

УДК 521.852

В. В. Клецонок, Н. И. Буромский, И. В. Хатько

Научно-исследовательская лаборатория «Астрономическая обсерватория»
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко
04053 Киев-53, ул. Обсерваторная 3
E-mail: klev@observ.univ.kiev.ua

Киевская электронная база данных телевизионных наблюдений покрытий звезд Луной

Приводится описание электронной версии каталога наблюдений покрытий звезд Луной. Приведен анализ методов повышения точности наблюдений. Описываются некоторые особенности фотометрических кривых покрытий. Показана возможность регистрации эффектов дифракции при покрытиях звезд с помощью телевизионного метода.

КИЇВСЬКА ЕЛЕКТРОННА БАЗА ДАНИХ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПОКРИТТІВ ЗІР МІСЯЦЕМ, Клецонок В. В., Буромський М. І., Хатько І. В. — Наводиться опис електронної версії каталогу спостережень покривтів зір Місяцем. Наведено аналіз методів підвищення точності спостережень. Описано деякі особливості фотометричних кривих покривтів. Показана можливість реєстрації ефектів дифракції при покривтях зір за допомогою телевізійного методу.

THE KIEV ELECTRONIC DATABASE OF TELEVISION OBSERVATIONS OF STAR OCCULTATIONS BY THE MOON, by Kleshchonok V. V., Buromsky N. I., Khatko I. V. — The electronic version of the catalogue of observations of star occultations by the Moon is described. Some methods for the increase of the observation accuracy is analysed. Some features of photometric curves of star occultations are described. The detection possibility of diffraction effects during star occultations by the Moon with the help of the television method is shown.

ВВЕДЕНИЕ

Наблюдения покрытий звезд Луной в Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко были начаты еще в 1923 г. С. Д. Черным по международной программе Е. Брауна [1]. За период 1923—2003 гг. были получены моменты 3343 явлений визуальных покрытий и открытий звезд Луной. С 2003 г. проводятся телевизионные наблюдения с помощью комплекса «Спалах» [3, 4]. В настоящее время накоплена информация более чем для сотни таких наблюдений. Такие наблюдения по-прежнему востребованы, так как позволяют определять высоты точек краевой зоны Луны с высокой точностью, дают возможность

открывать кратные звезды и оценивать расстояния между их компонентами [2, 5, 6]. Особый интерес к таким результатам вызван подготовкой к космической миссии GAIA, которая должна обеспечить уникальные по точности определения положений звезд.

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ КАТАЛОГА ПОКРЫТИЙ

При телевизионных наблюдениях покрытиях звезд Луной необходимо выбрать способ хранения информации, который был бы удобен для использования и накопления данных. Кроме основных возможностей накопления, он должен иметь дополнительные возможности выборки и обработки наблюдений для последующей работы с данными. Нами был выбран способ в виде электронного каталога для использования электронной базы данных, созданной с помощью программы «MS Access». Накопленная информация составляет основу киевского каталога телевизионных наблюдений покрытий звезд. Форма его представления может быть выбрана различной в соответствии с алгоритмами обработки накопленной информации.

При разработке базы данных мы руководствовались следующими принципами.

1. Сохранение детальной информации о событии.
2. Простота использования.
3. Доступность для многих пользователей по компьютерной сети.
4. Защита информации от некорректного использования.
5. Получение основной информации о покрытиях в компактной форме.
6. Возможность включения дополнительной обработки в будущем.
7. Сжатия первичной видеоинформации для хранения без потери качества.

Защита информации достигается средствами программы «MS Access», так что обычный пользователь имеет доступ к формам, которые дают возможность только добавлять информацию в базу данных. Обычный доступ дает возможность работы с формами, которые показаны на рис. 1.

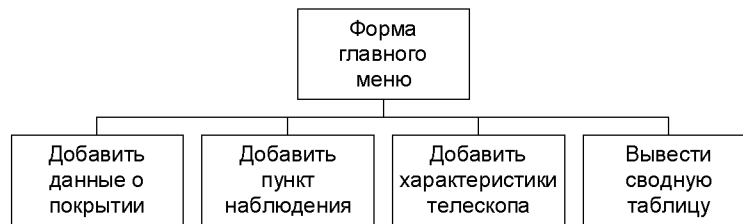


Рис. 1. Основные формы для работы с базой данных

При загрузке базы данных в обычном режиме появляется форма главного меню, при помощи которой выбираются способы для дальнейшей работы. Форма данных о покрытии позволяет вводить следующую информацию: номер звезды, дату события, эфемеридное время покрытия, координаты звезды, звездную величину, спектр звезды, телескоп, пункт наблюдений, событие из списка событий (открытие на темном крае, покрытие на светлом крае и т. п.), наблюдаемое время покрытия (UTC), комментарии и данные о месте хранения сжатой видеоинформации с регистрацией покрытия (номер диска и имя файла). Для пунктов наблюдения вводится название, координаты (широта, долгота и высота над уровнем моря) и примечания. Форма

характеристики телескопа, позволяет ввести тип, диаметр, фокусное расстояние и текстовое описание телескопа. Последний пункт меню позволяет вывести сводную таблицу покрытий в компактном виде, где представлена только основная информация о покрытии: дата, момент покрытия по эфемериде, обозначение звезды, звездная величина, код события, обозначение телескопа, наблюдаемый момент покрытия. Эту таблицу можно просмотреть или сохранить в виде электронной таблицы MS Excel.

Администратор имеет возможность напрямую работать с таблицами, в которых хранится информация базы данных, использовать формы для редактирования информации, а также дополнять базу данных модулями и макросами для создания дополнительных возможностей для работы с хранимой информацией.

Основные возможности базы уже реализованы и используются для накопления данных в каталоге. В настоящее время дорабатывается подсистема хранения видеозаписей наблюдений. В базе данных будет храниться информация о месте хранения файла видеозаписи. Видеофайлы имеют очень большие размеры, поэтому разрабатывается программа уменьшения размеров видеозаписей покрытий для хранения в файловом архиве. Кроме этого, необходимо выбрать способы сжатия информации, которые бы не влияли на качество записи явления покрытия. Этим критериям удовлетворяют такие методы:

- 1) выбор небольшого числа кадров вблизи самого явления покрытия;
- 2) выбор части кадров с изображением покрываемой звезды.

Оценки показывают, что в результате таких операций можно уменьшить первоначальный объем видеофайла в 100 раз без ухудшения качества изображения. Предполагается создать специализированный модуль, который удобно совместить с программой обработки покрытий Occultdark. В этом случае легко реализовать сохранение видеопоследовательности с точной временной привязкой к шкале UTC, которая получается в программе обработки, и самих моментов покрытий.

Электронный каталог телевизионных наблюдений покрытий звезд Лунной приведен на сайте Астрономической обсерватории Киевского национального университета им. Тараса Шевченка www.observ.univ.kiev.ua/astro/occult.html.

КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК КАТАЛОГА

Создание каталога покрытий предполагает постоянную работу по контролю над качеством данных каталога и совершенствованию методики наблюдений для улучшения характеристик телевизионного комплекса «Спалах». Главный вопрос телевизионных наблюдений покрытий — обеспечение точности привязки момента покрытия к шкале UTC. В комплексе «Спалах» он решается с помощью программно-аппаратных способов. Для контроля точности используются периодические лабораторные испытания комплекса, в процессе которых с помощью телевизионного комплекса регистрируются оптические импульсы с точно известным временем возникновения. В качестве таких импульсов используются сигналы точного времени радиостанции РВМ, которые подаются на светодиод [4]. Это позволяет проверить весь тракт регистрации времени комплекса.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРИВЫХ ПОКРЫТИЙ

Способ повышения достоверности результатов и точности определения моментов телевизионных наблюдений покрытий основан на детальном

анализе фотометрической кривой покрытия. Приблизительно 80 % видеозаписей дают точный момент покрытия с помощью покадрового просмотра видеозаписей. Остальные 20 % требуют более детальной обработки с учетом фотометрической кривой покрытия. Анализ фотометрических кривых показал следующие особенности, которые необходимо учитывать при обработке.

1. Возможный высокий уровень шума в изображении по сравнению с сигналом от звезды.

2. Кратность звезд наблюдаемых покрытий.

3. Наступление покрытий во время экспонирования кадра.

4. Дифракционные явления во время покрытий.

Для обработки изображений с высоким уровнем шума предназначена программа Occultdark.

В процессе обработки можно выбрать один из трех способов выделения сигналов на фоне шумов или их комбинацию.

1. Медианная фильтрация с окном, центрированным на данный отсчет. Медианная фильтрация хорошо передает скачки уровней сигнала, когда размер окна фильтра меньше длительности скачков. Ожидается, что применение фильтра значительно ослабит уровень шума, не влияя на положение скачка уровня сигнала, что отвечает моменту покрытия.

2. Уровень шума — дисперсия значений интенсивности звезды в окне, которое центрировано на данный отсчет. Максимальный уровень шума для данного метода соответствует моменту покрытия.

3. Аппроксимация фотометрического сигнала ступенчатой функцией с постоянным уровнем до покрытия и после покрытия, методом наименьших квадратов. Положение ступеньки определяет момент покрытия.

Другой способ уменьшения влияния шумов состоит в увеличении уровня полезного сигнала. Для этого была изменена оптическая схема работы телескопа. Первоначально наблюдения проводились в кассегреневском фокусе ($F = 7.72$ м) телескопа АЗТ-14 ($D = 48$ см). Изображения звезд имели значительный диаметр (рис. 2, *а*), что ограничивало чувствительность системы на уровне 11^m . Позднее телескоп АЗТ-14 был модернизирован с целью получения возможности работы в фокусе Ньютона. В результате изображения звезд были значительно улучшены (рис. 2, *б*), и предельная звездная величина составила 13.5^m . Для кратных звезд, которые покрываются Луной, в фотометрической кривой покрытия наблюдаются участки с промежуточной интенсивностью между началом покрытия и покрытием последнего из компонентов кратной системы. Характерная фотометрическая кривая покрытия в случае тесной двойной системы SAO 93127 приведена на рис. 3. В Киевском каталоге покрытий заносятся точные моменты покрытия каждого компонента. Наличие таких наблюдений имеет большую ценность для обнаружения кратности тесных двойных звезд (теоретическая оценка минимального расстояния между компонентами, которые могут быть разрешены телевизионным методом, равна $0.02''$). Измерение времени между покрытиями отдельных компонентов дает оцен-

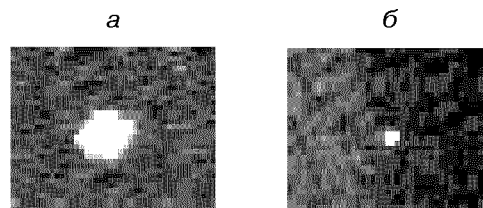


Рис. 2. Видеоизображения звезд на телескопе АЗТ-14: *а* — система Кассегрена, *б* — система Ньютона

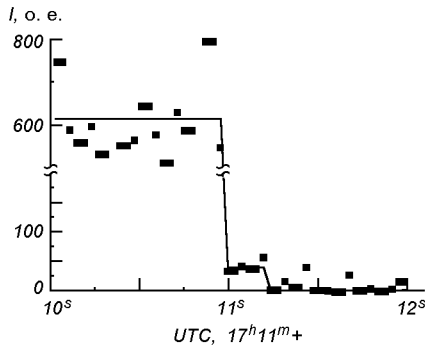


Рис. 3. Фотометрическая кривая покрытия двойной звезды SAO 93127 18 января 2005 г.

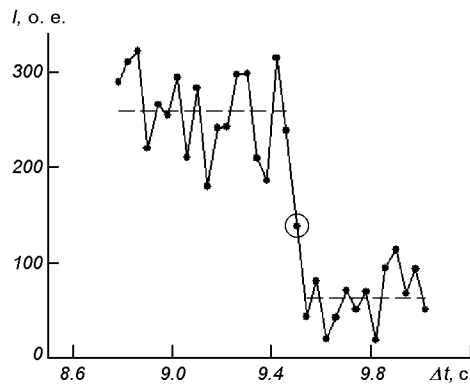


Рис. 4. Фотометрическая кривая покрытия звезды с эффектом ступеньки (отмечено кружком)

ку проекции углового расстояния между компонентами на направление движения Луны с учетом позиционного угла покрытия. Наблюдения такого явления из нескольких пунктов позволит восстановить истинное угловое расстояние между компонентами и позиционный угол.

Следующий эффект, который был обнаружен на фотометрических кривых покрытий — эффект ступеньки (рис. 4). Интенсивность изображения звезды уменьшается до нуля не мгновенно, и имеет одно промежуточное значение. Всего было зарегистрировано пять таких случаев. Теоретически возможно, что такая фотометрическая кривая формируется очень тесными двойными системами, которые находятся на расстоянии порядка $0.02''$. Однако сложно объяснить, почему двойные системы имеют преимущественно именно такое расстояние между компонентами. Можно предположить, например, что последнее изображение получено с меньшей экспозицией, чем предыдущие. Это вызвано тем, что покрытие произошло во время экспозиции кадра. Очевидно, что учет этого эффекта позволит несколько улучшить точность определения момента покрытия. Чтобы точно ввести эту поправку, необходимо учитывать дифракционные явления, которые возникают во время покрытия. На практике в большинстве случаев достаточно использовать линейную поправку Δt к моменту T_d кадра со «ступенькой»:

$$\Delta t = \frac{I_d - I_s}{I_s - I_f} \tau,$$

где I_s , I_d и I_f — соответственно интенсивности изображения звезды перед покрытием, на кадре с пониженной интенсивностью и уровень фона, τ — время экспозиции одного кадра.

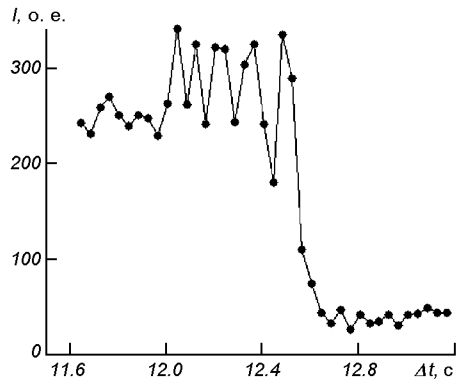


Рис. 5. Фотометрическая кривая покрытия звезды ZC 1930 4 июля 2006 г. с дифракционными явлениями

В обычных условиях разрешающей способности телевизионной аппаратуры недостаточно для наблюдения дифракционных явлений во время покрытий звезд Луной. При наблюдении почти касательных покрытий такая возможность появляется из-за того, что проекция скорости перемещения Луны может оказаться достаточно малой. Оценки показывают, что длительность дифракционного явления при угле проекции 85° может превышать 0.2 с. Такая длительность вполне достаточна для обнаружения с помощью телевизионной системы. На рис. 5 показана фотометрическая кривая покрытия звезды ZC 1930 5.3^m , которое наблюдалось на телескопе AZT-14 станции Лесники. Позиционный угол покрытия составлял 194° , т. е. звезда наблюдалась недалеко от южного полюса Луны, что необходимо для возможности наблюдения дифракционной картины с телевизионным приемником.

Таким образом, использование фотометрической кривой покрытия необходимо для уточнения момента покрытия и исследования параметров покрываемых звезд.

ВЫВОДЫ

1. В НДЛ «Астрономическая обсерватория» Киевского национального университета создан электронный вариант каталога телевизионных покрытий звезд Луной.

2. Исследование фотометрической кривой покрытия дает возможность повысить точность и достоверность определения момента покрытия.

3. Показана возможность регистрации дифракционной картины покрытия звезды телевизионным методом при благоприятных условиях.

1. Brown E. Request for more observations of occultations // *Astron. J.*—1927.—27, N 12.—P. 99—100.
2. Evans D. S., McWilliam A., Sandmann W. H., Frueh M. Photoelectric observations of lunar occultations. XVI // *Astron. J.*—1986.—92, N 5.—P. 1210—1214.
3. Kleshchonok V. V. The «Spalakh» astronomical television system // *Kinematics and Phys. of Celestial Bodies. Suppl.*—2005.—N 5.—P. 409—412.
4. Kleshchonok V. V., Buromsky M. I. Observations of stars occultations by the Moon with the «Spalakh» television system // *Kinematics and Phys. of Celestial Bodies. Suppl.*—2005.—N 5.—P. 405—408.
5. *Occultation Newsletter.*—2000.—8, N 1.
6. Richichi A., Fors O., Merino M., et al. The Calar Alto lunar occultation program: update and new results // *Astron. and Astrophys.*—2006.—445, N 3.—P. 1081—1088.