тиллаева за полезные советы при подготовке работы.

1. *Новикова Г.В.* О метеорологических параметрах астроклимата // Атмосферная оптика. М.: Наука, 1970. С. 10–16.
2. *Шевченко В.С.* Результаты астроклиматических наблюдений на горе Майданак // Астрон. ж. 1973. Т. 50. № 3. С. 632–644.
3. *Артамонов Б.П., Новиков С.Б., Овчинников А.А.* Результаты астроклиматических исследований 1975 г. с целью выбора места для строительства обсерватории ГАИШ // Методы повышения эффективности оптических телескопов / Под ред. С.А. Гладышева. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 16–27.
4. *Гладышев С.А., Широкова М.Г.* Количество наблюдательного времени в ВСЭ ГАИШ на горе Майданак за 1979–1985 гг. // Методы повышения эффективности оптических телескопов / Под ред. С.А. Гладышева. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 45–50.
5. *Gur'yanov A.E., Kallistratova M.A., Kuttyrev A.S., Petenko I.V., Shcheglov P.V., Tokovinin A.A.* The contribution of the lower atmospheric layers to the seeing at some mountain observatories // Astron. and Astrophys. 1992. V. 262. P. 373–381.
6. *Sarazin M., Roddier F.* Differential Image Motion Monitor // Astron. and Astrophys. 1990. V. 227. P. 294–300.
7. *Ehgamberdiev S.A., Bayjumanov A.K., Ilyasov S.P., Tillayev Y.A., Tokovinin A.A., Ziad A.* The astroclimate of Maidanak observatory in Uzbekistan // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 2000. V. 145. P. 293–304.
8. *Ильясов С.П., Байжуманов А.К., Саражин М., Султанов Х.Б., Эгамбердиев Ш.А.* Измерения качества ночного изображения на горе Майданак с помощью монитора дифференциальных дрожаний Европейской Южной Обсерватории // Письма в астрон. ж. 1999. Т. 25. № 2. С. 156–160.