



УДК: 520.16

**Сафарали ТУРСУНКУЛОВ,**

*Младший научный сотрудник Института астрономии РАН*

*E-mail: safarli@astrin.uz*

**Юсуф ТИЛЛАЕВ,**

*Старший научный сотрудник Института астрономии Академии наук Республики Узбекистан*

*Рецензент д.ф.-м.н А.Абдужаббаров*

## ASSESSMENT OF THE NIGHT-TIME SEEING AT THE MAIDANAK OBSERVATORY AND SUFFA PLATEAU

Annotation

This article presents an analysis of the optical atmospheric conditions at two major astronomical observation sites in Uzbekistan – the Maidanak Observatory and the Suffa Plateau. Data obtained with a modernized DIMM device at Maidanak Observatory in 2007 showed a median nighttime image quality of 0.66". Observations conducted at the Suffa Plateau between 2006 and 2008 indicated median and mean image quality values ranging from 1.05" to 1.11". The study revealed that Maidanak Observatory offers more favorable conditions for optical observations, while the Suffa Plateau is a promising site for radio astronomy research. The paper includes a comparative analysis of observational data collected at different installation heights and examines seasonal variations.

**Key words:** DIMM, night image quality, turbulence, arc seconds.

## MAYDANAK OBSERVATORIYASI VA SUFFA PLATOSINING TUNGI TASVIR SIFATINI BAHOLASH

Annotatsiya

Ushbu maqolada O'zbekiston hududidagi asosiy astronomik kuzatuv punktlari – Maydanak observatoriyasi va Suffa platosida kechgan optik atmosferik sharoitlar tahlil qilingan. Maydanak observatoriyasida 2007-yilda modernizatsiya qilingan DIMM qurilmasi yordamida olingan ma'lumotlar kechasi yulduz tasvirlarining o'rtacha sifat ko'rsatkichi 0,66" ni tashkil etganini ko'rsatdi. Suffa platosida 2006–2008 yillarda olib borilgan kuzatuvlar esa 1,05"–1,11" oralig'ida qiymatlar bilan baholandi. Tadqiqotlar natijasida Maydanak observatoriyasi optik kuzatuvlar uchun yanada qulay sharoitlarga ega ekani, Suffa platosi esa, o'z navbatida, radioastronomik tadqiqotlar uchun istiqbolli maydon sifatida belgilandi. Maqola atmosferadagi turli balandliklarda turib olib olingan kuzatuv ma'lumotlarining taqqoslovi, shuningdek, mavsumiy farqlanishlar tahlilini o'z ichiga oladi.

**Kalit so'zlar:** DIMM (Differensial Yulduz Tasvirlarining Silkinishini O'lchovchi Qurilma), tungi tasvir sifati, turbulentlik, burchak soniyalari.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НОЧНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБСЕРВАТОРИИ МАЙДАНАК И ПЛАТО СУФФА

Аннотация

В данной статье представлен анализ оптических атмосферных условий на двух основных астрономических наблюдательных пунктах Узбекистана – обсерватории Майданак и плато Суффа. Данные, полученные с использованием модернизированного прибора DIMM в обсерватории Майданак в 2007 году, показали медианное качество ночного изображения 0,66". Наблюдения, проведенные на плато Суффа в 2006–2008 годах, продемонстрировали медианные и средние значения качества изображения в диапазоне от 1,05" до 1,11". Исследование показало, что обсерватория Майданак обладает более благоприятными условиями для оптических наблюдений, тогда как плато Суффа является перспективной площадкой для радиоастрономических исследований. В статье также представлено сравнительное исследование данных, полученных на различных высотах установки оборудования, и рассмотрены сезонные колебания атмосферных условий.

**Ключевые слова:** DIMM (Измеритель дифференциального дрожания изображений звезд), качество ночного изображения, турбулентность, угловые секунды.

**Введение.** На территории Узбекистана расположено несколько пунктов с благоприятными условиями для астрономических наблюдений благодаря уникальному сочетанию географических, климатических и атмосферных факторов. Это обеспечивает высокое качество наблюдений и делает страну важным центром астрономии в Центральной Азии.

Одним из крупнейших научных объектов является Майданакская обсерватория, где с использованием современных оптических телескопов проводятся исследования как ближних, так и дальних космических объектов: астероидов, космического мусора, квазаров, блазаров и скоплений галактик.

На плато Суффа реализуется проект создания радиоастрономической обсерватории с радиотелескопом РТ-70 (диаметр антенны – 70 метров), одной из мощнейших установок региона, предназначенной для изучения сверхновых, нейтронных звезд и структуры межзвездной среды.

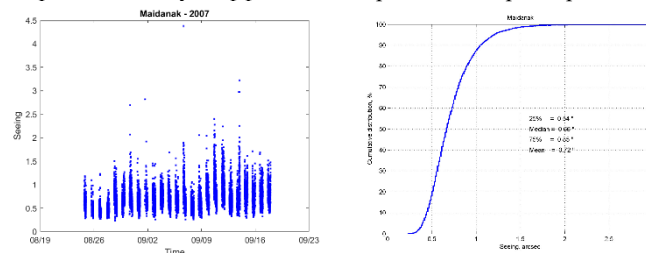
В последние годы в Узбекистане активизировались исследования в области слежения за искусственными спутниками Земли, определения их параметров, изучения астероидной опасности и концентрации космического мусора,

что особенно важно в условиях роста космической активности. Эти задачи требуют не только современного оборудования, но и постоянного мониторинга атмосферных параметров, влияющих на качество наблюдений.

Ключевым фактором успешных наблюдений является качество астрономического изображения, зависящее от атмосферной турбулентности и характеризуемое параметром  $\epsilon$ FWHM (полная ширина на половине максимальной интенсивности). Он показывает диаметр изображения звезды в фокальной плоскости телескопа при длине волны 500 нм.

Для измерения  $\epsilon$ FWHM применяется прибор DIMM (Differential Image Motion Monitor), ставший стандартом оценки качества изображения [1-3]. В 2007 году DIMM был модернизирован: заменена ПЗС-камера, разработано новое программное обеспечение с удобным графическим интерфейсом и автоматическим управлением слежением за звездой.

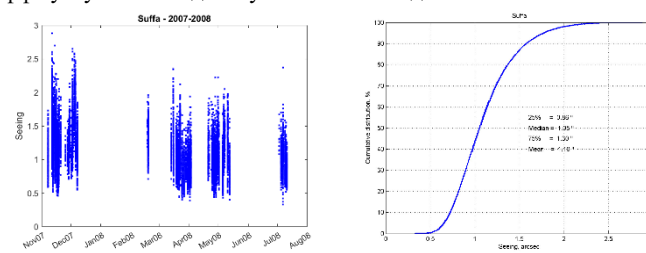
**Экспериментальные исследования.** После модернизации прибора DIMM в августе и сентябре 2007 года на Майданакской обсерватории было проведено в общей сложности 24 дня наблюдений, что позволило собрать достаточное количество данных для анализа и получения надежных результатов. В ходе этих наблюдений было установлено, что медианное качество ночного изображения на обсерватории составило 0.66" угловых секунды (Рис. 1), что является хорошим показателем и подтверждает высокую эффективность работы модернизированного прибора.



**Рис.1.** Полный ряд наблюдений и кумулятивное распределение оценок качества изображения 2007 г.

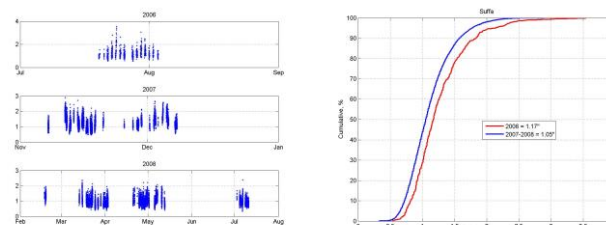
Для улучшения работы системы слежения, создаваемого на плато Суффа уникального прецизионного радиотелескопа РТ-70 необходима информация о качестве ночного изображения в месте его установки. Общие сведения об атмосферных условиях на плато Суффа, расположенном в Зааминском районе Джизакской области, даны в работе [4-5]. В июле–августе 2006 года на плато Суффа с помощью установленного на земле прибора DIMM были проведены измерения для оценки качества ночного оптического изображения. В результате анализа наблюдательных данных было выявлено, что медианные и средние значения качества ночного изображения (seeing) составляют соответственно 1,17 и 1,26 угловых секунд.

В 2007 году наблюдения были продолжены на специальной платформе высотой 5 метров. Наблюдения охватывают период с 7 ноября 2007 года по 14 июля 2008 года [6]. Медианное и среднее значение качества изображения за весь период наблюдений составили 1.05" и 1.11", соответственно. Несмотря, на благоприятные условия для проведения наблюдений в радиодиапазоне, плато Суффа уступает Майданаку в оптическом диапазоне.



**Рис.2.** Полный ряд наблюдений и кумулятивные кривые качества ночного изображения на плато Суффа в период 2007-2008 гг.

Измерения, проведенные на плато Суффа в период с 2007 г. по 2008 гг., позволили исследовать влияние высоты установки прибора на точность и стабильность измерений. На рисунке 3 представлены полная последовательность наблюдений и кумулятивные кривые качества изображения, составленные на основе наблюдений, проведенных на плато Суффа в 2006 году, а также в 2007–2008 годах. Из рисунка видно, что оценки качества изображения, полученные при установке наблюдательного прибора на разных высотах, значительно различаются. В частности, результаты, полученные при установке прибора на платформу высотой 5 метров, оказались примерно на 7% лучше по сравнению с результатами, полученными на поверхности земли. Это указывает на наличие атмосферной турбулентности в приземном слое.



**Рис.3.** Полный ряд наблюдений и кумулятивные кривые качества ночного изображения на плато Суффа.

Таблица 1.

Статистический анализ месячного распределения качества изображений на плато Суффа (2007–2008 гг.).

Месяцы	Количество ночей	Количество данных	Медианное значение $\epsilon$ FWHM (угл. сек)
--------	------------------	-------------------	---

Февраль	2	372	1.28
Март	12	3032	0.93
Апрель	12	2648	0.97
Май	6	1314	1.03
Июль	23	2916	0.97
Август	2	113	1.05
Ноябрь	15	4973	1.14
Декабрь	10	1972	1.37
Всего	82	17340	1.05

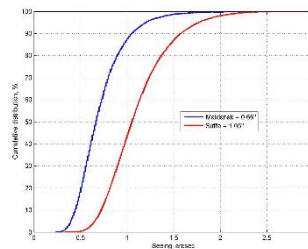
Для более глубокого анализа качества изображения был рассмотрен статистический анализ полученных данных. В таблице 1 показано распределение качества изображения по месяцам в различных сезонах года. Учитывая сезонные колебания атмосферы, можно отметить, что наблюдения в зимний период демонстрируют несколько более стабильные результаты по сравнению с летними месяцами. Это явление может быть связано с уменьшением интенсивности турбулентности в холодное время года, когда атмосфера менее подвержена конвективным потокам.

Количество наблюдательных ночей, продолжительностью более 4 часов за весь период наблюдений, составило 64 из общего числа 82 ночи. Это указывает на высокую эффективность наблюдательного процесса, поскольку продолжительные ночи обеспечивают более точные и достоверные данные, позволяя выявить устойчивые тенденции в изменении качества изображения.

Медианное и среднее значения качества изображения за весь период наблюдений составили 1".05 и 1".11 соответственно. Эти значения указывают на высокое качество атмосферных условий для астрономических наблюдений в данной местности. Показатель 1".05 соответствует довольно низкому уровню турбулентности, что является важным параметром при проведении наблюдений, особенно для высокоточных астрономических инструментов [7].

Дополнительно стоит отметить, что данные наблюдений с DIMM-прибора позволили создать базу для дальнейших исследований качества атмосферы на плато Суффа. Эти исследования имеют важное значение для планирования будущих астрономических миссий и установки нового оборудования на данной территории.

На основе проведенных нами детальных наблюдений и экспериментов, мы провели всесторонний анализ качества ночных изображений, полученных в обсерваториях Майданак и на плато Суффа. Оба этих мест представляют собой уникальные астрономические пункты, но различаются по множеству факторов, включая климатические условия, высоту над уровнем моря, а также расположение. На рисунке 4 представлена общая кривая качества изображения для астрономических объектов, полученных на этих двух наблюдательных пунктах. Как показали наши результаты [8], горная обсерватория Майданак существенно превосходит плато Суффа как по количеству ясных ночных часов, так и по качеству полученных снимков. Это объясняется несколькими причинами, среди которых можно выделить более стабильные атмосферные условия, меньшую загрязненность воздуха и, как следствие, более чистое и стабильное небо, что в свою очередь способствует получению более четких и точных астрономических данных. Данные, полученные на плато Суффа, также имеют свою ценность, однако количество ясных ночей и качество изображений там заметно уступает Майданаку, что особенно важно для проведения длительных наблюдений за астрономическими объектами, требующих стабильных и качественных снимков.



**Рис.4.** Сводная кумулятивная кривая качества изображения, на горе Майданак и на плато Суффа.

На рисунке 4 показано, что разрешение астрономических изображений в ночное время в обсерваториях Майданак и Суффа составило 0,66" и 1,05" угловых секунд соответственно. Атмосферные условия на первой обсерватории более благоприятные, поскольку обсерватория Майданак расположена на высоте 2650 м над уровнем моря, а плато Суффа - на высоте 2300 м. В результате качество ночных астрономических снимков на плато Суффа относительно ниже. Тем не менее, обсерватория Суффа способна конкурировать с некоторыми ведущими обсерваториями мира.

**Закключение.** Проведенные исследования качества астрономического изображения в обсерватории Майданак и на плато Суффа позволили получить ценные данные о стабильности атмосферных условий на этих территориях. Результаты наблюдений показали, что Майданакская обсерватория обладает лучшими характеристиками для оптических наблюдений благодаря низкому уровню атмосферной турбулентности и высокому количеству ясных ночей. В то же время плато Суффа, несмотря на уступающие оптические условия, является перспективной площадкой для радиоастрономических исследований, что делает его важным объектом для будущих научных проектов.

Сравнительный анализ данных подтвердил, что показатели качества изображения на плато Суффа остаются стабильными независимо от высоты установки DIMM-прибора, что свидетельствует о высокой однородности атмосферных условий. Это особенно важно для планируемой установки радиотелескопа РТ-70, который позволит проводить уникальные исследования в области радиоастрономии.

Данные наблюдений также показали, что качество ночного изображения варьируется в зависимости от сезона, при этом зимние месяцы демонстрируют более стабильные показатели. Эти результаты подчеркивают важность дальнейших исследований и мониторинга атмосферных условий в астрономических обсерваториях Узбекистана.

Таким образом, полученные результаты не только углубляют понимание особенностей атмосферы на исследуемых астрономических обсерваториях, но и являются ценным ресурсом для будущих научных миссий, включая установку новых телескопов и развитие международного сотрудничества в области астрономии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sarazin M., Roddier F., The ESO differential image motion monitor // J. Astron. Astrophys., 1990, v. 227, p. 294.
2. Ильясов С.П., Байжуманов А.К., Сарацин М., Султанов Х.Б., Эгамбердиев Ш.А. Измерение качества ночного изображения на горе Майданак с помощью монитора дифференциальных дрожаний Европейской южной обсерватории // Письма в Астрономический журнал, 1999, т.25, №2, с.156-160.
3. Ehgamberdiev S., Bayjumanov A., Ilyasov S., Sarazin M., Tillayev Y., Tokovinin A., Ziad A. The astroclimate of Maidanak observatory in Uzbekistan // Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 2000, v.145, p.293-304.
4. Y. Tillayev, S. Ehgamberdiev, S. Ilyasov. Preliminary results of site testing campaigns at Samarkand and Suffa observatories in Uzbekistan // Proceedings of the First Symposium on Seeing, 20 - 22 March 2007, Kona, Hawaii, page 153.
5. Семьянинов Р.В. и др. // Доклады АН РУз, 2004, № 5, с.26.
6. Тиллаев Ю.А., Турсункулов С.Б., Раупов Д.А., Ильясов С.П., Эгамбердиев Ш.А., Слуцкий В.Е., Шанин Г.И. Предварительные результаты измерения качества ночного изображения на плато Суффа, Материалы II Республиканской конференции молодых физиков Узбекистана, Ташкент, 25-26 ноября 2008 г., стр. 269-271.
7. Тиллаев Ю.А., Железнякова А. И., Ильясов С.П., Раупов Д.А., Слуцкий В. Е., Турсункулов С.Б., Шанин Г.И., Эгамбердиев Ш.А. Исследование астроклиматических параметров на плато Суффа // ДАН РУз, №1, с.44-47, 2011 г.
8. Турсункулов С.Б., Тиллаев Ю.А. Сравнение качества астрономического изображения в обсерваториях Узбекистана. // ЎзР ФА 70 йиллигига бағишланган. // Республика ёш олимлар илмий-амалий конференцияси маъруза тезислари тўплами. Тошкент, 26 декабр, 2013 й., 139 б.